



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



INSTITUTO DE INGENIERÍA DE
ALIMENTOS PARA EL DESARROLLO

**ESTUDIO DE LA UTILIZACIÓN DE ISOMALTULOSA EN EL
DESARROLLO DE PRODUCTOS UNTABLES DE FRESA DE
BAJO INDICE GLICÉMICO**

Presentada por:

Irene Peinado Pardo

Dirigida por:

Dra. Ana Andrés Grau

Dra. Ana Heredia Gutiérrez

AGRADECIMIENTOS (breves pinceladas) a:

*Mis directoras "Las Anas" (Ana Andrés y Ana Heredia),
(confianza y apoyo).*

Estela, (funcionamiento en tándem, gracias por todo)

*Celia, Ester, María, Diana, Laura, Lucía, Jose, José Luis, J.
Alberto, Melinda, M^a Sol, Marisa y Cristina, (...horas de
laboratorio).*

*Lidia, Laura, Paco, Miguel, Pedro y Miriam (pequeñas
grandes aportaciones).*

Compañeros y amigos (paciencia y comprensión)

Mi familia, (apoyo, ánimo y consejo constantes)



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



INSTITUTO DE INGENIERÍA DE
ALIMENTOS PARA EL DESARROLLO

INSTITUTO UNIVERSITARIO DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS PARA EL DESARROLLO

Dra. ANA M^a ANDRÉS GRAU, y Dra. ANA HEREDIA GUTIÉRREZ PROFESORAS DEL DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS Y MIEMBROS DEL INSTITUTO UNIVERSITARIO DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS PARA EL DESARROLLO DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA,

CONSIDERAN: que la memoria titulada **ESTUDIO DE LA UTILIZACIÓN DE ISOMALTULOSA EN EL DESARROLLO DE PRODUCTOS UNTABLES DE FRESA DE BAJO INDICE GLICÉMICO** que presenta **D.^a IRENE PEINADO PARDO**, para aspirar al grado de Doctora por la Universidad Politécnica de Valencia, y que ha sido realizada bajo su dirección en el Instituto Universitario de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo de la Universidad Politécnica de Valencia, reúne las condiciones adecuadas para constituir su tesis doctoral, por lo que **AUTORIZAN** a la interesada para su presentación.

Valencia, Septiembre de 2011

Fdo. : Dra. Ana M^a Andrés Grau

Fdo. : Dra. Ana Heredia Gutiérrez
Directoras de la tesis doctoral

RESUMEN

Cada vez es más habitual la demanda de alimentos que no provoquen ciertos efectos indeseables relacionados, por ejemplo con el consumo de azúcar, como pueden ser el desarrollo de caries o la diabetes. Junto a esto, el hecho de que la población sepa apreciar los continuos avances en la mejora de la calidad organoléptica y su contenido nutricional, lleva a la industria agroalimentaria al desarrollo de nuevos productos que satisfagan todas las expectativas del consumidor. La existencia en el mercado de nuevos carbohidratos funcionales que pueden sustituir la sacarosa permite desarrollar y/o reformular productos que cumplan dichas expectativas.

La deshidratación osmótica tradicional o por vía húmeda (DOH) es una técnica ampliamente extendida en el procesado de frutas y verduras debido a la elevada calidad de los productos obtenidos. Sin embargo, existen una serie de desventajas relacionadas con el manejo de grandes volúmenes de las disoluciones, que deberían ser tenidas en cuenta. La deshidratación osmótica por vía seca (DOS) podría ser una alternativa, ya que el volumen de la disolución generada es considerablemente menor y además, ésta es más rica en compuestos aromáticos e hidrosolubles (vitaminas y minerales) que provienen de la propia fruta.

El trabajo realizado en la siguiente tesis doctoral ha consistido en la optimización del proceso de formulación de un producto untable de fresa mediante deshidratación osmótica sustituyendo además, parcial o totalmente, la sacarosa por otros azúcares más saludables. Para ello se estudió la influencia de diferentes variables de proceso (tipo de azúcar, tipo de deshidratación osmótica, % de pectina, % de ácido cítrico) sobre la cinética de transferencia de materia y, sobre diferentes parámetros relacionados con la calidad

funcionalidad (antocianinas y actividad antioxidante) y sensorial (color, textura, reología y perfil aromático) en los untables de fresa formulados.

Los resultados obtenidos permiten afirmar que la cinética de transferencia de materia es mayor cuando la concentración del medio envolvente es variable, siendo ligeramente superior en los procesos de deshidratación por vía húmeda que en los de vía seca. Además la concentración del medio, (constante o variable), y el tipo de proceso de deshidratación (vía húmeda o vía seca), no determinan los *valores máximos del flujo*, siendo éstos determinados por el *gradiente de concentración medio* entre la fruta y el medio envolvente.

En cuanto al proceso de formación de untables de 30 y 50 °Brix, tanto el tipo de azúcar como el método de elaboración y el % de pectina influyeron en las propiedades ópticas, mecánicas y reológicas de los untables. El proceso de deshidratación por vía seca sin eliminar fase líquida (S1) puede seleccionarse como método de deshidratación ya que se obtiene productos de características sensoriales adecuadas y además se manejan menores volúmenes de disolución siendo ésta más rica en compuestos característicos de la fruta fresca.

Por último, el proceso de optimización permitió afirmar que independientemente de la mezcla de azúcares utilizados (sacarosa-isomaltulosa o fructosa-isomaltulosa) los niveles de las variables: 50 % de isomaltulosa, 1,5 % de pectina, 1 % de ácido cítrico y sin tratamiento térmico, permiten obtener productos con atributos sensoriales y funcionales adecuados. De modo que la mezcla fructosa-isomaltulosa resulta adecuada para la sustitución total de la sacarosa en este tipo de productos.

RESUM

Cada vegada és més habitual la demanda d'aliments que no provoquen certs efectes indesitjables relacionats, per exemple amb el consum de sucre, com poden ser el desenvolupament de càries o la diabetis. Junt amb això, el fet de que la població sàpiga apreciar els continus avanços en la millora de la qualitat organolèptica i el seu contingut nutricional, duu a la indústria agroalimentària al desenvolupament de nous productes que satisfaguen totes les expectatives del consumidor. L'existència al mercat de nous carbohidrats funcionals que pugen substituir la sacarosa permet desenvolupar i/o reformular productes que complisquen aquestes expectatives.

La deshidratació osmòtica tradicional o per via humida (DOH) és una tècnica àmpliament expandida en el processat de fruites i verdures degut a la elevada qualitat dels productes obtinguts. No obstant això, existeixen una sèrie d'inconvenients relacionats amb la manipulació de grans volums de les dissolucions, que deuriem de ser tinguts en compte. La deshidratació osmòtica per via seca (DOS) podria ser una alternativa, ja que el volum de la dissolució generada és considerablement menor y a més, aquesta és més rica en compostos aromàtics e hidrosolubles (vitamines y minerals) que provenen de la pròpia fruita.

El treball realitzat en la següent tesi doctoral ha consistit en l'optimització del procés de formulació d'un producte untable de maduixa mitjançant deshidratació osmòtica substituint a més, parcial o totalment, la sacarosa per altres sucres més saludables. Per aconseguir aquest objectiu, es va estudiar la influència de diferents variables de procés (tipus de sucre, tipus de deshidratació osmòtica, % de pectina, % d'àcid cítric) sobre la cinètica de transferència de matèria i, sobre diferents paràmetres relacionats amb la

qualitat funcional (antocianines i activitat antioxidant) i sensorial (color, textura, reologia i perfil aromàtic) en els untables de maduixa formulats.

Els resultats obtinguts permeten afirmar que la cinètica de transferència de matèria és major quan la concertació del medi envoltant és variable, i és lleugerament superior en els processos de deshidratació per via humida que en els de via seca. A més a més, la concertació del medi, (constant o variable), i el tipus de procés de deshidratació (via humida o via seca), no determinen els valors *màxims de flux*, sino que aquests venen determinats pel *gradient de concertació mitjà* entre la fruita i el medi envoltant.

En quant al procés de formulació d'untables de 30 y 50 °Brix, tant el tipus de sucre com el mètode d'elaboració i el % de pectina influeixen en les propietats òptiques, mecàniques i reològiques dels untables. El procés de deshidratació però via humida sense eliminar fase líquida (S1) pot seleccionar-se com a mètode de deshidratació ja que s'obtenen productes de característiques sensorials adequades i s'utilitzen menors volums de dissolució que és a més, més rica en compostos característics de la fruita fresca.

Per últim, el procés d'optimització va permetre afirmar que independentment de la mescla de sucres utilitzats (sacarosa-isomaltulosa o fructosa-isomaltulosa) els nivells de les variables: 50 % d'isomaltulosa, 1,5 % de pectina, 1 % d'àcid cítric y sense tractament tèrmic, permeteren obtenir productes amb atributs sensorials i funcionals adequats. És per això que la mescla fructosa-isomaltulosa resulta adequada per a la substitució total de la sacarosa en aquest tipus de productes.

ABSTRACT

More often it is increasingly common the demand of certain foods which do not cause undesirable effects related, for example with the consumption of sugar, such as the development of caries and diabetes. Alongside this, the fact that people may appreciate the continued progress on improving the organoleptic quality and nutritional content, food industry leads to the development of new products that satisfy all these consumer expectations. The existence in the market of new functional carbohydrates which might replace sucrose allows developing and/or reformulating products which accomplish these expectations.

Traditional osmotic dehydration or wet method (WOD) is a widely extended technic in processing of fruits and vegetables due to the high quality of the obtained products. Nevertheless, there are some disadvantages related with the handle of big volumes of the generated solutions, which should be taken in account. Dry osmotic dehydration (DOD) should be considered as an alternative, as the volume of generated solutions is considerably lower and moreover this solution is richer in aromatic and hydrosoluble (vitamins and minerals) compounds which come from the fruit itself.

The work performed in the present doctoral thesis consisted in the optimization of the formulation process of a strawberry fruit spread made by means of osmotic dehydration, in which sucrose has been partially or totally replaced by other healthier sugars. Therefore, the influence of different variables of the process (kind of sugar, dehydration method, % of pectin, % of citric acid) on mass transfer kinetics and on different parameters related with functional (antocyanins and antioxidant activity content) and sensorial quality

(colour, texture, rheology and aromatic profile) in the obtained spread products was studied.

The obtained results showed that mass transfer kinetics is higher when the concentration of the surrounding medium is variable, being slightly superior in wet osmotic dehydration than in dry osmotic dehydration processes. Moreover the medium concentration, (constant or variable), and dehydration method (wet or dry), do not determine the *maximum flux values*, being those determined by the *average concentration gradient* between the fruit and the surrounding medium.

As for the formulation process of 30 and 50 Brix fruit spreads, either kind of sugar, the elaboration method and % of pectin had an influence on optical, mechanical and rheological properties of the obtained products. Dry osmotic dehydration without removing liquid phase (S1) can be selected as a dehydration method since the obtained products have adequate sensorial characteristics and moreover lower volumes of solution are generated being these solutions richer in characteristic compounds coming from the fresh fruit.

Finally, the optimization process showed that no matter the mix of sugars used (sucrose-isomaltulose or fructose-isomaltulose), the levels of variables: 50 % of isomaltulose, 1,5 % of pectin, 1 % of citric acid and without thermal treatment, allows obtaining products with adequate sensorial and functional characteristics. Thus, the mix fructose-isomaltulose is appropriated for the total replacement of sucrose in this kind of products.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

JUSTIFICACIÓN E INTERÉS DEL ESTUDIO	1
I. INTRODUCCIÓN	
I.1. LA FRESA	5
I.1.1. Características botánicas	5
I.1.2. Composición de la fresa y papel funcional	8
I.1.3. Importancia económica	10
I.1.4. Problemática de la estacionalidad del fruto	12
I.2. DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA COMO TÉCNICA PARA LA CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS	12
I.3. PRODUCTOS PROCESADOS DE FRESA: UNTABLES Y MERMELADAS	17
I.4. PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS UNTABLES DE FRESA	20
I.4.1. Propiedades Ópticas	20
I.4.2. Propiedades Mecánicas	21
I.4.3. Sabor y aroma	23
I.4.4. Propiedades antioxidantes	24
I.5. AZÚCARES CONVENCIONALES Y DE NUEVA GENERACIÓN	25
I.5.1. Sacarosa	27
I.5.2. Glucosa	28
I.5.3. Fructosa	29
I.5.4. Isomaltulosa	30
II. OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO	
II.1. OBJETIVOS	35
II.1.1. Objetivo general	35
II.1.2. Objetivos específicos	35
II.2. PLAN DE TRABAJO	37
III. MATERIALES Y MÉTODOS	
III.1. MATERIA PRIMA	43
III.2. AGENTES OSMÓTICOS	44
III.3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	44

III.3.1. Estudio comparativo de la transferencia de materia en deshidratación osmótica por vía húmeda y por vía seca.	44
III.3.2. Influencia de las variables de proceso en productos formulados de 30 y 50 °Brix.	45
III.3.3. Optimización de la formulación de un producto untable de 50 °Brix.	47
III.4. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS	54
III.4.1. Determinación del contenido en humedad	55
III.4.2. Determinación del contenido en sólidos solubles totales	55
III.4.3. Determinación de la actividad de agua	56
III.4.4. Determinación de pH	56
III.4.5. Determinación de las propiedades ópticas	57
III.4.6. Determinación de las propiedades mecánicas	58
III.4.7. Determinación de las propiedades reológicas	59
III.5. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	61
III.6. ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DE CARÁCTER ANTIOXIDANTE	64
III.6.1. Determinación del contenido en Antocianinas	64
III.6.2. Determinación de la Actividad Antioxidante (DPPH)	67
III.7. ANÁLISIS DEL PERFIL AROMÁTICO	70
III.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	76
IV. RESULTADOS	
IV.1. ESTUDIO COMPARATIVO DE LA TRANSFERENCIA DE MATERIA EN DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA POR VÍA HÚMEDA Y POR VÍA SECA	79
IV.1.1. Evolución de la concentración en fase líquida en la etapa de equilibrio	80
IV.1.2. Flujos netos de masa, agua y solutos	87
IV.1.3. Conclusiones relativas al estudio de la etapa de deshidratación osmótica	93
IV.2. INFLUENCIA DE LAS VARIABLES DE PROCESO EN EL COLOR, TEXTURA Y REOLOGÍA DE PRODUCTOS UNTABLES DE FRESA.	95

IV.2.1. Influencia de las variables del proceso en las propiedades ópticas de los productos untables	99
IV.2.2. Influencia de las variables del proceso en las propiedades mecánicas de los productos untables	103
IV.2.3. Influencia de las variables del proceso en las propiedades reológicas de los productos untables	108
IV.2.4. Conclusiones relacionadas con el color, textura y reología de los productos untables de fresa	115
IV.3. OPTIMIZACIÓN DE LAS VARIABLES DE PROCESO PARA LA ELABORACIÓN POR VÍA SECA DE PRODUCTOS UNTABLES DE FRESA DE 50 °BRIX.	118
IV.3.1. Análisis de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de los productos untables	122
IV.3.1.1. Propiedades fisicoquímicas	122
IV.3.1.2. Estabilidad microbiológica	124
IV.3.2. Análisis de las propiedades antioxidantes de los productos untables	125
IV.3.2.1. Contenido en antocianinas	127
IV.3.2.2. Actividad antioxidante total	134
IV.3.3. Análisis de las propiedades de las propiedades ópticas y mecánicas de los productos untables	141
IV.3.3.1. Propiedades ópticas	141
IV.3.3.2. Propiedades mecánicas	148
IV.3.4. Análisis del perfil aromático de los productos untables	153
IV.3.5. Optimización de las variables del proceso de formulación	168
IV.3.6. Conclusiones relativas a la etapa de optimización del proceso de formulación de untables de fresa	171
 V. BIBLIOGRAFÍA CITADA	 177
 ANEXOS	
ANEXO 1. CONDICIONES DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA PARA LA OBTENCIÓN DE UNTABLES DE 30 Y 50 °BRIX.	199
ANEXO.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS UNTABLES DE FRESA DE 30 Y 50 °BRIX.	201

2.1. Propiedades fisicoquímicas de los productos untables de 30 y 50 °Brix	201
2.2. Parámetros reológicos de los untables de fresa	203
ANEXO 3. OPTIMIZACIÓN DE UNTABLES DE FRESA 50 °BRIX.	205
3.1. Caracterización materia prima	205
3.2. Características de los untables de 50 °Brix	207
3.3. Coordenadas colorimétricas de los untables de fresa de 50 °Brix	213
3.4. Propiedades mecánicas de los untables de fresa de 50 °Brix	219
3.5. Perfil aromático de los untables de fresa	223
PUBLICACIONES RESULTADO DE ESTE TRABAJO	241

ÍNDICE DE FIGURAS

I. INTRODUCCIÓN

Figura I.1. Esquema de las partes del fresal (a) y estructura de la fresa (b).	6
Figura I.2. Molécula de Sacarosa	27
Figura I.3. Molécula de Glucosa.	28
Figura I.4. Molécula de Fructosa.	29
Figura I.5. Molécula de Isomaltulosa.	31

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Figura III.1. <i>Fragaria vesca</i> var. Camarosa	43
Figura III.2. Identificación de las muestras de fresa en cuartos para el seguimiento de la variación de masa durante el tratamiento de deshidratación osmótica.	46
Figura III.3. Esquema de los pasos seguidos para la formulación de los distintos untables de 30 o 50 °Brix.	50
Figura III.4. Espacio colorimétrico Cielab.	58
Figura III.5. Prensa universal de textura (TA-Xt Plus, Aname) utilizada para la determinación de las propiedades mecánicas en las muestras.	58

Figura III.6. Curva tipo de Fuerza (N)-Tiempo (s) obtenida en el ensayo back-extrusion.	59
Figura III.7. Reómetro (RheoStress 1, Haake) utilizado para los ensayos reológicos.	60
Figura III.8. Curva tipo esfuerzo (Pa)-gradiente de velocidad (s-1) obtenida en el ensayo estacionario.	60
Figura III.9. Curva tipo G'/G''-frecuencia (Hz) obtenida en el ensayo oscilatorio.	61
Figura III.10. Esquema del método de dilución seriada y siembra en superficie.	63
Figura III.11. Resumen de las diferentes etapas implicados en la siembra en placa.	64
Figura III.12. Esquema de los pasos a seguir para la extracción de antocianinas.	65
Figura III.13. Diferencias de coloración entre el blanco y el extracto metanólico con antocianinas procedentes de la muestra para el análisis del contenido en antocianinas.	66
Figura III.14. Estructura molecular del DPPH.	67
Figura III.15. Diferencias en la coloración del DPPH antes y después adicionar la muestra antioxidante.	68
Figura III.16. Representación de la actividad antioxidante expresada como % de Inhibición del DPPH, en los productos untables.	68
Figura III.17. Esquema de los pasos a seguir para determinar la capacidad antioxidante según el protocolo del método DPPH.	69
Figura III.18. Esquema de las etapas del protocolo de extracción de compuestos volátiles.	71
Figura. III.19. Esquema fotográfico de los pasos de la etapa de extracción de los compuestos volátiles en fresa fresca y producto procesado.	72
Figura III.20. Cromatograma característico de Fresa Fresca.	74
Figura III.21. Cromatograma característico de Untable de fresa recién elaborado (24 horas).	75
Figura III.22. Cromatograma característico de Untable de fresa a los 90 días de almacenamiento.	75

IV. RESULTADOS

Figura IV.1. Esquema del plan experimental llevado a cabo para la realización del estudio comparativo de la transferencia de materia en deshidratación osmótica por vía húmeda y por vía seca.	80
Figura IV.2. Evolución de la concentración de sólidos solubles en el medio (y^{ss}) y en la fase líquida de la fruta (z^{ss}) en el proceso de <i>deshidratación osmótica por vía húmeda con concentración del medio variable</i> .	82
Figura IV.3. Evolución de la concentración de sólidos solubles en el medio (y^{ss}) y en la fase líquida de la fresa (z^{ss}) en el proceso de <i>deshidratación osmótica por vía húmeda con concentración del medio constante</i> .	83
Figura IV.4. Evolución típica la concentración de sólidos solubles en el medio (y^{ss}) y en la fase líquida de la fresa (z^{ss}) en el proceso de <i>deshidratación osmótica por vía seca</i> .	83
Figura IV.5. Evolución de la concentración de sólidos solubles en el medio (y^{ss}) y en la fase líquida de la fresa (z^{ss}) en los diferentes procesos de deshidratación osmótica (H-V) <i>vía húmeda con concentración del medio variable</i> , (H-C) <i>vía húmeda con concentración del medio constante</i> y (S-V) <i>vía seca con concentración del medio variable</i> para los tres agentes osmóticos (S: Sacarosa; F: Fructosa; I: Isomaltulosa).	85
Figura IV.6. Variaciones de masa neta (ΔM^o) experimentadas por los cuartos de fresa durante los diferentes procesos de deshidratación osmótica (H-C) <i>vía húmeda con concentración del medio constante</i> , (H-V) <i>vía húmeda con concentración del medio variable</i> y (S-V) <i>vía seca con concentración del medio variable</i> para los tres azúcares.	89
Figura IV.7. Variaciones de masa de agua (ΔM^w) experimentadas por los cuartos de fresa durante los diferentes procesos de deshidratación osmótica (H-C) <i>vía húmeda con concentración del medio constante</i> , (H-V) <i>vía húmeda con concentración del medio variable</i> y (S-V) <i>vía seca con concentración del medio variable</i> para los tres azúcares.	90
Figura IV.8. Variaciones de masa de sólidos solubles (ΔM^{ss}) experimentadas por los cuartos de fresa durante los diferentes procesos de deshidratación osmótica (H-C) <i>vía húmeda con concentración del medio constante</i> , (H-V) <i>vía húmeda con concentración del medio variable</i> y (S-V) <i>vía seca con concentración del medio variable</i> para los tres azúcares.	91
Figura IV.9. Esquema del plan experimental llevado a cabo para la realización del estudio de la influencia de las variables del proceso en el color, textura y reología de productos untables de fresa.	96

- Figura IV.10.** Situación de las muestras de fresco y de los productos untables con 1,5 % de pectina en los planos cromáticos L^*a^* y b^*a^* , según los distintos métodos de elaboración (H: *Deshidratación osmótica vía húmeda*; S1: *Deshidratación osmótica vía seca sin eliminar fase líquida*; S2: *Deshidratación osmótica vía seca eliminando fase líquida*) y los distintos azúcares (S: sacarosa; I: isomaltulosa; SG: sacarosa + glucosa (50:50 (p/p)); IF: isomaltulosa + fructosa (50:50 (p/p))). 100
- Figura IV.11.** Valores de consistencia (área positiva de la curva fuerza vs. tiempo (N·s)) de los productos de 30 y 50 °Brix, según los distintos métodos de elaboración (H: *Deshidratación osmótica vía húmeda*; S1: *Deshidratación osmótica vía seca sin eliminar fase líquida*; S2: *Deshidratación osmótica vía seca eliminando fase líquida*) y los distintos azúcares (S: sacarosa; I: isomaltulosa; SG: sacarosa + glucosa (50:50 (p/p)); IF: isomaltulosa + fructosa (50:50 (p/p))). 104
- Figura IV.12.** Valores de adhesividad (área negativa de la curva fuerza vs. tiempo (N·s)) de los productos de 30 y 50 °Brix, según los distintos métodos de elaboración (H: *Deshidratación osmótica vía húmeda*; S1: *Deshidratación osmótica vía seca sin eliminar fase líquida*; S2: *Deshidratación osmótica vía seca eliminando fase líquida*) y los distintos azúcares (S: sacarosa; I: isomaltulosa; SG: sacarosa + glucosa (50:50 (p/p)); IF: isomaltulosa + fructosa (50:50 (p/p))). 105
- Figura IV.13.** Reogramas correspondientes a los productos de 30 y 50 °Brix, según los distintos métodos de elaboración (H: *Deshidratación osmótica vía húmeda*; S1: *Deshidratación osmótica vía seca sin eliminar fase líquida*; S2: *Deshidratación osmótica vía seca eliminando fase líquida*) y los distintos azúcares (S: sacarosa; I: isomaltulosa; SG: sacarosa + glucosa (50:50 (p/p)); IF: isomaltulosa + fructosa (50:50 (p/p))). 109
- Figura IV.14.** Barridos de frecuencia de los productos de 30 y 50 °Brix, según los distintos métodos de elaboración (H: *Deshidratación osmótica vía húmeda*; S1: *Deshidratación osmótica vía seca sin eliminar fase líquida*; S2: *Deshidratación osmótica vía seca eliminando fase líquida*) y los distintos azúcares (S: sacarosa; I: isomaltulosa; SG: sacarosa + glucosa (50:50 (p/p)); IF: isomaltulosa + fructosa (50:50 (p/p))) para los productos elaborados con un 1,5 % de pectina. 113
- Figura IV.15.** Esquema del plan experimental llevado a cabo para la optimización de productos untables de fresa de 50 °Brix 119
- Figura IV.16.** Gráficos de superficie para la variación de antocianinas (C_{90} - C_F) de los productos untables formulados con la mezcla sacarosa-isomaltulosa (SI) a los 90 días de almacenamiento en función de las distintas variables de proceso. 133

Figura IV.17. Gráficos de superficie para el % de inhibición del DPPH de los productos untables formulados con la mezcla sacarosa-isomaltulosa (SI) a los 90 días de almacenamiento en función de las distintas variables de proceso.	139
Figura IV.18. Gráficos de superficie para el % de inhibición del DPPH de los productos untables formulados con la mezcla fructosa-isomaltulosa (FI) a los 90 días de almacenamiento en función de las distintas variables de proceso.	140
Figura IV.19.a. Situación de las muestras de fresco y de los productos untables formulados con la mezcla sacarosa: isomaltulosa (SI) con 37,5 % de isomaltulosa (nivel alto (1)) en los planos cromáticos L^*a^* y b^*a^* . Los productos representados corresponden a formulaciones con un nivel alto y bajo de las variables de formulación: % de pectina (2 y 1,5 %), de ácido cítrico (0,75 y 0,25 %) y duración del tratamiento térmico (15 y 5 min).	142
Figura IV.19.b. Situación de las muestras de fresco y de los productos untables formulados con la mezcla fructosa: isomaltulosa (FI) con 37,5 % de isomaltulosa (nivel alto (1)) en los planos cromáticos L^*a^* y b^*a^* . Los productos representados corresponden a formulaciones con un nivel alto y bajo de las variables de formulación: % de pectina (2 y 1,5 %), de ácido cítrico (0,75 y 0,25 %) y duración del tratamiento térmico (15 y 5 min).	143
Figura IV.20. Gráficos de superficie de las coordenadas colorimétricas a^* y b^* de los untables formulados con la mezcla sacarosa-isomaltulosa (SI) a los 90 días de almacenamiento en función de los % de pectina y ácido cítrico.	146
Figura IV.21. Valores de consistencia (A1-2) (N.s) de los untables de fresa con 37,5 % de isomaltulosa (nivel alto (1)). Los productos representados corresponden a formulaciones con un nivel alto y bajo de las variables de formulación: % de pectina (2 y 1,5 %), de ácido cítrico (0,75 y 0,25 %) y duración del tratamiento térmico (15 y 5 min).	149
Figura IV.22. Gráficos de superficie para los valores de consistencia (área positiva de la curva fuerza vs. tiempo) y adhesividad (área negativa de la curva fuerza vs. tiempo) (N.s) de los productos untables a los 90 días de almacenamiento en función del porcentaje de pectina y ácido cítrico.	153
Figura IV.23. Biplot de los diferentes lotes (A-N), los productos untables recién elaborados (S0-n y F0-n), los productos untables tras 90 días de almacenamiento (S90-n y F90-n), y los compuestos volátiles.	161

Figura IV.24.a. Biplot de los untables elaborados con la mezcla <u>sacarosa-isomaltulosa</u> a los 90 días de almacenamiento (S90-n), y los compuestos volátiles de la fresa fresca que experimentaron variaciones netas de su concentración como consecuencia del procesado y /o el almacenamiento.	163
Figura IV.24.b. Biplot de los untables elaborados con la mezcla <u>fructosa-isomaltulosa</u> a los 90 días de almacenamiento (F90-n), y los compuestos volátiles de la fresa fresca que experimentaron variaciones netas de su concentración como consecuencia del procesado y /o el almacenamiento.	164
Figura IV.25.a. Biplot de los untables elaborados con la mezcla <u>sacarosa-isomaltulosa</u> a los 90 días de almacenamiento (S90-n), y los compuestos volátiles generados como consecuencia del procesado y /o el almacenamiento.	166
Figura IV.25.b. Biplot de los untables elaborados con la mezcla <u>fructosa-isomaltulosa</u> a los 90 días de almacenamiento (F90-n), y los compuestos volátiles generados como consecuencia del procesado y /o el almacenamiento.	167
Figura IV.26. Gráficos de superficie obtenidos mediante la optimización del diseño para los % de pectina y Ácido cítrico	170

ÍNDICE DE TABLAS

I. INTRODUCCIÓN

Tabla I.1. Clasificación científica de la fresa (<i>Fragaria vesca</i>)	6
Tabla I.2. Composición química y nutritiva en 100 g de fresa y cantidad diaria recomendada (C.D.R.) de cada sustancia.	9
Tabla I.3. Producción mundial de fresa en el año 2008.	11
Tabla I.4. Participación en la exportación mundial de fresa en el año 2008	12

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Tabla III.1. Propiedades de los azúcares utilizados y actividad de agua (a_w) de las disoluciones saturadas, tanto de los azúcares individuales como de las mezclas utilizadas en la elaboración de untables.	44
Tabla III.2. Composición de las disoluciones osmóticas utilizadas en la deshidratación osmótica por vía húmeda y de la mezcla de azúcares para la deshidratación osmótica por vía seca utilizadas para las distintas experiencias de deshidratación	45

Tabla III.3. Condiciones de deshidratación osmótica para la obtención de fresa deshidratada y disolución osmótica.	48
Tabla III.4. Untables de fresa de 30 °Brix obtenidos en función de las distintas combinaciones de las variables estudiadas: método de elaboración (proceso osmótico y % de fruta), tipo de azúcar, y % de pectina.	51
Tabla III.5. Untables de fresa de 50 °Brix obtenidos en función de las distintas combinaciones de las variables estudiadas: procesado (proceso osmótico y % de fruta), tipo de azúcar, y % de pectina.	52
Tabla III.6. Valores de cada variable para los distintos niveles a los que fueron ensayadas.	53

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla IV.1. Tiempo de sobre-saturación estimado del medio osmótico en el proceso de deshidratación osmótica por vía seca.	84
Tabla IV.2. Constante cinética (kz) de la modelización de la evolución de la concentración en fase líquida y tiempo de equilibrio estimado (t (min)).	86
Tabla IV.3. Valores de la constante cinética (K^j) para la predicción según la ecuación IV.2 de los flujos netos de masa, agua y sólidos solubles en función de los diferentes procesos de deshidratación osmótica (H-C) vía húmeda con concentración del medio constante, (H-V) vía húmeda con concentración del medio variable y (S-V) vía seca con concentración del medio variable para los tres azúcares.	92
Tabla IV.4.a. Composición fisicoquímica de los diferentes untables obtenidos según el tipo de azúcar, método de elaboración, y porcentaje de pectina para los untables de 30 °Brix (n = 3).	97
Tabla IV.4.b. Composición fisicoquímica de los diferentes untables obtenidos según el tipo de azúcar, método de elaboración, y porcentaje de pectina para los untables de 50 °Brix (n = 3).	98
Tabla IV.5.a. Grupos homogéneos identificados a partir del análisis de la varianza factorial realizado, para los productos de 30 °Brix en función de los dos tipos de azúcares (S: Sacarosa; I: Isomaltulosa), los distintos métodos de elaboración (H: <i>Deshidratación osmótica vía húmeda</i> ; S1: <i>Deshidratación osmótica vía seca sin eliminar fase líquida</i> ; S2: <i>Deshidratación osmótica vía seca eliminando fase líquida</i>) y los diferentes porcentajes de pectina (1, 1,5 y 2 %).	102

Tabla IV.5.b. Grupos homogéneos identificados a partir del análisis de la varianza factorial realizado, para los productos de 50 °Brix en función de los tipos de azúcares (S: Sacarosa; SG: Sacarosa + Glucosa (50:50 (p/p)); IF Isomaltulosa + Fructosa (50:50 (p/p))), los distintos métodos de elaboración (H: <i>Deshidratación osmótica vía húmeda</i> ; S1: <i>Deshidratación osmótica vía seca sin eliminar fase líquida</i> ; S2: <i>Deshidratación osmótica vía seca eliminando fase líquida</i>) y los diferentes porcentajes de pectina (1, 1,5 y 2 %).	103
Tabla IV.6.a. Grupos homogéneos de las propiedades mecánicas identificados a partir del análisis de la varianza factorial realizado, para los productos de 30 °Brix en función de los tipos de azúcares (S: Sacarosa; I: Isomaltulosa), los distintos métodos de elaboración (H: <i>Deshidratación osmótica vía húmeda</i> ; S1: <i>Deshidratación osmótica vía seca sin eliminar fase líquida</i> ; S2: <i>Deshidratación osmótica vía seca eliminando fase líquida</i>) y los diferentes porcentajes de pectina (1, 1,5 y 2 %).	106
Tabla IV.6.b. Grupos homogéneos de las propiedades mecánicas identificados a partir del análisis de la varianza factorial realizado, para los productos de 50 °Brix en función de los tipos de azúcares (S: Sacarosa; SG: Sacarosa + Glucosa (50:50 (p/p)); IF Isomaltulosa + Fructosa (50:50 (p/p))), los distintos métodos de elaboración (H: <i>Deshidratación osmótica vía húmeda</i> ; S1: <i>Deshidratación osmótica vía seca sin eliminar fase líquida</i> ; S2: <i>Deshidratación osmótica vía seca eliminando fase líquida</i>) y los diferentes porcentajes de pectina (1, 1,5 y 2 %).	106
Tabla IV.7.a. Grupos homogéneos de las propiedades reológicas identificados a partir del análisis de la varianza factorial realizado, para los productos de 30 °Brix en función de los tipos de azúcares (S: Sacarosa; I: Isomaltulosa), los distintos métodos de elaboración (H: <i>Deshidratación osmótica vía húmeda</i> ; S1: <i>Deshidratación osmótica vía seca sin eliminar fase líquida</i> ; S2: <i>Deshidratación osmótica vía seca eliminando fase líquida</i>) y los diferentes porcentajes de pectina (1, 1,5 y 2 %).	110
Tabla IV.7.b. Grupos homogéneos de las propiedades reológicas identificados a partir del análisis de la varianza factorial realizado, para los productos de 50 °Brix en función de los tipos de azúcares (S: Sacarosa; SG: Sacarosa + Glucosa (50:50 (p/p)); IF: Isomaltulosa + Fructosa (50:50 (p/p))), los distintos métodos de elaboración (H: <i>Deshidratación osmótica vía húmeda</i> ; S1: <i>Deshidratación osmótica vía seca sin eliminar fase líquida</i> ; S2: <i>Deshidratación osmótica vía seca eliminando fase líquida</i>) y los diferentes porcentajes de pectina (1, 1,5 y 2 %).	111
Tabla IV.8. Diseño experimental de los productos untables obtenidos en función de las distintas combinaciones de las variables del proceso.	121

Tabla IV.9. Valores de actividad de agua (a_w), humedad (x^w), contenido en sólidos solubles (x^{ss}) y pH de los diferentes lotes utilizados para la elaboración de los untables.	122
Tabla IV.10. Resumen del análisis de varianza para la actividad de agua (a_w) y pH de los untables de fresa recién elaborados (tiempo 0).	123
Tabla IV.11. Valores de actividad antioxidante y contenido en antocianinas, así como los grupos homogéneos establecidos para los diferentes lotes de fresa fresca.	127
Tabla IV.12.a. Contenido en antocianinas de los productos untables formulados con la mezcla sacarosa-isomaltulosa (SI) a lo largo del almacenamiento expresado como mg de pelargonidina-3-glucósido/ 100 g de untable.	128
Tabla IV.12.b. Contenido en antocianinas de los productos untables formulados con la mezcla fructosa-isomaltulosa (FI) a lo largo del almacenamiento expresado como mg de pelargonidina-3-glucósido/ 100 g de untable.	129
Tabla IV.13. Resumen del Análisis de Varianza realizado para el contenido en antocianinas de los untables de fresa a distintos tiempos de almacenamiento (0, 45 y 90 días).	131
Tabla IV.14. Ecuaciones de regresión obtenidas mediante el análisis de superficie de respuesta realizado para el contenido en antocianinas de los untables de fresa a distintos tiempos de almacenamiento (0, 45 y 90 días).	131
Tabla IV.15.a. Valores del DPPH obtenidos para los productos untables formulados con la mezcla sacarosa-isomaltulosa (SI) a lo largo del almacenamiento expresado como % de inhibición del DPPH.	135
Tabla IV.15.b. Valores del DPPH obtenidos para los productos untables formulados con la mezcla fructosa-isomaltulosa (FI) a lo largo del almacenamiento expresado como % de inhibición del DPPH.	136
Tabla IV.16. Resumen del Análisis de Varianza realizado para la capacidad antioxidante de los untables de fresa a los distintos tiempos de almacenamiento (0, 45 y 90 días).	137
Tabla IV.17. Ecuaciones de regresión obtenidas mediante el análisis de superficie-respuesta realizado para la capacidad antioxidante de los untables de fresa a los distintos tiempos de almacenamiento (0, 45 y 90 días).	137

Tabla IV.18. Resumen del análisis de varianza de las coordenadas colorimétricas (L^* , a^* y b^*) de los untables a los distintos tiempos de almacenamiento (0, 45 y 90 días).	145
Tabla IV. 19. Resumen del análisis de varianza de los valores de consistencia (A1-2) y adhesividad (A2-3) (N-s) de los untables de fresa a los distintos tiempos de almacenamiento (0, 45 y 90 días).	151
Tabla IV.20: Índices de retención (IR) calculados para los diferentes compuestos volátiles identificados en fresa fresca.	154
Tabla IV.21. Perfil aromático de fresa expresado como C_f : μg compuesto volátil /100 g de fresa (n=3).	155
Tabla IV.22: Índices de retención (IR) calculados para los diferentes compuestos volátiles identificados en fresa fresca.	158
Tabla IV.23. Valores deseados de las diferentes propiedades de los untables de fresa.	170
Tabla IV.24. Valores de las variables de proceso obtenidos mediante la optimización de las múltiples respuestas del diseño experimental	170

JUSTIFICACIÓN E INTERÉS DEL ESTUDIO

La presente tesis doctoral se ha desarrollado en el marco del proyecto que lleva por título "Optimización del uso de la isomaltulosa, como azúcar natural no cariogénico y de bajo índice glicémico, en el desarrollo de productos untables de frutas" (AGL2008-01745/ALI). Financiado por la Dirección General de Investigación del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Existe una demanda continuada y creciente por parte de la población de alimentos con buenas propiedades sensoriales, aroma, textura y sabor. Así, además de satisfacer estas expectativas hedonistas, los consumidores cada vez más concienciados con la estrecha relación alimentación-salud, valoran positivamente las ventajas saludables derivadas del consumo de un alimento rico en antioxidantes, bajo en calorías o que no provoque ciertos efectos indeseables, relacionados por ejemplo con el consumo de azúcar común, como las caries y la diabetes. Por tanto, el desarrollo de nuevos productos que satisfagan las expectativas del consumidor de hoy en día se está convirtiendo en un objetivo prioritario para la industria alimentaria.

Los untables de fruta que se plantean en esta tesis serían un ejemplo de alimento saludable. El untable de fruta presenta un alto contenido en fruta y es rico en nutrientes provenientes de la misma (ácidos diversos, vitaminas, minerales, compuestos fenólicos, etc.), presenta características que recuerdan más a la fruta fresca (color, sabor, aroma) y además la ventaja adicional de aportar energía de liberación lenta al organismo puesto que el azúcar común, sacarosa, es sustituido total o parcialmente por azúcares considerados más saludables como la fructosa o la isomaltulosa.

La elaboración de dichos untables está basada en la técnica de deshidratación osmótica puesto que la misma puede llevarse a cabo a bajas

temperatura preservando la calidad de la fruta fresca. El producto obtenido, a excepción de su textura y consistencia, presenta atributos sensoriales más próximos a los de la fruta fresca que a los de las mermeladas, puesto que se sustituye la etapa de concentración por cocción característica del proceso de elaboración de mermeladas responsable de la mayoría de los cambios sensoriales y de la pérdida de valor nutricional y funcional, por una deshidratación osmótica.

Por otro lado, la elección de la fresa como materia prima para la elaboración del producto se debe al hecho de que la fresa es una de las frutas más apreciadas por su sabor, color y aroma característicos. Además, resulta muy aconsejable para personas con dietas alimenticias de bajo contenido calórico y lipídico. Destaca su contenido en monosacáridos, principalmente fructosa, fibra alimentaria, vitaminas y antioxidantes (vitamina C, beta-carotenos, antocianinas y vitamina E principalmente), compuestos, estos últimos asociados a la prevención de cáncer y otras enfermedades como la aterosclerosis. Sin embargo, el hecho de que en España, se alcancen los valores más altos de producción en un tiempo relativamente corto (Marzo, Abril y Mayo) hace que sea necesario su procesado para poder conservar el producto alargando lo máximo posible su vida útil.

I. INTRODUCCIÓN

I.1. LA FRESA

I.1.1. Características botánicas

La fresa silvestre es originaria de Europa, concretamente de la región de los Alpes. Parece ser que comenzó a ser cultivada en Francia en el siglo XV, y algo más tarde (siglo XVIII) en España. Así pues, españoles, portugueses e ingleses fueron los responsables de su expansión por todo el continente europeo y algunas zonas de Asia. El género *Fragaria*, al que pertenece la fresa, se refiere a la fragancia (*fraga*, en latín) de la que originalmente crecía silvestre en Europa (Ávila y col., 2009).

Sin embargo la fresa (o fresón) que se conoce en la actualidad, es un cruce, más sabroso y resistente, entre la baya pequeña, originaria de las zonas más cálidas de Europa y Asia, la *Fragaria vesca*, y dos especies oriundas del continente americano, la *Fragaria chiloensis*, que aunque lleva el nombre de Chile crece a lo largo de todo el litoral del Pacífico, y la *Fragaria virginiana* o fresa escarlata, que proviene de Virginia, Estados Unidos (Tamaro, 1974).

La fresa salvaje o frutilla silvestre (*Fragaria vesca*) es una planta herbácea perenne, de la familia de las rosáceas (tabla I.1) que crece comúnmente en bosques ralos y en los claros (Darrow, 1966). Es una planta vivaz, siempreviva, estolonífera, cuyos tallos alcanzan unos 20 cm de altura (figura I.1). Presenta una roseta basal de donde surgen las hojas, trifoliadas, y los tallos florales, ambos de la misma longitud. Los peciolos de las hojas son pilosos. Cada uno soporta una hoja compuesta con tres folíolos ovales dentados. Estos son verde brillantes por el haz; más pálidos por el envés, que manifiesta una nervadura muy destacada y una gran pilosidad. De la roseta basal surgen también otro tipo de tallos rastreros -estolones- que producen raíces adventicias de donde nacerán eventualmente otras plantas, aunque en

F. vesca este tipo de brote es menos frecuente que en otras especies del mismo género (Darrow, 1966).

Tabla I.1. Clasificación científica de la fresa (*Fragaria vesca*)

Clasificación Científica	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Rosales
Familia:	Rosaceae
Subfamilia:	Rosoideae
Tribu:	Potentilleae
Subtribu:	Fragariinae
Género:	<i>Fragaria</i>
Especie:	<i>Fragaria vesca</i>

(Fuente: FAOSTAT, 2010)

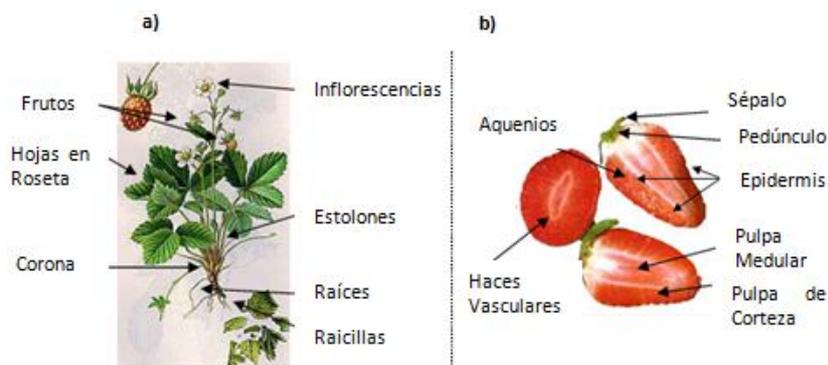


Figura I.1. Esquema de las partes del fresa (a) y estructura de la fresa (b).

Los tallos florales no presentan hojas. En su extremo aparecen entre abril y junio las flores, no más de cinco, blancas, de cinco pétalos blancos, cinco sépalos y una veintena de estambres amarillos y alto contenido en polen. La planta es hermafrodita, colocándose las flores femeninas más altas que las masculinas para prevenir la autopolinización. El agente polinizador más habitual son los insectos, en especial abejas y dípteros; varias especies de hormigas se alimentan a veces del néctar de la flor, aunque sin contribuir a la polinización.

El fruto, que conocemos como "fresa", es en realidad un engrosamiento del receptáculo floral, siendo los puntitos que hay sobre ella los auténticos frutos, aquenios de alrededor de 1 mm de diámetro. Es un eterio de color rojo, dulce y aromático, que concentra los nutrientes del tallo floral, que se decolora y adelgaza a medida que el eterio aumenta de tamaño (Darrow, 1966).

Según las variedades, los fresales florecen desde finales del invierno hasta principios del verano, por lo que los frutos maduran durante toda la primavera y bien entrado el verano; desde el mes de marzo hasta julio. Estas frutas desprenden un perfume inconfundible cuando se encuentran en su punto óptimo de consumo que les hacen reconocibles a distancia. El calor, el transporte y la humedad son sus mayores enemigos, deteriorándose con suma facilidad debido a su estructura delicada, tierna y poco consistente (www.consumer.es). Esto hace necesario buscar alternativas para poder conservar el fruto con características organolépticas similares a las frescas en los periodos improductivos, así como buscar técnicas que mejoren y prolonguen la vida útil de la fresa fresca.

Es una fruta muy aceptada por su sabor característico, color vistoso y su agradable aroma. Es especialmente apreciada en la cocina, esto queda reflejado en sus variadas formas de consumo: en postres, con nata, con azúcar,

bañadas en chocolate, en zumos, batidos, yogures, pasteles, mermeladas, confituras, helados, en conserva, etc.

I.1.2. Composición de la fresa y papel funcional

Las fresas apenas aportan calorías (34 kcal/100 g), por lo que resultan muy recomendables para personas con regímenes alimenticios bajos en calorías. La tabla I.2 muestra la composición química y nutritiva de la fresa.

Contienen agua en elevada cantidad, hidratos de carbono en proporción moderada, calcio, hierro y potasio y cantidades mínimas de proteínas, grasas. Así mismo son una buena fuente de fibra alimentaria (Ávila y col., 2009).

En su composición están presentes sustancias no nutricionales que, sin embargo, realizan interesantes y saludables acciones sobre el organismo. Son una excelente fuente de vitaminas antioxidantes, vitamina C, beta-caroteno y vitamina E. Estos compuestos han sido asociados a la protección del organismo frente a la acción de los radicales libres implicados en el envejecimiento celular, cáncer y otras enfermedades como la aterosclerosis. Además, su color se debe a unos pigmentos vegetales llamados antocianos que contribuyen también a sus propiedades antioxidantes. Al mismo tiempo son diversos los ácidos orgánicos que contiene como ácido salicílico y oxálico.

Tabla.I.2. Composición química y nutritiva en 100 g de fresa y cantidad diaria recomendada (C.D.R.) de cada sustancia.

Componente	En 100g de fresa	C.D.R.	Componente	En 100g de fresa	C.D.R.
Agua (g)	89,6	2000	Minerales		
Energía (Kcal)	34	3000/2300	Calcio(mg)	25	800
Proteínas (g)	0,7	54/41	Hierro (mg)	0,8	10/18
Hidratos de C (g)	7	450/345	Fósforo (mg)	26	700/700
Lípidos (g)	0,5	<100/<77	Yodo (µg)	2,7	140/110
Fibra			Magnesio (mg)	12	350/330
Fibra total (g)	1,63	38/29	Zinc (mg)	0,26	15/15
Soluble (g)	0,58	12	Selenio (µg)	1,3	70/55
Insoluble (g)	1,05	18	Sodio (mg)	2	<2400
Vitaminas			Potasio (mg)	190	3500
Vit. A (µg)	1	1000/800	Carotenos sin act. provitaminica A		
Carotenos tot. (µg)	20	-	Luteína (µg)	14	-
Alfa-caroteno (µg)	4	-	Zeaxantina (µg)	Tr	-
Beta-caroteno (µg)	16	4800/6000	Licopeno (µg)	0	-
Vit. B1 (mg)	0,02	1,2/0,9	Esteroles		
Vit. B2 (mg)	0,04	1,8/1,4	Esteroles tot.(mg)	12	-
Niacina (mg)	0,6	20/15	Campesterol (mg)	Tr.	-
Vit. B6 (mg)	0,06	1,8/1,6	β-sitosterol(mg)	10	-
Vit. B6 (mg)	0,06	1,8/1,6	Estigmasterol (mg)	Tr.	-
Ac. Fólico (µg)	20	400/400	Comp. Bioactivos especiales		
Ac. Orgánicos			Kaempferol (mg)	1,2	-
Acido cítrico (mg)	748	-	Quercetina (mg)	0,86	-
Acido málico (mg)	303	-	Otros compuestos		
Acido oxálico (mg)	16	-	Purinas tot. (mg)	21	-
Acido p-cumárico (µg)	0,0015	-			

Adaptado de Moreiras y col., 2001; Olmedilla y col., 2001; Souci y col., 2000

Respecto a sus propiedades terapéuticas cabe destacar:

- Efecto laxante debido a su contenido en fibra soluble con lo cual facilitan el tránsito intestinal y están especialmente indicadas en casos de estreñimiento.
- Regulación de la función hepática ayudando a limpiar y depurar el organismo de la acción de las toxinas acumuladas, de forma que están aconsejadas en caso de hepatitis.
- Normalización de la presión arterial alta por su bajo contenido en sodio y grasa. Además, su elevado contenido en fibra alimentaria impide el depósito de colesterol en las paredes de las arterias, lo que unido a la acción de los antioxidantes, hace que disminuya el riesgo de aterosclerosis.
- Efecto diurético aumentando la producción de orina y facilitando la eliminación de ácido úrico al alcalinizar la orina, por lo que resultan muy eficaces en casos de artritis y gota.

I.1.3. Importancia económica

El principal productor de fresa en el mundo es Estados Unidos con una producción de 1.133.705 toneladas anuales, España ocupa el segundo lugar con 267.500 toneladas anuales, seguida muy de cerca por Turquía, México, República de Corea, Polonia y Egipto con más de 200 mil toneladas anuales (tabla I.3) (FAOSTAT, 2011).

Tabla I.3. Producción mundial de fresa en el año 2008

País	Producción en 2008 (miles de t)
Estados Unidos	1.133,7
España	267,5
Turquía	261,1
México	207,5
Corea	203,3
Polonia	174,6
Egipto	200,2

(Fuente: FAOSTAT, 2011)

España es en la actualidad el primer país del mundo exportador de fresas, destinando en torno al 25 % de ella a los mercados europeos y alrededor del 10 % a otros mercados internacionales, debido principalmente a la provincia de Huelva que aglutina en torno al 90 % de lo que se produce en territorio español. Estados Unidos es otro país que contribuye en buena medida con un 22 % de las exportaciones mundiales. México, Bélgica, Los Países Bajos y Francia, entre otros, también exportan anualmente importantes cantidades hacia mercados europeos y norteamericanos importantes. España, Estados Unidos, México y Bélgica muestran una tendencia a incrementar sus exportaciones en el futuro (tabla I.4).

España produjo 267,5 mil toneladas en el 2008, de las que el 96 % corresponden a la producción de fresa andaluza, y de ello, el 97 % procede de Huelva, mientras que el volumen de facturación supera los 300 millones de euros (Soitu, 2008). Además de en Huelva, este fruto se cultiva en puntos de la provincia de Sevilla y en zonas de Cataluña. En la última década, la producción de fresa se ha incrementado en un 46 % y en 2008 ésta alcanzó un total de 3,8 millones de toneladas existiendo una tendencia a seguir incrementándose en los próximos años (FAOSTAT, 2011).

Tabla I.4. Participación en la exportación mundial de fresa en el año 2008

País	Exportaciones en 2008 (miles de t)
España	186,4
Estados Unidos	116,7
Países Bajos	35,1
Bélgica	39,0
México	66,9
Francia	23,2

(Fuente: FAOSTAT, 2011).

I.1.4. Problemática de la estacionalidad del fruto

El problema de la estacionalidad de la fresa hace que se concentre una elevada cantidad de fruta madura y lista para comercializar en un número reducido de meses. Ocurre que en España, durante los meses de Marzo, Abril y Mayo se alcanzan los valores más altos en producción, y como consecuencia es necesario hacer uso de diferentes técnicas para poder conservar el producto alargando lo máximo posible su vida útil. Las tendencias más actuales de conservación de este producto, tienden a un procesado para conservar al máximo las características de los productos frescos, con el fin de preservar al máximo la calidad de los alimentos tanto desde el punto de vista sensorial como nutricional (infoagro.com).

I.2. DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA COMO TÉCNICA PARA LA CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS

La deshidratación osmótica es una de las técnicas más antiguas y más utilizadas dentro de la industria de transformación y conservación de alimentos (Earle, 1988). Esta importancia recae en la capacidad que tiene para

alargar la vida útil de los alimentos. El fundamento de la deshidratación osmótica se basa en disminuir el contenido de humedad del alimento, reduciendo así la actividad de agua e inhibiendo el crecimiento microbiano y la actividad enzimática, de modo que al controlar estos parámetros, se estará contribuyendo a la conservación del alimento (Fellows, 1988).

La operación de deshidratación osmótica consiste en la inmersión de un alimento sólido y con estructura celular, entero o en trozos, en una disolución acuosa de elevada concentración en solutos (denominada disolución osmótica) con la finalidad de extraer el agua del alimento (Pointing, 1973). Durante este proceso, tienen lugar, al menos, dos flujos principales y simultáneos en contracorriente: uno de agua desde alimento a la disolución y otro de solutos, desde la disolución al alimento debido al gradiente de potencial químico generado a un lado y al otro de las membranas semipermeables que integran el tejido parenquimático. Existe un tercer flujo, desde el producto a la disolución osmótica, de sólidos solubles nativos como minerales, vitaminas, ácidos orgánicos, etc. Generalmente, este tercer flujo de sólidos solubles nativos no se tiene en cuenta por ser cuantitativamente despreciable, pero sí puede resultar de interés desde el punto de vista de la calidad sensorial y nutricional (Lafont y *col.*, 1988; Torregiani y *col.*, 1987; Lericci y *col.*, 1985).

Por lo general, la velocidad a la que sale el agua del alimento hacia la disolución concentrada es mayor que la de entrada de sólidos solubles hacia el interior del mismo (Vial y *col.*, 1991; Lenart y Lewicki, 1990; Karel, 1973). Sin embargo, después de un cierto periodo de tiempo, que depende de las variables de proceso, la permeabilidad selectiva de la membrana disminuye y el soluto puede entonces penetrar más fácilmente por difusión (Levy y *col.*, 1995; Heng y *col.*, 1990).

Según Lazarides y *col.*, (1999), los factores que intervienen en el proceso de deshidratación osmótica se dividen en varias categorías de acuerdo a su

relación con la materia prima, la disolución osmótica o las condiciones de proceso.

En cuanto a las características de la materia prima, la especie, variedad y estado de madurez de la misma influyen directamente sobre la respuesta del tejido celular a los fenómenos de transferencia de materia que tiene lugar durante la operación. El desplazamiento del agua y de los solutos a través de los tejidos depende del grado de empaquetamiento de los mismos (Giangiacomo y *col.*, 1987), la cantidad de espacios intercelulares, el contenido inicial en sólidos solubles e insolubles (Lenart y Flink, 1984 a y b), la relación entre las distintas fracciones pépticas (Moy y *col.*, 1978) o su actividad enzimática (Giangiacomo y *col.*, 1987). Además, durante la deshidratación osmótica se producen diferentes alteraciones en el tejido que afectan, en gran medida, al transporte de los componentes durante el tratamiento. En cuanto a la forma y el tamaño de las muestras también tienen importancia, puesto que determinan la superficie específica a través de la cual tiene lugar la transferencia de materia.

Entre los factores relacionados con la disolución osmótica destaca el tipo de agente osmótico empleado, generalmente sacarosa (en el procesado de frutas) o cloruro sódico (en el procesado de hortalizas, carnes y pescados). Aunque también es frecuente el uso de otros azúcares como la glucosa, la fructosa, el jarabe de almidón, la lactosa, etc. En cualquier caso, la eficacia de un soluto como agente de deshidratación está ligada a su capacidad para deprimir la actividad del agua y a la velocidad con la que el soluto puede migrar hacia el alimento, ambas favorecidas por un bajo peso molecular. Para facilitar el contacto entre el alimento y la disolución osmótica y poder asumir despreciable la resistencia a la transferencia de materia entre el alimento y su entorno, es necesario agitar la disolución osmótica. De este modo, se evita la

formación de una película de disolución en la superficie del alimento y la consiguiente reducción del gradiente de concentración efectivo o fuerza impulsora.

Entre las condiciones de proceso, la temperatura, la presión y la duración del mismo son los principales factores que intervienen en la transferencia de materia que tiene lugar durante la deshidratación osmótica. Por un lado, un aumento de la temperatura estimula el movimiento molecular, aumenta la permeabilidad celular y disminuye la viscosidad de la disolución osmótica, de manera que la pérdida de agua y la ganancia de solutos aumentan. No obstante, por encima de 40 °C el pardeamiento enzimático y el deterioro del sabor empiezan a ser evidentes (Pointing, 1973). Por lo que desde el punto de vista cualitativo, la temperatura óptima de tratamiento debería estar comprendida entre 20 y 40 °C (Lerici y *col.*, 1985). En cuanto a la presión de trabajo, el efecto de la misma varía en función de las características del tejido. No obstante, la aplicación de una etapa previa de impregnación a vacío ha sido generalmente asociada a un aumento de la cinética de pérdida de agua y ganancia de solutos durante la posterior deshidratación osmótica, así como a una mejor conservación de las propiedades organolépticas por parte del producto y a una reducción en la duración del proceso (Fito y *col.*, 1998). En esta operación unitaria es el mecanismo hidrodinámico el principal responsable los cambios (Fito y Pastor, 1994) al reemplazar parcialmente el gas incluido en los tejidos por una fase líquida externa que se encuentra en contacto con ellos.

En cuanto a la duración del proceso, se pueden diferenciar dos periodos. Un primer periodo, en el que se produce una pérdida gradual de masa total del producto hasta alcanzar la igualdad de composición entre la fase líquida del alimento y la disolución osmótica, y un segundo periodo en el cual predominan

fenómenos de contracción-relajación de forma que, el producto comienza a ganar masa hasta que se alcanza el verdadero equilibrio termodinámico (igualdad de potencial químico entre el producto y la disolución osmótica).

Entre las diversas aplicaciones de la deshidratación osmótica destacan la elaboración de productos de humedad intermedia, alimentos autoestables, productos confitados y productos semielaborados. Pero además, puede ser utilizada como tratamiento previo a otras operaciones de deshidratación como el secado por aire caliente, reduciendo los daños ocasionados por las posteriores operaciones y permitiendo la formulación del producto final en base a los requerimientos sensoriales y nutricionales demandados por el consumidor (Pani *y col.*, 2008; Fito *y col.*, 1998).

Las principales ventajas que presenta la deshidratación osmótica frente a otras técnicas de deshidratación, son su bajo consumo energético, su efectividad a bajas temperaturas, la prevención de la alteración del color, sabor, textura así como la conservación de valor nutricional del producto (Mandala *y col.*, 2005; Moreno *y col.*, 2000). Parece ser que la formación de una capa compacta de células deshidratadas en la superficie actúa como barrera protectora para el resto del tejido, conservando mejor las propiedades características del producto fresco (Tovar *y col.* 2001a).

Una alternativa a la deshidratación osmótica tradicional, o deshidratación osmótica por vía húmeda, (DOH) sería la deshidratación osmótica por vía seca (DOS) (Peinado *y col.*, 2009; Rosa *y col.*, 2009). Su aplicación consiste en cubrir el producto con una determinada cantidad de agente osmótico, sin utilizar disolución, y dejar que éste actúe durante un tiempo determinado provocando un flujo de agua desde el interior del alimento hacia el exterior. De la misma forma que en DOH, el producto obtenido será un producto más estable que el producto fresco ya que ha

disminuido su contenido en humedad y actividad de agua pero con nuevas ventajas añadidas:

- No es necesario la preparación y estabilización de la disolución osmótica con el consecuente ahorro de tiempo y de agua.
- La disolución que se crea tras haber finalizado el tratamiento, es una disolución concentrada, rica en aromas, vitaminas y minerales hidrosolubles, y está constituida por agua proveniente de la misma fruta.
- El volumen generado de disolución es bastante más inferior al que se genera cuando la deshidratación se ha llevado a cabo por vía húmeda.

I.3. PRODUCTOS PROCESADOS DE FRESA: UNTABLES Y MERMELADAS

Como se ha comentado anteriormente, el volumen de producción de fresa en España es muy elevado en un tiempo muy limitado. Este hecho ha motivado el desarrollo de métodos de procesado y conservación del producto que permitan alargar su vida útil. Además, el creciente interés de los consumidores por alimentos frescos y saludables hace que estos nuevos métodos afecten en menor medida que los convencionales a la calidad de los alimentos, no sólo desde el punto de vista sensorial, sino también funcional.

Entre los productos tradicionales formulados a partir de frutas, destacan las mermeladas. Las mermeladas son productos elaborados por cocción de frutas enteras, troceadas o tamizadas y azúcar hasta conseguir un producto semifluido o espeso, tal y como especifica el código alimentario (BOE 04/07/2003; RD 863/2003). Tradicionalmente, la elaboración de esta clase de productos consiste en una rápida concentración de la fruta mezclada con azúcar hasta obtener la cantidad de sólidos solubles deseada. Durante la concentración, el agua de la fruta se evapora, los tejidos se ablandan,

absorbiendo el azúcar y liberando pectina y ácidos. Se produce la inversión parcial del azúcar debido a la coexistencia de ácidos y elevadas temperaturas. Además, en los casos que se requiera, puede adicionarse pectinas, ácidos o sales cálcicas (Camacho y *col.*, 1998). La textura del gel deberá permitir que se extienda fácilmente y antes de su empleo conservará su forma sin tener consistencia de goma; además el producto podrá almacenarse durante un periodo razonable de tiempo después de abierto el envase sin riesgo de alteración (Rauch, 1987).

La conservación de este producto se basa en las características de las materias primas que se emplean y en varios factores que ejercen su acción sobre los microorganismos potencialmente deteriorantes de las mermeladas. En primer lugar el pH ácido de las frutas, que suele oscilar entre 2,8-3,8, limita el desarrollo de microorganismos patógenos, siendo las mermeladas atacables por hongos y levaduras. En segundo lugar, el tratamiento de concentración realizado a altas temperaturas (85-90°C) durante periodos de 15-30 minutos elimina de manera importante formas vegetativas de microorganismos. Un tercer efecto conservante es la alta concentración de sólidos solubles que alcanza el producto final. La alta presión osmótica actúa de conservador, por lo que la mermelada no precisa de ningún método de esterilización para su conservación.

El hecho de que las mermeladas tradicionales estén sometidas a tratamiento térmico, hace que el producto presente colores más oscuros, alteraciones en el aroma, en el sabor, y en definitiva, provoquen un detrimento de la calidad de la propia fruta puesto que no va a conservar todos aquellos compuestos como vitaminas, minerales, etc., que hacen que la fruta sea tan valorada desde el punto de vista nutricional (García y *col.*, 2002).

Por otro lado, los gustos de los consumidores van cambiando, y actualmente hay una tendencia hacia mermeladas menos dulces donde se resalte el color, sabor, olor característicos de la fruta fresca, en vez de mermeladas extremadamente dulces donde la fruta pierde su identidad. Es por ello que surge el concepto de untables, en inglés "fruit spread", fruta para untar, como alternativa a la mermelada tradicional.

Los untables, se presentan como productos con un elevado porcentaje en fruta, con una textura de gel que permita que se extiendan con facilidad. Por otro lado, su proceso de elaboración permite la conservación de productos de interés como antioxidantes, vitaminas y minerales y mantiene el color, y aroma típicos de la fruta, y además en el caso de este trabajo, al contener azúcares de bajo índice glicémico, aportan energía saludable al organismo. Así pues, este producto no puede ser denominado mermelada dado que la legislación especifica que una mermelada es aquel producto que incluye una etapa de cocción en su procesado, no siendo este el caso de los untables de frutas. Las diferencias básicas entre las mermeladas y los untables de fruta residen en el contenido en fruta y en azúcares, así como en el proceso de concentración.

La elaboración de untables no conlleva tratamiento térmico a la hora de concentrar los azúcares, puesto que se concentran por un proceso de deshidratación osmótica. Con esta práctica se asegura la conservación de los parámetros sensoriales, color, aroma, sabor y la preservación de los valores nutricionales de la fruta fresca como vitaminas, minerales, etc., pudiendo ofrecer a los consumidores productos que presentan un alto contenido en fruta y que conservan mejor las características de frescura así como una vida útil relativamente larga (Fito y Chiralt, 1995).

Con respecto a los porcentajes de fruta y azúcar, la norma UNE (1974) establece, que una mermelada ha de tener un mínimo de fruta del 30 % y

tener como mínimo 45 °Brix. En cambio, en un untable no existen restricciones en cuanto a las cantidades finales de fruta y azúcar.

Puesto que estos productos pueden presentar menos grados °Brix que una mermelada, tienen menor protección contra los microorganismos contaminantes. Su a_w es alta, ya que poseen menos cantidad de sólidos y más agua disponible para los microorganismos. Sin embargo, a pesar de tener una a_w alta, no se debe sobrepasar el valor de 0,93, medida clave para el desarrollo del *Clostridium botulinum*, además, aunque no existe legislación específica, su pH debe de mantenerse por debajo de 3,6, donde se hace imposible una contaminación con la toxina de esta bacteria (Marini, 2006).

I.4. PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS UNTABLES DE FRESA

La fresa es muy apreciada por sus propiedades organolépticas. Se cosecha en plena madurez como un fruto climatérico, con las mejores cualidades de sabor y color (Cordenunsi y col., 2003). Destacan la textura suave y de alta tasa de ablandamiento, color rojo brillante, y sabor y aroma característico (Mitcham, 2004; Azodanlou y col., 2003). En el caso de untables, los consumidores aprecian en estos productos las características organolépticas que les recuerden a los productos frescos.

I.4.1. Propiedades Ópticas

El color es uno de los principales factores de calidad en fresa ya que afecta de forma importante la decisión de compra de los consumidores.

Los principales responsables del color de las fresas son los antocianos (principalmente flavonoides) y en menor medida los carotenoides. Dichos

pigmentos se forman entre los 28 y los 35 días siguientes a la caída del pétalo. Durante la maduración del fruto desaparece la clorofila presente en él, debido a la destrucción de los cloroplastos y disminuye el contenido en carotenoides (Gross, 1982).

Una vez procesados, un color rojo brillante en los untables de fresa, establece una sensación óptima al consumidor asociándolos con atributos positivos como "fresco", "saludable" y "maduro", frente a un color rojo oscuro que genera rechazo hacia el producto (Cordenunsi y *col.*, 2003). El uso de temperaturas elevadas durante el procesado favorece las reacciones de pardeamiento no enzimático (Anese y *col.*, 2002) dando lugar a compuestos que pueden reaccionar con algunas vitaminas y producir complejos oscuros que modifican el color de la fruta.

En cuanto al almacenamiento, la estabilidad del color se ve afectada por el tiempo de almacenamiento disminuyendo el valor de la coordenada cromática a^* (color rojo) a medida que el tiempo de almacenamiento se prolonga debido a una oxidación continuada de las antocianinas por su exposición principalmente a la luz y la temperatura (García-Viguera y *col.*, 1999).

I.4.2. Propiedades Mecánicas

En este tipo de productos gelificados las diferentes cantidades y proporciones de los ingredientes darán lugar a cambios en la estructura del gel que pueden ser percibidos por el consumidor como consecuencia de la textura o sensación en boca (Renard y *col.*, 2006). La textura de los untables dependerá básicamente de la cantidad de sólidos totales, la cantidad de sólidos solubles, el tamaño de partícula y la temperatura (Ahmed y *col.*, 2004). Los untables son productos de humedad intermedia que contienen fruta,

azúcares, pectina y ácido mezclados en las proporciones adecuadas para alcanzar una consistencia de gel determinada (Baker y *col.*, 2005; Lal y *col.*, 1998). La estructura de los untables de fruta se basa, al igual que la de una mermelada, en una red tridimensional fruta-azúcar-ácido con cierto grado de elasticidad que se mantiene mayoritariamente por uniones covalentes (Gabriele y *col.*, 2001; Clark y Ross-Murphy, 1987; Mitchell y Ledward, 1986). El agente osmótico actúa como deshidratante de las moléculas de pectina permitiendo así un mayor contacto entre las moléculas de la cadena (Suutarinen, 2002).

El grado de esterificación de las pectinas determinará su comportamiento junto a los ingredientes necesarios para la gelificación. Las pectinas de alto metoxilo necesitan para formar geles, una concentración mínima de sólidos solubles y un valor de pH que oscila entre un rango relativamente estrecho. Contienen más del 50 % de unidades de ácido poligalacturónico esterificadas y por tanto no reaccionan con iones calcio. La elección del tipo de pectina a emplear dependerá de las características del producto que se desee obtener y del proceso de elaboración seguido (Pagán, 1996).

Tanto las diferentes proporciones de los ingredientes (azúcar, ácido cítrico y pectina) como el tratamiento térmico durante el procesado de los untables condicionarán la textura del producto final. Elevadas temperaturas modifican la fracción de pectina soluble presente en la fruta aumentando la fluidez del producto. En la mayoría de los casos la adición de pectina en la formación de productos gelificados es necesaria para obtener la consistencia deseada, de modo que dicha cantidad dependerá de la cantidad de azúcar, ácido presente y de la variedad de fruta (Rauch, 1987).

Por otro lado, la temperatura de almacenamiento puede afectar a la textura de los untables, ya que la unión de puentes de hidrógeno que mantienen estable la estructura de gel depende de la temperatura (Dervisi y *col.*, 2001; Lópes da Silva y Gonçálves, 1994).

I.4.3. Sabor y aroma

El sabor y aroma de las frutas, son el resultado de la mezcla de diferentes metabolitos. Los distintos azúcares y ácidos presentes en las frutas contribuyen al dulzor y acidez de las mismas, mientras que el aroma viene determinado por la combinación de moléculas volátiles. Las diferentes proporciones de los componentes volátiles y la presencia o ausencia de determinados compuestos determinan el perfil aromático. El aroma de fresa se debe principalmente a una mezcla de ésteres, aldehídos, cetonas y ácidos (Zabetakis y Holden, 1997; Pérez y *col.*, 1993).

En cuanto al efecto que tiene el procesado sobre los compuestos aromáticos, el aumento de temperatura es una de las variables que mayores cambios producirá en la composición volátil. Son diversas las reacciones que tienen lugar al aumentar la temperatura generando productos como el Furfural, a partir de las pentosas, o el 5-hidroximetilfurfural, a partir de las hexosas (Lesschaeve y *col.*, 1991). Además, temperaturas elevadas, favorecen las reacciones de Maillard, características de productos que contienen azúcares y aminoácidos, dando lugar a infinidad de productos de toda índole, desde grandes estructuras poliméricas de peso molecular elevado a sustancias de bajo peso molecular como los aldehídos de Strecker, (2-Metilbutanal, 3-Metilbutanal, Fenil-acetaldehído) y sus alcoholes homólogos que confieren los aromas característicos de muchos alimentos (Ventanas, 2001). Por otro lado, la

pectina utilizada puede enmascarar o bien retener los compuestos que confieren aroma al producto gelificado (Guichard, 1996).

El perfil volátil también se verá modificado como consecuencia de diversas reacciones que tiene lugar a lo largo del almacenamiento. La concentración de ésteres y alcoholes se ve afectada principalmente por la temperatura de almacenamiento (Aguiló y *col.*, 2009; Ayala y *col.*, 2004) aunque también influyen otros factores como la disponibilidad de diversos compuestos como ácidos y enzimas necesarios para su formación (Azodanlou y *col.*, 2003; Bood y Zabetakis, 2002).

1.4.4. Propiedades antioxidantes

La disminución en la actividad antioxidante durante el procesado y almacenamiento de productos tipo untables y mermeladas puede reducir los efectos beneficiosos de los mismos sobre el organismo (Kalt y *col.*, 2000; Nicoli y *col.*, 1999; Lindley, 1998). La mayoría de compuestos antioxidantes presentes en la fresa, como antocianinas o ácido ascórbico, disminuyen su concentración como consecuencia de las altas temperaturas (Klopotek y *col.*, 2005; García-Viguera y *col.*, 1999). La concentración de pectina también influye en la degradación antocianinas de mermeladas y untables (Dervisi y *col.*, 2001).

Sin embargo, no se ha encontrado una tendencia clara en cuanto a la capacidad antioxidante en función de la temperatura de almacenamiento. Por un lado, diversos autores como Shin y *col.* (2008), Ayala y *col.* (2004) o Kalt y *col.* (2000) pusieron de manifiesto que productos almacenados a altas temperaturas presentan mayores concentraciones en antocianinas, compuestos fenólicos y flavonoides, así como una actividad antioxidante más alta que con temperaturas más bajas. En cambio, Wicklund y *col.* (2005)

comprobaron que mermeladas almacenadas a 4 °C mostraron un mayor contenido en antocianinas así como mayor capacidad antioxidante total que mermeladas almacenadas a 20 °C, confirmando así lo sugerido por García-Viguera y col. (1999).

I.5. AZÚCARES CONVENCIONALES Y DE NUEVA GENERACIÓN

Actualmente mucha gente elige su dieta en función de sus apetencias (a menudo correspondiéndose éstas a hábitos socio-culturales). Sin embargo existe una gran parte de la población que sigue dietas específicas bien porque así lo desean o porque lo necesitan. Recientemente se han asociado diferentes enfermedades como obesidad o diabetes a una mala alimentación (Jeffery y col., 2006; Pereira y col., 2005). Así pues, existen distintos tipos de dieta como por ejemplo dietas especiales para personas con desórdenes en el metabolismo de carbohidratos, grasas, hepáticos o renales, de intolerancia a algunos alimentos (gluten, lactosa, etc.), para pérdida de peso, depurativas o dietas específicas según hábitos, costumbres o culturas (vegetarianismo, veganismo, macrobióticas). En cualquier caso, para una alimentación saludable, sea cual sea la dieta a seguir, ésta deberá cumplir con los requerimientos energéticos básicos. El organismo requiere de un aporte energético que dependerá de diversos factores tales como edad, sexo y ejercicio físico siendo la principal fuente de energía los carbohidratos aportados por la dieta.

La hormona insulina juega un papel importante al ser liberada por las células pancreáticas a la sangre cuando los niveles de nutrientes son elevados, de modo que éstos son transportados a las células dónde, los carbohidratos (glucosa) son transformados en energía necesaria para el funcionamiento del organismo. El exceso de energía es almacenado como glucógeno (glucosa) en

el hígado o en el tejido muscular y como triglicéridos (grasa) en el tejido adiposo.

Existe una gran diferencia entre el aporte de energía al organismo de los diferentes tipos de carbohidratos, incluso entre aquellos totalmente disponibles, que afectará a la respuesta insulinémica y al control energético. El consumo regular de carbohidratos rápidamente disponibles para el organismo (glucosa, sacarosa) con el consiguiente aumento de insulina en sangre, puede ser a medio-largo plazo, contraproducente para el control de peso, puesto que elevados niveles de insulina ejercen un efecto inhibitor en la movilización de las grasas del tejido adiposo (Pawlak *et al.*, 2004). Así pues la elección en la dieta de carbohidratos de bajo índice glicémico se considera positiva puesto que dichos carbohidratos están asociados a bajos niveles de insulina.

Los endulzantes más utilizados tradicionalmente por la industria agroalimentaria han sido carbohidratos rápidamente disponibles para el organismo como la sacarosa, jarabe de glucosa, dextrosa sólida, jarabe invertido, miel y otros jarabes invertidos (Belitz y Grosh, 1997). Actualmente existen productos que sustituyen el azúcar común por edulcorantes no calóricos -ciclamarato sódico, sacarina, aspartamo, polioles (sorbitol) y similares, puesto que endulzan el producto, pero el valor energético (calorías) es menor si se compara con productos que contienen sacarosa en su formulación. Sin embargo, la mayoría de estos edulcorantes dan lugar a sabores residuales distintos a los de los azúcares y pueden presentar efectos laxantes.

I.5.1. Sacarosa

El código alimentario Español designa con el nombre específico de sacarosa exclusivamente al "Producto obtenido industrialmente de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), de la remolacha azucarera (*Beta vulgaris* L., var.rapa) y de otras plantas sacarinas en suficiente estado de pureza para la alimentación humana".

La sacarosa es el azúcar formado por la unión de una molécula de glucosa y una de fructosa a través de un enlace glucosídico β -(1-2) (figura I.2).

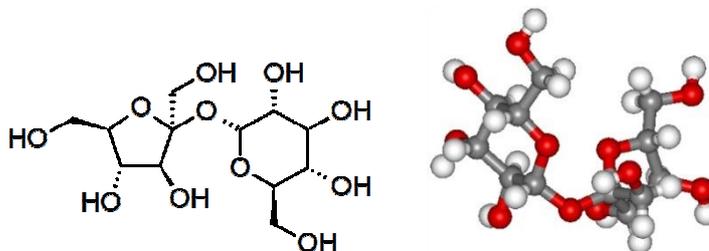


Figura I.2. Molécula de Sacarosa

Es el hidrato de carbono más utilizado en el mundo como endulzante. Se encuentra en todas las plantas verdes, hojas y tallos y tal como se ha nombrado con anterioridad, se encuentra en la caña de azúcar con un porcentaje entre 12 y 30 %, en el maíz dulce en un porcentaje de azúcar entre 12-17 %, y en otros frutos y semillas y algunos rizomas como el boniato y el cacahuate, en un 2 y 4 %, respectivamente. La sacarosa destaca entre los demás edulcorantes por su sabor especialmente agradable, incluso en altas concentraciones (Astiasaran y Martínez, 2002).

Al calentarla en un medio ácido o por acción de la enzima invertasa, se descompone para formar (+) D-glucosa y (-) D-fructosa, mezcla que se llama "azúcar invertido", y al proceso, "inversión" o "hidrólisis". Es estable al aire, pero en forma de polvo absorbe la humedad del aire hasta en 1 %. Es

fermentable, pero en altas concentraciones (~ 17 %) resiste la descomposición bacteriana.

I.5.2. Glucosa

La glucosa (figura I.3) es el monosacárido, unidad más simple de los denominados hidratos de carbono, más abundante en la naturaleza, se encuentra en diferentes frutas como las manzanas y las fresas y en hortalizas como la cebolla. Su concentración depende básicamente del grado de madurez del producto.

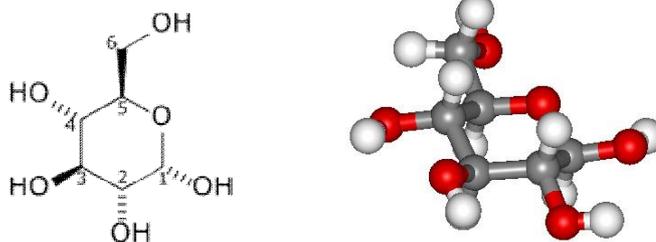


Figura I.3. Molécula de Glucosa.

Debido a que la glucosa es dextro rotatoria (es decir gira a la derecha sobre el plano de la luz polarizada) también se le conoce con el nombre de dextrosa, y como es muy abundante en la uva (95 % de los azúcares totales), se le llama azúcar de la uva. La glucosa que se emplea comercialmente en la elaboración de un gran número de alimentos proviene de la hidrólisis del almidón mediante un proceso similar al de la fructosa (Badui, 2006).

Este tipo de edulcorante posee menor dulzor que la sacarosa. Debido a su rápida absorción, se suele utilizar mucho como producto energético incorporado a preparados nutritivos y farmacológicos. Se emplea en bebidas, repostería, mermeladas y dulces. La glucosa se oxida en las células como

fuente de energía y se almacena en el hígado y los músculos en forma de glucógeno. Normalmente el sistema nervioso central utiliza la glucosa como principal fuente de energía (Astiasaran y Martínez, 2002).

I.5.3. Fructosa

La fructosa es un monosacárido (figura I.4), que se encuentra de manera natural en las frutas. Además de ser uno de los edulcorantes más habituales en la industria alimentaria, posee mayor dulzor que la sacarosa. Está presente en productos de repostería, alimentos procesados, azúcar común, frutas y bebidas refrescantes en las que se utiliza de forma habitual reemplazando de esta manera la sacarosa.

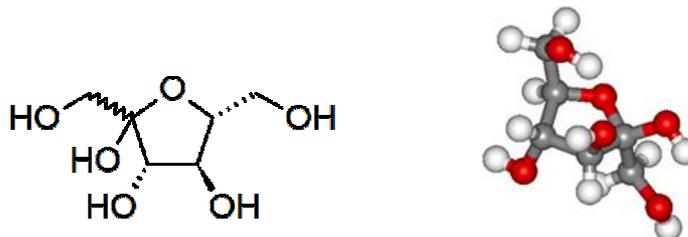


Figura I.4. Molécula de Fructosa.

Proceso de producción de la fructosa:

A partir del almidón es posible producir grandes cantidades de fructosa a un coste relativamente bajo (Astiasaran y Martínez, 2002). La aplicación industrial de los enzimas amilolíticos a la hora de fabricar determinados derivados del almidón es ampliamente conocida.

El proceso parte de una disolución de almidón gelatinizado a la que se le añade una α -amilasa bacteriana termorresistente (de *B.licheniformis*). La actividad de las amilasas hace que el almidón se convierta en maltodextrina,

que es de gran utilidad en la industria alimentaria. Ésta, a su vez, sirve de sustrato para llevar a cabo la siguiente transformación. Al incubarla con amiloglucosidasa, se favorece la hidrólisis total (97-98 %) y se produce D-glucosa que se transforma en fructosa por mediación de la glucosa isomerasa (Badui, 2006).

La fructosa es adecuada para mantener estables los niveles de azúcar en sangre ya que su principal característica es que no se absorbe tan rápidamente como la sacarosa. Su índice glicémico está en torno a 20, frente al de la sacarosa 59 o el de la Glucosa 100. El índice glicémico es el rango de los carbohidratos contenidos en un alimento que presentan efecto inmediato en los niveles de azúcar en la sangre. En función de la rapidez con que se digieran los alimentos, la liberación de glucosa se produce de una manera más o menos rápida y por tanto en función de cómo se libera la glucosa, su presencia en sangre genera picos más o menos elevados de azúcar (Martínez y García, 2001)

I.5.4. Isomaltulosa

La isomaltulosa es un isómero de la sacarosa cuyo proceso de producción comienza partiendo de una disolución de sacarosa que se transforma en isomaltulosa tras una reacción de transglucosidación (Schiweck y *col.*, 1990; Schiweck, 1980; Mauch y Schmidt-Berg-Lorenz, 1964; Weidenhagen y Lorenz, 1957). Se trata de un disacárido reductor compuesto de una molécula de glucosa y una molécula de fructosa unidas por un enlace glucósido de tipo alfa-1,6 (Weidenhagen y Lorenz, 1957) (figura I.5).

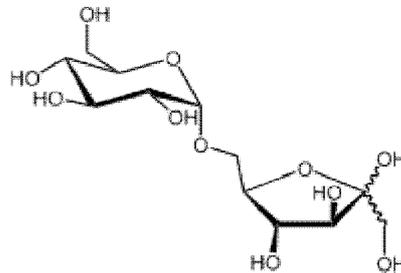


Figura I.5. Molécula de Isomaltulosa

Algunas de sus principales características son:

- Producto no cariogénico: no es un carbohidrato que fermente con relativa facilidad como la sacarosa o el resto de azúcares, por tanto no es aprovechada como sustrato por los microorganismos responsables de las caries dentales (Matsuyama y *col.*, 1997).
- Apto para personas con diabetes: es uno de los azúcares que presenta niveles de índice glicémico más bajo puesto que proporciona la misma cantidad de energía en la forma de glucosa que el azúcar común, pero durante un periodo significativamente más duradero (Lina y *col.*, 2002; Hawai y *col.*, 1989).
- Presenta buenas propiedades organolépticas: dulzor natural similar a la sacarosa y bastante puro ya que no tiene sabores residuales. Las propiedades fisicoquímicas de la isomaltulosa permiten la sustitución de la sacarosa en muchos alimentos dulces si bien hay que tener en cuenta que presenta una solubilidad del 30 % a temperatura ambiente (Schiweck y *col.*, 1990; Kaga y Mizutani, 1985).
- A diferencia de otros edulcorantes artificiales, como pueden ser el ciclamato sódico, la sacarina, el aspartamo, los polioles (sorbitol) y similares, no tiene efecto laxante (Weidenhagen y Lorenz, 1957).

La isomaltulosa, con su bajo índice glicémico es beneficiosa para la administración energética por su alta contribución en el metabolismo de oxidación de las grasas, con efectos potenciales a largo plazo en la acumulación de las mismas, composición del organismo y control de peso. De hecho, es el único carbohidrato “totalmente disponible” de bajo peso molecular que presenta estas propiedades, ya que otros carbohidratos comparables o bien presentan alto peso molecular o, en el caso de la fructosa, suprimen la oxidación de las grasas por otros mecanismos.

Así pues, la elección de carbohidratos de bajo índice glucémico, debería tenerse en cuenta, ya que está asociada a bajos niveles de insulina y por tanto a una menor deposición de grasa contribuyendo así en la prevención de aumento de peso y al desarrollo de resistencia a la insulina (Fujiwara y *col.*, 2007; Arai y *col.*, 2004).

II. OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO

II.1. OBJETIVOS

II.1.1. Objetivo general

El objetivo general de este trabajo ha sido estudiar el efecto de las variables del proceso de formulación sobre la cinética de transferencia de materia, así como diferentes parámetros relacionados con la calidad sensorial y funcional de productos untables de fresa.

II.1.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos se han dividido en función de las distintas experiencias llevadas a cabo y en el mismo orden que los capítulos de discusión de resultados:

a) En relación al estudio comparativo de la transferencia de materia en deshidratación osmótica por vía húmeda y por vía seca:

- Estudiar la influencia de las variables del proceso:
 - tipo de deshidratación osmótica: (H-V) vía húmeda con concentración del medio variable, (H-C) vía húmeda con concentración del medio constante y (S-V) vía seca con concentración del medio variable
 - agente osmótico (S: Sacarosa; F: Fructosa; I: Isomaltulosa), sobre la cinética de transferencia de materia durante la Deshidratación Osmótica (cambios de composición y flujos de materia).

b) En relación a la influencia de las variables de proceso en productos formulados de 30 y 50°Brix.

- Evaluar el efecto de las distintas variables de proceso (método de elaboración, tipo de azúcar y porcentaje de pectina) empleadas en la formulación del untable sobre:
 - Propiedades fisicoquímicas: composición (x^{ss} , x^w), actividad del agua (a_w) y pH de los productos obtenidos.
 - Propiedades ópticas, mecánicas y reológicas de los productos obtenidos

c) En relación a la optimización de la formulación de un producto untable de 50° Brix.

- Desarrollar dos tipos de productos untables de fresa en función de los azúcares empleados para su formulación, y sin eliminación de fase líquida.
 - Untable de fresa formulado con sacarosa e isomaltulosa
 - Untable de fresa formulado con fructosa e isomaltulosa
- Estudiar la influencia de cuatro variables del proceso de formulación (% de isomaltulosa, % de pectina y % de ácido cítrico) y duración del tratamiento térmico aplicado sobre:
 - Propiedades fisicoquímicas x^w , x^{ss} , a_w , y pH, y estabilidad microbiológica,
 - Propiedades de carácter funcional: contenido en antocianinas y capacidad antioxidante total,
 - Propiedades de carácter organoléptico: color, textura y perfil aromático,

de los untables de fresa recién obtenidos (24 horas), y a diferentes tiempos de almacenamiento a temperatura ambiente (45 y 90 días).

II.2. PLAN DE TRABAJO

El plan de trabajo para la consecución de los objetivos específicos planteados, ha sido el siguiente:

- Revisión bibliográfica periódica sobre la temática de estudio.
- Caracterización de diferentes lotes de fresa (*Fragaria vesca* var. Camarosa) en términos de propiedades fisicoquímicas y ópticas, determinación del contenido en antocianinas y actividad antioxidante total así como análisis de su perfil volátil.
- En relación al estudio comparativo de la transferencia de materia en deshidratación osmótica por vía húmeda y por vía seca. Experiencias de deshidratación osmótica de cuartos de fresa en 3 condiciones del medio distintas:
 - *Deshidratación osmótica por vía húmeda con concentración del medio variable (H-V)*
 - *Deshidratación osmótica por vía húmeda con concentración del medio constante (H-C)*
 - *Deshidratación osmótica por vía seca con concentración del medio variable (S-V)*

A diferentes tiempos a lo largo de la operación de deshidratación osmótica se analizó:

- Masa total, contenido en humedad, sólidos solubles totales (°Brix), actividad de agua, en los cuartos de fresa.
- Masa total, contenido en sólidos solubles totales (°Brix), actividad de agua y propiedades ópticas (coordenadas del espacio de color CIEL*a*b*, sólo al inicio y al final del proceso de deshidratación), en la disolución osmótica.

- En relación a la influencia de las variables de proceso en productos formulados de 30 y 50° Brix.
 - Planificación de los diferentes tratamientos en función de las variables a estudiar (método de elaboración, tipo de azúcar y % de pectina).
 - Caracterización del producto obtenido:
 - Composición (x^s , x^w) a_w y pH.
 - Determinación de las propiedades ópticas: Obtención de las coordenadas Ciel*a*b*.
 - Determinación de las propiedades mecánicas: La caracterización de los parámetros de textura (consistencia y adhesividad) se realizó mediante un ensayo back-extrusion.
 - Determinación de las propiedades reológicas:
 - Ensayos estacionarios:** Se llevaron a cabo en 3 ciclos, de subida (180 s), bajada (180 s) y reposo (60 s), entre los siguientes gradientes de velocidad, $\dot{\gamma}=0-100 \text{ s}^{-1}$. Con este ensayo se puede modelizar el fluido y si es tixotrópico (histéresis), evaluar y eliminar dicha tixotropía.
 - Ensayos oscilatorios:** En primer lugar, se efectuaron barridos de esfuerzo de 0,01 a 10 Pa (a 3 frecuencias fijas 0,1-1-10 Hz) para la determinación de la región viscoelástica lineal. Posteriormente, se efectuaron los barridos de frecuencia en el rango $f=0,01-10 \text{ Hz}$ obteniéndose los valores de G' y G'' en función de la frecuencia.

- En relación a la optimización de la formulación de un producto untable de 50° Brix
 - Diseño experimental "2⁴+ principal" mediante la metodología de superficie respuesta para el estudio de 4 variables del proceso de formulación (% de isomaltulosa, % de pectina, % de ácido cítrico y duración de tratamiento térmico).
 - Caracterización de los diferentes productos untables a diferentes tiempos de almacenamiento (24 horas, 45 y 90 días):
 - Composición (a_w , x^{ss} , x^w y pH) y estabilidad microbiológica (vida útil).
 - Parámetros relacionados con la calidad funcional:
 - Análisis del contenido en antocianinas por espectrofotometría
 - Análisis de la capacidad antioxidante (DPPH).
 - Parámetros relacionados con la calidad sensorial:
 - Determinación de las propiedades ópticas: Obtención de las coordenadas Ciel*a*b*.
 - Determinación de las propiedades mecánicas: (ensayo back-extrusion).
 - Perfil aromático (sólo a las 24 horas y 90 días de almacenamiento) por cromatografía de gases.
 - Análisis estadístico y optimización de los resultados obtenidos mediante la metodología de superficie de respuesta.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

III.1. MATERIA PRIMA

En este estudio se utilizó como materia prima fresón (*Fragaria vesca*, variedad Camarosa (figura III.1). La fresa se ha elegido por sus atributos nutricionales y por criterios de consumo ya que es una de las frutas más consumidas en forma de mermelada, y por tanto podría tener gran aceptación en el formato de fruta para untar.

La materia prima fue adquirida en un supermercado local pero siempre procedente del mismo proveedor. Para que las fresas presentaran la mayor frescura posible, se adquirieron el mismo día de la realización de las experiencias durante los meses de marzo, abril y mayo.



Figura III.1. *Fragaria vesca* var. Camarosa

Tras realizar una selección visual por color, tamaño y ausencia de daño físico para garantizar la mayor homogeneidad posible, las fresas fueron lavadas con agua clorada para eliminar los posibles residuos de pesticidas u otros tratamientos en campo, siendo finalmente cortadas en cuartos o en cubos de 1 cm³, dependiendo de las diferentes experiencias que se realizaron.

III.2. AGENTES OSMÓTICOS

Tanto en los ensayos llevados a cabo para el estudio de la cinética de deshidratación osmótica como en los diferentes procesos de obtención de untables, se emplearon 4 agentes osmóticos sólidos y/o en disoluciones. Las propiedades de los azúcares empleados vienen recogidas en la tabla III.1.

Tabla III.1. Propiedades de los azúcares utilizados y actividad de agua (a_w) de las disoluciones saturadas, tanto de los azúcares individuales como de las mezclas utilizadas en la elaboración de untables.

Azúcares	Fórmula	Peso Molecular (g/mol)	Solubilidad (mol/L)	Pto Fusión (°C)	Índice Glicémico	a_w Disoluciones Saturadas
Sacarosa	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	342,3	5,96	186	68	0,890 (0,002)
Isomaltulosa	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	342,3	0,76	125/128	32	0,964 (0,002)
Fructosa	C ₆ H ₁₂ O ₆	180,16	20,8	100	23	0,614 (0,003)
Glucosa	C ₆ H ₁₂ O ₆	180,16	5,05	146/150	100	0,920 (0,002)

SG						0,900 (0,002)
IF						0,856 (0,001)

SG: Sacarosa + Glucosa (50:50 (p/p)); IF: Isomaltulosa + Fructosa (50:50 (p/p)).

III.3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Tipos de procesos de deshidratación osmótica,

- *Deshidratación osmótica por vía húmeda (DOH)*: Consiste en la aplicación tradicional de la técnica de deshidratación osmótica en la cual el alimento se sumerge en una disolución osmótica hipertónica.
- *Deshidratación osmótica por vía seca (DOS)*: Posible alternativa a la deshidratación osmótica tradicional. El producto se cubre con una determinada cantidad de azúcar, sin utilizar disolución, y se deja que

éste actúe durante un tiempo determinado provocando la salida del agua del interior del alimento.

La metodología que se siguió para las distintas experiencias se resume a continuación en el mismo orden que los correspondientes capítulos de discusión de resultados. Las combinaciones de azúcares utilizadas para las distintas experiencias vienen recogidas en la tabla III.2.

Tabla III.2. Composición de las disoluciones osmóticas utilizadas en la deshidratación osmótica por vía húmeda y de la mezcla de azúcares para la deshidratación osmótica por vía seca utilizadas para las distintas experiencias de deshidratación.

Azúcares (p/p)	% Sacarosa	% Fructosa	% Isomaltulosa	% Glucosa
Sacarosa	100	0	0	0
Isomaltulosa	0	0	100	0
Fructosa	0	100	0	0
SG	50	0	0	50
IF	0	50	50	0

SG: Sacarosa + Glucosa (50:50 (p/p)); IF: Isomaltulosa + Fructosa (50:50 (p/p)).

III.3.1. Estudio comparativo de la transferencia de materia en deshidratación osmótica por vía húmeda y por vía seca.

Experiencias de deshidratación osmótica de cuartos de fresa en 3 condiciones del medio distintas y un ratio fruta: disolución calculado para alcanzar, en todos los casos, una concentración de 30 °Brix en el equilibrio:

- Deshidratación osmótica por vía húmeda con concentración del medio variable (DOH-V): Se utilizaron disoluciones concentradas de azúcar (sacarosa o fructosa) de 60 °Brix.

- Deshidratación osmótica por vía húmeda con concentración del medio constante (DOH-C): Se utilizaron disoluciones de azúcar (sacarosa, fructosa o isomaltulosa) de 30 °Brix.
- Deshidratación osmótica por vía seca con concentración del medio variable (DOS-V). Se utilizó azúcar sólido (sacarosa, fructosa o isomaltulosa).

Las experiencias de deshidratación osmótica por vía húmeda se llevaron a cabo por inmersión de las muestras de fresa en un recipiente de plástico que contenía la disolución osmótica. En el caso de la deshidratación osmótica por vía seca las muestras de fresa se introdujeron en un recipiente de plástico que contenía el agente osmótico sólido. Previamente a su inmersión, las muestras fueron colocadas en rejillas diseñadas a tal efecto de forma que las muestras no mantuvieran contacto entre sí y todas estuvieran en la misma posición relativa con respecto a la dirección del movimiento de la disolución osmótica, a fin de estandarizar en la medida de lo posible, las condiciones de la operación. En el caso en los que se realizó el seguimiento de la variación de masa total durante el tratamiento, se identificaron tres de las muestras (figura III.2).



Figura III.2. Identificación de las muestras de fresa en cuartos para el seguimiento de la variación de masa durante el tratamiento de deshidratación osmótica.

Previamente a cualquiera de las determinaciones analíticas, se eliminó el exceso de disolución osmótica adherida a la superficie de las muestras utilizando papel absorbente.

A diferentes tiempos a lo largo de la operación de deshidratación osmótica (30, 60, 90, 120, 150, 180, 240, 300, 420, 540, 900, 1440, 1740 y 2880 min) se realizaron determinaciones analíticas de:

- Masa total, contenido en humedad, sólidos solubles totales (°Brix), actividad de agua, en los cuartos de fresa.
- Masa total, contenido en sólidos solubles totales (°Brix), actividad de agua y propiedades ópticas (coordenadas del espacio de color CIEL*a*b*, sólo al inicio y al final del proceso de deshidratación), en la disolución osmótica.

III.3.2. Influencia de las variables de proceso en productos formulados de 30 y 50 °Brix.

Se obtuvieron productos untables de fresa de 30 y 50 °Brix mediante la mezcla de distintas proporciones fresa deshidratada y disolución osmótica, tal y como se detalla a continuación:

Etapas de equilibrado

Una de las etapas esenciales del proceso de elaboración de untables es la etapa de equilibrado de la fruta con la disolución de azúcar para alcanzar el nivel de concentración deseado.

Esta etapa de equilibrado se llevó a cabo por los dos procedimientos descritos anteriormente, deshidratación osmótica vía húmeda (DOH) y vía seca (DOS) y distintos azúcares: sacarosa e isomaltulosa, en el caso de equilibrado hasta 30 °Brix; y sacarosa o mezclas sacarosa-glucosa y isomaltulosa-fructosa

al 50 % (p/p) (tabla III.2) en el caso del equilibrado hasta 50 °Brix. Puesto que la etapa de equilibrado duró entre 24 y 48 horas, se añadió sorbato potásico como agente antimicrobiano ($C_6H_7KO_2$, 500 ppm) (Castelló y *col.*, 2006; Karabulut, y *col.*, 2001; García y *col.*, 1998).

La sacarosa se utilizó como azúcar de referencia en los dos tipos de equilibrado. En el caso del equilibrado a 50 °Brix, fue necesario mezclar la isomaltulosa con otro agente osmótico dada su baja solubilidad (aproximadamente 30 °Brix a 20 °C, tabla III.1). La fructosa se seleccionó para acompañar a la isomaltulosa por ser también considerada como un carbohidrato saludable. Por último, la mezcla sacarosa-glucosa se eligió con el objetivo de conseguir productos de un dulzor similar a los conseguidos con los otros azúcares.

Las condiciones de deshidratación osmótica de cubos de fresa para la obtención de fruta deshidratada y disolución osmótica vienen especificadas en la tabla III.3. La figura 1 del anexo I resume detalladamente los pasos a seguir en esta etapa de equilibrado.

Tabla III.3. Condiciones de deshidratación osmótica para la obtención de fresa deshidratada y disolución osmótica.

30 °Brix		50 °Brix	
Tipo de Deshidratación	Azúcar	Tipo de Deshidratación	Azúcar
HUMEDA	S	HUMEDA	S
	I		SG
SECA	S	SECA	IF
	I		S
			SG
			IF

Etapa de formulación

Una vez alcanzado el equilibrio, se procedió a la separación de las dos fases (fruta deshidratada y disolución osmótica) para la formulación de los distintos untables. Se llevaron a cabo 6 métodos de elaboración en función del tipo de deshidratación y la proporción final de fruta deshidratada: disolución utilizada, 3 métodos para los productos de 30 °Brix y 3 métodos para los productos de 50 °Brix (figura III.3):

- Untables de 30 °Brix
 - **H-30**: obtenidos mediante equilibrado osmótico a 30 °Brix por vía húmeda y posterior formulación con un ratio fruta deshidratada: disolución de 70:30.
 - **S1-30**: obtenidos mediante equilibrado osmótico a 30 °Brix por vía seca y posterior formulación con el total de la fruta deshidratada y la disolución generada en la etapa de equilibrado.
 - **S2-30**: obtenidos mediante equilibrado osmótico a 30 °Brix por vía seca y posterior formulación con un ratio fruta deshidratada: disolución 70:30.
- Untables de 50 °Brix
 - **H-50**: obtenidos mediante equilibrado osmótico a 50 °Brix por vía húmeda y posterior formulación con un ratio fruta deshidratada: disolución de 60:40.
 - **S1-50**: obtenidos mediante equilibrado osmótico a 50 °Brix por vía seca y posterior formulación con el total de la fruta deshidratada y la disolución generada en la etapa de equilibrado.
 - **S2-50**: obtenidos mediante equilibrado osmótico a 50 °Brix por vía seca y posterior formulación con un ratio fruta deshidratada: disolución 60:40.

Finalmente, se formularon un total de 18 untables de 30 °Brix y 27 untables de 50 °Brix en función del tipo de azúcar, método de elaboración (tipo de deshidratación y % de fruta deshidratada: disolución) y % de pectina (tablas III.4 y III.5).

Transcurridas 24 horas tras la obtención de los diferentes productos untables se realizaron las siguientes determinaciones analíticas:

- Contenido en humedad, sólidos solubles totales (°Brix), actividad de agua, pH, propiedades ópticas, mecánicas y reológicas.

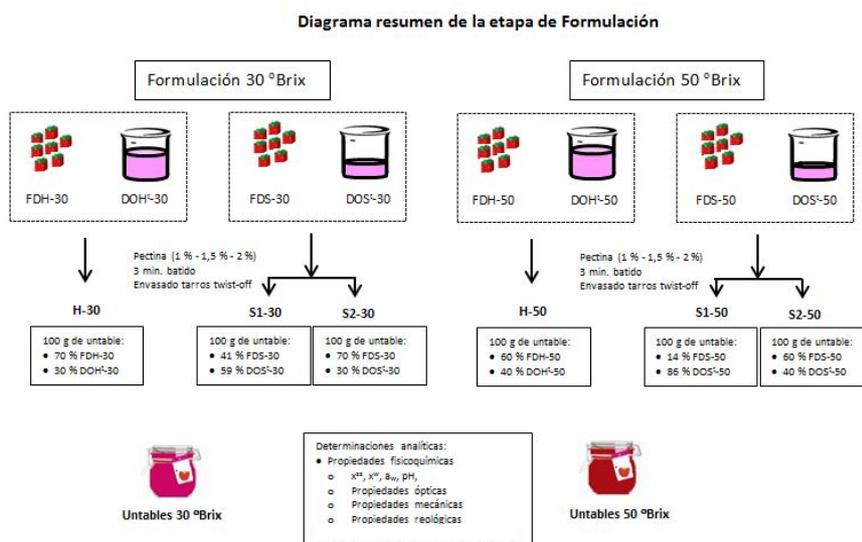


Figura III.3. Esquema de los pasos seguidos para la formulación de los distintos untables de 30 o 50 °Brix.

Tabla III.4. Untables de fresa de 30 °Brix obtenidos en función de las distintas combinaciones de las variables estudiadas: método de elaboración (proceso osmótico y % de fruta), tipo de azúcar, y % de pectina.

Tratamiento	Azúcar	Procesado	% Pectina
H-30-S-1			1
H-30-S-1,5	S	DO HÚMEDA 70 % FD: 30 % DO	1,5
H-30-S-2			2
S1-30-S-1		DO SECA SIN ELIMINAR FASE LÍQUIDA	1
S1-30-S-1,5	S	(total FD y DO)	1,5
S1-30-S-2		41 % FD : 59 % DO	2
S2-30-S-1			1
S2-30-S-1,5	S	DO SECA ELIMINANDO FASE LÍQUIDA 70 % FD: 30 % DO	1,5
S2-30-S-2			2
H-30-I-1			1
H-30-I-1,5	I	DO HÚMEDA 70 % FD: 30 % DO	1,5
H-30-I-2			2
S1-30-I-1		DO SECA SIN ELIMINAR FASE LÍQUIDA	1
S1-30-I-1,5	I	(total FD y DO)	1,5
S1-30-I-2		41 % FD : 59 % DO	2
S2-30-I-1			1
S2-30-I-1,5	I	DO SECA ELIMINANDO FASE LÍQUIDA 70 % FD: 30 % DO	1,5
S2-30-I-2			2

S: Sacarosa; I: Isomaltulosa.

FD: Fruta deshidratada osmóticamente; OD: Disolución osmótica generada.

Tabla III.5. Untables de fresa de 50 °Brix obtenidos en función de las distintas combinaciones de las variables estudiadas: procesado (proceso osmótico y % de fruta), tipo de azúcar, y % de pectina.

Tratamiento	Azúcar	Procesado	% Pectina
H-50-S-1			1
H-50-S-1,5	S	DO HÚMEDA	1,5
H-50-S-2		60 % FD : 40 % DO	2
S1-50-S-1		DO SECA SIN ELIMINAR FASE LÍQUIDA	1
S1-50-S-1,5	S	(total FD y DO)	1,5
S1-50-S-2		14 % FD : 86 % DO	2
S1-50-S-1		DO SECA ELIMINANDO FASE LÍQUIDA	1
S1-50-S-1,5	S	60 % FD : 40 % DO	1,5
S1-50-S-2			2
H-50-SG-1			1
H-50-SG-1,5	SG	DO HÚMEDA	1,5
H-50-SG-2		60 % FD : 40 % DO	2
S1-50-SG-1		DO SECA SIN ELIMINAR FASE LÍQUIDA	1
S1-50-SG-1,5	SG	14 % FD : 86 % DO	1,5
S1-50-SG-2			2
S1-50-SG-1		DO SECA ELIMINANDO FASE LÍQUIDA	1
S1-50-SG-1,5	SG	60 % FD : 40 % DO	1,5
S1-50-SG-2			2
H-50-IF-1			1
H-50-IF-1,5	IF	DO HÚMEDA	1,5
H-50-IF-2		60 % FD : 40 % DO	2
S1-50-IF-1		DO SECA SIN ELIMINAR FASE LÍQUIDA	1
S1-50-IF-1,5	IF	14 % FD : 86 % DO	1,5
S1-50-IF-2			2
S1-50-IF-1		DO SECA ELIMINANDO FASE LÍQUIDA	1
S1-50-IF-1,5	IF	60 % FD : 40 % DO	1,5
S1-50-IF-2			2

S: Sacarosa; SG: Sacarosa + Glucosa (50:50 (p/p)); IF: Isomaltulosa + Fructosa (50:50 (p/p)).
 FD: Fruta deshidratada osmóticamente; OD: Disolución osmótica generada.

III.3.3. Optimización de la formulación de un producto untable de 50

°Brix.

Se aplicó la “metodología de superficie respuesta”, en concreto, un diseño experimental compuesto central (2^4 +principal), para la optimización del proceso de formulación de un producto untable de 50 °Brix sustituyendo total o parcialmente la sacarosa por fructosa y/o isomaltulosa. En concreto, se estudió el efecto de cuatro variables independientes X_1 (% Isomaltulosa), X_2 (% Pectina), X_3 (% Ácido cítrico) y X_4 (duración del tratamiento térmico) a cinco niveles, (tabla III.6)sobre diferentes parámetros de calidad de los untables como las propiedades fisicoquímicas, estabilidad microbiológica, propiedades antioxidantes (antocianinas y capacidad antioxidante total (DPPH)), propiedades ópticas y mecánicas y perfil volátil de los mismos.

Se obtuvieron un total de 52 productos en función de los distintos niveles de las variables de proceso, 26 con la mezcla sacarosa-isomaltulosa y 26 con la mezcla fructosa-isomaltulosa. Las 4 variables fueron estudiadas a dos niveles, alto (1) y bajo (-1). Adicionalmente, el diseño incluyó dos valores extremos para cada una de las 4 variables (2) y (-2), para los que las otras 3 variables se ensayaron a niveles intermedios (0) (tabla III.6).

Tabla III.6. Valores de cada variable para los distintos niveles a los que fueron ensayadas

	-2	-1	0	1	2
Sacarosa o Fructosa (%)	100	87,5	75	62,5	50
Isomaltulosa (%)	0	12,5	25	37,5	50
Pectina (%)	0,5	1	1,5	2	2,5
Ac. Cítrico (%)	0	0,25	0,5	0,75	1
Tratamiento térmico (min)	0	5	10	15	20

Una vez formulados y envasados, los untables se almacenaron a 20 °C y en oscuridad. A lo largo del almacenamiento, concretamente al inicio (0 días) y tras 45 y 90 días se realizaron análisis de:

- Parámetros físico-químicos: Contenido en humedad, sólidos solubles totales (°Brix), actividad de agua, pH.
- Contenido microbiológico de mesófilos aerobios, mohos y levaduras.
- Propiedades antioxidantes:
 - Antocianinas: espectrofotometría (Alarcao-E-Silva y *col.*, 2001).
 - Actividad antioxidante: DPPH (espectrofotometría) (Matsukawa, 1997).
- Propiedades ópticas (coordenadas del espacio de color CIEL*a*b*) y mecánicas (Ensayo back-extrusion).
- Perfil volátil (Escriche y *col.*, 2000)

III.4. ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS

Todas las determinaciones analíticas se llevaron a cabo por triplicado en muestras de fresa fresca, fresa deshidratada, disoluciones osmóticas y untable de fresa, salvo que se especifique otro número de repeticiones en cualquiera de los apartados.

III.4.1. Determinación del contenido en humedad

El contenido en humedad de las muestras se determinó de acuerdo a la norma de la A.O.A.C. n° 20.103 (1980), especial para frutas ricas en azúcar, con algunas modificaciones. Aproximadamente 0,5 g de muestra, previamente triturada y homogeneizada con ayuda de un homogeneizador (ULTRA-TURRAX mod. t-25), se colocaron en un recipiente de material inerte y se llevaron a una estufa de vacío (P-SELECTA mod. Vaciotem-T) a presión inferior a 133 mbar y temperatura de 60 °C, donde se mantuvo hasta peso constante (2-3 días).

III.4.2. Determinación del contenido en sólidos solubles totales

El contenido en sólidos solubles totales, tanto en muestra fresca como procesada, se determinó con un refractómetro de mesa tipo ABBE (ATAGO mod. 3-T) termostatado a 20 °C. Las medidas de °Brix se realizaron directamente sobre la fase líquida de la muestra previa homogeneización de la misma e intentando separar, en la medida de lo posible, los sólidos en suspensión. En aquellas muestras de bajo contenido en humedad en las que la fase líquida se encontraba muy concentrada, las determinaciones se realizaron tras diluir la muestra en un volumen de agua conocido. El contenido en sólidos solubles totales de la muestra fue expresado en fracción másica de sólidos solubles (g sólidos solubles totales/ g total) (ecuación III.1). En aquellos casos, en los que fue necesario realizar una dilución, se calcularon los °Brix reales de la muestra (ecuación III.2) previamente al cálculo de la fracción másica de sólidos solubles (ecuación III.1).

$$x_t^{ss} = \frac{\frac{^{\circ}\text{Brix}}{100} x_t^w}{\left(1 - \frac{^{\circ}\text{Brix}}{100}\right)} \quad (III.1)$$

$$^{\circ}\text{Brix}_{\text{reales}} = \frac{\frac{^{\circ}\text{Brix}_{\text{medidos}}}{100} m_{\text{H}_2\text{O}}}{\left(m_{\text{H}_2\text{O}} + \frac{^{\circ}\text{Brix}_{\text{medidos}} \cdot m_{\text{H}_2\text{O}}}{100 \cdot ^{\circ}\text{Brix}_{\text{medidos}}}\right)} \quad (III.2)$$

donde:

x_t^{ss} : fracción másica de sólidos solubles totales a tiempo t (g sólidos solubles totales/ g total)

x_t^w : fracción másica de agua a tiempo t (g agua/ g total)

m: masa de la muestra (g)

$m_{\text{H}_2\text{O}}$: masa de agua añadida (g)

III.4.3. Determinación de la actividad de agua

Las determinaciones de actividad del agua (a_w) se realizaron a 25 °C en un higrómetro de punto de rocío (FA-stlab, GBX) de precisión $\pm 0,003$, previamente calibrado con disoluciones salinas saturadas.

III.4.4. Determinación de pH

El pH se midió previa trituración y homogeneización de las muestras con un pH-metro (SevenEasy, Mettler Toledo) a temperatura ambiente.

III.4.5. Determinación de las propiedades ópticas

La determinación de las propiedades ópticas se realizó mediante un espectrocolorímetro (MINOLTA, mod. CM-3600d). Las coordenadas del espacio de color CIE L*a*b* se obtuvieron a partir del espectro de absorción proporcionado por el equipo entre 380 y 770 nm por reflectancia con el sistema de referencia: iluminante D₆₅ y observador 10 °. Previamente, el equipo fue calibrado sobre fondo negro y blanco, y se realizaron medidas en las muestras sobre ambos fondos con el fin de determinar la traslucidez de las mismas. En el caso de la fresa fresca, fresa deshidratada y untable de fresa, debido a que los espectros de absorción (de 380 a 770 nm) se solaparon al realizar ambas medidas, se decidió medir sólo sobre fondo negro. En cambio, en el caso de las disoluciones osmóticas iniciales y finales, debido a que los espectros de absorción (de 380 a 770 nm) fueron diferentes al realizar ambas medidas, se aplicó la teoría de Kubelka Munk (Kubelka y Munk, 1931).

Las medidas se realizaron por triplicado en cubeta de 20 mm de espesor sobre un homogeneizado de fresa fresca o fresa deshidratada, untable de fresa, en las diferentes disoluciones osmóticas al inicio y al final de la etapa de deshidratación osmótica.

La figura III.4 muestra la representación del color en el espacio Ciel*a*b*.

Como se puede observar la Luminosidad (L*) toma valores entre 0 (Negro) y 100 (blanco), la coordenada a* varía desde color verde (-80) a rojo (80) y la coordenada b* toma valores negativos para el color azul (-80) y positivos para el color amarillo (80). El tono hace referencia al color percibido: rojo (0 < h* < 90), amarillo (90 < h* < 180), verde (180 < h* < 270) y azul (270 < h* < 360), o a ciertas proporciones de dos de ellos. Por otra parte, la

saturación o el croma indica el colorido del estímulo juzgado en proporción a su luminosidad.

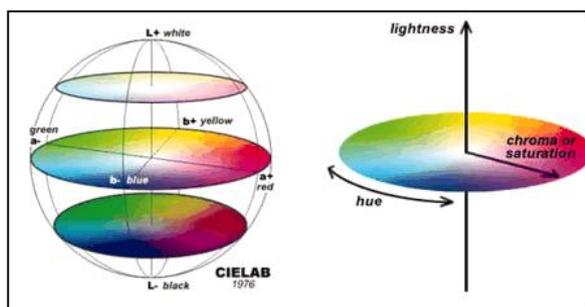


Figura III.4. Espacio colorimétrico Cielab.

III.4.6. Determinación de las propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas se analizaron mediante un ensayo *back-extrusion cell*, realizado en una prensa universal de textura (Aname, Textura Analyser TA-XT Plus) (figura III.5).

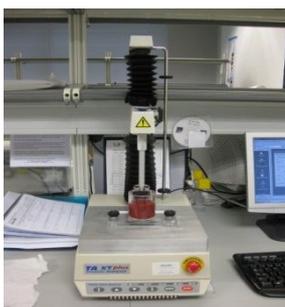


Figura III.5. Prensa universal de textura (TA-XT Plus, Aname) utilizada para la determinación de las propiedades mecánicas en las muestras.

El ensayo "*back-extrusion*" consistió en hacer avanzar un émbolo de base plana de 35 mm de diámetro y a una velocidad de $1 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ sobre una cantidad de muestra conocida, situada en un recipiente de plástico. La temperatura de las muestras en el momento del ensayo fue de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. (García y col., 2002; Sesmero y col., 2007).

En la figura III.6 se muestra la curva típica de los ensayos *back-extrusion*. Como se puede apreciar, se obtienen dos tramos característicos. El primero de ellos, área positiva (A_{1-2}) asociada a la consistencia del producto, y el segundo, área negativa (A_{2-3}) relacionada con la adhesividad y con el ratio consistencia/viscosidad.

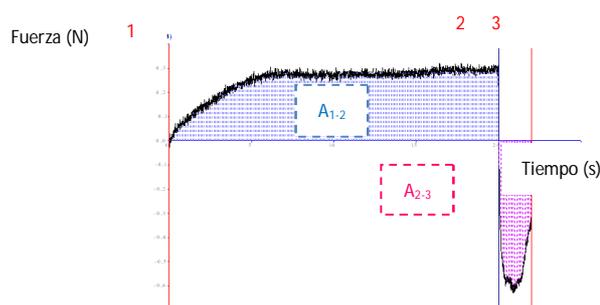


Figura III.6. Curva tipo de Fuerza (N)-Tiempo (s) obtenida en el ensayo *back-extrusion*.

III.4.7. Determinación de las propiedades reológicas

Para el estudio de las propiedades reológicas, se utilizó un reómetro (RheoStress 1, Haake) (figura III.7) Estos instrumentos de medida permiten obtener valores de esfuerzo cortante y gradientes de velocidad reales, y por tanto calcular las propiedades reológicas del producto. El sistema de medida elegido fue placa-placa ya que el producto que se iba a analizar presentaba

una elevada viscosidad. Todos los ensayos se realizaron con un gap de 2 mm (Sato y Cunha, 2009).

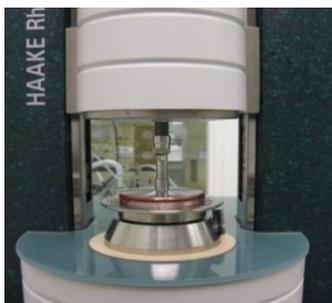


Figura III.7. Reómetro (RheoStress 1, Haake) utilizado para los ensayos reológicos.

Se realizó un ensayo estacionario utilizando un gradiente de velocidad ($\dot{\gamma}$) = 0 - 100 s^{-1} , en tres ciclos (subida y bajada), con el fin de eliminar así la tixotropía. Los datos obtenidos fueron ajustados al modelo de Hershel-Bulkey con lo que se obtuvieron los parámetros característicos del producto (figura III.8).

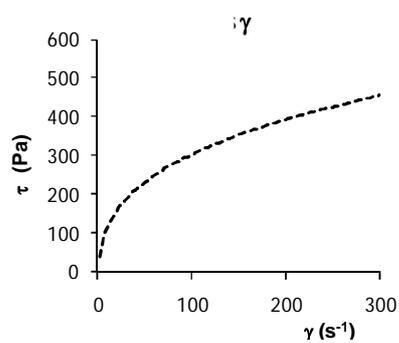


Figura III.8. Curva tipo esfuerzo (Pa)-gradiente de velocidad (s^{-1}) obtenida en el ensayo estacionario.

El segundo ensayo realizado fue un oscilatorio. En un ensayo oscilatorio preliminar se determinó un valor de esfuerzo τ (Pa) para el que se cumple la linealidad de G' (módulo de almacenamiento) y G'' (módulo de pérdidas). Para ello se tomó un intervalo de esfuerzo $\tau=0,1-10$ Pa y se marcaron 3 frecuencias fijas, $f=0,1-1-10$ Hz. Al representar estas 3 curvas se obtuvo la zona lineal de viscosidad. Una vez seleccionado el valor de τ (Pa) en la zona lineal para todas las frecuencias ensayadas, se realizó el ensayo oscilatorio entre $f=0,1-10$ Hz, con este ensayo se obtiene una curva tipo (figura III.9) que permite definir el comportamiento del fluido y obtener su viscosidad.

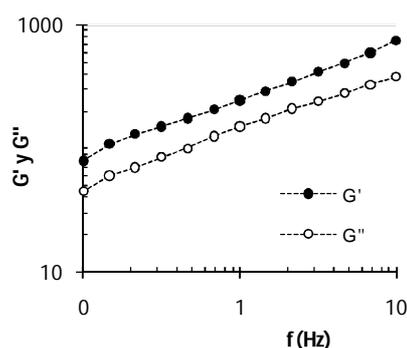


Figura III.9. Curva tipo G'/G'' -frecuencia (Hz) obtenida en el ensayo oscilatorio.

III.5. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Para determinar la vida útil de los productos untables de fresa desde un punto de vista microbiológico, se utilizó una adaptación del método de análisis microbiológico para alimentos y aguas (Pascual y Calderón, 2000).

Para ello, en primer lugar se preparó la disolución madre de agua de peptona y los medios de cultivo, disolviendo la cantidad necesaria de los medios en agua destilada, de acuerdo al protocolo del envase (Plate Count

Agar y Sabouraud, Scharlau Microbiology). También se preparó agua de peptona en tubos de ensayo de vidrio (9 mL en cada uno) para aplicar el método de dilución seriada y proceder posteriormente a la siembra en placa.

A continuación, todo el material que se utilizó posteriormente en la siembra (puntas de micro-pipeta, tubos de ensayo con agua de peptona y los frascos de vidrio con los medios) se sometió a un tratamiento de esterilización en autoclave a 121 °C durante 20 min.

Una vez esterilizado el material, se limpió con alcohol la superficie de la campana de flujo laminar con el fin de evitar posibles contaminaciones.

Para la primera dilución (10^{-1}), se pesaron 2 g de muestra en una bolsa Stomacher a la que se le añadieron 18 mL de agua de peptona (para conseguir una proporción 1:10) homogenizando la mezcla durante 1 min. A continuación, se prepararon diluciones seriadas hasta llegar a 10^{-3} .

Para obtener la dilución 10^{-2} , se añadió 1 mL de la dilución anterior (10^{-1}) a un tubo de ensayo con 9 mL de agua de peptona, agitando la mezcla en un vórtex para homogeneizar la muestra. Para obtener la dilución 10^{-3} , se procedió de igual modo, tomando un mililitro del tubo que contenía la dilución 10^{-2} (figura III.10).

Para la siembra en superficie se pipeteó 0,1 mL de cada dilución, en placas estériles que contenían el medio de cultivo ya solidificado, Plate Count Agar para microorganismos aerobios mesófilos y Sabouraud Agar para mohos y levaduras (figura III.11).

Seguidamente las placas se incubaron en estufa a 30 ± 1 °C, durante 72 horas en el caso de los mesófilos aerobios y de 3 a 5 días en el caso de mohos y levaduras (Pascual y Calderón, 2000). Para la lectura, se realizó un recuento del número de unidades formadoras de colonias (UFC) en aquellas placas que presentaron entre 30-300 UFC, para los mesófilos aerobios, y 0-30 para los

mohos y levaduras, y se multiplicó por el factor de dilución, de forma que el número total de colonias se expresa en UFC/g.

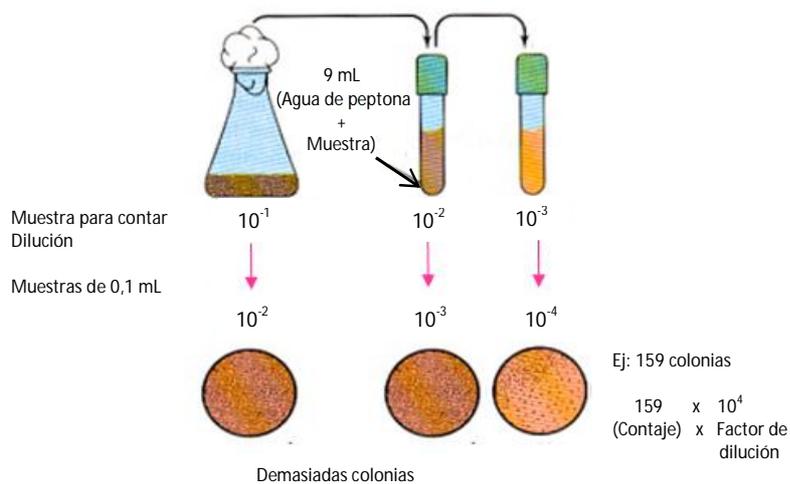


Figura III.10. Esquema del método de dilución seriada y siembra en superficie.

Las siembras se realizaron a las 24 horas, 45 y 90 días de almacenamiento.

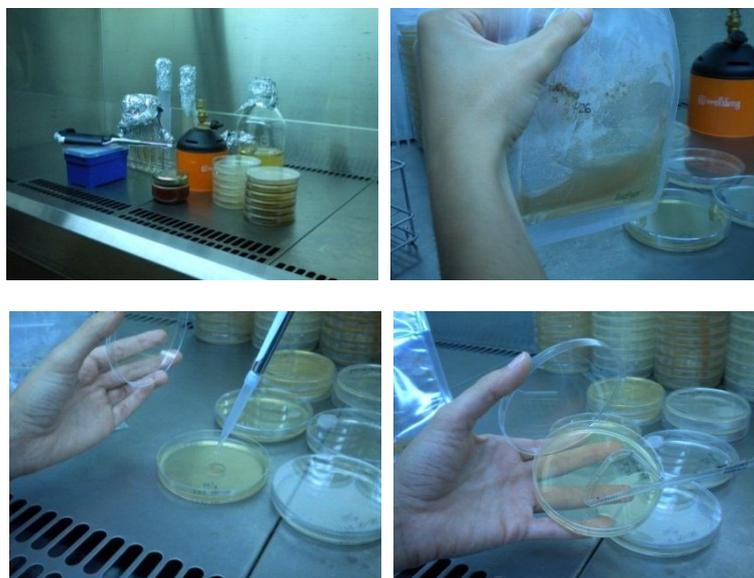


Figura III.11. Resumen de las diferentes etapas implicados en la siembra en placa.

III.6. ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DE CARÁCTER ANTIOXIDANTE

III.6.1. Determinación del contenido en Antocianinas

El contenido en antocianinas fue analizado mediante espectrofotometría (Espectrofotómetro V-630 Jasco) según la metodología propuesta por Alarco-E-Silva y *col.* (2001).

La figura III.12 muestra el esquema de los pasos a seguir para la determinación del contenido en antocianinas. Para ello, tanto la materia prima triturada como el producto formulado (1 g) se mezclaron con 1 % de HCl 1 M en 10 mL de metanol al 80 % y se les aplicó un golpe de vórtex para conseguir una correcta homogeneización asegurando un pH inferior a 2.



Figura III.12. Esquema de los pasos a seguir para la extracción de antocianinas.

A continuación se dejaron en reposo durante 12 h a 4 °C para favorecer la perfecta separación entre el sobrenadante y el centrifugado en la etapa de centrifugación posterior a 4000 rpm durante 10 minutos. Aun así las muestras fueron filtradas con filtros Whatman N°1 para separar partículas en suspensión de pequeño tamaño presentes en el sobrenadante.

La absorbancia de una alícuota fue medida a 520 nm, longitud de onda seleccionada en base a la máxima absorbancia presentada por la pelargonidina 3-glucósido, antocianidina principal de la fresa (Torreggiani y *col.*, 1998).

La figura III.13 muestra la diferente coloración del extracto que contenía la muestra y el blanco (metanol 80 %). La concentración de pigmentos se correlacionó con la absorbancia de luz del extracto mediante la ley de Lambert-Beer (ecuación III.3), utilizando el coeficiente de extinción molar para la pelargonidina 3-glucósido ($E_{\text{molar}} = 36000 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$) (Civello y *col.*, 1997).

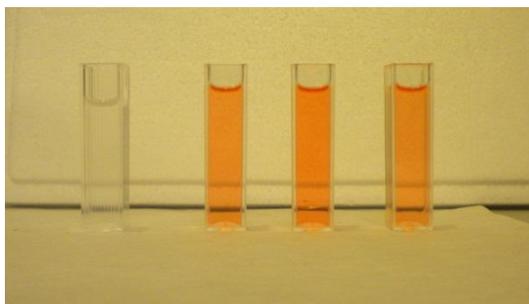


Figura III.13. Diferencias de coloración entre el blanco y el extracto metanólico con antocianinas procedentes de la muestra para el análisis del contenido en antocianinas.

El contenido de antocianina se expresó como mg de pelargonidina 3-glucósido por 100 g de fresa fresca o producto untable, siendo 433 g/mol el peso molecular de esta antocianidina (Skrede y *col.*, 1992).

$$A = a \cdot b \cdot c \quad (III.3)$$

donde,

A: absorbancia

c: concentración (mol/l)

b: espesor del medio (en este caso 1 cm)

a: coeficiente de extinción molar (E_{molar})

III.6.2. Determinación de la Actividad Antioxidante (DPPH)

Para determinar la capacidad antioxidante se utilizó el método del DPPH por espectrofotometría, basado en la capacidad de los antioxidantes para captar radicales libres. En este caso, se evalúa la capacidad que tiene un posible antioxidante para neutralizar el radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazil generado (DPPH) (Antolovich, 2002).

El compuesto 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) (figura III.14) es un radical libre estable que puede reaccionar directamente con los compuestos antioxidantes y ser bloqueado por éstos (Smith y *col.*, 1987). Presenta una intensa coloración violeta y por tanto absorbe radiación a 515 nm, pudiendo ser detectado en consecuencia por métodos espectrofotométricos (Matsukawa, 1997) (figura III.15).

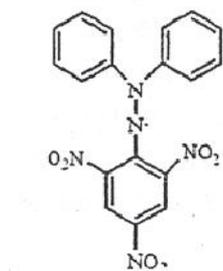


Figura III.14. Estructura molecular del DPPH.

Para dicho análisis, 3 g de muestra se diluyeron en 6 mL de metanol (80 %) en una relación 1:2 (p/v) y se sometieron a agitación durante 5 minutos a 4000 rpm.



Figura III.15. Diferencias en la coloración del DPPH antes y después adicionar la muestra antioxidante.

Se tomaron 3,9 mL de DPPH en una concentración de 0,024 g/L y se introdujeron en una cubeta. Se midió la absorbancia a 515 nm del DPPH sin muestra, en un espectrofotómetro "V-630 Jasco", añadiéndose a continuación 0,1 mL de la dilución anterior que contenía la muestra, determinándose de nuevo la absorbancia, pasados 30 y 60 min (figura III.16). Para los cálculos se utilizaron únicamente los valores de absorbancia a los 60 minutos, puesto que fue el valor a partir del cual la absorbancia permanecía constante tras adicionar la muestra. La Figura III.17 muestra el esquema de los pasos a seguir para la determinación de la actividad antioxidante.

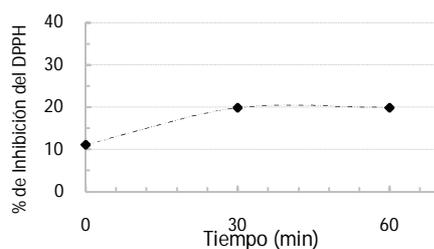


Figura III.16. Representación de la actividad antioxidante expresada como % de Inhibición del DPPH, en los productos untables.

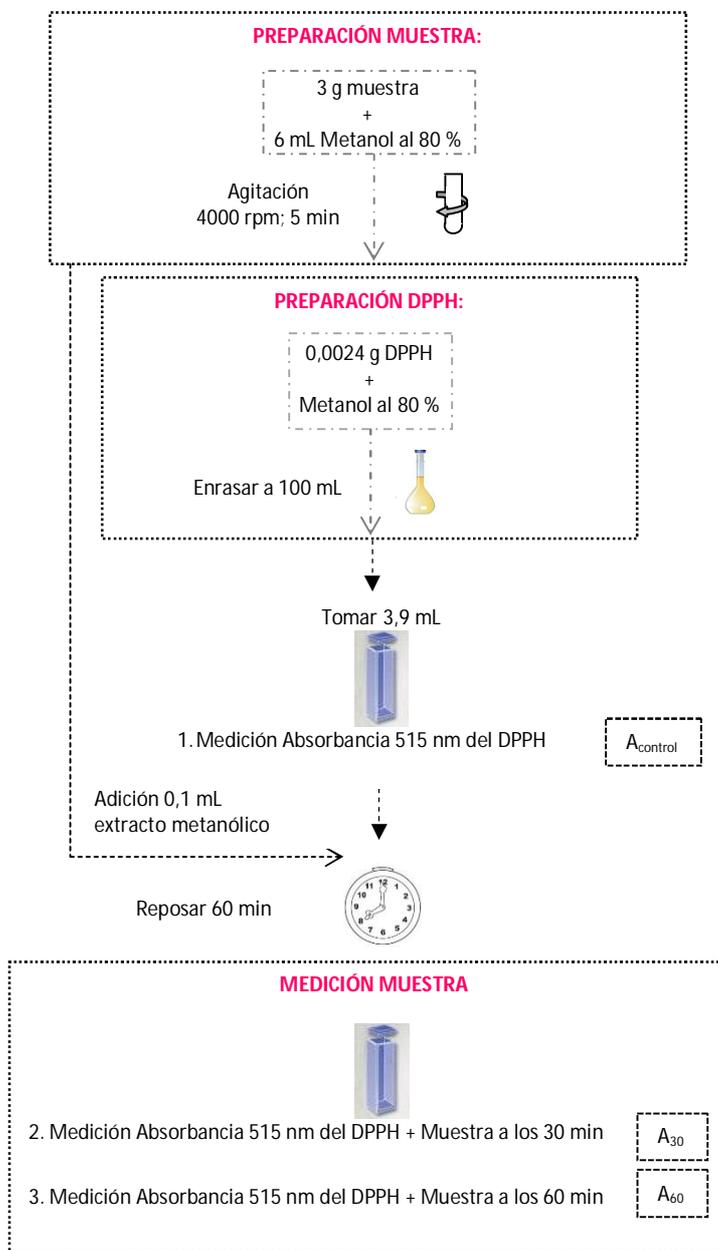


Figura III.17. Esquema de los pasos a seguir para determinar la capacidad antioxidante según el protocolo del método DPPH.

En el ensayo, por tanto, se determina la concentración inicial de DPPH y la concentración resultante una vez que se había añadido el posible antioxidante, de forma que una disminución en la absorción de radiación se tradujo en una disminución de la concentración de DPPH debida a la cesión de electrones de la especie antioxidante (Rivero y Betancort, 2006).

Los resultados se expresaron como inhibición del DPPH (%) en concordancia con la siguiente ecuación (ecuación III.4)

$$\% \text{ Inhibición DPPH} = \left[\frac{A_{\text{control}} - A_{\text{muestra}}}{A_{\text{control}}} \right] \times 100 \quad (\text{III.4})$$

donde:

A_{control} : absorbancia del DPPH a 515 nm antes de la adición de muestra.

A_{muestra} : absorbancia de la muestra a 515 nm transcurridos 30 y 60 min.

III.7. ANÁLISIS DEL PERFIL AROMÁTICO

La extracción de la fracción volátil de las muestras de fresa fresca y producto untible se llevó a cabo mediante el método conocido como “purga y trampa” (Overton y Manura, 1994; Escriche y *col.*, 2000).

Las figuras III.18 y III.19 muestran los pasos a seguir en el protocolo de extracción de compuestos volátiles.

Para ello, 500 μL de patrón interno (2-pentanol, 10 ppm) se añadieron a 20 g de muestra en tubo de vidrio con cuello esmerilado, que seguidamente se introdujo en un baño de ultrasonidos durante 5 minutos para finalmente aplicarle un golpe de vórtex y conseguir así la correcta homogeneización del patrón interno con la muestra.

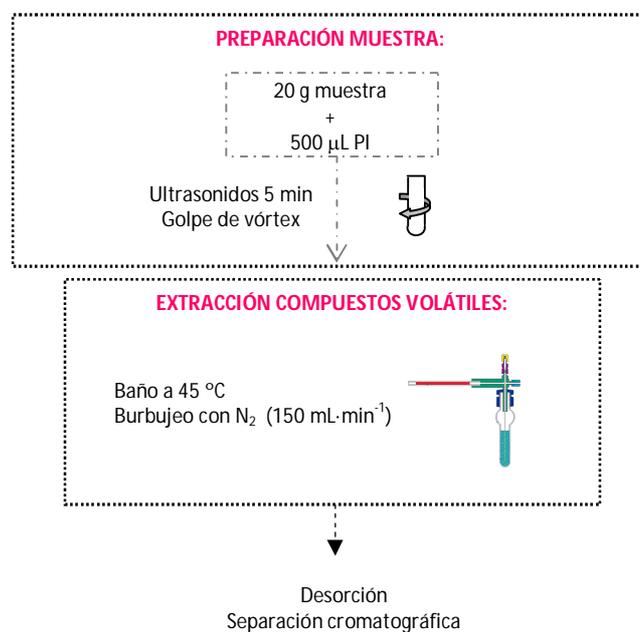


Figura. III.18. Esquema de las etapas del protocolo de extracción de compuestos volátiles.

Una vez homogeneizado el contenido del tubo, se procedió a la extracción de los compuestos volátiles mediante burbujeo con nitrógeno con un caudal de 150 mL / min, en baño termostataado a 45 °C. En el otro extremo del montaje se colocó un tubo en el que se atrapó la fracción volátil liberada (rellenado con 100 mg del material de adsorción, TENAX[®] 20-35 mesh).

Al cabo de 20 minutos de la etapa de extracción, se procedió a la desorción de los compuestos retenidos en la matriz de Tenax utilizando un desorbedor térmico Turbomatrix TD (Perkin Elmer, Wellesley, USA). La desorción se realizó bajo un flujo de helio a 220°C durante 10 minutos. Los compuestos volátiles retenidos en la trampa fría a -30°C se transfieren directamente a la cabeza de la columna por calentamiento de la trampa fría hasta los 250°C (rampa de temperatura 99°C/s).

La separación se llevó a cabo en un cromatógrafo de gases (Trace GC 2000), equipado con una columna capilar DBWax (SGE, Australia) de 60 m longitud, 0,35 mm diámetro interno y 1 μm espesor de fase estacionaria. Los compuestos son arrastrados por el gas portador (helio a $1\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$), a la vez que se realiza una rampa de temperatura entre 40 $^{\circ}\text{C}$ y 240 $^{\circ}\text{C}$. Una vez separados los compuestos volátiles, éstos pasan al espectrómetro de masas (Finnigan TRACE MS, ThermoQuest, Austin, USA software Xcalibur). El impacto electrónico se realizó a 70 eV con un rango de masas de 33-433 m/z. Todos los análisis se realizaron por triplicado.



Figura. III.19. Esquema fotográfico de los pasos de la etapa de extracción de los compuestos volátiles en fresa fresca y producto procesado.

Los componentes volátiles fueron identificados a tres niveles:

- Utilizando la base de datos de la Librería NIST del software que proporciona el GC-MS.
- Calculando los Índices de Retención Relativos (ecuación III.5) y comparándolos con tablas bibliográficas (Kondjoyan y Berdagué, 1996). Esta ecuación permite el cálculo de los Índices de Retención

Relativos, llamados también Índices de Kovats (KI). Este índice se obtiene a partir de los tiempos de retención de un conjunto de alcanos específicos (C8-C20 de Fluka Buchs, Switzerland).

- Comparando los tiempos de retención de los picos obtenidos en los cromatogramas de gases de las muestras, con los de las sustancias patrones más representativas (Overton y Manura, 1994; Castro-Vazquez y *col.*, 2009) inyectadas con las mismas condiciones cromatográficas que las muestras para confirmar la información proporcionada por la librería NIST.

Los Índices Relativos de retención fueron calculados con la siguiente ecuación:

$$RI = 100 \frac{tR(i) - tR(z)}{tR(z+1) - tR(z)} + 100z \quad (III.5)$$

donde:

RI (i): índice de retención del compuesto i.

z: número de los átomos de carbono en el alcano z.

tr (i): tiempo de retención del compuesto i.

tr (z): tiempo de retención del alcano z.

tr (z+1): tiempo la retención del alcano z+1.

Se llevaron a cabo análisis semicuantitativos (Soria y *col.*, 2008) puesto que no todos los estándares estaban disponibles y dado que el objetivo del presente trabajo fue comparar las diferencias entre los distintos tratamientos.

Los datos ($\mu\text{g}/100 \text{ g}$ de fresa fresca o untable) se expresaron utilizando la cantidad de patrón interno (2-Pentanol) y el área relativa obtenida

dividiendo las áreas de cada compuesto entre el área del patrón interno y asumiendo un factor de respuesta igual a 1.

Las Figuras III.20, III.21 y III.22 muestran tres cromatogramas típicos de fresa fresca así como de producto recién elaborado y producto tras 90 días de almacenamiento respectivamente.

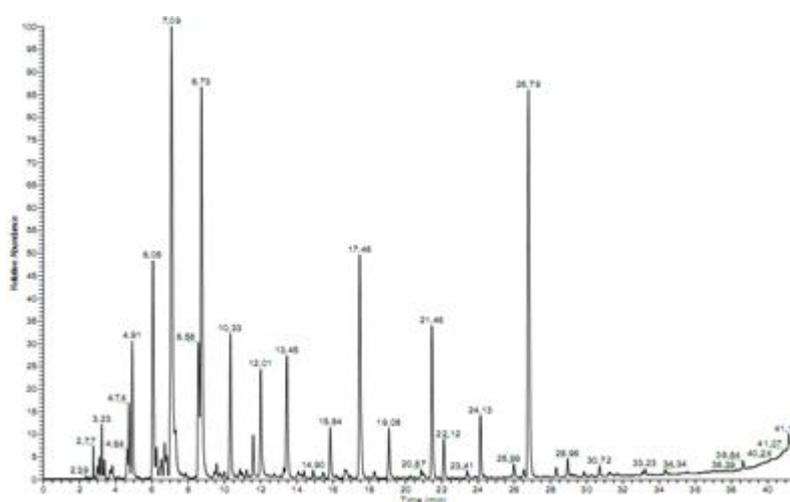


Figura III.20. Cromatograma característico de Fresa Fresca.

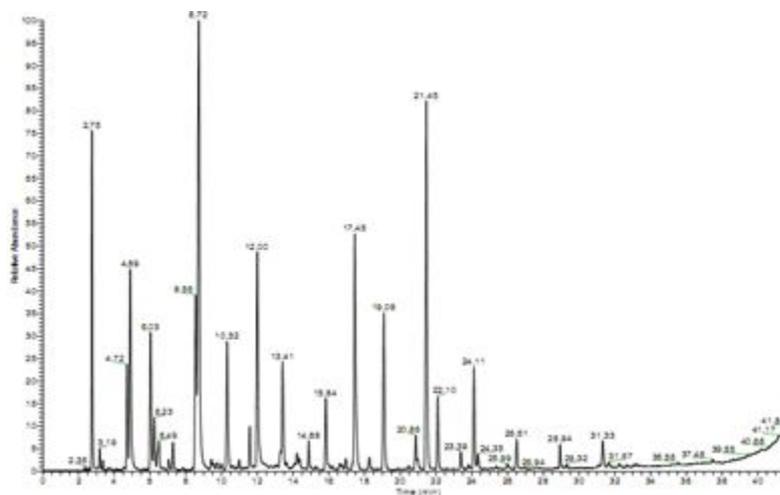


Figura III.21. Cromatograma característico de Untable de fresa recién elaborado (24 horas).

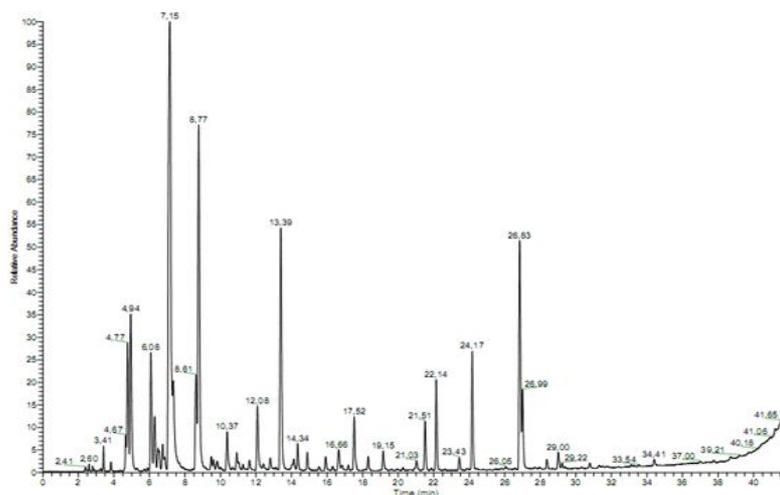


Figura III.22. Cromatograma característico de Untable de fresa a los 90 días de almacenamiento.

III.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico de los resultados se llevó a cabo mediante el programa Statgraphics, plus versión 5.1 (2000). La influencia de las variables del proceso sobre los compuestos analizados se evaluó mediante análisis simple o multifactorial de la varianza (ANOVA) con un nivel de significación del 95 % ($p < 0.05$). Así mismo, se utilizó la herramienta de diseño de experimentos para crear el diseño de superficie respuesta para la optimización de la formulación de untables.

Finalmente los Análisis de Componentes Principales (PCA) se llevaron a cabo mediante el programa Unscrambler versión 9.7 (CAMO Process AS, Oslo, Norway) para describir la relación entre cambios en el perfil aromático de los untables y las variables del proceso.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

IV.1. ESTUDIO COMPARATIVO DE LA TRANSFERENCIA DE MATERIA EN DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA POR VÍA HÚMEDA Y POR VÍA SECA

Numerosos trabajos han abordado el estudio de la influencia de diferentes factores sobre la cinética de Transferencia de Materia durante la Deshidratación Osmótica en frutas. En la mayoría de estos trabajos se estudia la influencia de factores relacionados con el producto (propiedades físicas, tamaño, forma, etc.) y factores relacionados con el proceso (temperatura, presión, ratio fruta: disolución, concentración de la disolución osmótica, tipo de agente osmótico, turbulencia del medio, etc.) (Pani y *col.*, 2008; Nieto y *col.*, 2004; Lazarides y *col.*, 1999; Fito y *col.*, 1998; Maestrelli, 1997; Fito y Pastor, 1994; Lerici y *col.*, 1985; Pointing, 1973). En los mencionados estudios se utiliza como agente osmótico una disolución concentrada de azúcares y los estudios cinéticos se llevan a cabo en condiciones de control interno, es decir, utilizando ratios fruta: disolución lo suficientemente grandes que aseguren una concentración del medio constante. El objetivo de este trabajo fue comparar la transferencia de agua y solutos en el proceso de deshidratación osmótica de cuartos de fresa en 3 condiciones del medio distintas, pero cumpliendo en todos los casos la misma situación de equilibrio (30 °Brix).

En el siguiente esquema (figura IV.1) se resume el plan experimental diseñado para este capítulo y en él, se especifican las variables de proceso así como las determinaciones analíticas realizadas.

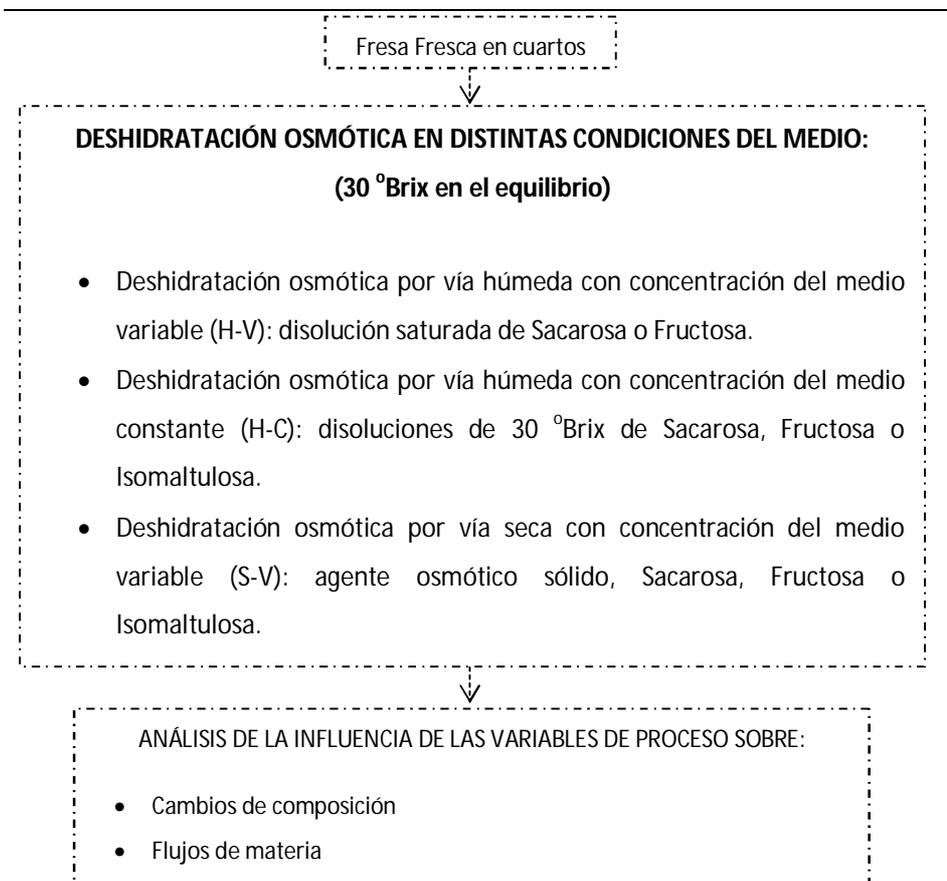


Figura IV.1. Esquema del plan experimental llevado a cabo para la realización del estudio comparativo de la transferencia de materia en deshidratación osmótica por vía húmeda y por vía seca.

IV.1.1. Evolución de la concentración en fase líquida en la etapa de equilibrado

Las muestras fueron equilibradas bajo 3 condiciones del medio distintas, pero en todos los casos el ratio fruta: disolución se estimó a partir de la ecuación del balance de materia (ecuación IV.1) para asegurar, una vez alcanzado el equilibrio, una concentración en la fase líquida de la fruta y en la disolución osmótica final de 30 °Brix.

$$z_{eq} = \frac{M_o^F \cdot x_o^{ss} + M_o^{DO} \cdot y_o^{ss}}{M_o^F \cdot (x_o^{ss} + x_o^w) + M_o^{DO}} \quad (IV.1)$$

donde,

z_{eq} : Concentración de sólidos solubles en fase líquida en el equilibrio (g sólidos solubles/g fase líquida).

M_o^F : Masa de muestra al inicio del proceso de deshidratación osmótica (g de fresa).

M_o^{DO} : Masa de disolución osmótica o agente osmótico sólido, al inicio del proceso de deshidratación osmótica (g disolución osmótica o g agente osmótico sólido).

x_o^{ss} : Concentración de sólidos solubles en la muestra al inicio del proceso de deshidratación osmótica (g sólidos solubles/g fresa).

x_o^w : Concentración de masa de agua en la muestra al inicio del proceso de deshidratación osmótica (g agua /g fresa).

y_o^{ss} : Concentración de sólidos solubles de la disolución osmótica o del agente osmótico sólido al inicio del proceso de deshidratación osmótica (g sólidos solubles/g disolución osmótica o g agente osmótico sólido).

A) Deshidratación osmótica por vía húmeda con concentración del medio variable.

En este sistema el medio utilizado fue una disolución concentrada de azúcar (sacarosa o fructosa) de 60 °Brix y un ratio fruta: disolución calculado para asegurar una concentración de solutos en fase líquida en el equilibrio de 30 °Brix. La figura IV.2 muestra la evolución típica de la concentración de sólidos solubles en el medio (y^{ss}) y en la fase líquida de la fruta (z^{ss}). Como consecuencia del gradiente de concentración existente entre la fase líquida de la fruta y el medio, la fase líquida de la fruta se va concentrando debido a la

salida de agua por ósmosis y a la difusión de azúcares del medio, mientras que la disolución externa se va diluyendo como consecuencia de los mencionados flujos. El sistema fruta-disolución alcanza el equilibrio de concentración cuando la concentración del medio (y^{ss}) y la concentración de solutos en fase líquida de la fruta (z^{ss}) alcanzan los 30 °Brix.

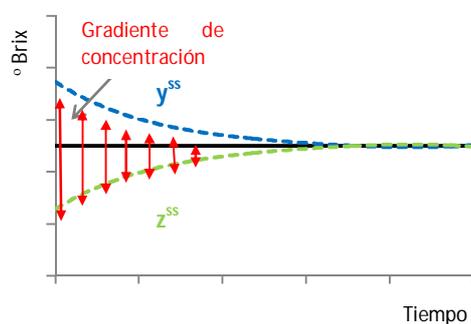


Figura IV.2. Evolución de la concentración de sólidos solubles en el medio (y^{ss}) y en la fase líquida de la fruta (z^{ss}) en el proceso de *deshidratación osmótica por vía húmeda con concentración del medio variable*.

B) *Deshidratación osmótica por vía húmeda con concentración del medio constante.*

En este sistema el medio utilizado fue una disolución de azúcar (sacarosa, fructosa o isomaltulosa) de 30 °Brix y un ratio fruta: disolución calculado para asegurar una concentración de solutos en fase líquida en el equilibrio de 30 °Brix. La figura IV.3 muestra la evolución típica de la concentración de sólidos solubles en el medio (y^{ss}) y en la fase líquida de la fresa (z^{ss}).

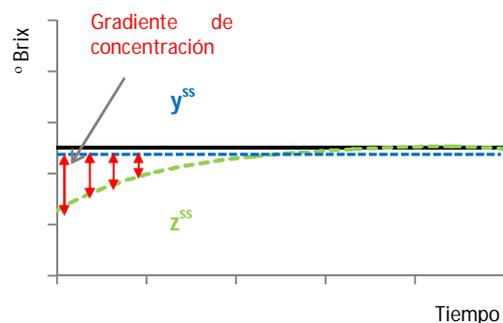


Figura IV.3 Evolución de la concentración de sólidos solubles en el medio (y^{ss}) y en la fase líquida de la fresa (z^{ss}) en el proceso de *deshidratación osmótica por vía húmeda con concentración del medio constante*.

C) *Deshidratación osmótica por vía seca con concentración del medio variable.*

En este sistema el medio utilizado fue azúcar sólido (sacarosa, fructosa o isomaltulosa) y un ratio fruta: azúcar calculado para asegurar una concentración de solutos en fase líquida en el equilibrio de 30 °Brix. La figura IV.4 muestra la evolución típica de la concentración de sólidos solubles en el medio (y^{ss}) y en la fase líquida de la fresa (z^{ss}).

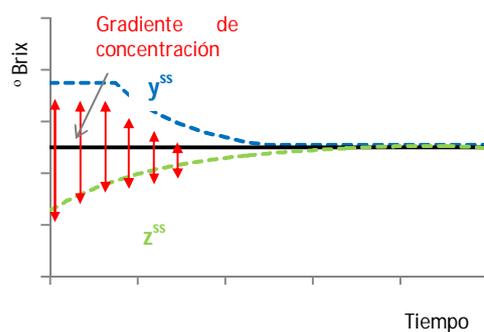


Figura IV.4. Evolución típica la concentración de sólidos solubles en el medio (y^{ss}) y en la fase líquida de la fresa (z^{ss}) en el proceso de *deshidratación osmótica por vía seca*.

La Figura IV.5 muestra los resultados obtenidos en las experiencias de equilibrado de cuartos de fresa en cada una de las situaciones descritas anteriormente.

Los resultados ilustran que la solubilidad de los distintos agentes osmóticos utilizados determinó el tiempo de sobre-saturación del medio osmótico en la deshidratación por vía seca. Este tiempo se estimó a partir de los datos de pérdida de agua (teniendo en cuenta la solubilidad de los distintos azúcares) ya que el tiempo requerido para extraer la cantidad de agua necesaria para disolver el total del azúcar, equivale al tiempo de proceso en el que la fruta está en contacto con una disolución sobresaturada (tabla IV.1).

Tabla IV.1. Tiempo de sobre-saturación estimado del medio osmótico en el proceso de *deshidratación osmótica por vía seca*.

Azúcar	Tiempo de sobre-saturación (min)
Sacarosa	54
Fructosa	55
Isomaltulosa	120

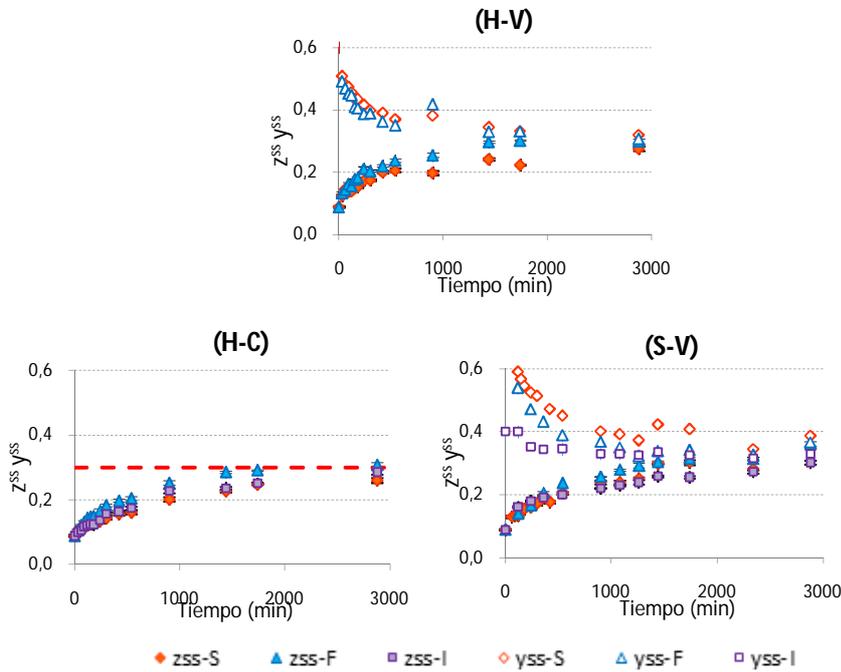


Figura IV.5. Evolución de la concentración de sólidos solubles en el medio (y^{ss}) y en la fase líquida de la fresa (z^{ss}) en los diferentes procesos de deshidratación osmótica (H-V) vía húmeda con concentración del medio variable, (H-C) vía húmeda con concentración del medio constante y (S-V) vía seca con concentración del medio variable para los tres agentes osmóticos (S: sacarosa; F: fructosa; I: isomaltulosa).

Por otro lado, se observa que tanto el tipo de agente osmótico como el tipo de proceso (vía húmeda o vía seca) y la concentración del medio influyeron en la cinética de concentración de la fase líquida. Por ello se modelizó la evolución de la concentración en fase líquida de la fruta para cada una de las condiciones estudiadas mediante la ecuación IV.2.

$$\frac{z_t^{ss} - z_0^{ss}}{z_\infty^{ss} - z_0^{ss}} = k^z \cdot t^{0,5} \quad (IV.2)$$

donde:

z_t^{ss} : Concentración de sólidos solubles en fase líquida a tiempo t (g de sólidos solubles/g de fase líquida)

z_0^{ss} : Concentración de sólidos solubles en fase líquida al inicio del proceso de deshidratación osmótica (g de sólidos solubles/g de fase líquida).

z_∞^{ss} : Concentración de sólidos solubles en fase líquida en el equilibrio (g de sólidos solubles/g de fase líquida).

k^z : Parámetro cinético ($\text{min}^{-0,5}$).

t: Tiempo de tratamiento (min).

La tabla IV.2 muestra los parámetros de la ecuación cinética así como el tiempo de equilibrio estimado a partir de los mismos.

Tabla IV.2. Constante cinética (k^z) de la modelización de la evolución de la concentración en fase líquida y tiempo de equilibrio estimado (t (min)).

Azúcar	Vía Húmeda						Vía Seca		
	Condiciones Medio CONSTANTE			Condiciones Medio VARIABLE			Condiciones Medio VARIABLE		
	k^z	t	R^2	k^z	t	R^2	k^z	t	R^2
SACAROSA	0,016	3810	0,98	0,025	1626	0,96	0,023	1842	0,98
FRUCTOSA	0,024	1736	0,99	0,032	965	0,96	0,027	1324	0,98
ISOMALTULOSA	0,018	3156	0,97	-	-	-	0,020	2268	0,92

Cuando la concentración del medio es variable la cinética de concentración de la fase líquida es más rápida, siendo ligeramente superior en los tratamientos por vía húmeda que en los de vía seca. En cuanto al tipo de soluto, puede decirse que cuanto menor es el tamaño molecular y mayor la

solubilidad, mayor es la capacidad depresora de la actividad del agua lo que repercute en una cinética de concentración de la fase líquida más rápida.

IV.1.2. Flujos netos de masa, agua y solutos

La evolución de la concentración en fase líquida estudiada en el apartado anterior aporta información interesante desde el punto de vista termodinámico, pero resulta insuficiente cuando se quieren evaluar otros aspectos relacionados con la transferencia de materia. En este sentido el análisis de los flujos netos de masa, agua y solutos permite completar la discusión de este estudio comparativo, ya que se puede alcanzar una misma concentración en fase líquida con distintas combinaciones de pérdida de agua y ganancia de solutos, con implicaciones importantes en el rendimiento y la calidad del producto.

Las variaciones netas de masa total y de cada uno de los componentes transportados se calcularon a partir de los datos experimentales de masa y composición obtenidos a lo largo de la operación y de las ecuaciones IV.3 e IV.4:

$$\Delta M^o = \frac{M_t^o - M_o^o}{M_o^o} \quad (IV.3)$$

$$\Delta M_t^i = \frac{M_t \cdot x_t^i - M_o \cdot x_o^i}{M_o} \quad (IV.4)$$

donde,

M_0 : Masa de la muestra al inicio del proceso de deshidratación osmótica (g).

M_t : Masa de la muestra a tiempo t del proceso de deshidratación osmótica (g).

x_0^i : Fracción másica del componente "i" al inicio del proceso de deshidratación osmótica (g de componente "i"/g de muestra).

x_t^i : Fracción másica del componente "i" a tiempo t del proceso de deshidratación osmótica (g de componente "i"/g de muestra).

Superíndice i (o = total; w = agua; ss = sólidos solubles).

Las Figuras IV.6, IV.7 e IV.8 muestran los correspondientes flujos netos de masa, agua y solutos para las distintas condiciones ensayadas.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que las condiciones del medio (constante o variable, vía húmeda o vía seca) no determinaron los valores de flujo máximos, siendo el "gradiente de concentración promedio entre la fruta y el medio", la variable que determinó los flujos máximos de masa, agua y solutos. Cuanto mayor fue el gradiente de concentración promedio mayores fueron las pérdidas de agua, y menor fue la ganancia de solutos. Así pues, en el caso de los ensayos con isomaltulosa, apenas se observaron diferencias debido a que la máxima concentración de la disolución generada en el proceso por vía seca coincide prácticamente con la concentración de la disolución utilizada en la experiencia por vía húmeda.

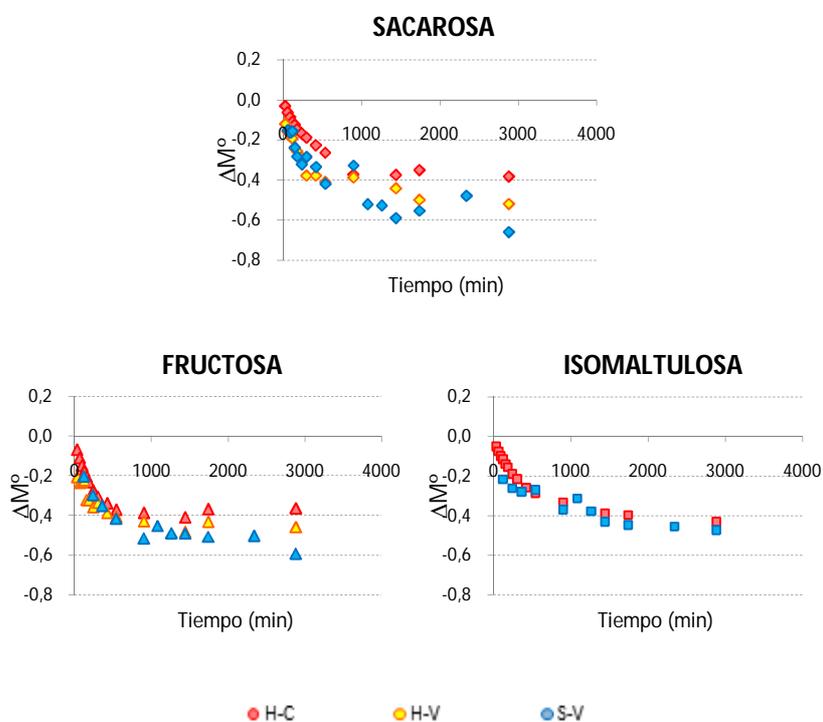


Figura IV.6. Variaciones de masa neta (ΔM°) experimentadas por los cuartos de fresa durante los diferentes procesos de deshidratación osmótica (H-C) *via húmeda con concentración del medio constante*, (H-V) *via húmeda con concentración del medio variable* y (S-V) *via seca con concentración del medio variable* para los tres azúcares.

Por otro lado, en los casos en los que se utilizó sacarosa o fructosa, el máximo gradiente de concentración se consiguió en el proceso por vía seca, debido a la mayor solubilidad de estos azúcares, lo que se tradujo en niveles máximos de los flujos de agua.

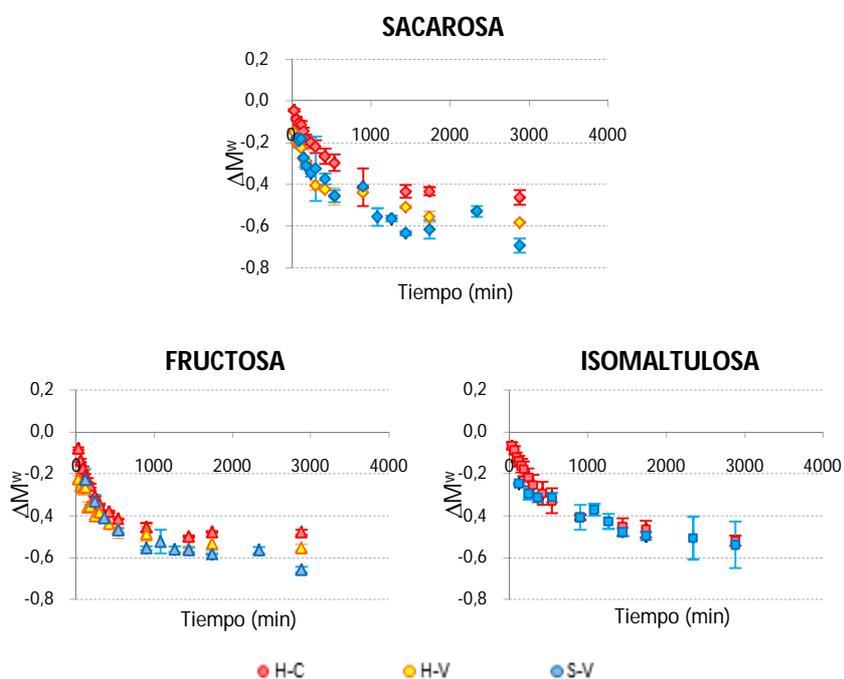


Figura IV.7. Variaciones de masa de agua (ΔM^w) experimentadas por los cuartos de fresa durante los diferentes procesos de deshidratación osmótica (H-C) *vía húmeda con concentración del medio constante*, (H-V) *vía húmeda con concentración del medio variable* y (S-V) *vía seca con concentración del medio variable* para los tres azúcares.

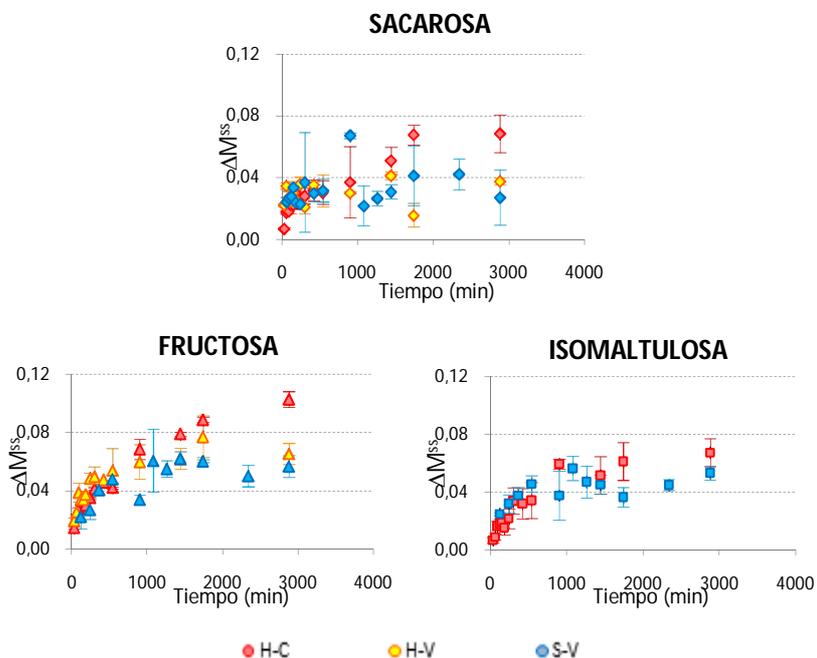


Figura IV.8. Variaciones de masa de sólidos solubles (ΔM^{ss}) experimentadas por los cuartos de fresa durante los diferentes procesos de deshidratación osmótica (H-C) *vía húmeda con concentración del medio constante*, (H-V) *vía húmeda con concentración del medio variable* y (S-V) *vía seca con concentración del medio variable* para los tres azúcares.

Adicionalmente, los flujos netos de masa, agua y solutos se modelizaron en base a la ecuación IV.5:

$$\Delta M_t^i = K^j \cdot t^{0,5} \quad (IV.5)$$

donde:

ΔM_t^i : Flujo neto de masa (total, cuando $i=j=o$; agua, cuando $i=j=w$; sólidos solubles, cuando $i=j=ss$).

K: Parámetro cinético ($\text{min}^{-0,5}$).

t: Tiempo de tratamiento (min).

La tabla IV.3 muestra los valores de las constantes cinéticas obtenidos para cada una de las condiciones estudiadas.

Tabla IV.3. Valores de la constante cinética (K^j) para la predicción según la ecuación IV.5 de los flujos netos de masa, agua y sólidos solubles en función de los diferentes procesos de deshidratación osmótica (H-C) *vía húmeda con concentración del medio constante*, (H-V) *vía húmeda con concentración del medio variable* y (S-V) *vía seca con concentración del medio variable* para los tres azúcares.

Azúcar	Vía Húmeda				Vía Seca	
	Condiciones Medio CONSTANTE		VARIABLE		Condiciones Medio VARIABLE	
	K^o	R^2	K^o	R^2	K^o	R^2
SACAROSA	-0,0112	0,97	-0,0189	0,97	-0,0180	0,94
FRUCTOSA	-0,0166	0,99	-0,0222	0,80	-0,0179	0,99
ISOMALTULOSA	-0,0112	0,98	-	-	-0,0117	0,85
	K^w	R^2	K^w	R^2	K^w	R^2
SACAROSA	-0,0124	0,98	-0,0213	0,97	-0,0200	0,95
FRUCTOSA	-0,0188	0,99	-0,0250	0,83	-0,0199	0,98
ISOMALTULOSA	-0,0138	0,99	-	-	-0,0152	0,85
	K^{ss}	R^2	K^{ss}	R^2	K^{ss}	R^2
SACAROSA	0,0017	0,87	0,0023	0,91	0,0019	0,71
FRUCTOSA	0,0021	0,99	0,0053	0,80	0,0020	0,98
ISOMALTULOSA	0,0015	0,92	-	-	0,0020	0,99

Estos parámetros cinéticos vuelven a poner de relieve que la transferencia de materia es más rápida en condiciones de concentración del medio variable. Cuando además la deshidratación osmótica tiene lugar por vía húmeda la cinética es ligeramente superior a pesar de que en vía seca el gradiente de concentración promedio es mayor. Este hecho podría estar relacionado con un mayor colapso de la estructura celular superficial de la fruta en los procesos por vía seca. En cuanto al tipo de agente osmótico, se

observa que la mayor capacidad depresora de la actividad de agua de la fructosa se refleja en valores más altos de la constante cinéticas de pérdida de agua, mientras que son la solubilidad y el tamaño molecular del agente osmótico los factores que más influyen en la cinética de ganancia de solutos.

IV.1.3. Conclusiones relativas al estudio de la etapa de deshidratación osmótica

- ✓ La cinética de transferencia de materia es mayor cuando la **concentración del medio envolvente** es variable, siendo ligeramente superior en los procesos de deshidratación por vía húmeda que en los de vía seca.
- ✓ En cuanto al **tipo de soluto** se observa que, a menor tamaño molecular y mayor solubilidad, la cinética de concentración de la fase líquida es más rápida coherentemente con la mayor capacidad depresora de la actividad del agua. Por otro lado, el *tiempo de sobre-saturación del medio* osmótico en la deshidratación por vía seca estará determinado por la solubilidad de los distintos agentes osmóticos.
- ✓ La **concentración del medio**, (constante o variable), y el **tipo de proceso** (vía húmeda o vía seca), no determinan los *valores máximos del flujo*. La variable que determina los valores máximos de los flujos de masa, agua y solutos es el *gradiente de concentración medio* entre la fruta y el medio envolvente.
- ✓ Para **optimizar el proceso de deshidratación osmótica**, además de los aspectos relacionados con la cinética de transferencia de materia abordados en este trabajo, deberán tenerse en cuenta otros aspectos relacionados con la calidad de los productos obtenidos así como las

ventajas y desventajas de cada método, considerando también, aspectos relacionados con los costes de operación y gestión medioambiental.

IV.2. INFLUENCIA DE LAS VARIABLES DE PROCESO EN EL COLOR, TEXTURA Y REOLOGÍA DE PRODUCTOS UNTABLES DE FRESA

La formulación de untables conlleva operaciones de desestructuración de la fruta, adición de disolución osmótica, agentes gelificantes y conservantes, lo que implica cambios significativos en las propiedades fisicoquímicas del producto. Determinar y analizar estos cambios, así como su relación con las variables de proceso es un paso fundamental en el estudio de la elaboración de este producto.

El objetivo específico abordado en este apartado consiste en estudiar la influencia de las variables del proceso (tipo de azúcar, método de elaboración y porcentaje de pectina) sobre las propiedades ópticas, mecánicas y reológicas de productos untables de fresa de dos concentraciones distintas (30 y 50 °Brix).

Se formularon un total de 45 tipos de untables, 18 untables de 30 °Brix y 27 untables de 50 °Brix variando el tipo de azúcar, el método de elaboración y el porcentaje de pectina tal y como se ha descrito en el apartado "III.2. Influencia de las variables de proceso en productos formulados de 30 y 50 °Brix" de Materiales y Métodos.

Transcurridas 24 horas tras la formulación de los diferentes untables, se analizó el contenido en humedad, sólidos solubles, actividad de agua, pH, y coordenadas colorimétricas, y se realizaron ensayos de textura y reología de los diferentes productos formulados.

En el siguiente esquema (figura IV.9) se resume el plan experimental diseñado para este capítulo y en él, se especifican las variables de proceso así como las determinaciones analíticas realizadas.

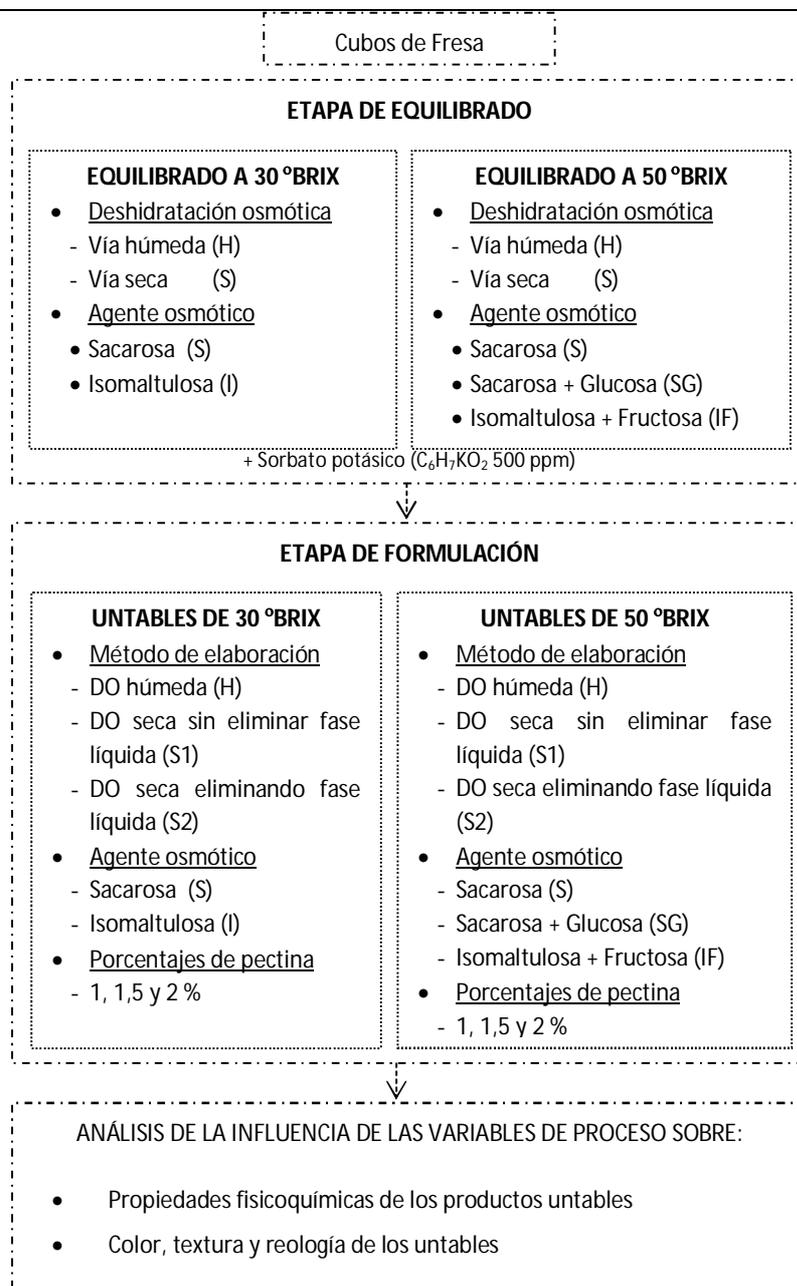


Figura IV.9. Esquema del plan experimental llevado a cabo para la realización del estudio de la influencia de las variables del proceso en el color, textura y reología de productos untables de fresa.

La composición de los productos obtenidos en términos de contenido en agua, sólidos solubles, actividad de agua y pH se muestra en las tablas IV.4.a y IV.4.b. El valor de la a_w de los untables dependió no sólo de su concentración sino también del tipo de azúcar añadido, de modo que según se ha comentado en el apartado IV.1 de Resultados, cuanto menor es el tamaño molecular y mayor la solubilidad del soluto, mayor es la capacidad depresora de la actividad del agua.

Tabla IV.4.a. Composición fisicoquímica de los diferentes untables obtenidos según el tipo de azúcar, método de elaboración, y porcentaje de pectina para los untables de 30 °Brix (n = 3).

30 °Brix		x^w	x^{ss}	a_w	pH	
Elaboración	% Pectina					
Sacarosa						
1	1	0,665 (0,002)	0,320 (0,009)	0,952 (0,002)	-	
2	H	1,5	0,6580 (0,0004)	0,325 (0,004)	0,9550 (0,0006)	3,663 (0,012)
3		2	0,6667 (0,004)	0,3256 (0,0019)	0,9550 (0,0012)	3,56 (0,02)
4		1	0,6703 (0,0004)	0,326 (0,005)	0,9490 (0,0012)	-
5	S1	1,5	0,6640 (0,0009)	0,309 (0,006)	0,9480 (0,0012)	-
6		2	0,6688 (0,0012)	0,327 (0,003)	0,952 (0)	3,62 (0)
7		1	0,6876 (0,0017)	0,306 (0,002)	0,9530 (0,0006)	3,633 (0,006)
8	S2	1,5	0,6823 (0,002)	0,302 (0,003)	0,958 (0,002)	3,617 (0,006)
9		2	0,6633 (0,0019)	0,261 (0,016)	0,9470 (0,0012)	-
Isomaltulosa						
10		1	0,73 (0,06)	0,31 (0,02)	0,9700 (0,0006)	3,753 (0,006)
11	H	1,5	0,6775 (0,0012)	0,266 (0,006)	0,967 (0,002)	3,547 (0,012)
12		2	0,6766 (0,0012)	0,291 (0,017)	0,971 (0,002)	-
13		1	0,6985 (0,0016)	0,278 (0,007)	0,9670 (0,0006)	3,580 (0,012)
14	S1	1,5	0,6905 (0,0012)	0,293 (0,014)	0,968 (0,002)	3,637 (0,012)
15		2	0,6890 (0,0008)	0,3019 (0,003)	0,9640 (0,0006)	-
16		1	0,7057 (0,005)	0,277 (0,003)	0,9640 (0,0006)	-
17	S2	1,5	0,691 (0,003)	0,283 (0,008)	0,9720 (0,0006)	-
18		2	0,719 (0,002)	0,293 (0,016)	0,9710 (0,0012)	3,660 (0,012)

Valores entre paréntesis: desviación estándar.

Tabla IV.4.b. Composición fisicoquímica de los diferentes untables obtenidos según el tipo de azúcar, método de elaboración, y porcentaje de pectina para los untables de 50 °Brix (n = 3).

50 °Brix		x^w	x^{ss}	a_w	pH
Elaboración % Pectina					
Sacarosa					
1	1	0,434 (0,004)	0,4926 (0,0112)	0,8930 (0,0006)	3,723 (0,006)
2	H 1,5	0,4448 (0,0009)	0,5085 (0,0102)	0,9030 (0,0012)	3,560 (0,012)
3	2	0,434 (0,002)	0,4908 (0,0005)	0,9100 (0,0015)	3,573 (0,006)
4	1	0,493 (0,003)	0,506 (0,006)	0,9190 (0,0012)	3,51 (0)
5	S1 1,5	0,4755 (0,0013)	0,5173 (0,0018)	0,9160 (0,0015)	3,447 (0,006)
6	2	0,4705 (0,0014)	0,4962 (0,0109)	0,9070 (0,0006)	3,46 (0)
7	1	0,4877 (0,0017)	0,4865 (0,0034)	0,9200 (0,0006)	3,48 (0)
8	S2 1,5	0,4752 (0,0014)	0,514 (0,004)	0,9070 (0,0012)	3,480 (0,012)
9	2	0,465 (0,003)	0,505 (0,004)	0,9110 (0,0006)	3,40 (0)
Sacarosa - Glucosa					
10	1	0,456 (0,003)	0,449 (0,009)	0,9370 (0,0015)	3,55 (0)
11	H 1,5	0,4439 (0,0015)	0,510 (0,009)	0,9190 (0,0012)	3,64 (0)
12	2	0,444 (0,004)	0,45 (0,02)	0,9280 (0,0012)	3,51 (0)
13	1	0,478 (0,002)	0,52 (0,02)	0,9320 (0,0015)	3,51 (0,012)
14	S1 1,5	0,4873 (0,0012)	0,499 (0,005)	0,9330 (0,0015)	3,493 (0,006)
15	2	0,4807 (0,0017)	0,47 (0,02)	0,9370 (0,0006)	3,513 (0,006)
16	1	0,4759 (0,0013)	0,45 (0,02)	0,9300 (0,0015)	3,34 (0)
17	S2 1,5	0,497 (0,003)	0,4469 (0,0102)	0,9290 (0,0006)	3,497 (0,006)
18	2	0,4885 (0,0019)	0,476 (0,006)	0,9200 (0,0006)	3,46 (0)
Isomaltulosa - Fructosa					
19	1	0,442 (0,004)	0,496 (0,007)	0,8910 (0,0006)	3,59 (0)
20	H 1,5	0,4552 (0,0016)	0,509 (0,008)	0,8900 (0,0015)	3,627 (0,015)
21	2	0,442 (0,003)	0,486 (0,008)	0,8890 (0,0006)	3,567 (0,006)
22	1	0,5153 (0,0012)	0,489 (0,003)	0,9150 (0,0006)	3,487 (0,006)
23	S1 1,5	0,508 (0,002)	0,493 (0,004)	0,9150 (0,0015)	3,45 (0)
24	2	0,5056 (0,002)	0,486 (0,002)	0,9120 (0,0015)	3,51 (0)
25	1	0,516 (0,003)	0,466 (0,006)	0,9150 (0,0015)	3,517 (0,012)
26	S2 1,5	0,5158 (0,0019)	0,4721 (0,0105)	0,9160 (0,0006)	3,567 (0,006)
27	2	0,505 (0,004)	0,488 (0,003)	0,912 (0,003)	3,407 (0,006)

Valores entre paréntesis: desviación estándar.

En cuanto a los untables de 30 °Brix, los untables formulados con isomaltulosa, presentaron valores más elevados de actividad de agua ($0,968 \pm$

0,003) en comparación a los valores registrados por los untables formulados con sacarosa ($0,952 \pm 0,004$). Estas diferencias se deben principalmente a la diferente conformación de las dos moléculas ya que a pesar de tener el mismo peso molecular, los dos azúcares presentan solubilidades distintas.

Por otro lado, los untables de 50 °Brix elaborados con la mezcla sacarosa-glucosa presentaron los mayores valores de actividad de agua ($0,929 \pm 0,006$) mientras que los productos elaborados sólo con sacarosa o con la mezcla isomaltulosa-fructosa presentaron valores menores de este parámetro. Cabe resaltar la mayor capacidad de depresión de la actividad de agua de la fructosa con respecto a los otros azúcares ya que, a pesar del hecho de estar mezclada con isomaltulosa, esta combinación dio como resultado una mayor disminución de este parámetro que la mezcla de glucosa-sacarosa. Lo que pone de manifiesto que a igual peso molecular del soluto, la actividad de agua viene determinada principalmente por la solubilidad de la molécula (tabla III.1 de Materiales y métodos).

IV.2.1. Influencia de las variables del proceso en las propiedades ópticas de los productos untables

Las coordenadas colorimétricas de los untables de 30 y 50 °Brix obtenidos así como las de fresa fresca se recogen en las tablas 2.1.a y 2.1.b del anexo VII.2. La figura IV.10 muestra la situación de las coordenadas colorimétricas en los mapas cromáticos b^*a^* y L^*a^* de los diferentes untables formulados con el nivel intermedio de pectina, es decir al 1,5 %, así como de la fresa fresca. Puesto que la cantidad de pectina empleada en la formulación no resultó ser una variable que afectara, en general, significativamente los parámetros L^* , a^* y b^* (tablas IV.5.a y IV.5.b), no se ha considerado de interés

la representación gráfica en los planos cromáticos de los untables de 1 y 2 % de pectina por presentar un comportamiento óptico similar.

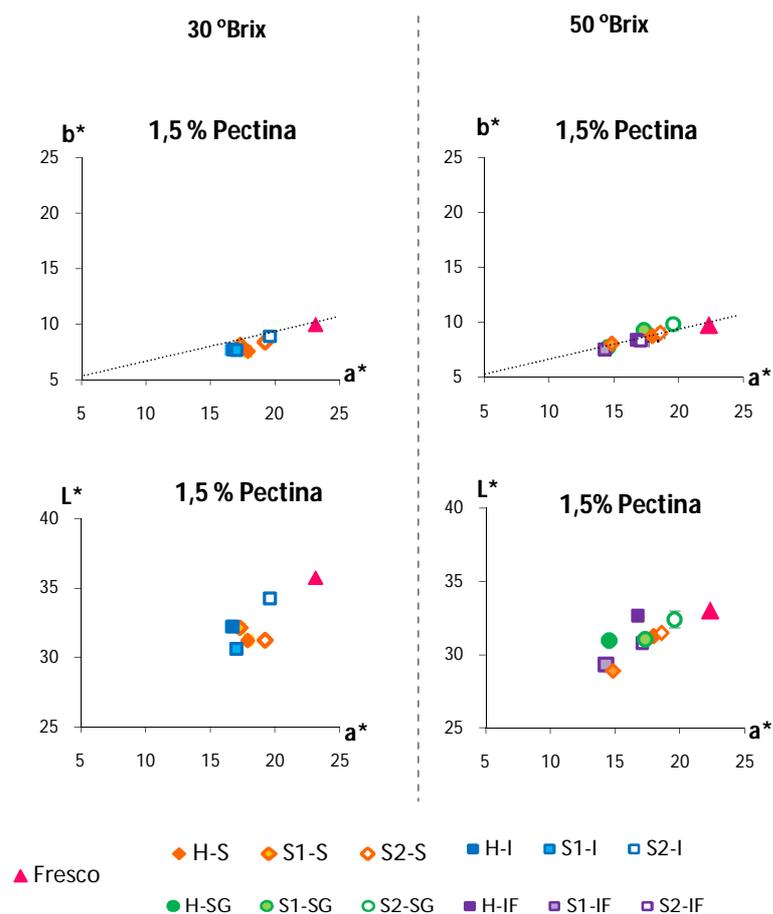


Figura IV.10. Situación de las muestras de fresco y de los productos untables con 1,5 % de pectina en los planos cromáticos L^*a^* y b^*a^* , según los distintos métodos de elaboración (H: *Deshidratación osmótica vía húmeda*; S1: *Deshidratación osmótica vía seca sin eliminar fase líquida*; S2: *Deshidratación osmótica vía seca eliminando fase líquida*) y los distintos azúcares (S: sacarosa; I: isomaltulosa; SG: sacarosa + glucosa (50:50 (p/p)); IF: isomaltulosa + fructosa (50:50 (p/p)))

En líneas generales, los productos untables presentaron valores de L^* , a^* y b^* inferiores que la fresa fresca con independencia de la concentración

final del producto untable y de las variables de formulación (figura IV.10). Este hecho repercutió en una pérdida de pureza de color o de croma ($C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$), y un oscurecimiento de las muestras (menores valores de L^*) debido a la elevada presencia de sólidos solubles con respecto a la fresa fresca. El tono ($\arctg b^*/a^*$) de los productos de 50 °Brix resultó ser similar al de la fresa fresca y por tanto, se mantuvo constante la relación entre a^* y b^* , o entre amarillo y rojo en los mismos; mientras que se observó un ligero descenso de este parámetro en los untables de 30 °Brix.

En cuanto al efecto del método de deshidratación, los resultados parecen indicar que el método que mejor preserva el color característico de la fresa fresca es la deshidratación por vía seca con eliminación de fase líquida (S2).

El empleo indistinto de isomaltulosa o sacarosa para la obtención de untables de 30 °Brix dio como resultado productos de similares características colorimétricas a pesar de que el análisis de los resultados reveló una influencia estadísticamente significativa de este parámetro (tabla IV.5.a).

En cambio, en el caso de los untables de 50 °Brix las diferencias fueron más notables. De modo que, aquellos formulados con sacarosa o la mezcla isomaltulosa-fructosa, y obtenidos mediante deshidratación por vía seca sin eliminar fase líquida (S1-50), presentaron menores valores de L^* , a^* y b^* , que los formulados con la mezcla sacarosa-glucosa. Cabe destacar que fueron precisamente estos untables obtenidos con sacarosa y con la mezcla isomaltulosa-fructosa son los que alcanzaron menores valores de actividad de agua y por tanto una mayor cantidad de agua ligada y mayor opacidad.

Tabla IV.5.a. Grupos homogéneos identificados a partir del análisis de la varianza factorial realizado, para los productos de 30 °Brix en función de los dos tipos de azúcares (S: sacarosa; I: isomaltulosa), los distintos métodos de elaboración (H: *Deshidratación osmótica vía húmeda*; S1: *Deshidratación osmótica vía seca sin eliminar fase líquida*; S2: *Deshidratación osmótica vía seca eliminando fase líquida*) y los diferentes porcentajes de pectina (1, 1,5 y 2 %).

		Azúcar		Elaboración		% Pectina
L*	S	32,1 (0,3) (a)	H	32,8 (0,4) (a)	1	32,0 (0,4) (a)
			S1	31,8 (0,4) (a)	1,5	32,0 (0,4) (a)
	I	32,4 (0,3) (a)	S2	32,1 (0,4) (a)	2	32,7 (0,4) (a)
a*	S	17,72 (0,13) (b)	H	17,72 (0,16) (b)	1	17,24 (0,16) (a)
			S1	16,40 (0,16) (a)	1,5	17,96 (0,16) (b)
	I	17,02 (0,13) (a)	S2	18,41 (0,16) (c)	2	16,90 (0,16) (a)
b*	S	7,94 (0,09) (b)	H	7,47 (0,12) (a)	1	7,66 (0,12) (a)
			S1	7,61 (0,12) (a)	1,5	8,07 (0,12) (b)
	I	7,54 (0,09) (a)	S2	8,14 (0,12) (b)	2	7,48 (0,12) (a)
ΔE¹	S	6,8 (0,2) (a)	H	7,4 (0,3) (a)	1	7,3 (0,3) (a)
			S1	7,8 (0,3) (a)	1,5	7,9 (0,3) (a)
	I	8,3 (0,2) (b)	S2	7,6 (0,3) (a)	2	7,6 (0,3) (a)

1: Diferencias de color de los untables respecto a muestra fresca

Globalmente, la máxima diferencia de color con respecto a la fruta fresca ($\Delta E = (L^{*2} + a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$) en el subgrupo de 50 °Brix (tabla IV.5.b) correspondió a los untables formulados con la mezcla sacarosa-glucosa (SG) obtenidos por vía seca sin eliminación de fase líquida (S1) y formulados con 1.5 % de pectina.

La diferencia en los resultados puede entenderse si se tiene en cuenta que la influencia que ejercen los distintos ingredientes en un sistema alimentario no depende únicamente de su concentración, de su distribución o reparto entre las distintas fases del sistema, sino también del resultado de las distintas interacciones entre componentes.

Tabla IV.5.b. Grupos homogéneos identificados a partir del análisis de la varianza factorial realizado, para los productos de 50 °Brix en función de los tipos de azúcares (S: sacarosa; SG: sacarosa + glucosa (50:50 (p/p)); IF isomaltulosa + fructosa (50:50 (p/p))), los distintos métodos de elaboración (H: *Deshidratación osmótica vía húmeda*; S1: *Deshidratación osmótica vía seca sin eliminar fase líquida*; S2: *Deshidratación osmótica vía seca eliminando fase líquida*) y los diferentes porcentajes de pectina (1, 1,5 y 2 %).

		Azúcar		Elaboración		% Pectina
L*	S	31,2 (0,2) (ab)	H	32,3 (0,2) (c)	1	31,3 (0,4) (a)
	SG	31,6 (0,2) (b)	S1	29,7 (0,2) (a)	1,5	31,0 (0,4) (a)
	IF	30,8 (0,2) (a)	S2	31,7 (0,2) (b)	2	31,4 (0,4) (a)
a*	S	17,1 (0,3) (b)	H	16,9 (0,3) (b)	1	17,0 (0,3) (a)
	SG	16,9 (0,3) (ab)	S1	15,1 (0,3) (a)	1,5	16,8 (0,3) (a)
	IF	16,5 (0,3) (a)	S2	18,5 (0,3) (c)	2	16,6 (0,3) (a)
b*	S	7,96 (0,14) (ab)	H	7,24 (0,14) (a)	1	7,82 (0,14) (a)
	SG	7,59 (0,14) (a)	S1	7,99 (0,14) (b)	1,5	8,54 (0,14) (b)
	IF	8,30 (0,14) (b)	S2	8,61 (0,14) (c)	2	7,48 (0,14) (a)
ΔE¹	S	5,6 (0,3) (a)	H	6,0 (0,3) (b)	1	6,5 (0,3) (ab)
	SG	7,7 (0,3) (b)	S1	8,7 (0,3) (c)	1,5	7,2 (0,3) (b)
	IF	6,2 (0,3) (a)	S2	4,8 (0,3) (a)	2	5,9 (0,3) (a)

1: Diferencias de color de los untables respecto a muestra fresca

IV.2.2. Influencia de las variables del proceso en las propiedades mecánicas de los productos untables

Las figuras IV.11, y IV.12 muestran los valores de consistencia y adhesividad de las distintas muestras evaluadas, respectivamente, en función del tipo de azúcar, método de elaboración y % de pectina.

El análisis estadístico de los resultados (ANOVA) permite afirmar que tanto el tipo de azúcar como el tipo de elaboración y el porcentaje de pectina influyeron significativamente en la textura de los untables de fresa analizados (tablas IV.6.a e IV.6.b).

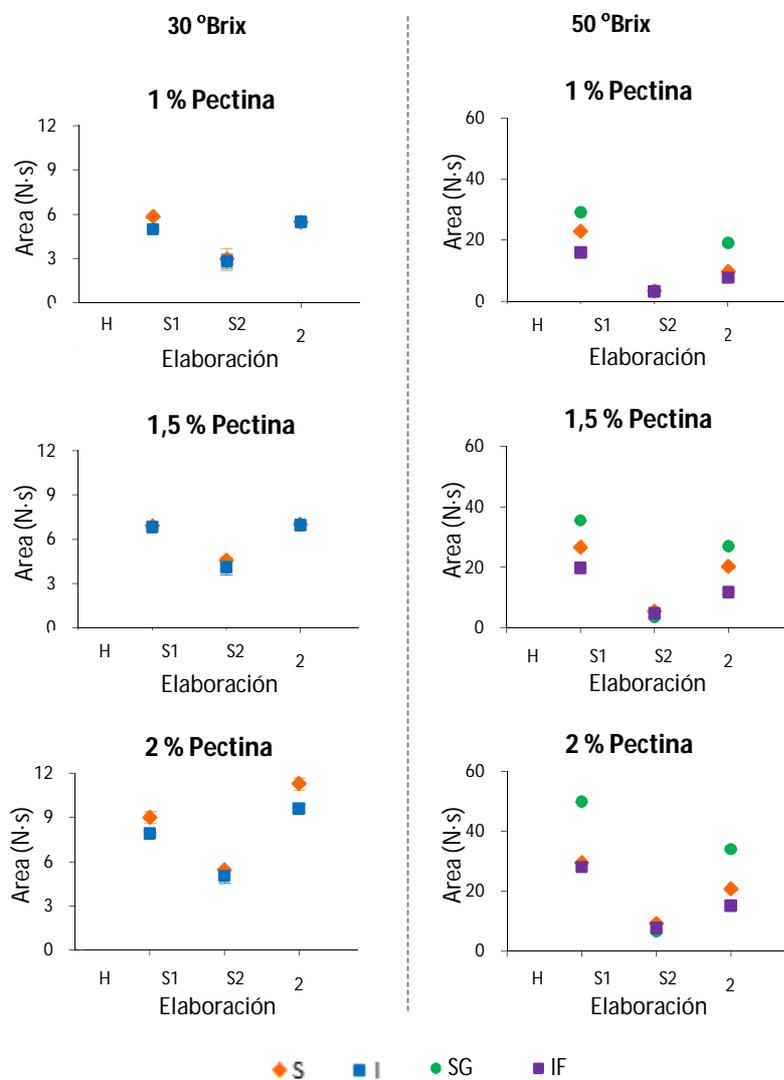


Figura IV.11. Valores de consistencia (área positiva de la curva fuerza vs. tiempo (N·s)) de los productos de 30 y 50 °Brix, según los distintos métodos de elaboración (H: *Deshidratación osmótica vía húmeda*; S1: *Deshidratación osmótica vía seca sin eliminar fase líquida*; S2: *Deshidratación osmótica vía seca eliminando fase líquida*) y los distintos azúcares (S: sacarosa; I: isomaltulosa SG: sacarosa + glucosa (50:50 (p/p)); IF: isomaltulosa + fructosa (50:50 (p/p))).

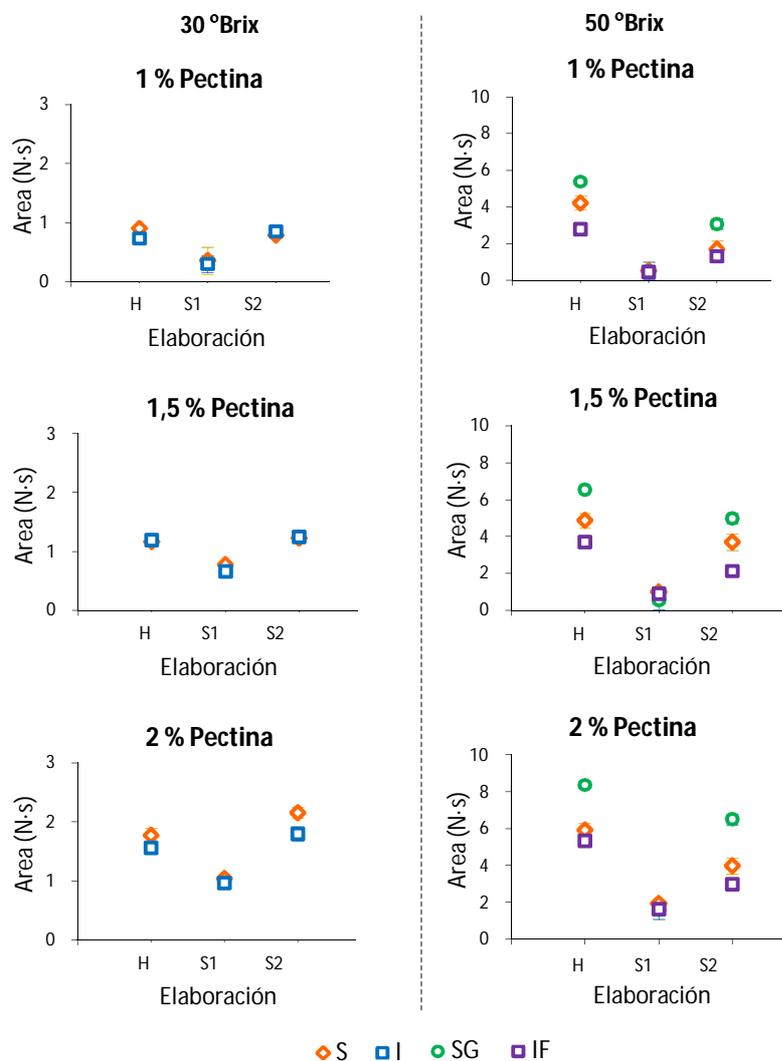


Figura IV.12. Valores de adhesividad (área negativa de la curva fuerza vs. tiempo (N·s)) de los productos de 30 y 50 °Brix, según los distintos métodos de elaboración (H: *Deshidratación osmótica vía húmeda*; S1: *Deshidratación osmótica vía seca sin eliminar fase líquida*; S2: *Deshidratación osmótica vía seca eliminando fase líquida*) y los distintos azúcares (S: sacarosa; I: isomaltulosa SG: sacarosa + glucosa (50:50 (p/p)); IF: isomaltulosa + fructosa (50:50 (p/p))).

Tabla IV.6.a. Grupos homogéneos de las propiedades mecánicas identificados a partir del análisis de la varianza factorial realizado, para los productos de 30 °Brix en función de los tipos de azúcares (S: sacarosa; I: isomaltulosa), los distintos métodos de elaboración (H: *Deshidratación osmótica vía húmeda*; S1: *Deshidratación osmótica vía seca sin eliminar fase líquida*; S2: *Deshidratación osmótica vía seca eliminando fase líquida*) y los diferentes porcentajes de pectina (1, 1,5 y 2 %).

30 °Brix	Azúcar	Elaboración	% Pectina	
Consistencia	S	6,4 (0,4) (b)	H 6,7 (0,5) (b)	1 4,6 (0,5) (a)
			S1 4,2 (0,5) (a)	1,5 6,0 (0,5) (b)
	I	5,6 (0,4) (a)	S2 7,1 (0,5) (b)	2 7,4 (0,5) (c)
Adhesividad	S	1,12 (0,08) (b)	H 1,2 (0,1) (b)	1 0,7 (0,1) (a)
			S1 0,7 (0,1) (a)	1,5 1,0 (0,1) (b)
	I	0,97 (0,08) (a)	S2 1,3 (0,1) (b)	2 1,5 (0,1) (c)

Tabla IV.6.b. Grupos homogéneos de las propiedades mecánicas identificados a partir del análisis de la varianza factorial realizado, para los productos de 50 °Brix en función de los tipos de azúcares (S: sacarosa; SG: sacarosa + glucosa (50:50 (p/p)); IF isomaltulosa + fructosa (50:50 (p/p)), los distintos métodos de elaboración (H: *Deshidratación osmótica vía húmeda*; S1: *Deshidratación osmótica vía seca sin eliminar fase líquida*; S2: *Deshidratación osmótica vía seca eliminando fase líquida*) y los diferentes porcentajes de pectina (1, 1,5 y 2 %).

50 °Brix	Azúcar	Elaboración	% Pectina	
Consistencia	S	16,4 (0,9) (b)	H 28,5 (0,9) (c)	1 12,7 (0,9) (a)
	SG	23,2 (0,9) (c)	S1 5,4 (0,9) (a)	1,5 17,3 (0,9) (b)
	IF	12,7 (0,9) (a)	S2 18,4 (0,9) (b)	2 22,3 (0,9) (c)
Adhesividad	S	3,09 (0,13) (b)	H 5,25 (0,13) (c)	1 2,22 (0,13) (a)
	SG	4,22 (0,13) (c)	S1 1,05 (0,13) (a)	1,5 3,21 (0,13) (b)
	IF	2,36 (0,08) (a)	S2 3,37 (0,13) (b)	2 4,24 (0,13) (c)

Lógicamente, y tal y como era de esperar se observa un claro aumento de la consistencia y de la adhesividad conforme aumentó el porcentaje de pectina utilizado en la formulación, siendo estadísticamente significativas las diferencias encontradas para cada uno de los niveles utilizados.

El tipo de azúcar utilizado influyó significativamente en las propiedades de textura medidas, si bien el efecto fue más notable en la consistencia que en la adhesividad. Estos resultados se hacen más evidentes en los untables de 50 °Brix en los que intervienen más tipos de azúcares y sus mezclas. Así mismo, las diferencias de textura debidas a los diferentes azúcares utilizados se acentuaron a medida que aumentó el porcentaje de pectina, revelando diferencias en las interacciones azúcar-pectina y su influencia sobre la textura. En los untables de 30 °Brix, la sacarosa proporcionó mayor consistencia y adhesividad que los productos formulados con isomaltulosa, y en los untables de 50 °Brix, fueron los productos formulados con la mezcla sacarosa-glucosa los que presentaron los mayores valores de estos parámetros mientras que los productos formulados con la mezcla isomaltulosa-fructosa presentaron menor consistencia y adhesividad.

El método de elaboración de los untables también influyó significativamente en la textura (consistencia y adhesividad) probablemente como consecuencia de los distintos ratios fruta: disolución utilizados en cada proceso, así como la distinta cantidad de fase líquida presente en la fruta según el tipo de tratamiento osmótico utilizado, vía seca o vía húmeda. A menor cantidad de fase líquida en la fruta y mayor ratio fruta: disolución se obtuvieron productos con mayor consistencia. Las diferencias de los tratamientos se hicieron más patentes en los productos de 50 °Brix mientras que en los de 30 °Brix no existen diferencias significativas de textura entre productos elaborados por vía húmeda y por vía seca con eliminación de fase líquida.

IV.2.3. Influencia de las variables del proceso en las propiedades reológicas de los productos untables

Ensayos estacionarios

El comportamiento al flujo en términos generales estuvo caracterizado por la dependencia del tiempo. Los reogramas correspondientes a los untables de fresa se encuentran representados en la figura IV.13 en los que además de apreciarse la dependencia del tiempo, se puede observar la magnitud del esfuerzo cizallante.

La diferencia entre productos se puede atribuir a las diferentes proporciones fruta: disolución (tabla III.4 y III.5 del apartado III.3 de Materiales y métodos) y diferentes % de pectina. El aumento en el nivel de estos factores determina una mayor interacción y la presencia de una estructura tridimensional más densa y con mayor cuerpo, y en consecuencia los esfuerzos de cizalla aumentan considerablemente

A partir de las curvas de ascenso correspondientes, se caracterizó el flujo de todos los productos con el modelo de Herschel y Bulkley (ecuación IV.6).

$$\tau = \tau_0 + k \cdot \dot{\gamma}^n \quad (IV.6)$$

donde,

τ : esfuerzo (Pa)

τ_0 : esfuerzo umbral (Pa)

k : índice de consistencia (Pas^n)

$\dot{\gamma}$: gradiente de velocidad (s^{-1})

n : índice de comportamiento del flujo o grado de fluidez

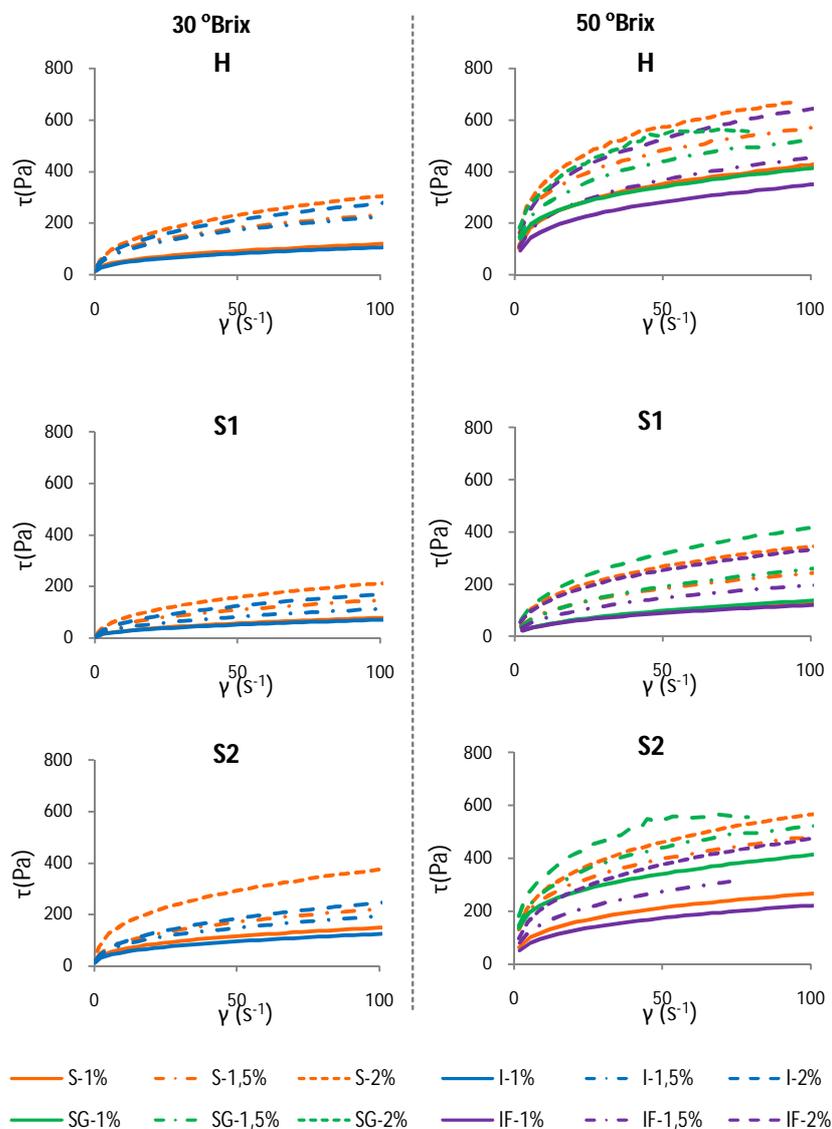


Figura IV.13. Reogramas correspondientes a los productos de 30 y 50 °Brix, según los distintos métodos de elaboración (H: *Deshidratación osmótica via húmeda*; S1: *Deshidratación osmótica via seca sin eliminar fase líquida*; S2: *Deshidratación osmótica via seca eliminando fase líquida*) y los distintos azúcares (S: sacarosa; I: isomaltulosa; SG: sacarosa + glucosa (50:50 (p/p)); IF: isomaltulosa + fructosa (50:50 (p/p))).

Los valores de los parámetros obtenidos (tablas 2.2.a y 2.2.b del anexo 2) reflejan objetivamente las características físicas de las distintas muestras estudiadas. Por otro lado, las tablas IV.7.a e IV.7.b recogen los grupos homogéneos que establece el ANOVA en lo que se refiere a la influencia de las distintas variables (tipo de azúcar, método de elaboración y % de pectina) sobre los distintos parámetros reológicos de los productos analizados.

Tabla IV.7.a. Grupos homogéneos de las propiedades reológicas identificados a partir del análisis de la varianza factorial realizado, para los productos de 30 °Brix en función de los tipos de azúcares (S: sacarosa; I: isomaltulosa), los distintos métodos de elaboración (H: *Deshidratación osmótica vía húmeda*; S1: *Deshidratación osmótica vía seca sin eliminar fase líquida*; S2: *Deshidratación osmótica vía seca eliminando fase líquida*) y los diferentes porcentajes de pectina (1, 1,5 y 2 %).

30 °Brix	Azúcar	Elaboración	% Pectina			
τ_0	S	25 (3) (b)	H	26 (3) (b)	1	12 (3) (a)
			S1	10 (3) (a)	1,5	21 (3) (b)
	I	17 (2) (a)	S2	27 (3) (b)	2	31 (3) (c)
k	S	20 (1) (b)	H	22 (2) (b)	1	11 (1) (a)
			S1	12 (2) (a)	1,5	20 (1) (b)
	I	17 (1) (a)	S2	22 (2) (b)	2	25 (1) (c)
n	S	0,471 (0,006) (a)	H	0,456 (0,008) (a)	1	0,472 (0,008) (a)
			S1	0,497 (0,008) (b)	1,5	0,467 (0,008) (a)
	I	0,470 (0,006) (a)	S2	0,459 (0,008) (a)	2	0,465 (0,008) (a)

Tal y como se esperaba, las propiedades reológicas reflejan muy bien la presencia y proporción de ciertos ingredientes en la formulación. Las muestras elaboradas según el proceso osmótico por vía húmeda (H) y el proceso osmótico por vía seca con eliminación de parte de la disolución (S2), presentan valores más altos del coeficiente de consistencia (k) y un aumento del umbral de fluencia (τ_0) debido a la mayor presencia de sólidos en estas formulaciones (Sato y Cunha, 2009) por lo que el efecto es más notable en los untables de 50 °Brix.

Tabla IV.7.b. Grupos homogéneos de las propiedades reológicas identificados a partir del análisis de la varianza factorial realizado, para los productos de 50 °Brix en función de los tipos de azúcares (S: sacarosa; SG: sacarosa + glucosa (50:50 (p/p)); IF: isomaltulosa + fructosa (50:50 (p/p)), los distintos métodos de elaboración (H: *Deshidratación osmótica vía húmeda*; S1: *Deshidratación osmótica vía seca sin eliminar fase líquida*; S2: *Deshidratación osmótica vía seca eliminando fase líquida*) y los diferentes porcentajes de pectina (1, 1,5 y 2 %).

50 °Brix	Azúcar	Elaboración	% Pectina			
τ_0	S	85 (6) (b)	H	132 (6) (c)	1	53 (6) (a)
	SG	99 (6) (c)	S1	23 (6) (a)	1,5	82 (6) (b)
	IF	64 (6) (a)	S2	94 (6) (b)	2	113 (6) (c)
k	S	45 (2) (b)	H	59 (2) (c)	1	30 (2) (a)
	SG	50 (2) (c)	S1	26 (2) (a)	1,5	46 (2) (b)
	IF	39 (2) (a)	S2	49 (2) (b)	2	58 (2) (c)
n	S	0,435 (0,008) (a)	H	0,421 (0,008) (a)	1	0,450 (0,007) (c)
	SG	0,440 (0,008) (a)	S1	0,476 (0,008) (b)	1,5	0,438 (0,007) (b)
	IF	0,441 (0,008) (a)	S2	0,420 (0,008) (a)	2	0,429 (0,007) (a)

Puede verse que según aumentó el porcentaje de pectina se produjo también un aumento de los valores de los parámetros reológicos, no sólo por el aumento de sólidos aportados por la pectina sino también debido a las interacciones de este ingrediente con el resto de componentes del sistema. En lo que se refiere al tipo azúcar también influyó en las propiedades reológicas de los productos analizados; así pues, aquellos productos elaborados con isomaltulosa, en el caso de los untables de 30 °Brix, o con la mezcla isomaltulosa-fructosa, en el caso de los untables de 50 °Brix, presentaron menores umbrales de fluencia y menores índices de consistencia que aquellos productos elaborados sólo con sacarosa o con la mezcla sacarosa-glucosa, siendo estos últimos los que dieron mayores valores de dichos coeficientes. Estos resultados son coherentes con los resultados obtenidos en los ensayos de textura puesto que a mayor consistencia de las muestras se obtuvieron también esfuerzos de fluencia y coeficientes de consistencia más altos.

Por otro lado, no se observan diferencias significativas en el grado de fluidez (n) en función de los distintos azúcares pero éste si se vio afectado tanto por el tipo de elaboración, como por los distintos % pectina, dando valores más altos en los productos formulados sin eliminar fase líquida, y menores valores de fluidez a mayor % de pectina.

Ensayos oscilatorios

Las pruebas dinámicas aplicadas a los productos elaborados se resumen en los barridos de frecuencia incluidos en la figura IV.14 en la que se pueden apreciar los efectos de las distintas variables analizadas, método de elaboración, tipo de azúcar y % de pectina.

Los resultados reológicos oscilatorios se expresan en términos del módulo de almacenamiento (G') asociado al componente elástico y del módulo de pérdidas (G''), asociado al componente viscoso de un material. Este tipo de ensayo permite determinar la proporción entre el componente elástico y viscoso de un material y cuantificar en qué medida se comporta como sólido o como líquido de tal forma que,

- Si $G' > G''$, el alimento exhibe un comportamiento de un semi-sólido, esto es, tendrá más característica elástica que viscosa, típico comportamiento de un gel.
- Si $G' = G''$, el alimento se comporta como una disolución concentrada.
- Si $G' < G''$, el alimento se comporta como un semi-líquido y la energía usada en su deformación está asociada con la disipación viscosa, el material se comporta como una disolución diluida.

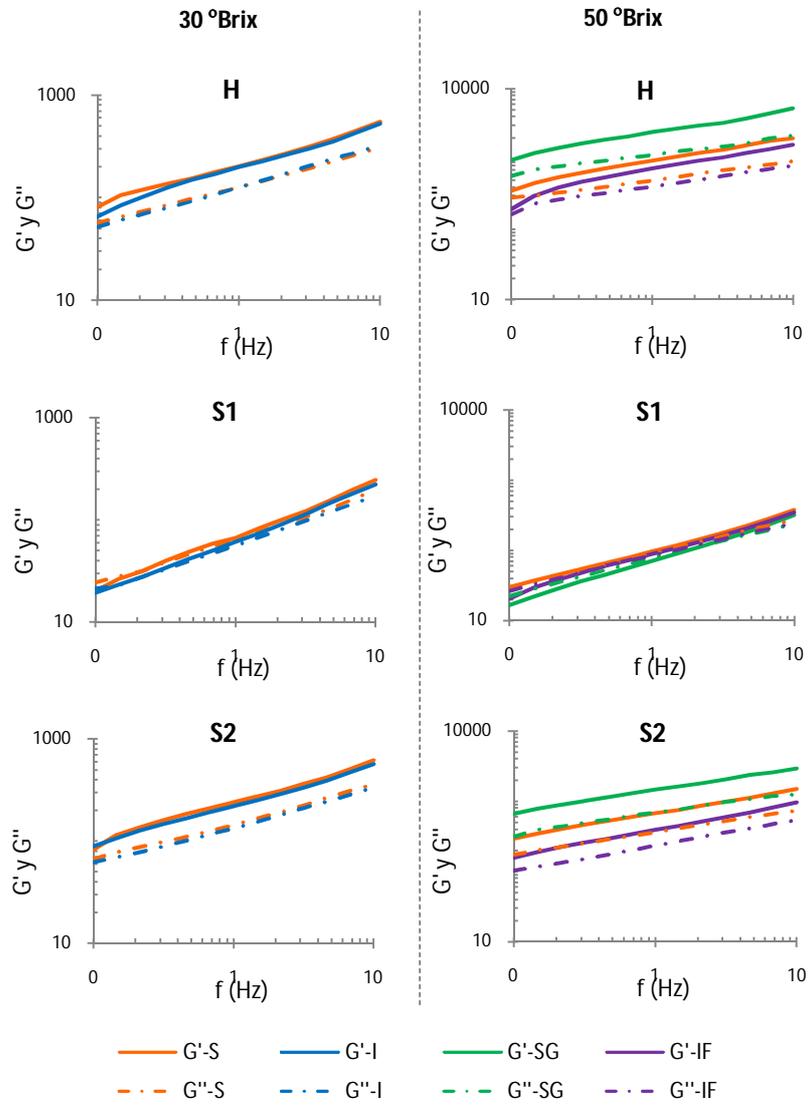


Figura IV.14. Barridos de frecuencia de los productos de 30 y 50 °Brix, según los distintos métodos de elaboración (H: *Deshidratación osmótica vía húmeda*; S1: *Deshidratación osmótica vía seca sin eliminar fase líquida*; S2: *Deshidratación osmótica vía seca eliminando fase líquida*) y los distintos azúcares (S: sacarosa; I: isomaltulosa; SG: sacarosa + glucosa (50:50 (p/p)); IF: isomaltulosa + fructosa (50:50 (p/p)) para los productos elaborados con un 1,5 % de pectina.

Tanto los productos de 30 como los de 50 °Brix elaborados con tratamiento osmótico por vía seca sin eliminación de fase líquida (S1) se comportan en todos los casos como disoluciones concentradas ya que G' y G'' son prácticamente iguales. Estos resultados son probablemente consecuencia de una mayor proporción de fase líquida en su formulación, no siendo suficientes para la gelificación los niveles de pectina utilizados.

Sin embargo, en los productos elaborados por los otros dos métodos se observó un comportamiento viscoelástico típico de un gel ($G' > G''$) independientemente de que el tratamiento osmótico fuera por vía húmeda (H) o vía seca (S2), siendo además, los valores para cada tratamiento muy próximos entre sí.

Por otro lado, el tipo de azúcar influyó en el comportamiento reológico de los productos analizados, siendo los productos elaborados con sacarosa, en el caso de los untables de 30 °Brix, y con la mezcla sacarosa-glucosa, en el caso de los untables de 50 °Brix los que presentan mayores valores de los módulos G' y G'' , y los formulados con isomaltulosa, en el caso de los untables de 30 °Brix, o con la mezcla isomaltulosa-fructosa, en el caso de los untables de 50 °Brix, los que mostraron los valores más bajos, coherentemente con los resultados obtenidos en el ensayo de textura.

En cuanto al porcentaje de pectina, no se ve una tendencia clara ya que los valores obtenidos para un mismo método de elaboración y un determinado azúcar son muy próximos independientemente del porcentaje de pectina utilizado.

IV.2.4. Conclusiones relacionadas con el color, textura y reología de los productos untables de fresa

- ✓ Las diferencias en los valores de actividad de agua de los distintos untables están determinadas por el **tipo de azúcar** empleado en su formulación, y se deben principalmente a la diferente conformación y solubilidad de los azúcares utilizados. La mayor capacidad de depresión de la actividad de agua de la fructosa con respecto a la glucosa pone de manifiesto que a igual peso molecular del soluto, la actividad de agua viene determinada principalmente por la solubilidad de la molécula.
- ✓ En cuanto al color, los untables de fresa presentaron en líneas generales, valores de L^* , a^* y b^* inferiores a la fresa fresca con independencia de la concentración final del producto untable y de las variables de proceso. La cantidad de **pectina** y el **tipo de azúcar** empleados en la formulación no resultaron significativos en las coordenadas colorimétricas, mientras que el **proceso de elaboración** S2 (deshidratación por vía seca con eliminación de fase líquida) parece ser el más adecuado para obtener productos con un color más próximo al de la fruta fresca.
- ✓ En cuanto a la textura de los untables, el **tipo de azúcar** influyó significativamente en las propiedades mecánicas medidas, si bien el efecto fue más notable en la consistencia que en la adhesividad de las muestras. Asimismo, las diferencias de textura debido a los diferentes azúcares utilizados se acentúan a medida que aumenta el porcentaje de pectina, revelando diferencias en las interacciones azúcar-pectina. El **proceso de elaboración** de los untables también influye significativamente en la textura probablemente como consecuencia de los distintos ratios fruta: disolución utilizados en cada proceso, así como la distinta cantidad de fase líquida

presente en la fruta según el tipo de tratamiento osmótico utilizado, vía seca o vía húmeda.

- ✓ Con respecto a las propiedades reológicas, en los ensayos oscilatorios, las muestras elaboradas según el **proceso osmótico** por vía húmeda (H) y el proceso osmótico por vía seca con eliminación de parte de la disolución generada (S2), presentan valores más altos del coeficiente de consistencia (k) y un aumento del umbral de fluencia (τ_0) debido a la mayor presencia de sólidos en estas formulaciones. El **tipo de azúcar** también queda reflejado en las propiedades reológicas. Así pues, los productos elaborados con isomaltulosa (30 °Brix) o la mezcla isomaltulosa-fructosa (50 °Brix) presentaron menores umbrales de fluencia y menores coeficientes de consistencia que aquellos productos elaborados sólo con sacarosa o con la mezcla sacarosa-glucosa. Por otro lado, no se observaron diferencias significativas en el grado de fluidez (n) en función del **agente osmótico** pero éste sí se vio afectado tanto por el **método de elaboración**, como por los distintos **porcentajes pectina**.
- ✓ Los ensayos dinámicos pusieron de manifiesto la influencia del **tipo de azúcar** en el comportamiento viscoelástico de los untables, de modo que los productos elaborados con sacarosa (30 °Brix) o la mezcla sacarosa-glucosa (50 °Brix) presentaron los mayores valores de los módulos G' y G'', coherentemente con los resultados obtenidos en el ensayo de textura. No se ve una influencia clara del **porcentaje de pectina**, ya que los valores obtenidos para un mismo método de elaboración y un determinado agente osmótico son muy próximos independientemente del porcentaje de pectina utilizado. Finalmente, en cuanto al **método de elaboración**, los productos elaborados por vía seca sin eliminación de fase líquida (S1) se comportaron en todos los casos como disoluciones concentradas y no como geles como

consecuencia de una mayor proporción de fase líquida en la formulación, no siendo suficientes para la gelificación los niveles de pectina utilizados.

- ✓ Finalmente, el proceso de **deshidratación por vía seca sin eliminar fase líquida** (S1) puede seleccionarse como método de elaboración ya que se obtiene productos de características sensoriales adecuadas y además se manejan menores volúmenes de disolución, siendo ésta más rica en compuestos característicos de la fruta fresca. No obstante, deberían de estudiarse otros aspectos de **carácter nutritivo y sensorial** como por ejemplo contenido en vitaminas, y compuestos bioactivos (antioxidantes), así como sabor, aroma y vida útil para establecer la **formulación adecuada** de estos productos.

IV.3. OPTIMIZACIÓN DE LAS VARIABLES DE PROCESO PARA LA ELABORACIÓN POR VÍA SECA DE PRODUCTOS UNTABLES DE FRESA DE 50 °BRIX.

Para abordar la optimización de los untables de fresa se eligió el proceso por vía seca sin eliminación de fase líquida por las ventajas de implementación a nivel industrial. Dicho proceso no consume agua para la formulación de disoluciones y no genera efluentes, lo que se traduce en menor coste de proceso, mayor rendimiento y menor impacto medioambiental, permitiendo obtener productos de calidad similar a los obtenidos por vía húmeda (Peinado y col., 2011). La elección del tipo de azúcares utilizados en la formulación de un untable define a priori la actividad de agua, el sabor (dulzor) y el índice glicémico pero además puede influir en la estabilidad microbiológica, el color, la textura, el comportamiento reológico, el perfil aromático, y el carácter antioxidante entre otros aspectos.

En el siguiente esquema (figura IV.15) se resume el plan experimental diseñado para este capítulo y en él, se especifican las variables de proceso así como las determinaciones analíticas realizadas.

Dado que por razones de solubilidad no es posible la formulación de un untable de 50 °Brix con isomaltulosa (Schiweck y col., 1990; Kaga y Mizutani, 1985) se planteó un diseño de optimización de la *sustitución parcial de la sacarosa ó de la fructosa* como azúcares de referencia o base.

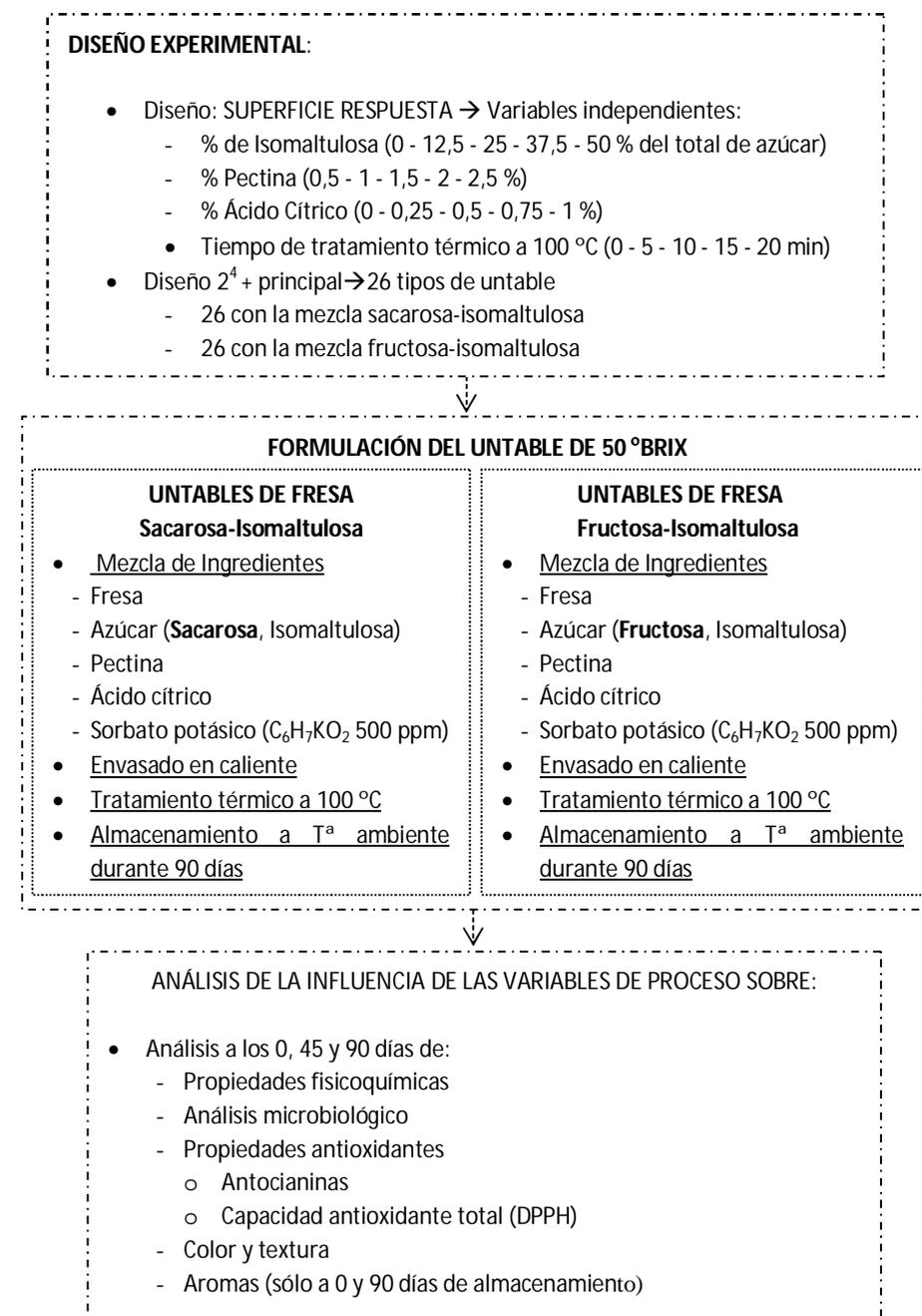


Figura IV.15. Esquema del plan experimental llevado a cabo para la optimización de productos untables de fresa de 50 °Brix.

La sacarosa se eligió como azúcar de referencia por ser el más comúnmente utilizado en este tipo de productos además de por sus propiedades tecnológicas ampliamente conocidas (García y *col.*, 2002; Zengo y Mandel, 1972; Weidenhagen y Lorenz, 1957) mientras que la fructosa se ha elegido fundamentalmente por dos razones. En primer lugar por su bajo índice glicémico de manera que los productos formulados con la mezcla fructosa-isomaltulosa mantendrían esta propiedad, y en segundo lugar por su elevado poder edulcorante lo que contribuirá a compensar el bajo dulzor de la isomaltulosa.

Esta decisión justifica la ejecución de dos diseños experimentales idénticos en los que la única diferencia es el azúcar de base o de referencia.

Se obtuvieron un total de 52 productos en función de los distintos niveles de las variables de proceso, 26 con la mezcla sacarosa-isomaltulosa y 26 con la mezcla fructosa-isomaltulosa (tabla IV.8).

Para comprobar la homogeneidad de los lotes de partida se determinó la actividad de agua (a_w), humedad (x^w), contenido en sólidos solubles (x^{ss}) y pH de la materia prima. La tabla IV.9 muestra la media y desviación estándar de dichos parámetros en los diferentes lotes de fresa fresca empleada para la formulación de los diferentes productos.

Estos valores se asemejan a los publicados por otros autores como Moreno (1999), Moraga y *col.*, (2006) y Penagos (2006) en fresa de la variedad Camarosa cultivada en España (Huelva), así como a los obtenidos por otros autores como Kafkas y *col.*, (2007) en frutas maduras de la misma variedad cultivadas en Turquía (acidez 0,83 %, pH 3,29, azúcares totales 57,90 g/L) Sturm y *col.*, (2003) en fresas producidas en Eslovenia.

Tabla IV.8. Diseño experimental de los productos untables obtenidos en función de las distintas combinaciones de las variables del proceso.

Productos SI	Productos FI	% S/ % F	X ₁ % I	X ₂ % Pectina	X ₃ % AC	X ₄ TT (min)
S-1	F-1	62,5	37,5	2	0,75	15
S-2	F-2	62,5	37,5	2	0,75	5
S-3	F-3	75	25	1,5	1	10
S-4	F-4	62,5	37,5	1	0,75	5
S-5	F-5	75	25	1,5	0,5	0
S-6	F-6	62,5	37,5	1	0,75	15
S-7	F-7	87,5	12,5	1	0,75	15
S-8	F-8	100	0	1,5	0,5	10
S-9	F-9	75	25	0,5	0,5	10
S-10	F-10	87,5	12,5	1	0,75	5
S-11	F-11	75	25	1,5	0	10
S-12	F-12	75	25	1,5	0,5	10
S-13	F-13	87,5	12,5	1	0,25	15
S-14	F-14	75	25	1,5	0,5	10
S-15	F-15	62,5	37,5	1	0,25	5
S-16	F-16	87,5	12,5	1	0,25	5
S-17	F-17	62,5	37,5	1	0,25	15
S-18	F-18	87,5	12,5	2	0,25	5
S-19	F-19	75	25	2,5	0,5	10
S-20	F-20	87,5	12,5	2	0,75	15
S-21	F-21	87,5	12,5	2	0,25	15
S-22	F-22	87,5	12,5	2	0,75	5
S-23	F-23	75	25	1,5	0,5	20
S-24	F-24	62,5	37,5	2	0,25	15
S-25	F-25	62,5	37,5	2	0,25	5
S-26	F-26	50	50	1,5	0,5	10

I: isomaltulosa; AC: Ácido cítrico; TT: duración del tratamiento térmico.

El análisis estadístico de la varianza (ANOVA simple) reveló diferencias significativas ($p_{\text{valor}} < 0,05$), entre los diferentes lotes, debido probablemente a diferencias en el grado de madurez de los mismos (anexo VII.1). Estas diferencias se tuvieron en cuenta a la hora de ajustar las cantidades de los ingredientes para formular los productos.

Tabla IV.9. Valores de actividad de agua (a_w), humedad (x^w), contenido en sólidos solubles (x^{ss}) y pH de los diferentes lotes utilizados para la elaboración de los untables.

Lotes	a_w	x^w	x^{ss}	pH
A	0,989 (0,002)	0,921 (0,002)	0,077 (0,002)	3,56 (0,05)
B	0,991 (0,002)	0,931 (0,002)	0,067 (0,002)	3,423 (0,006)
C	0,989 (0,002)	0,918 (0,002)	0,074 (0,002)	3,447 (0,006)
D	0,984 (0,002)	0,944 (0,002)	0,058 (0,002)	3,457 (0,006)
E	0,983 (0,002)	0,93 (0,002)	0,068 (0,002)	3,470 (0,012)
F	0,992 (0,002)	0,936 (0,002)	0,061 (0,002)	3,440 (0,012)
G	0,985 (0,002)	0,928 (0,002)	0,07 (0,002)	3,440 (0,012)
H	0,992 (0,002)	0,931 (0,003)	0,073 (0,002)	3,403 (0,006)
I	0,987 (0,002)	0,929 (0,004)	0,067 (0,002)	3,393 (0,006)
J	0,992 (0,002)	0,916 (0,001)	0,077 (0,002)	3,377 (0,012)
K	0,988 (0,002)	0,89 (0,06)	0,067 (0,002)	3,337 (0,006)
L	0,988 (0,002)	0,915 (0,002)	0,072 (0,002)	3,36 (0,02)
M	0,984 (0,003)	0,923 (0,002)	0,07 (0,002)	3,467 (0,006)
N	0,987 (0,003)	0,927 (0,002)	0,064 (0,002)	3,53 (0,012)
O	0,991 (0,002)	0,935 (0,002)	0,061 (0,002)	3,643 (0,012)
Promedio	0,988 (0,003)	0,925 (0,012)	0,068 (0,006)	3,45 (0,08)

IV.3.1. Análisis de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de los productos untables

IV.3.1.1. Propiedades fisicoquímicas

Los datos de composición de los productos obtenidos en términos de humedad (x^w) y contenido en sólidos solubles (x^{ss}) fueron similares entre los distintos productos con independencia de las variables del proceso, puesto que fueron formulados para alcanzar una concentración de 50 °Brix (anexo VII.3). En cambio, el análisis estadístico establece diferencias significativas ($p_{valor} < 0,05$) en función de las distintas variables de proceso para los valores de

actividad de agua (a_w) y pH de los untables de fresa recién elaborados (tabla IV.10).

Tabla IV.10. Resumen del análisis de varianza para la actividad de agua (a_w) y pH de los untables de fresa recién elaborados (tiempo 0).

Variables	a_w		pH	
	Razón-F	Valor-P	Razón-F	Valor-P
Fructosa - Isomaltulosa				
% Isomaltulosa	24,37	0,0000	-	-
TT	-	-	-	-
% Pectina	-	-	-	-
%Cítrico	-	-	395,77	0,0000
%Cítrico x %Cítrico	-	-	16,67	0,0005
Sacarosa - Isomaltulosa				
% Isomaltulosa	-	-	-	-
TT	-	-	-	-
% Pectina	-	-	-	-
%Cítrico	-	-	80,03	0,0000

TT: Tratamiento Térmico.

Puede verse cómo la a_w de los untables elaborados con la mezcla fructosa-isomaltulosa se vio afectada por el % de isomaltulosa, en cambio, éste no influyó en los untables elaborados con la mezcla sacarosa-isomaltulosa. Esto puede explicarse teniendo en cuenta que la sacarosa y la isomaltulosa tienen una actividad de agua similar, mientras que la actividad de agua de la fructosa es menor, lo que se refleja en los menores valores de actividad de agua de los productos formulados mediante la mezcla fructosa-isomaltulosa respecto de los productos formulados mediante la mezcla sacarosa-isomaltulosa.

Por otro lado, el pH de los untables de fresa, independientemente de la mezcla de azúcares utilizada, se vio afectado por el % de ácido cítrico. Estas diferencias de pH deberán tenerse en cuenta en el desarrollo final del

producto puesto que se trata de un parámetro directamente relacionado con la estabilidad y aceptación del producto por parte del consumidor. Aunque actualmente no existe legislación para este tipo de untables, es cierto que para otros tipo de productos de características similares como podrían ser las mermeladas o conservas de frutas, es necesario un pH por debajo de 3,5 para evitar el desarrollo de mohos y levaduras así como organismos mesófilos (BOE 12/01/01, R.D. 3484/2000). Sin embargo, productos demasiado ácidos podrían ser rechazados por el consumidor.

Finalmente señalar que el análisis de los parámetros evaluados (x^{ss} , x^w , a_w y pH) tras 45 y 90 días de almacenamiento no reveló diferencias significativas respecto a los valores obtenidos en los productos recién elaborados (anexo3.2).

IV.3.1.2. Estabilidad microbiológica

Para el estudio de la estabilidad microbiológica de los untables de fresa, se realizó un seguimiento del crecimiento microbiano tal y como se ha descrito en el apartado III.5 de Materiales y métodos.

En ninguna de las formulaciones estudiadas durante los 90 días de almacenamiento se detectaron colonias de mohos y levaduras o de aerobios mesófilos. Puesto que actualmente no existe legislación referente a este tipo de productos untables, se tomaron como referencia los límites establecidos por el R.D. 3484/2000, B.O.E. 12/01/01; derogado por R.D. 135/2010, BOE 25/02/2010, que especifica que las comidas preparadas sin tratamiento térmico o con tratamiento térmico que llevan ingredientes no sometidos a tratamiento térmico, no deben superar 1×10^5 y 1×10^6 ufc/g. Sin embargo, este reglamento aunque concreta los límites para mesófilos aerobios, no los proporciona para mohos y levaduras por lo que se tuvieron en cuenta los

límites establecidos según el Real Decreto 1094/1987 de 26 de Junio (B.O.E 8-9-87). En dicho documento se especifica la Norma Microbiológica con un máximo de 1×10^4 ufc/g y 1×10^2 ufc/g para aerobios mesófilos (31 ± 1 °C) y mohos respectivamente.

Son varios los factores que pueden contribuir a la estabilidad microbiológica. Uno de ellos es el elevado contenido en sólidos solubles, que favorece la disminución de los valores de a_w con respecto a los de la fresa fresca. Otros son el conservante añadido (sorbato potásico) y la incorporación de ácido cítrico en la formulación del producto para disminuir el pH, impidiendo la proliferación de microorganismos.

Por otro lado, la mayoría de los untables fueron tratados térmicamente durante 5, 10, 15 o 20 minutos a 100 °C, contribuyendo a la protección de estos productos frente a la proliferación microbiana. Sin embargo, cabe resaltar que tampoco se encontraron colonias en aquellos productos que no sufrieron tratamiento térmico. El envasado en caliente y la adición de sorbato potásico podrían justificar estos resultados.

IV.3.2. Análisis de las propiedades antioxidantes de los productos untables

Entre los principales responsables de la capacidad antioxidante de las frutas y hortalizas, se encuentran los compuestos fenólicos, el ácido ascórbico así como los carotenoides (Zhang y Hamauzu, 2004; Velioglu *et al.*, 1998; Byers y Perry, 1992; Frei y Ames, 1989). Concretamente, la fresa es una fuente rica de compuestos bioactivos incluyendo la vitamina C, E, β -caroteno y compuestos fenólicos (ácidos fenólicos, flavon-3-oles, flavonoides y antocianinas) (Oszmianski y Wojdylo, 2009). Las propiedades antioxidantes de la fresa han sido estudiadas por numerosos autores y relacionadas

básicamente con la fracción de compuestos fenólicos (Oszmianski y Wojdylo, 2009; Wojdylo y *col.*, 2009; Hartmann y *col.*, 2008; Aaby y *col.*, 2005; Meyers y *col.*, 2003; Wang y Zheng, 2001).

Las propiedades antioxidantes de un producto están fuertemente ligadas a las características de la materia prima por lo que el análisis de la variabilidad de los lotes resulta esencial para estudiar la influencia de las variables de proceso. En la tabla IV.11 se recogen los valores obtenidos para la actividad antioxidante y el contenido en antocianinas así como los grupos homogéneos establecidos para los diferentes lotes de fresa fresca. Los valores obtenidos son del mismo orden que los presentados por otros autores (Aaby y *col.*, 2007; Zheng y *col.*, 2007; Wang y *col.*, 2003; Wang y *col.*, 2002; Wang y Zheng, 2001, Wang y Jiao, 2000 y Wang y Lin., 2000; Kazuyoshi y *col.*, 1999). En dichos estudios se pone de manifiesto la elevada actividad antioxidante de la fresa contra los radicales piróxilos, peróxidos de hidrógeno y radicales hidroxilos, estando claramente influenciada por factores de cultivo tales como la temperatura de crecimiento de la planta, concentración de CO₂ o el propio sistema de cultivo.

El análisis estadístico de los resultados obtenidos en esta tesis reveló diferencias significativas ($p_{\text{valor}} < 0,05$) tanto en la capacidad antioxidante como en el contenido en antocianinas de los diferentes lotes. Estas diferencias se han tenido en cuenta al analizar la influencia de las variables de proceso sobre estas propiedades.

Tabla IV.11. Valores de actividad antioxidante y contenido en antocianinas, así como los grupos homogéneos establecidos para los diferentes lotes de fresa fresca.

Lotes	Actividad antioxidante ¹	Contenido en antocianinas ²
A	16 (2) (b)*	23 (2) (d)
B	14 (2) (b)	24,2 (0,9) (d)
C	14 (2) (b)	24,1 (0,7) (d)
D	11 (3) (a)	11 (1) (a)
E	10 (1) (a)	10 (2) (a)
F	32 (1) (d)	15,7 (0,9) (b)
G	45 (2) (g)	20 (1) (c)
H	53 (1) (i)	23 (1) (d)
I	42 (1) (f)	28 (1) (e)
J	46 (1) (gh)	27,4(0,4) (e)
K	48 (3) (h)	32 (1) (f)
L	19,8 (0,6) (c)	20,7 (0,7) (c)
M	44 (2) (fg)	34 (2) (g)
N	42 (1) (f)	28 (1) (e)
O	37 (4) (e)	15 (2) (b)

1: % de inhibición del DPPH.

2: mg pelargonidina-3-glucosido/100 g de Fresa Fresca.

*primer valor entre paréntesis: desviación estándar.

*segundo valor entre paréntesis: grupos homogéneos.

IV.3.2.1. Contenido en antocianinas

Las tablas IV.12.a y IV.12.b muestran los valores obtenidos para la concentración de antocianinas de los productos untables a lo largo del almacenamiento expresados como mg de pelargonidina-3-glucósido/ 100 g de untable.

Tabla IV.12.a. Contenido en antocianinas de los productos untables formulados con la mezcla sacarosa-isomaltulosa (SI) a lo largo del almacenamiento expresado como mg de pelargonidina-3-glucósido/ 100 g de untable .

Productos SI	X ₁ % I	X ₂ % P	X ₃ % ÁC.	X ₄ TT	t= 0 días	t= 45 días	t= 90 días
S-1	37,5	2	0,75	15	9,8(0,2)	3,17(0,12)	3,06(0,12)
S-2	37,5	2	0,75	5	9,07(0,06)	2,7(0,2)	3,4(0,2)
S-3	25	1,5	1	10	11,3(0,5)	3,88(0,12)	4,2(0,3)
S-4	37,5	1	0,75	5	10,6(0,74)	3,1(0,2)	3,17(0,02)
S-5	25	1,5	0,5	0	11,07(0,2)	3,15(0,07)	3,7(0,4)
S-6	37,5	1	0,75	15	9,8(0,4)	2,607(0,114)	2,04(0,3)
S-7	12,5	1	0,75	15	10,5(0,2)	4,5(0,2)	4,1(0,4)
S-8	0	1,5	0,5	10	10(1)	5,0(0,2)	4,0(0,2)
S-9	25	0,5	0,5	10	12,50(0,09)	4,08(0,13)	3,5(0,3)
S-10	12,5	1	0,75	5	17,7(0,6)	4,55(0,15)	5,5(0,4)
S-11	25	1,5	0	10	14,7(0,3)	4,52(0,05)	5,1(0,5)
S-12	25	1,5	0,5	10	11,5(0,35)	3,7(0,2)	4,26(0,08)
S-13	12,5	1	0,25	15	11,470(0,103)	3,8583(0,2)	4,1(0,4)
S-14	25	1,5	0,5	10	14,04(0,05)	4,69(0,12)	4,9(0,3)
S-15	37,5	1	0,25	5	12,3(0,3)	3,3(0,2)	3,29(0,07)
S-16	12,5	1	0,25	5	13,5(0,5)	5,38(0,13)	5,5(0,2)
S-17	37,5	1	0,25	15	8(1)	2,71(0,04)	2,6597(0,0108)
S-18	12,5	2	0,25	5	10,5(0,3)	2,626(0,03)	2,60(0,13)
S-19	25	2,5	0,5	10	11,4(0,4)	4,08(0,07)	5,1(0,4)
S-20	12,5	2	0,75	15	9,5(0,6)	4,65(0,06)	5,5(0,2)
S-21	12,5	2	0,25	15	8,1(0,5)	2,7(0,2)	3,96(0,12)
S-22	12,5	2	0,75	5	10,2(0,62)	3,56(0,4)	4,3(0,3)
S-23	25	1,5	0,5	20	10,7(0,68)	3,6(0,2)	4,6(0,5)
S-24	37,5	2	0,25	15	10,5(0,5)	3,10(0,07)	3,4(0,5)
S-25	37,5	2	0,25	5	7,2(0,8)	1,86(0,04)	2,8(0,2)
S-26	50	1,5	0,5	10	6,3(0,2)	2,402(0,113)	3,8(0,2)

I: isomaltulosa; AC: Ácido cítrico; TT: duración del tratamiento térmico.

Tabla IV.12.b. Contenido en antocianinas de los productos untables formulados con la mezcla fructosa-isomaltulosa (FI) a lo largo del almacenamiento expresado como mg de pelargonidina-3-glucósido/ 100 g de untable.

Productos FI	X ₁ % I	X ₂ % P	X ₃ % ÁC.	X ₄ TT	t= 0 días	t= 45 días	t= 90 días
F-1	37,5	2	0,75	15	8,56 (0,08)	2,39 (0,08)	1,357 (0,106)
F-2	37,5	2	0,75	5	7,8 (0,2)	3,10 (0,09)	2,09 (0,09)
F-3	25	1,5	1	10	8,6 (0,4)	2,57 (0,07)	1,10 (0,07)
F-4	37,5	1	0,75	5	9,3 (0,2)	2,6 (0,2)	1,2 (0,2)
F-5	25	1,5	0,5	0	9,6 (0,2)	2,3 (0,12)	1,5 (0,3)
F-6	37,5	1	0,75	15	9,2 (0,3)	2,8 (0,2)	1,7 (0,2)
F-7	12,5	1	0,75	15	8,8 (0,2)	2,85 (0,14)	1,81 (0,14)
F-8	0	1,5	0,5	10	9 (1)	2,85 (0,09)	1,3 (0,2)
F-9	25	0,5	0,5	10	10,9 (0,2)	3,43 (0,09)	1,73 (0,07)
F-10	12,5	1	0,75	5	14,9 (0,6)	4,01 (0,09)	2,20 (0,12)
F-11	25	1,5	0	10	13,5 (0,2)	3,6 (0,2)	2,38 (0,08)
F-12	25	1,5	0,5	10	11,6 (0,2)	3,281 (0,009)	1,98 (0,13)
F-13	12,5	1	0,25	15	8,4 (0,2)	2,96 (0,09)	1,51 (0,09)
F-14	25	1,5	0,5	10	11,57 (0,14)	2,98 (0,07)	2,16 (0,13)
F-15	37,5	1	0,25	5	12 (1)	3,4 (0,2)	1,9 (0,2)
F-16	12,5	1	0,25	5	15,2 (0,5)	3,7 (0,2)	2,4 (0,2)
F-17	37,5	1	0,25	15	8,8 (0,3)	2,8 (0,5)	1,0 (0,2)
F-18	12,5	2	0,25	5	7,9 (0,8)	3,38 (0,6)	2,22 (0,13)
F-19	25	2,5	0,5	10	13 (2)	2,99 (0,14)	2,33 (0,02)
F-20	12,5	2	0,75	15	14,3 (0,8)	3,2 (0,2)	2,3 (0,2)
F-21	12,5	2	0,25	15	8,84 (0,8)	2,8 (0,2)	1,9 (0,2)
F-22	12,5	2	0,75	5	13,0 (0,3)	2,53 (0,08)	1,88 (0,05)
F-23	25	1,5	0,5	20	6,8 (0,3)	1,87 (0,12)	1,59 (0,12)
F-24	37,5	2	0,25	15	7,7 (0,37)	2,04 (0,02)	1,8 (0,3)
F-25	37,5	2	0,25	5	6,3 (0,4)	1,3 (0,2)	1,02 (0,14)
F-26	50	1,5	0,5	10	4,6 (0,4)	1,36 (0,03)	1,1 (0,2)

I: isomaltulosa; AC: Ácido cítrico; TT: duración del tratamiento térmico.

Con el fin de evitar que las diferencias observadas en la concentración inicial de los lotes enmascaren el efecto de las variables de proceso analizadas, el análisis estadístico de los resultados se ha realizado sustrayendo a cada dato de concentración de antocianinas el valor inicial del correspondiente lote (ecuación IV.7)

$$\Delta C_t = C_t - C_f \quad (IV.7)$$

donde:

ΔC_t : Diferencia de la concentración de antocianinas expresada como mg de pelargonidina-3-glucósido/100 g de fresa fresca.

C_f : Concentración de antocianinas en la fresa fresca expresada como mg de pelargonidina-3-glucósido/100 g de fresa fresca.

C_t : Concentración de antocianinas en el producto untable a tiempo t de almacenamiento (t= 24 h, 45 ó 90 días), expresada como mg de pelargonidina-3-glucósido/100 g de fresa fresca.

Las tablas IV.13 y IV.14 muestran el resumen del ANOVA realizado así como las ecuaciones de regresión obtenidas para los distintos tiempos de análisis (24h, 45 y 90 días). El análisis estadístico indicó que las variables del proceso influyen significativamente en la degradación de antocianinas en los productos formulados con sacarosa y que esta influencia se acentúa con el tiempo de almacenamiento. Sin embargo, en los productos elaborados con fructosa, únicamente se encontró influencia significativa de algunas variables de proceso en los untables después de 24 horas de su elaboración, mientras que ninguna variable afectó a la variación en el contenido en antocianinas después de 45 y 90 días de almacenamiento.

Tabla IV.13. Resumen del Análisis de Varianza realizado para el contenido en antocianinas de los untables de fresa a distintos tiempos de almacenamiento (0, 45 y 90 días)

Variables	0 días		45 días		90 días	
	Razón-F	Valor-P	Razón-F	Valor-P	Razón-F	Valor-P
Sacarosa-Isomaltulosa						
C_F	4,54	0,0002	4,06061	0,0005	2,77171	0,0106
% Iso	-	-	4,67	0,0453	4,96	0,0397
% Pectina	1,08	0,3105	5,90	0,0265	9,77	0,0062
% Cítrico	9,10	0,0066	10,48	0,0048	13,61	0,0018
TT	8,84	0,0073	0,20	0,6615	0,36	0,5556
% Iso x % Iso	-	-	7,90	0,0120	9,70	0,0063
TT x TT	-	-	4,42	0,0499	6,81	0,0183
% P x % AC	7,68	0,0114	4,70	0,0446	6,53	0,0205
TT x % P	-	-	8,36	0,0102	11,30	0,0037
Fructosa e Isomaltulosa						
C_F	4,39246	0,0002	6,13568	0,0000	4,78596	0,0001
% Iso	-	-	-	-	-	-
% Pectina	9,62	0,0050	-	-	-	-
% Cítrico	-	-	-	-	-	-
TT	7,10	0,0138	-	-	-	-

Tabla IV.14. Ecuaciones de regresión obtenidas mediante el análisis de superficie de respuesta realizado para el contenido en antocianinas de los untables de fresa a distintos tiempos de almacenamiento (0, 45 y 90 días)

tiempo		R ²
Sacarosa-Isomaltulosa		
0	$C_0-C_F = -7,80021 + 4,86933\% P + 40,6882\% AC - 0,526403*TT - 24,0424\% P*\% AC$	0,62
45	$C_{45}-C_F = -28,907 - 0,570627\% Iso - 0,395494*TT + 14,134\% P + 39,7856\% AC + 0,0143967\% Iso^2 + 0,0672826*TT^2 - 0,857245*TT*\% P - 22,85\% P*\% AC$	0,74
90	$C_{90}-C_0 = 35,533 - 0,547999\% Iso - 0,497001*TT + 16,9345\% P + 42,2295\% AC + 0,0148636\% Iso^2 + 0,0778148*TT^2 - 0,940417*TT*\% P - 24,7523\% P*\% AC$	0,78
Fructosa-Isomaltulosa		
0	$C_0-C_F = 9,29157 - 6,30331\% P - 0,541459*TT$	0,42
45	$C_{45}-C_F$	-
90	$C_{90}-C_F$	-

Estos resultados revelan de forma indirecta diferentes comportamientos de la matriz en función del azúcar que incluye (fructosa o sacarosa), debidos a las interacciones de los distintos azúcares con el resto de componentes del sistema, afectando de distinta manera a la preservación de antocianinas.

La figura IV.16 muestra los gráficos de superficie de la variación del contenido en antocianinas para los untables formulados con la mezcla sacarosa-isomaltulosa a los 90 días de almacenamiento.

En ellos se observa la variación del contenido en antocianinas en función de dos de las variables, manteniendo el resto de variables a nivel intermedio (nivel 0). Se observa como el % de ácido cítrico y de pectina fueron las variables que más influyeron en su conservación, de modo que para bajos niveles de tratamiento térmico (menor duración), los mayores niveles de pectina y de ácido cítrico minimizan la degradación de estos compuestos con independencia del % de isomaltulosa. Estos resultados son coherentes con los publicados por otros autores como Patras y *col.* (2009), quienes observaron una disminución del contenido en antocianinas en el procesado de puré de arándanos sometido a 70 °C durante 2 minutos. Del mismo modo, Wesche-Ebeling y Montgomery (1990), Kader y *col.* (1997), y Skrede y *col.* (2000) obtuvieron que la degradación de antocianinas durante el procesado de purés de bayas aumentaba como consecuencia de la oxidación indirecta de quinonas fenólicas generadas por la acción de las enzimas, de ahí el papel del ácido cítrico observado en la protección de las antocianinas en los untables de este trabajo. La menor degradación de las antocianinas en función del % de pectina podría explicarse como consecuencia de reacciones entre la pectina, el ácido cítrico y las antocianinas (Dervisi y *col.*, 2001) si se tiene en cuenta que a mayores niveles de pectina más densa es la red tridimensional del gel que se

forma, dando lugar a una matriz en la que la movilidad molecular disminuye, y en la que las reacciones de degradación se ven limitadas.

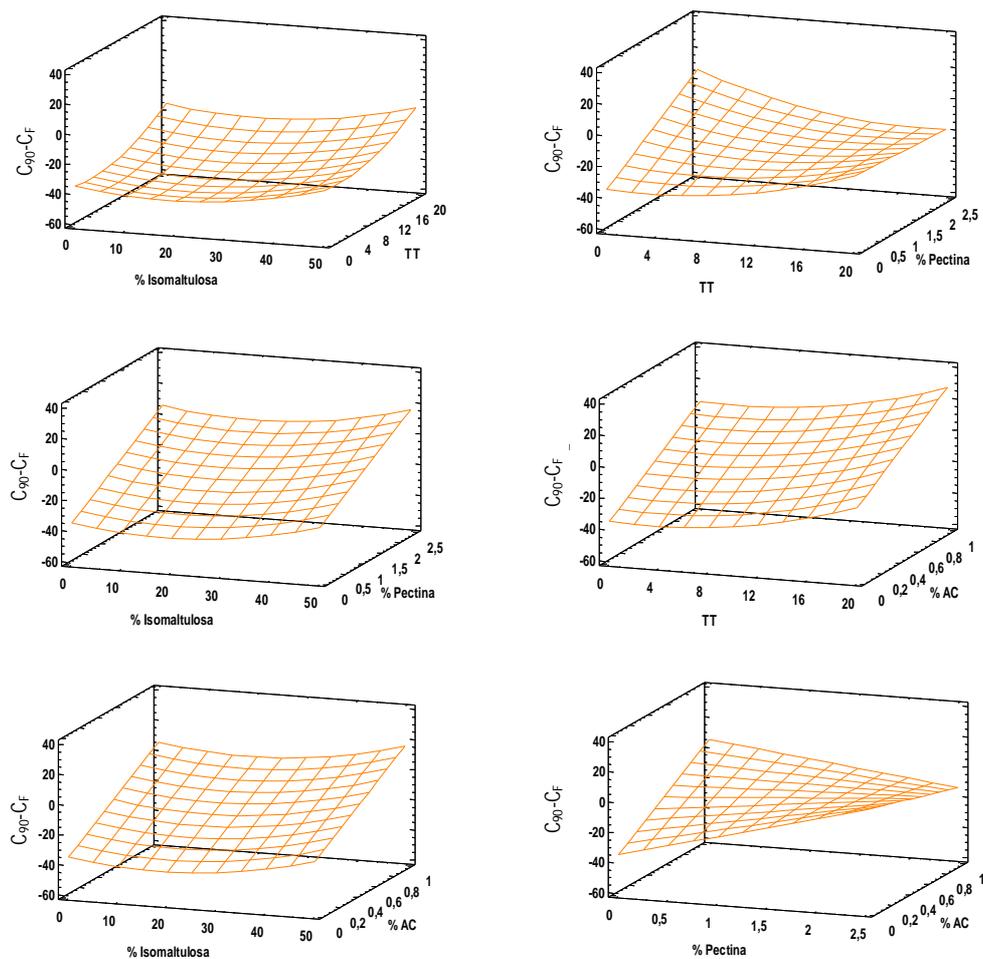


Figura IV.16. Gráficos de superficie para la variación de antocianinas ($C_{90}-C_F$) de los productos untables formulados con la mezcla sacarosa-isomaltulosa (SI) a los 90 días de almacenamiento en función de las distintas variables de proceso.

IV.3.2.2. Actividad antioxidante total

Las reacciones que tienen lugar entre los compuestos antioxidantes pueden ser aditivas y/o sinérgicas, y por ello la medida de la actividad antioxidante puede ofrecer una estimación global de la contribución a la misma de los distintos compuestos con actividad antioxidante (Liu, 2003, 2004).

Las tablas IV.15.a e IV.15.b muestran los valores obtenidos para el % de inhibición del DPPH. La actividad antioxidante de los productos recién elaborados presentó valores de orden muy similar a los de la fresa fresca, mientras que tanto a los 45 como a los 90 días de almacenamiento los valores de actividad antioxidante aumentaron (tabla IV.11).

Las tablas IV.3.16 y IV.3.17 muestran el resumen del ANOVA realizado para la capacidad antioxidante así como las ecuaciones de regresión obtenidas para los distintos tiempos de análisis (0, 45 y 90 días). Aunque como se ha comentado anteriormente, en el caso de la capacidad antioxidante, el análisis estadístico reveló diferencias significativas entre los lotes de partida (tabla IV.11), dichas diferencias no tuvieron un efecto significativo sobre la capacidad antioxidante de los productos untables a los distintos tiempos de almacenamiento (tabla IV.16).

Se observa como al principio del almacenamiento y a los 45 días, los productos mostraron diferencias en los valores de capacidad antioxidante en función de las variables de proceso. En el caso de los untables formulados con la mezcla sacarosa-isomaltulosa y al inicio del almacenamiento, fue el % de pectina la única variable que influyó en la capacidad antioxidante de los distintos productos de modo que a mayores % de pectina, mayores fueron los valores de capacidad antioxidante registrados.

Tabla IV.15.a. Valores del DPPH obtenidos para los productos untables formulados con la mezcla sacarosa-isomaltulosa (SI) a lo largo del almacenamiento expresado como % de inhibición del DPPH.

Productos SI	X ₁ % I	X ₂ % P	X ₃ % ÁC.	X ₄ TT	t= 0 días	t= 45 días	t= 90 días
S-1	37,5	2	0,75	15	21 (2)	93,57 (0,08)	93,7 (0,7)
S-2	37,5	2	0,75	5	13,3 (0,2)	92,75 (0,13)	90 (3)
S-3	25	1,5	1	10	19,0 (0,5)	92,7 (0,2)	92,8 (0,9)
S-4	37,5	1	0,75	5	20 (1)	92,9 (0,5)	93,652 (0,108)
S-5	25	1,5	0,5	0	14 (2)	93,2 (0,5)	96,8 (0,2)
S-6	37,5	1	0,75	15	15 (0,5)	94,0 (0,5)	97,1 (0,3)
S-7	12,5	1	0,75	15	11 (1)	93,2 (0,4)	95,6 (0,8)
S-8	0	1,5	0,5	10	12 (1)	93,6 (0,4)	96 (3)
S-9	25	0,5	0,5	10	13 (1)	94,6 (0,07)	96,6 (0,3)
S-10	12,5	1	0,75	5	13 (2)	93,64 (0,06)	96,8 (0,6)
S-11	25	1,5	0	10	16 (1)	94,0 (0,7)	93,6 (0,7)
S-12	25	1,5	0,5	10	16 (1)	94,7 (0,7)	92,7 (0,4)
S-13	12,5	1	0,25	15	12 (1)	94,2 (0,3)	93,1 (0,6)
S-14	25	1,5	0,5	10	16 (1)	94,1 (0,4)	93,1 (0,3)
S-15	37,5	1	0,25	5	11,9 (0,3)	94,6 (0,4)	93,3 (0,8)
S-16	12,5	1	0,25	5	15 (3)	94,2 (0,7)	92,9 (0,8)
S-17	37,5	1	0,25	15	10,51 (0,08)	94,8 (0,7)	92,8 (0,2)
S-18	12,5	2	0,25	5	25 (2)	94,7 (0,3)	91 (2)
S-19	25	2,5	0,5	10	29 (2)	93 (1)	93,82 (0,14)
S-20	12,5	2	0,75	15	38,5 (0,4)	94,1 (0,7)	93,2 (0,3)
S-21	12,5	2	0,25	15	12 (2)	93,8 (0,4)	93,6 (0,4)
S-22	12,5	2	0,75	5	14 (4)	93,3 (0,3)	93,0 (0,8)
S-23	25	1,5	0,5	20	10 (2)	93,4 (0,9)	93,9 (0,6)
S-24	37,5	2	0,25	15	14 (5)	93,9 (0,3)	93,1 (0,2)
S-25	37,5	2	0,25	5	14 (2)	93 (2)	93,6 (0,5)
S-26	50	1,5	0,5	10	15 (1)	94,3 (0,9)	93,7 (0,8)

I: isomaltulosa; AC: Ácido cítrico; TT: duración del tratamiento térmico.

Tabla IV.15.b. Valores del DPPH obtenidos para los productos untables formulados con la mezcla fructosa-isomaltulosa (FI) a lo largo del almacenamiento expresado como % de inhibición del DPPH.

Productos FI	X ₁ % I	X ₂ % P	X ₃ % Á.C.	X ₄ TT	t= 0 días	t= 45 días	t= 90 días
F-1	37,5	2	0,75	15	22,7 (0,3)	93,7 (0,6)	93,94 (0,4)
F-2	37,5	2	0,75	5	9,6 (0,4)	92,7 (0,5)	92,8 (0,5)
F-3	25	1,5	1	10	23 (2)	94,4 (0,5)	94,5 (0,4)
F-4	37,5	1	0,75	5	22 (5)	93,3 (0,3)	94,0 (0,4)
F-5	25	1,5	0,5	0	14 (1)	93,3 (0,8)	97,0 (0,2)
F-6	37,5	1	0,75	15	18 (4)	93,3 (0,5)	95 (1)
F-7	12,5	1	0,75	15	12,0 (0,3)	93,4 (0,7)	96,6 (0,2)
F-8	0	1,5	0,5	10	17 (2)	93,4 (0,4)	96,7 (0,4)
F-9	25	0,5	0,5	10	14 (3)	- -	97,0 (0,5)
F-10	12,5	1	0,75	5	6,0 (0,9)	- -	96,4 (0,8)
F-11	25	1,5	0	10	16 (2)	93,5 (0,5)	93,2 (0,7)
F-12	25	1,5	0,5	10	21 (1)	93,9 (0,2)	92,8 (0,6)
F-13	12,5	1	0,25	15	13 (1)	94,1 (0,8)	92,7 (0,4)
F-14	25	1,5	0,5	10	25 (3)	94,3 (0,2)	92,1 (0,2)
F-15	37,5	1	0,25	5	17,3 (0,9)	93,6 (0,3)	92,8 (0,4)
F-16	12,5	1	0,25	5	17 (4)	93,5 (0,3)	92,5 (0,7)
F-17	37,5	1	0,25	15	14 (2)	94,6 (0,6)	93,4 (0,7)
F-18	12,5	2	0,25	5	22,84 (0,06)	93,7 (0,5)	92,1 (0,3)
F-19	25	2,5	0,5	10	32 (1)	93,3 (0,8)	92,7 (0,9)
F-20	12,5	2	0,75	15	30 (2)	93,8 (0,7)	92,7 (0,9)
F-21	12,5	2	0,25	15	23, 7 (0,5)	93,8 (0,5)	93,8 (0,8)
F-22	12,5	2	0,75	5	31 (3)	93,3 (0,4)	92,6 (0,7)
F-23	25	1,5	0,5	20	11,7 (0,7)	93,6 (0,4)	94 (1)
F-24	37,5	2	0,25	15	29 (2)	89 (4)	93, 4 (0,4)
F-25	37,5	2	0,25	5	14,50 (0,13)	91 (3)	92,8 (0,5)
F-26	50	1,5	0,5	10	24,0 (0,2)	89 (5)	93,4 (0,9)

I: isomaltulosa; AC: Ácido cítrico; TT: duración del tratamiento térmico.

Tabla IV.16. Resumen del Análisis de Varianza realizado para la capacidad antioxidante de los untables de fresa a los distintos tiempos de almacenamiento (0, 45 y 90 días)

Variables	0 días		45 días		90 días	
	Razón-F	Valor-P	Razón-F	Valor-P	Razón-F	Valor-P
sacarosa-isomaltulosa						
% Iso	-	-	-	-	-	-
% Pectina	7,18	0,0131	4,56	0,0436	1,14	0,2963
%Cítrico	-	-	8,93	0,0066	6,33	0,0197
TT	-	-	-	-	-	-
% P x % AC	-	-	-	-	5,34	0,0307
fructosa e isomaltulosa						
% Iso	8,25	0,0094	14,22	0,0015	-	-
% Pectina	18,93	0,0003	0,48	0,4990	0,72	0,4041
%Cítrico	-	-	3,19	0,0920	6,57	0,0177
TT	6,03	0,0234	-	-	-	-
TT x TT	5,55	0,0287	-	-	-	-
% Iso x % Iso	-	-	17,90	0,0006	-	-
% Iso x % P	8,49	0,0086	5,15	0,0366	-	-
% P x % AC	-	-	4,89	0,0410	4,33	0,0493

TablaIV.17. Ecuaciones de regresión obtenidas mediante el análisis de superficie-respuesta realizado para la capacidad antioxidante de los untables de fresa a los distintos tiempos de almacenamiento (0, 45 y 90 días)

tiempo		R ²
sacarosa-isomaltulosa		
0	$DPPH_0 = 6,8685 + 6,15968 * \% P$	0,23
45	$DPPH_{45} = 95,1456 - 0,4764 * \% P - 1,33327 * \% AC$	0,37
90	$DPPH_{90} = 90,7594 + 1,62593 * \% P + 11,0064 * \% AC - 6,5009 * \% P * \% AC$	0,40
fructosa e isomaltulosa		
0	$DPPH_0 = -22,4111 + 0,838706 * \% Iso + 1,87445 * TT + 22,0703 * \% P - 0,54746 * \% Iso * \% P - 0,0870796 * TT^2$	0,63
45	$DPPH_{45} = 93,3285 + 0,280208 * \% Iso - 0,832382 * \% P - 4,76245 * \% AC - 0,0044002 * \% Iso^2 - 0,0766384 * \% Iso * \% P + 3,73532 * \% P * \% AC$	0,75
90	$DPPH_{90} = 91,0126 + 1,1658 * \% P + 10,1101 * \% AC - 5,27865 * \% P * \% AC$	0,43

En cambio, en el caso de los untables formulados con la mezcla fructosa-isomaltulosa fueron el % de isomaltulosa, de pectina y la duración del tratamiento térmico las variables con mayor influencia, si bien el % de pectina fue la variable con más peso sobre la misma. No obstante, independientemente del azúcar empleado en la formulación, los dos tipos de productos (Si o FI) evolucionaron de forma similar en el almacenamiento de modo que al final del mismo, el valor de capacidad antioxidante resultó estar condicionado por las mismas variables de proceso.

Las figuras IV.17 e IV.18 muestran los gráficos de superficie de la capacidad antioxidante expresada como % de inhibición del DPPH para los dos tipos de untables a los 90 días de almacenamiento. En ellos puede observarse como si bien en general, la mayor capacidad antioxidante está asociada a los mayores % de ácido cítrico, a % elevados de pectina los valores de % de inhibición de DPPH fueron mayores conforme disminuye el % de ácido cítrico. De modo que cuando el porcentaje de cítrico es bajo, se hace más patente el papel que el porcentaje de pectina, y por tanto la red tridimensional formada, podría ejercer en la retención y protección del producto frente a agentes oxidativos externos (luz, oxígeno, etc.) que darían como resultado una pérdida de su capacidad antioxidante.

Este aumento general de la capacidad antioxidante durante el almacenamiento podría explicarse si se tiene en cuenta la misma depende no sólo del contenido en antocianinas sino de otros compuestos con actividad antioxidante, principalmente compuestos fenólicos como los derivados del ácido elágico que pueden aumentar su capacidad antioxidante durante el almacenamiento.

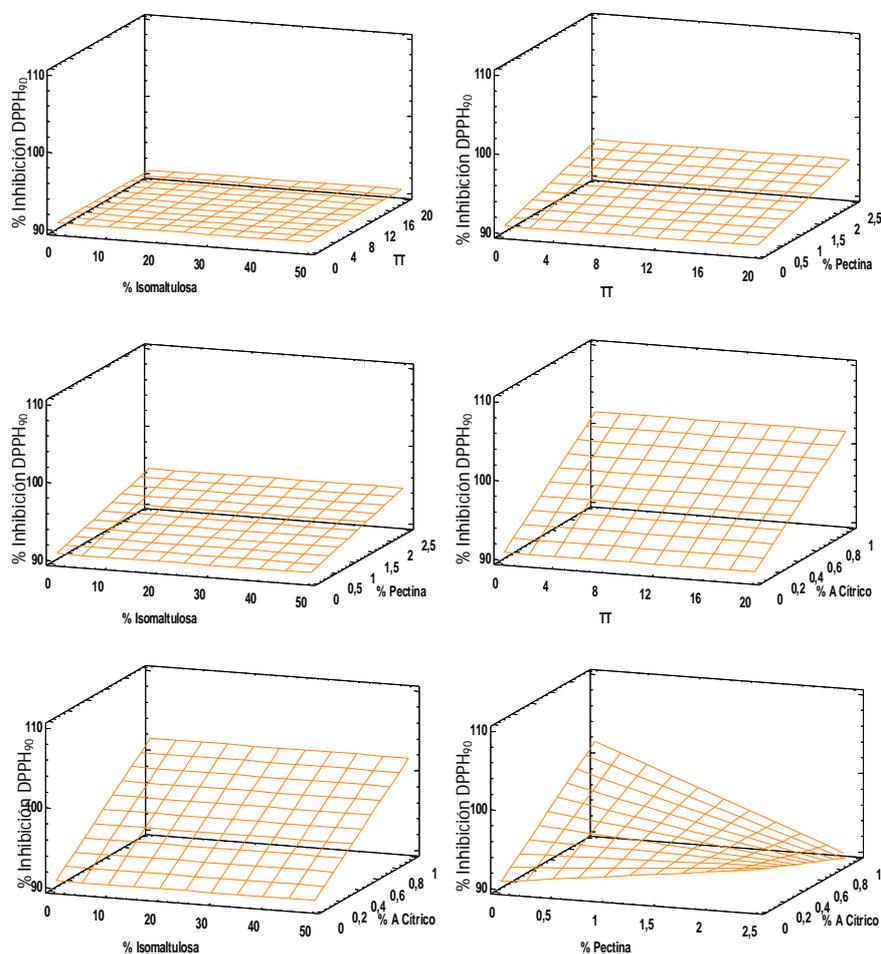


Figura IV.17. Gráficos de superficie para el % de inhibición del DPPH de los productos untables formulados con la mezcla sacarosa-isomaltulosa (SI) a los 90 días de almacenamiento en función de las distintas variables de proceso.

Esto coincide con lo obtenido en otros estudios en los que se registró una disminución de antocianinas y al mismo tiempo un aumento de la capacidad antioxidante durante el almacenamiento de mermeladas o purés de fresa a temperatura ambiente (Aaby y col., 2007a, 2007b; Kalt, 2005; García-Alonso y col., 2003; Mullen y col., 2002; Gil y col., 2000).

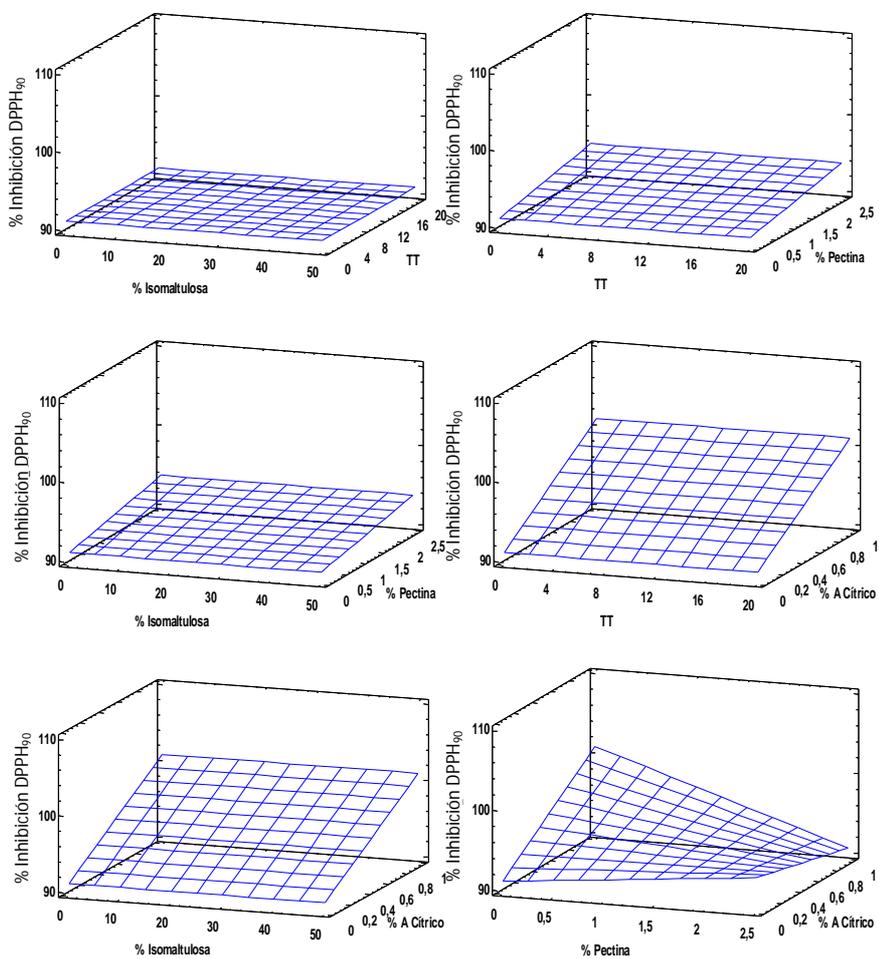


Figura IV.18. Gráficos de superficie para el % de inhibición del DPPH de los productos untables formulados con la mezcla fructosa-isomaltulosa (FI) a los 90 días de almacenamiento en función de las distintas variables de proceso.

IV.3.3. Análisis de las propiedades ópticas y mecánicas de los productos untables

IV.3.3.1. Propiedades ópticas

Una de las características más importante de calidad en la industria de elaboración de mermeladas de fresa es su atractivo color rojo, además del típico sabor ácido y dulce y una consistencia adecuada. La variedad y el grado de madurez de la fresa contribuyen en gran medida en el sabor y color de sus mermeladas (Redalen y Haffner, 2002; Sundfor Wegner, 2001).

Los valores de las coordenadas colorimétricas L^* , a^* y b^* obtenidos para los distintos productos untables se recogen en el anexo 3.3. Las figura IV.19.a y IV.19.b muestran la situación en los mapas cromáticos b^*a^* y L^*a^* de los diferentes untables formulados con las dos mezclas de azúcares (SI o FI) al 37, 5 % de isomaltulosa (nivel alto (1)) tras 0, 45 y 90 días de almacenamiento. Puesto que el % de isomaltulosa empleado en la formulación no resultó ser una variable que afectara, en general, significativamente los parámetros L^* , a^* y b^* (tabla IV.18), no se ha considerado de interés la representación gráfica en los planos cromáticos de los untables con niveles bajos de isomaltulosa, al presentar éstos similares características colorimétricas.

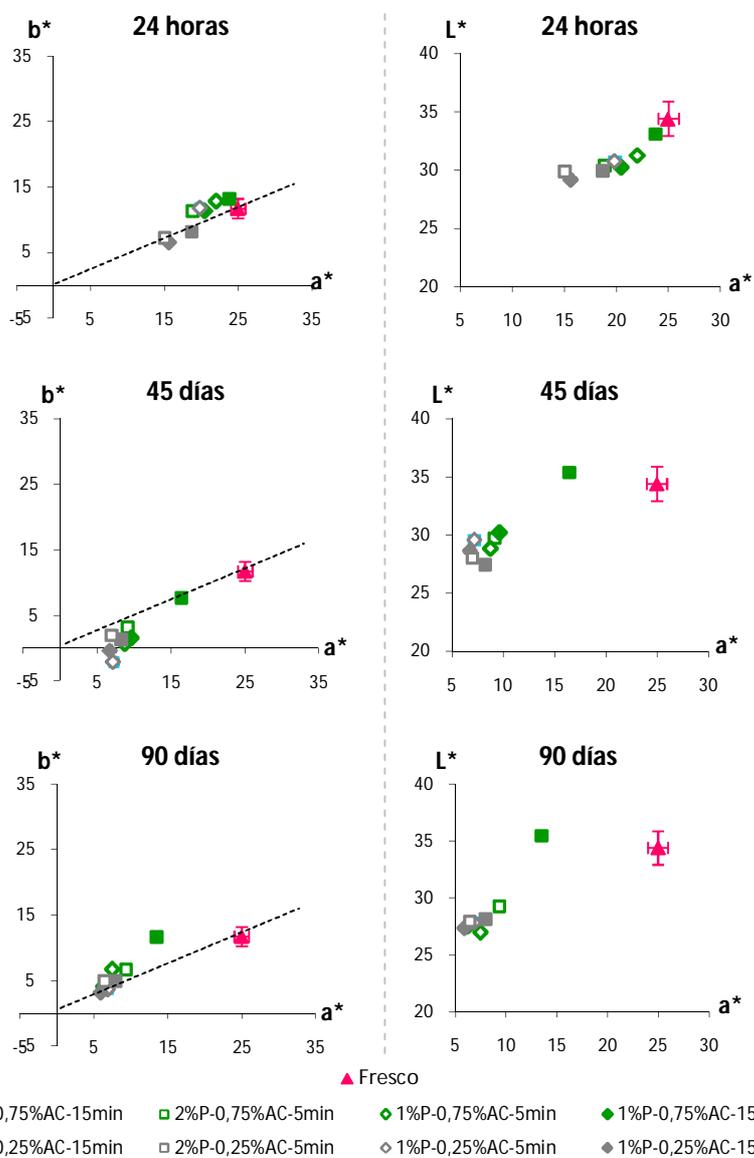
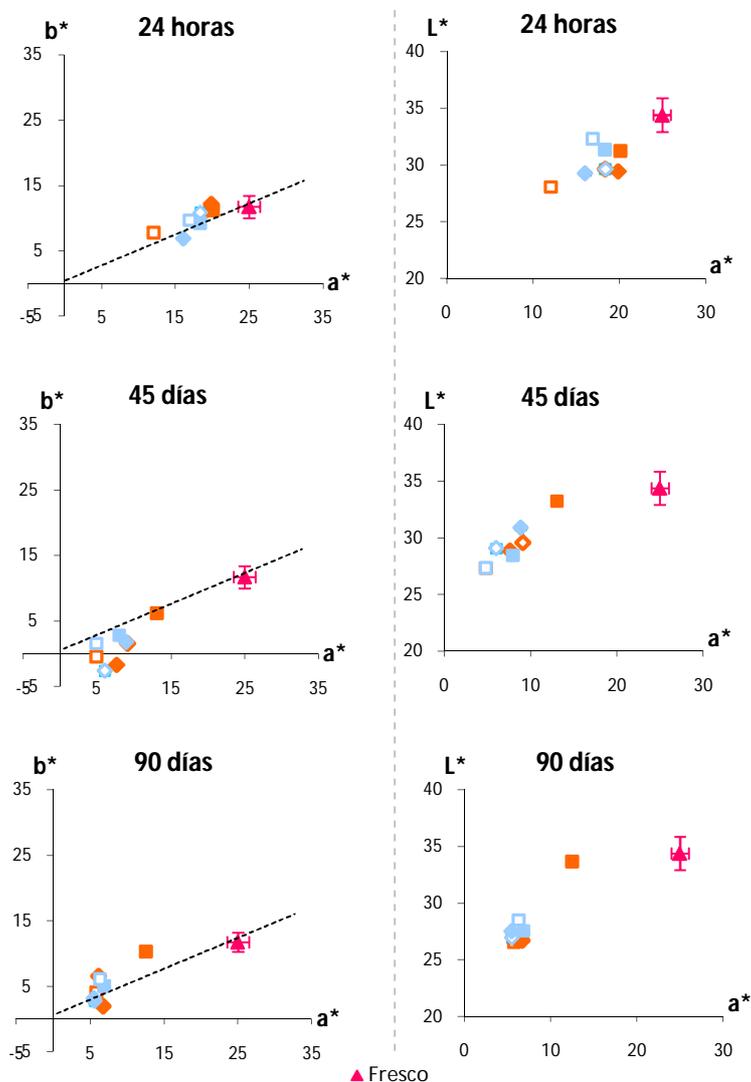


Figura IV.19.a. Situación de las muestras de fresco y de los productos untables formulados con la mezcla sacarosa: isomaltulosa (SI) con 37,5 % de Isomaltulosa (nivel alto (1)) en los planos cromáticos L^*a^* y b^*a^* . Los productos representados corresponden a formulaciones con un nivel alto y bajo de las variables de formulación: % de pectina (2 y 1,5 %), de ácido cítrico (0,75 y 0,25 %) y duración del tratamiento térmico (15 y 5 min).



■ 2%P-0,75%AC-15min
 □ 2%P-0,25%AC-5min
 ◆ 1%P-0,75%AC-5min
 ◆ 1%P-0,25%AC-15min
■ 2%P-0,25%AC-15min
 □ 2%P-0,25%AC-5min
 ◆ 1%P-0,25%AC-5min
 ◆ 1%P-0,25%AC-15min

Figura IV.19.b. Situación de las muestras de fresco y de los productos untables formulados con la mezcla fructosa: isomaltulosa (FI) con 37,5 % de Isomaltulosa (nivel alto (1)) en los planos cromáticos L^*a^* y b^*a^* . Los productos representados corresponden a formulaciones con un nivel alto y bajo de las variables de formulación: % de pectina (2 y 1,5 %), de ácido cítrico (0,75 y 0,25 %) y duración del tratamiento térmico (15 y 5 min).

En líneas generales, y del mismo modo que en el capítulo anterior, los productos untables presentaron valores de L^* , a^* y b^* inferiores a la fresa fresca con independencia de la mezcla de azúcares utilizada y de las variables de formulación. Es importante destacar la disminución progresiva de los valores de a^* y b^* , y por tanto del croma ($C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$) de los untables conforme transcurrió el tiempo de almacenamiento. Así mismo este fenómeno repercutió en una pérdida gradual del tono ($\arctg b^*/a^*$) si bien el producto recién elaborado presentó valores similares a los de la fresa fresca. También, la luminosidad resultó afectada por el tiempo de almacenamiento, con un oscurecimiento de las muestras (menores valores de L^*) debido en parte al aumento de la opacidad de la fase líquida debido a la elevada presencia de sólidos solubles con respecto a la fresa fresca.

La tabla IV.18 muestra el resumen del ANOVA realizado para los valores de las coordenadas colorimétricas a los distintos tiempos de análisis (0, 45 y 90 días). El análisis estadístico reveló que ninguna de las variables, o de sus interacciones, a excepción del porcentaje de pectina al cabo de 90 días de almacenamiento en el caso de los untables formulados con sacarosa-isomaltulosa, fue determinante en la diferenciación de la luminosidad (L^*) de los diferentes productos obtenidos. Sin embargo, se puede observar en los planos cromáticos para ambos tipos de untables SI y FI como la formulación con un 2 % de pectina, 0,75 % de ácido cítrico y 15 min de tratamiento térmico dio como resultado untables con un valor de luminosidad comparable al fresco siendo más evidente este fenómeno conforme avanzó el almacenamiento, es decir, a los 90 días.

Tabla IV.18. Resumen del análisis de varianza de las coordenadas colorimétricas (L*, a* y b*) de los untables a los distintos tiempos de almacenamiento (0, 45 y 90 días)

Variables	0 días		45 días		90 días	
	Razón-F	Valor-P	Razón-F	Valor-P	Razón-F	Valor-P
sacarosa-isomaltulosa						
L*						
% Iso	-	-	-	-	-	-
% Pectina	-	-	-	-	8,48	0,0076
% Cítrico	-	-	-	-	-	-
TT	-	-	-	-	-	-
a*						
% Iso	-	-	-	-	-	-
% Pectina	-	-	5,75	0,0254	12,88	0,0016
% Cítrico	-	-	13,22	0,0015	10,36	0,0038
TT	-	-	-	-	-	-
% P x % P	-	-	9,76	0,0049	-	-
b*						
% Iso	-	-	-	-	7,44	0,0124
% Pectina	-	-	24,44	0,0000	11,33	0,0028
% Cítrico	5,97	0,0223	-	-	5,44	0,0292
TT	-	-	-	-	-	-
fructosa-isomaltulosa						
L*						
% Iso	-	-	-	-	-	-
% Pectina	-	-	-	-	-	-
% Cítrico	-	-	-	-	-	-
TT	-	-	-	-	-	-
a*						
% Iso	-	-	-	-	-	-
% Pectina	0,03	0,8743	-	-	-	-
% Cítrico	2,70	0,1146	8,99	0,0064	-	-
TT	-	-	-	-	-	-
% P x % Cítrico	5,10	0,0341	-	-	-	-
b*						
% Iso	-	-	-	-	-	-
% Pectina	0,23	0,6327	11,88	0,0024	-	-
% Cítrico	4,50	0,0454	4,34	0,0495	-	-
TT	-	-	-	-	-	-
% P x % Cítrico	6,33	0,0196	-	-	-	-

En cuanto a las coordenadas a^* y b^* , tanto el porcentaje de pectina como de ácido cítrico presentaron un papel relevante. De forma concreta, en los untables formulados con la mezcla sacarosa-isomaltulosa, sólo el % de ácido cítrico tuvo un efecto significativo sobre la coordenada b^* a las 24 horas; mientras que a lo largo del almacenamiento, tanto el % de ácido cítrico como el % de pectina resultaron significativos en los valores de las coordenadas colorimétricas a^* y b^* . De modo que a mayores niveles de dichas variables, mayores fueron los valores de a^* y b^* . Tras 90 días de almacenamiento, el % de isomaltulosa también resultó estadísticamente significativo en la coordenada b^* de modo que a mayores porcentajes, mayor fue el valor del tono presentado por los untables. El efecto de los porcentaje de ácido cítrico y de pectina sobre a^* y b^* puede verse gráficamente en los gráficos de superficie de respuesta (figura IV.20). En ellos se observa como conforme aumentan los porcentajes de pectina y ácido cítrico mayores son los valores de a^* y b^* de los productos untables.

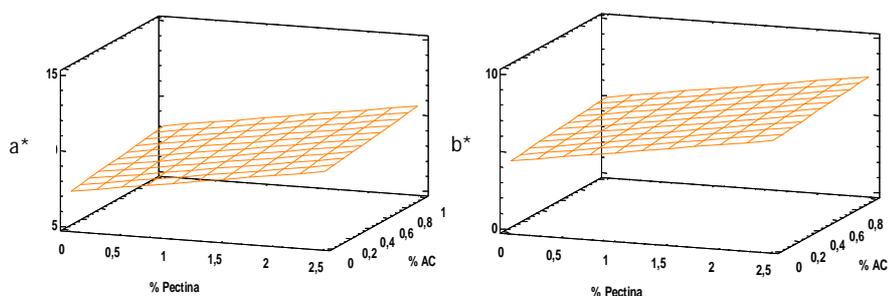


Figura IV.20. Gráficos de superficie de las coordenadas colorimétricas a^* y b^* de los untables formulados con la mezcla sacarosa-isomaltulosa (SI) a los 90 días de almacenamiento en función de los % de pectina y ácido cítrico.

Tal y como se ha mencionado anteriormente, el porcentaje de pectina y de ácido cítrico fueron los parámetros que marcaron diferencias

estadísticamente significativas entre los valores de a^* y b^* a lo largo del almacenamiento también en los untables con fructosa-isomaltulosa, si bien su efecto desapareció al final del mismo dando lugar a productos más oscuros pero con una mayor homogeneidad entre ellos.

Esta disminución general de las coordenadas de color respecto de la fresa fresca se debe en parte a la degradación de los pigmentos ocasionada por la desestructuración de la fruta, formulación del producto y el almacenamiento. En el caso de los untables de fresa la influencia del tipo de azúcar y del tiempo de almacenamiento en el color, se ve afectada además por las interacciones entre la pectina y los pigmentos. De hecho, Dervisi y *col.* (2001) observaron que el color de mermeladas de fresa con diferentes % de pectina y almacenadas a 20 °C se vio afectado por ambos factores. Del mismo modo, Withy y *col.* (1993) afirmaron que la estabilidad del color rojo dependía de diversos factores como la temperatura, pH, oxígeno, contenido en azúcares, ácido ascórbico y metales.

Como se ha comentado anteriormente, el color rojo de las fresas se debe fundamentalmente a la presencia de antocianinas (Francis, 1985). El color final más o menos rojizo de los productos procesados de fresa, depende de sus pigmentos naturales así como de los compuestos formados como consecuencia de la degradación de los mismos. Durante el procesado, estos pigmentos pueden ser hidrolizados y degradados a carbohidratos y antocianidinas, siendo estas últimas especialmente inestables en su exposición a la luz y más susceptibles de experimentar reacciones de pardeamiento (Herrmann, 1972).

Por último, y a pesar de que estos cambios en el color en las conservas de fresa no pueden atribuirse únicamente a la degradación las antocianidinas, habiendo otros compuestos que también experimentan reacciones de pardeamiento, contribuyendo a la degradación del color (Abers y Wrolstad,

1979), se intentó establecer una correlación entre el contenido en antocianinas de las muestras y las coordenadas CIEL*a*b* tal y como otros autores han realizado previamente en mermelada de fresa (Watanabe y col., 2011; Wicklund y col., 2005; García-Viguera y col., 1999b; O'Beirne y Kelly, 1985; Abers y Wrolstad, 1979). La mejor correlación obtenida (ecuación IV.8) se obtuvo planteando la predicción del contenido en antocianinas en función de las coordenadas a*, b* y L* (a* r=0,81 p=0,000; b* r=0,66 p=0,000; L* r=0,19 p=0,0212) además del contenido de ácido cítrico, al tener éste un efecto significativo (p=0,003).

$$CA = 4,015 - 0,217 \cdot L^* + 2,705 \cdot a^* - 0,125 \cdot b^* - 0,063 \cdot L^* \cdot a^* - 2,048 \cdot \% AC \quad (IV.8)$$

(r²=0,83; p = 0,0000)

donde,

CA: contenido en antocianinas expresado en mg / 100 g de untable.

% AC: % de ácido cítrico de los diferentes untables en función del diseño experimental.

IV.3.3.2. Propiedades mecánicas

Los valores de consistencia y adhesividad obtenidos para los distintos productos untables se recogen en las el anexo 3.4. Puesto que ambos parámetros siguieron la misma tendencia, la figura IV.3.21 muestra, a modo de ejemplo, los valores de consistencia de los untables formulados con las dos mezclas de azúcares (SI o FI) al 37,5 % de isomaltulosa (nivel alto (1)) tras 0, 45 y 90 días de almacenamiento.

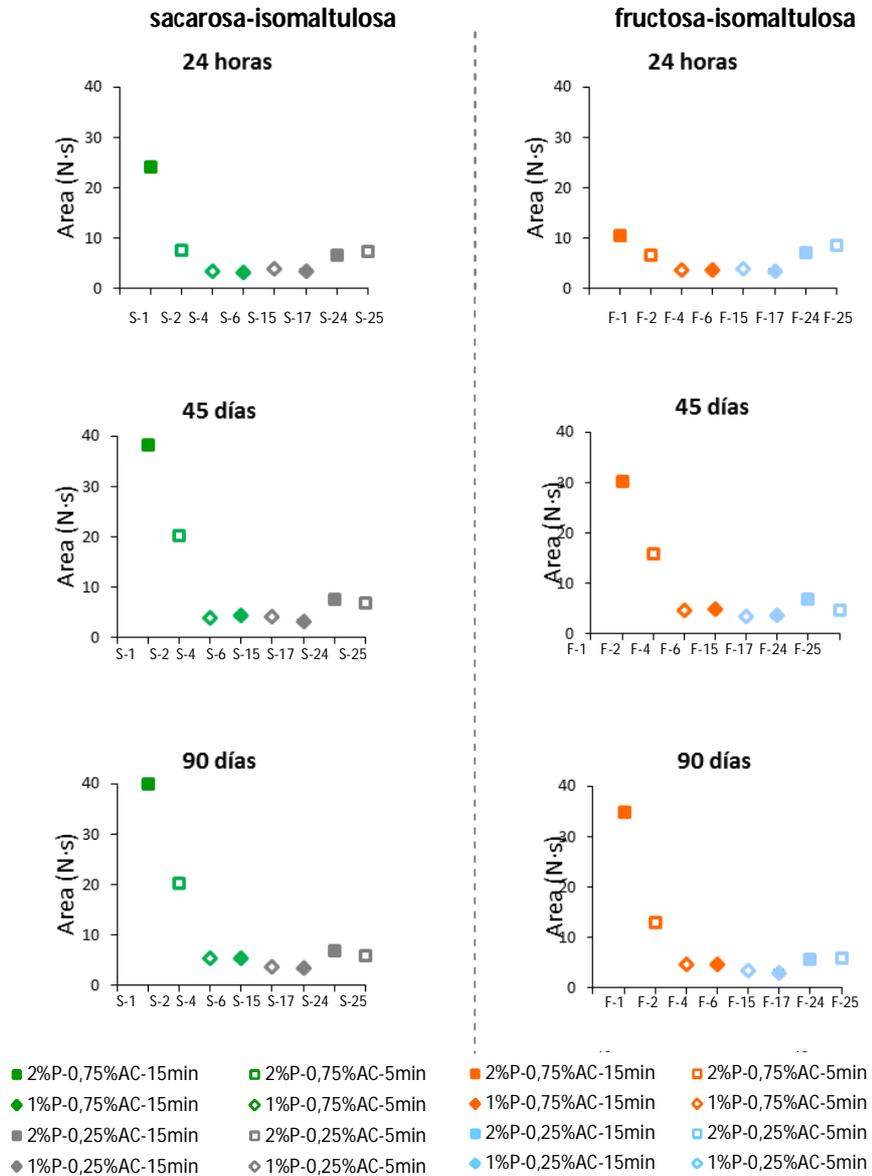


Figura IV.21. Valores de consistencia (A_{1-2}) (N.s) de los untables de fresa con 37,5 % de Isomaltulosa (nivel alto (1)). Los productos representados corresponden a formulaciones con un nivel alto y bajo de las variables de formulación: % de pectina (2 y 1,5 %), de ácido cítrico (0,75 y 0,25 %) y duración del tratamiento térmico (15 y 5 min).

Puesto que el % de isomaltulosa empleado en la formulación no resultó ser una variable que afectara significativamente, en general, los parámetros de consistencia y adhesividad (tabla IV.19), no se ha considerado de interés la representación gráfica de los valores correspondientes a los untables con niveles bajos de isomaltulosa.

Del mismo modo que en el apartado anterior IV.2 de resultados, y como cabía esperar, los valores de consistencia y adhesividad de los untables de fresa a las 24 horas de su formulación, aumentaron conforme lo hizo el % de pectina utilizado, siendo estadísticamente significativas las diferencias encontradas entre los porcentajes de pectina utilizados.

En cuanto al almacenamiento, es importante destacar el aumento progresivo de ambos parámetros conforme transcurrió el mismo, si bien las diferencias en las propiedades mecánicas entre 45 y 90 días fueron poco notables, a excepción de los untables formulados con 2 % de pectina, 0,75 % de ácido cítrico y en especial para aquellos a los que se les aplicó 15 minutos de tratamiento térmico. Este hecho confirma que la presencia de ácidos refuerza los enlaces de la red peptídica, así como la aplicación de temperatura. Sin embargo por encima de un valor óptimo de acidez, la elasticidad del gel así como su estructura, puede verse afectada negativamente debido a la descomposición de las pectinas por hidrólisis (Díaz, 2003).

Tabla IV. 19. Resumen del análisis de varianza de los valores de consistencia ($A_{1,2}$) y adhesividad ($A_{2,3}$) (N-s) de los untables de fresa a los distintos tiempos de almacenamiento (0, 45 y 90 días).

Variables	0 días		45 días		90 días	
	Razón-F	Valor-P	Razón-F	Valor-P	Razón-F	Valor-P
sacarosa-isomaltulosa						
Consistencia						
% Iso	-	-	-	-	-	-
% Pectina	21,13	0,0001	47,20	0,0000	50,56	0,0000
%Cítrico	-	-	13,27	0,0015	15,20	0,0008
TT	-	-	-	-	-	-
% P x % P	-	-	5,61	0,0275	8,59	0,0080
% P x % AC	-	-	11,71	0,0026	10,05	0,0046
Adhesividad						
% Iso	-	-	-	-	-	-
% Pectina	180,17	0,0000	60,24	0,0000	66,59	0,0000
%Cítrico	-	-	6,19	0,0209	7,35	0,0131
TT	-	-	-	-	-	-
% P x % P	5,21	0,0320	-	-	8,33	0,0088
% P x % AC	-	-	5,98	0,0230	5,22	0,0328
fructosa-isomaltulosa						
Consistencia						
% Iso	-	-	-	-	-	-
% Pectina	117,14	0,0000	27,49	0,0000	14,68	0,0009
%Cítrico	-	-	9,56	0,0053	5,68	0,0262
TT	-	-	-	-	-	-
% P x % P	6,62	0,0170	-	-	-	-
% P x % AC	-	-	9,66	0,0051	5,02	0,0355
Adhesividad						
% Iso	-	-	-	-	-	-
% Pectina	180,17	0,0000	53,89	0,0000	33,78	0,0000
%Cítrico	-	-	9,85	0,0048	5,69	0,0261
TT	-	-	-	-	-	-
% P x % P	5,21	0,0320	-	-	-	-
% P x % AC	-	-	9,33	0,0058	4,58	0,0437

Cabe destacar que durante el almacenamiento el efecto del % de ácido cítrico sobre los valores de consistencia y adhesividad se hizo más notable (tabla IV.19). De modo que, a mayores % de pectina y ácido cítrico utilizados, mayores fueron los valores obtenidos (Anexo VII.7).

Los gráficos de superficie de respuesta de la interacción pectina-ácido cítrico de consistencia y adhesividad a los 90 días de almacenamiento (figura IV.22) ilustran la repercusión del empleo de un elevado porcentaje de pectina y ácido cítrico sobre la adhesividad y consistencia del producto, y permitirían seleccionar las cantidades óptimas de cada uno de ellos, con objeto de obtener una textura determinada.

Finalmente puede verse como a mayores porcentajes de pectina, se hace más notable el efecto de los distintos azúcares, observándose mayores valores de consistencia para los productos formulados con la mezcla sacarosa: isomaltulosa. Estos valores coinciden con los presentados en el apartado IV.2 de Resultados para los untables de fresa de 50 °Brix obtenidos mediante distintos métodos de deshidratación, donde se observó que las diferencias de textura debidas a los diferentes azúcares utilizados se acentuaban a medida que aumentaba el porcentaje de pectina, revelando diferencias en las interacciones azúcar-pectina (Dervisi y col., 2001).

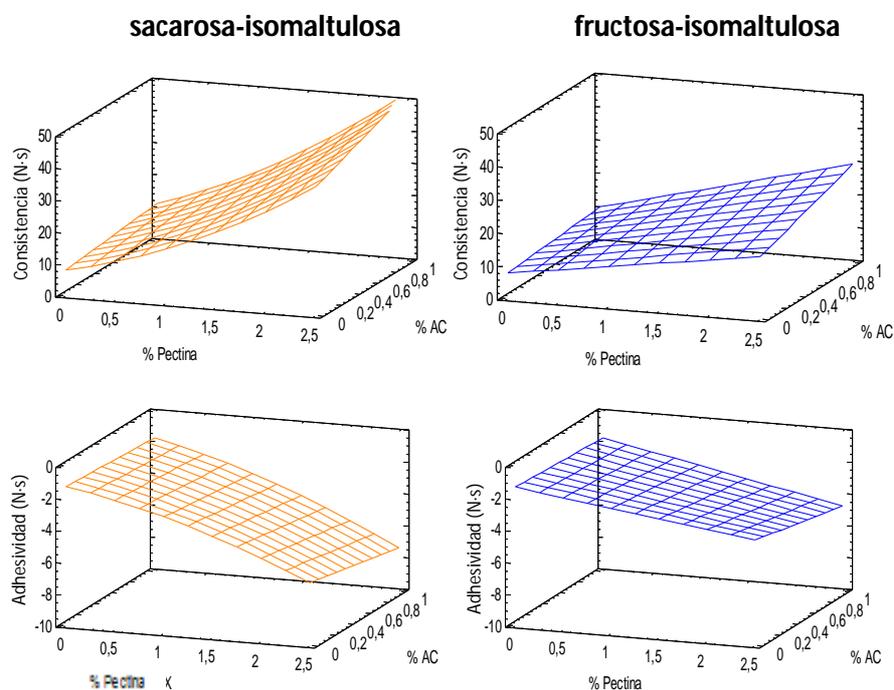


Figura IV.22. Gráficos de superficie para los valores de consistencia (área positiva de la curva fuerza vs. tiempo) y adhesividad (área negativa de la curva fuerza vs. tiempo) (N·s) de los productos untables a los 90 días de almacenamiento en función del porcentaje de pectina y ácido cítrico.

IV.3.4. Análisis del perfil aromático de los productos untables

Para poder analizar la evolución del perfil aromático de los untables de fresa y su relación con las variables de proceso, se realizó en primer lugar una identificación de los compuestos aromáticos de la materia prima. En la tabla IV.20, se recogen los 29 compuestos identificados y la tabla IV.21 muestra los valores de concentración de dichos compuestos y que constituyen el perfil aromático de la fresa fresca.

Tabla IV.20: Índices de retención (IR) calculados para los diferentes compuestos volátiles identificados en fresa fresca.

Compuestos	IR calculados	IR Bibliográficos	Sinónimos	Olor característico
<u>Ésteres</u>				
Etil acetato	904	885 (1) / 898 (2)	Etil etanoato/ Etil éster	Caramelo, Dulce, Afrutado, Naranja
Isopropil acetato	911	904 / (3)	Ácido acético metil éster	-
Metil propanoato	926	872 (5) / 896 (4)	Ácido propiónico metil éster Metil propilato	Ron / Afrutado
Etil propanoato	972	950 (1) / 955 (6)	Etil propionato	Afrutado / Disolvente / Acetona
Metil butirato	1005	967 (4) / 980 (6)	Etil n-propanoato Ácido butanoico metil éster	Afrutado / Dulce / Verde
Etil butirato	1054	1047 (7) / 1057 (8)	Ácido butanoico etil éster	Afrutado, Plátano, Fresa, Caramelo, Piña, Acetona, Caramelo
Butil acetato	1093	1059 (4) / 1105 (7)	Ácido acético n-butil éster	Amargo, Verde, Dulce, A fruta, Plátano, Pera, nota de Piña
Metil hexanoato	1205	1177 (4)	Ácido hexanoico metil éster	A fruta, Acetona
Butil butirato	1217	-	Ácido butanoico butil éster Ácido hexanoico etil éster	Fresco, Dulce, A fruta
Etil hexanoato	1226	1224 (9) / 1229 (1)	Ácido acético butil etil éster	A fruta, De fresa, Anís, Caramelo
Hexil acetato	1248	1250 (10) / 1244 (11)	Ácido acético hexil éster Hexil etanoato	A fruta, Picante, Dulce, Ácido, Cítrico, Verde, Hierbas
3-Hexen-1-ol, acetato	1266	1308 (11) / 1310 (4)	3-Hexen-1-il acetato	Caramelo, Verde, Fruta ácida
2-Hexen-1-ol, acetato	1277	1323 (11) / 1325 (12)	2-Hexen-1-il acetato	-
Hexil butirato	1432	1406 (11) (12)	Hexil butanoato	Afrutado
Octil acetato	1494	1478 (11) / 1461 (6)	Ácido acético octil éster Octil etanoato	Ceroso, Floral, Manzana
Butil octanoato	1634	-	Ácido octanoico butil éster	A fruta, Verde, Aceitoso, Floral
<u>Alcoholes</u>				
Propan-2-ol	943	917 (13) / 884 (4)	Isopropanol 2-Propanol	Etéreo, Alcohólico
Etanol	953	925 (14) / 929 (15)	Etil alcohol	Acre, Dulce
1-Butanol	1169	1138 (1)	Butanol	A fruta, Medicinal, A queso
1-Penten-3-ol	1182	1139 (14)	Etil vinil carbinol	Acre, Mantequilla, Lechoso
3-Metil-1-butanol	1210	1206 (1) / 1230 (16)	Isopentil alcohol	Acre, Balsámico, Alcohol, A fruta, Cebolla Madura, Amargo, Áspero
1-Pentanol	1236	1232 (14) / 1244 (17)	Pentan-1-ol	A fruta, Verde, Dulce, Acre
1-Hexanol	1286	1316 (4) / 1325 (15)	Hexan-1-ol	Hierba seca, A fruta, Dulce, Verde,
3-Hexen-1-ol	1302	1334 (6) / 1356 (11)	Hex-3-en-1-ol	Hierba, A fruta, Dulce, Verde,
2-Hexen-1-ol	1425	1390 (18) / 1400 (11)	Hex-2-en-1-ol	Hierba, A fruta, Dulce, Verde,
Linalol	1564	1565 (16) / 1570 (7)	3,7-dimethylocta-1,6-dien-3-ol 2,6-Dimethyl-2,7-octadien-6-ol	Moscatel, Caramelo, Verde, Floral, Limón, Perejil, Lavanda, A fruta
<u>Aldehidos</u>				
Hexanal	1106	1084 (6) / 1093 (19)	Hexanaldehido	Verde, A fruta, Bellota, A pescado, Hierba
2-Hexenal	1224	1209 (16) / 1222 (6)	-	Manzana, A fruta, Fresa, Cereza, Verde, Almendra, Hierba
<u>Cetonas</u>				
1-Penten-3-ona	1042	991 (20)	Pentenona Etil vinil cetona	Acre, Pescado, Putrefacto, A fruta, Plástico

(1) Lee y Nobel, 2003; (2) Choi, 2003; (3) Bianchi y col., 2007; (4) Suarez y Duque, 1991; (5) Sanz y col., 2001; (6) Nishimura y col., 1989; (7) Cullere y col., 2004; (8) Valim y col., 2003; (9) Quian, 2003; (10) Mihara y col., 1990; (11) Ruther, 2000; (12) Mihara y col., 1987; (13) Binder, 1990; (14) Kawakami y col., 1993; (15) Chung y col., 1993; (16) Ferreira y col., 2001; (17) Umano y col., 2002; (18) Berry y Gramshaw, 1988; (19) Hognadottir y Rouseff, 2003; (20) Kawakami y Kobayashi, 1991. Citados en Kondjoyan y Berdagué (1996) y www.pherobase.com.

Tabla IV.21. Perfil aromático de fresa expresado como C_F: µg compuesto volátil /100 g de fresa (n=3).

Compuestos	LOTES													
	A	B	C	D	E	G	G	H	I	J	K	L	M	N
Esteres														
Etil acetato	229 (-)	72 (60)	228 (86)	376 (-)	368 (117)	57 (45)	47 (13)	28 (1)	28 (1)	28 (5)	29 (5)	103 (-)	29 (7)	23,39 (-)
Isopropil acetato	0	0	0	0	0	20 (16)	10 (3)	10 (1)	10 (1)	12 (4)	7 (1)	8 (2)	6 (1)	3,64 (-)
Metil propanoato	2,2 (-)	0,105 (-)	2,52 (-)	3 (1)	4,9 (0,9)	13 (8)	6 (2)	6,64 (0,14)	6,64 (0,14)	10 (1)	5,9 (0,6)	6,42 (-)	6 (1)	3,86 (-)
Etil propanoato	5 (1)	1,15 (-)	5,64 (-)	10,82 (-)	2,3 (0,5)	2,71 (-)	0,75 (0,13)	0,45 (-)	0,45 (-)	1,6 (0,6)	0,9 (0,2)	1,48 (-)	1,4 (0,6)	1,54 (-)
Metil butirato	8,8 (-)	183 (13)	128 (88)	281 (-)	113 (22)	201 (170)	137 (40)	105 (6)	105 (6)	152 (48)	94 (8)	81 (-)	73 (1)	58 (-)
Etil butirato	87 (-)	210 (44)	54 (18)	219 (-)	44 (5)	49 (31)	30 (6)	29 (3)	29 (3)	45 (20)	37 (6)	88 (-)	35 (13)	33 (-)
Butil acetato	1,8 (-)	12 (5)	6,3 (2,4)	11,04 (-)	12 (5)	7 (4)	14 (3)	9 (1)	9 (1)	9,2 (4)	9 (2)	19 (-)	9 (1)	9 (-)
Metil hexanoato	24 (-)	37 (15)	13 (7)	41,64 (-)	6,7 (0,3)	18 (9)	18 (2)	18 (5)	18 (5)	47 (24)	18 (5)	13 (-)	22 (4)	20 (-)
Butil hexanoato	3,45 (-)	0	0	0	0	4,4 (-)	9 (1)	5 (1)	5 (1)	10 (8)	1,5 (0,6)	6,51 (-)	1,41 (0,06)	1,08 (-)
Etil hexanoato	0,80 (-)	18 (7)	14 (8)	62,40 (-)	11,0 (0,2)	5,79 (-)	21 (-)	41 (13)	41 (13)	0	0	0	0	0
Metil acetato	1,32 (-)	1,6 (0,6)	28 (13)	48 (-)	19,1 (0,5)	40 (18)	16 (1)	16,2 (0,3)	37 (8)	42 (23)	27 (7)	27 (-)	26,2 (0,2)	23 (-)
2-Hexen-1-ol, acetato	26 (-)	0	0	0	0	0,9 (0,2)	0,9 (0,2)	0,9 (0,2)	0,9 (0,2)	4,1 (0,8)	0,6 (0,2)	0,87 (-)	0,94 (0,15)	0,92 (-)
2-Hexen-1-ol, acetato	0,51 (-)	0,47 (-)	60 (20)	73 (-)	20 (2)	70 (33)	33 (1)	84 (4)	84 (4)	88 (46)	55 (13)	58 (-)	57 (8)	50 (-)
Hexil butirato	3,44 (-)	13 (6)	3 (1)	12,02 (-)	1,08 (-)	6 (3)	5,9 (0,3)	3,18 (0,09)	3,18 (0,09)	8 (4)	2,4 (0,5)	2,58 (-)	2,4 (0,5)	1,98 (-)
Ocil acetato	1,87 (-)	0	0	0	0	5,341 (0,006)	8,4 (0,6)	6,9 (0,5)	6,9 (0,5)	14 (7)	5 (1)	11,67 (-)	7 (2)	6,90 (-)
Butil octanoato	0	3,46 (-)	4 (2)	4,23 (-)	4 (0,5)	0	14 (1)	6,57 (0,13)	6,57 (0,13)	10,12 (0,12)	5 (1)	10 (-)	5,766 (0,003)	4,95 (-)
Alcoholes														
Propan-2-ol	0	0	0	0	0	0	1,4 (0,2)	2,02 (0,05)	2,02 (0,05)	1,030 (0,112)	0,9 (0,2)	1,3 (0,4)	1,40 (0,02)	0,873 (-)
Etanol	2,6 (-)	43 (4)	45 (4)	48 (-)	85 (17)	36 (-)	1,9 (0,4)	5,0 (0,2)	5,0 (0,2)	4,61 (1,4)	3,4 (0,3)	2,34 (-)	4,1 (0,4)	2,09 (-)
1-Butanol	4,42 (-)	5,1 (0,5)	4 (2)	82,56 (-)	2,5 (0,4)	6 (3)	0,8 (0,6)	2,35 (-)	0,82 (-)	0,79 (-)	0,07 (0,02)	1,741 (-)	1,51 (0,07)	1,28 (-)
1-Penten-3-ol	4,60 (-)	4,12 (0,02)	2,4 (1,3)	2,42 (-)	2,9 (0,2)	3,5 (0,5)	2,001 (0,012)	2,6 (0,5)	5,3 (0,3)	4 (2)	2,3 (0,1)	0,072 (-)	2,9 (0,3)	3,02 (-)
3-Metil-2-butanol	39 (-)	72 (1)	80 (35)	12,37 (-)	19,89 (0,12)	25,3 (-)	45 (30)	45 (30)	45 (30)	0	0	0	0	0
1-Hexanol	5,43 (-)	9,00 (0,09)	3 (1)	2,62 (-)	2,551 (0,103)	5 (3)	0,88 (0,04)	1,5 (0,2)	2,3 (0,4)	1,4 (0,2)	0,095 (-)	0	0	0
1-Hexanol	111 (-)	149 (13)	81 (32)	130 (-)	100 (3)	12 (2)	12 (1)	38 (1)	14 (1)	26 (16)	23 (12)	23 (12)	23 (12)	0
3-Hexen-1-ol	1,40 (-)	1,62 (-)	1,7 (0,9)	1,6 (0,2)	1,6 (0,2)	0	1,83 (0,12)	2,3 (0,7)	3,6 (0,5)	5 (3)	1,8 (0,4)	1,76 (-)	2,38 (0,09)	3 (-)
2-Hexen-1-ol	2,75 (-)	2,87 (-)	7,7 (-)	19 (-)	6,8 (0,9)	14 (3)	14 (1)	19 (1)	19 (1)	28 (14)	14 (2)	9,75 (-)	17 (1)	20 (-)
Linalol	4,68 (-)	10,0 (0,7)	2 (1)	8,08 (-)	2,8 (0,5)	1,8 (0,3)	3,0 (0,2)	5 (1)	4,7 (0,4)	10 (6)	4 (1)	5,75 (-)	4,7 (0,2)	5,04 (-)
Aldehídos														
Hexanal	20 (-)	25 (3)	3 (2)	9,77 (-)	2,84 (0,06)	56 (39)	50 (7)	44 (1)	44 (1)	51 (17)	35 (-)	28 (-)	20 (8)	19 (-)
2-Hexenal	35 (-)	14 (5)	24 (14)	24 (14)	0	43 (27)	40 (1)	40 (3)	52 (1)	64 (32)	31 (4)	42 (-)	31 (2)	30 (-)
Cetonas														
1-Penten-3-ona	13 (-)	12 (4)	9 (5)	9 (5)	3,54 (-)	9 (5)	3 (1)	5,5 (0,2)	1,13 (0,04)	2,6 (0,3)	1,7 (0,7)	0,728 (-)	1,0 (0,2)	2,37 (-)

Puede verse como la mayor parte de los compuestos aromáticos identificados se clasifican en los siguientes grupos químicos: ésteres, alcoholes, aldehídos y cetonas.

Entre las diferentes familias de compuestos identificados en la fresa, los ésteres son los compuestos mayoritarios, y entre ellos cabe resaltar el Etil acetato, ya que representa más de la mitad de la concentración de todos los ésteres identificados, lo que coincide con los resultados obtenidos por otros autores como Schieberle y Hofmann, (1997), y Lesschaeve y *col.*, (1991), quienes resaltaron la contribución de este grupo, y en especial el Etil acetato, a la percepción sensorial del aroma de fresa.

Para cada uno de los compuestos aromáticos cuantificados se realizó un ANOVA, el cual reveló diferencias significativas en el perfil volátil de los diferentes lotes de fresa fresca (anexo 2). Estas diferencias en las concentraciones de los compuestos volátiles son habituales debido a la variabilidad natural de esta materia prima (Larsen y *col.*, 1992), ya que compuestos como el Hexanal, Metil butanoato, Butil etanoato, Butil acetato, Etil hexanoato, 2-Hexenol y 3-Hexenol acetato varían su concentración a medida que progresa la maduración (Ramin, 2004). Asimismo, cabe destacar también la presencia de compuestos como el Hexanal y el 2-Hexenal, asociados con los aromas a dulce y afrutado (Krumbein y *col.*, 2004).

Aunque el Furaneol (2,5-dimetil-4- hidroxifurano) ha sido subrayado por varios autores como uno de los compuestos que más contribuyen al perfil aromático de la fresa (Schieberle y Hofmann, 1997; Zabetakis y Holden, 1997; Sanz y *col.*, 1995; Ulrich y *col.*, 1995), no fue detectado en este estudio debido a que el método de extracción empleado no supera los 45 °C, no siendo detectados los compuestos volátiles que requieren mayores temperaturas para su extracción. Por otro lado, diferentes autores afirman que la

concentración de este compuesto es muy variable dependiendo de la variedad y el estado de madurez de la fruta (Pérez y *col.*, 1999 y 1996).

En cuanto a los productos untables de fresa, tanto el procesado como el almacenamiento influyeron en el perfil aromático de los mismos dando lugar por un lado a la aparición de nuevos compuestos, y por otro al aumento, disminución o desaparición de otros. La tabla IV.22. muestra los compuestos generados como consecuencia de la formulación y el almacenamiento.

En el anexo 3.3 se recogen los valores de las variaciones experimentadas por los compuestos volátiles característicos de la fresa fresca, así como los valores de concentraciones puntuales de los compuestos que se generaron como consecuencia del procesado y el almacenamiento.

De los compuestos aromáticos que experimentaron variaciones netas de concentración cabe destacar que, independientemente de la mezcla de azúcares utilizada (sacarosa-isomaltulosa o fructosa-isomaltulosa), la mayoría de ésteres y alcoholes experimentaron una disminución de su concentración excepto el Hexil acetato, el Etanol y el Propan-2-ol; este último en concreto experimentó un considerable aumento como consecuencia del procesado. Asimismo, cabe destacar la aparición del Eucaliptol en los productos recién elaborados, lo que podría estar relacionado con la liberación de alcoholes, análogamente a lo que sucede durante el tratamiento térmico de zumos de frutas como consecuencia de la hidrólisis de sus correspondientes precursores glicósidos (Barron y Etievant, 1990; Shako y *col.*, 1985).

Tabla IV.22: Índices de retención (IR) calculados para los diferentes compuestos volátiles identificados en fresa fresca.

Compuestos	IR calculado	IR Bibliográficos	Sinónimos	Olor característico
Esteres				
Etenil acetato	1000	-	Ac. Acético vinil éster	-
Metil-2-metil butirato	1028	-	Butirato de grosella Metil 2-metil butanoato	Manzana, Fruta, Disolvente, Chicle
Aldehidos				
2-Metil butanal	930	864 (1)	2-Metil-1-butanal 2-Formilbutano	Verde, Almendra, Quemado, Cacao
3-Metil butanal	934	912 (2) / 929 (3)	3-Metil-1-butanal	Fruta, Almendra, Tostado, Verde
E-2-Butenal	1072	1023 (1) / 1034 (4)	β-Metil acroleína	Verde, plástico
2-Butenal-2-metil	1126	1102 (5) / 1073 (6)	Aldehido tiglico	Metálico, gomoso, verde
Octanal	1256	1278 (2) / 1300 (7)	Octaldehido Carpil aldehido	Limón, Hervido, Rancio, Citrico, Verde, Flor, Fruta, Naranja
Nonanal	1418	1402 (8) / 1415 (7)	Nonaldehido Pelargonaldehido	Verde, A fruta, Cloro, Floral, Céreo Dulce, Melón, Jabonoso, Citrico
Decanal	1524	1510 (8) / 1538 (9)	Decilaldehido Carpinaldehido	Guisado, Quemado, Verde, Céreo, Floral, Graso, Herbáceo, Jabonoso
Benzaldehído	1571	1525 (10) / 1535 (2)	Aldehido benzoico Bencencarboxaldehido	Azúcar quemado, Almendra, Leñoso
Cetonas				
6-Metil-5-hepten-2-ona	1283	1319 (3) / 1320 (6)	Metil isohexenil cetona	Seta, Vinilo, Caucho, Leñoso, Grosella, Fruta hervida
Alcoholes				
Eucaliptol	1215	1214 (11) / 1224 (8)	1,8-cineol 1,8-epoxi-p-mentano	Camforaceo, Mentolado, Caramelo, Regalices, Mentol, Pino
2-Buten-1-ol	1221	-	3-Metilalil Alcohol	
2-Penten-1-ol	1272	1302 (2) / 1307 (5)	Trans-2-penten-1-ol	Seta, Hierba, Verde
2-Etil-1-hexanol	1506	1496 (12)	Isooctil alcohol	Floral, Suave
Ácidos				
Ac. Acético	1478	1471 (3) / 1477 (7)	Hidróxido acético Ácido etílico	Ácido, Vinagre, Acre
Ac. propanoico-2-metil	1591	1584(13) / 1588 (7)	Ácido isobutírico Ácido isobutanóico	Queso
Ácido butanóico	1652	1644 (13) / 1650 (7)	Ácido butírico	Queso, Grasa, Rancio
Ácido butanóico-2-metil	1696	1685 (14)	Ácido acético etil metil	Fruta madura, Anacardo, Caramelo
Furanos				
Furfural	1503	1474 (13) / 1485 (7)	Furan-2-carbaldehido	Leñoso, Almendra, Caramelo, A fruta, Florido
2-Acetilfurano	1539	1490 (15)	Metil-2-furilo Etanona 1-(2furanil)	Nota balsámica-Canela, Caramelo, Cereal
5-Metil furfural	1617	1560 (10)	5-Metil-2-furanaldehido	Caramelo, Azúcar quemado, Picante, Ácido, Café
Mesifurano	1632	1625 (16)	2,5-Dimetil-4-metoxi-2,3-dihidro-3-furanona	Afrutado, Caramelo, Verde
Terpenos				
Limoneno	1208	1196 (17) / 1200 (11)	4-Isopropenil-1-metilciclohexano	Citrico, Naranja, Afrutado
Nitrilos				
Acetonitrilo	1031	-	Metil cinido	Dulce, Etéreo

(1) Ouian, 2003; (2) Kawakami y col., 1993; (3) Chung, 1993; (4) Binder, 1990; (5) Sanz y col., 2001; (6) Kawakami y Kobayashi, 1991; (7) Cullere y col., 2004; (8) Hognadottir y Rouseff, 2003; (9) Choi, 2003; (10) Valim y col., 2003; (11) Nishimura y col., 1989; (12) Bianchi y col., 2007; (13) Ferreira y col., 2001; (14) Mihara y col., 1990; (15) Buttery y col. 1987, (16) Ulrich y col., 1997; (17) Suarez y Duque, 1992. Citados en Kondjoyan y Berdagué (1996) y www.pherobase.com

Además, el almacenamiento dio lugar al desarrollo de dos nuevos ésteres, el Etenil acetato y Metil-2-metil butirato coincidiendo con lo reportado por otros autores como Aguiló y *col.*, (2009) y Ayala y *col.*, (2004) quienes afirmaron que la temperatura de almacenamiento afecta a la producción de estos compuestos aromáticos de forma que aumenta conforme lo hace la temperatura de almacenamiento. Es importante tener en cuenta que en el presente estudio, los untables fueron almacenados a 25 °C, temperatura que supera las temperaturas de refrigeración que son las que parecen tener un efecto positivo en el desarrollo de estos compuestos. En cualquier caso, la concentración de estos compuestos no depende simplemente de la temperatura de almacenamiento, sino de la disponibilidad de otros compuestos como son ácidos y alcoholes necesarios para su formación, así como de la presencia de encimas responsables de la catálisis de dichos compuestos (Azodanlou y *col.*, 2003; Bood y Zabetakis, 2002).

En cuanto a los aldehídos, el procesado repercutió en un aumento de la concentración del Hexanal y 2-hexenal, así como en la detección de 6 nuevos compuestos. Este fenómeno de generación de nuevos aromas podría deberse a la oxidación de los lípidos que tiene lugar como consecuencia de la rotura de las paredes celulares (Yilmaz, 2001). Sin embargo, durante el almacenamiento se observó una disminución de los mismos llegando en algunos casos a su completa desaparición (Octanal, Nonanal, Decanal), lo que podría deberse a que dichos compuestos tienen una elevada facilidad para reducirse y oxidarse, dando lugar a otros productos derivados (Hamilton-Kemp, y *col.*, 1996).

Por otro lado, la activación de las reacciones de Maillard, o el catabolismo de carotenoides y ácidos grasos insaturados promueve la generación de compuestos volátiles relacionados con el aroma y sabor de la cocción (Servili, y *col.*, 2000). En este sentido, el Furfural es el aroma más representativo generado por las reacciones de Maillard, aunque también

puede originarse como consecuencia de la degradación del ácido ascórbico (Barron y Etievant, 1990; Tatum, 1969). Además durante el almacenamiento, tanto el 2-Acetilfurano como el 5-Metil furfural aumentaron su concentración coincidiendo con los resultados obtenidos por otros autores en compuestos de la misma clase (Orruño y *col.*, 2001).

Con el fin de evaluar la influencia de las variables del proceso de formulación y almacenamiento en el perfil aromático de los productos formulados, se efectuó un Análisis de Componentes Principales (PCA). La figura IV.23 muestra el resultado del PCA realizado incluyendo los compuestos volátiles de los distintos lotes de fresa fresca y los correspondientes a los productos untables después de 24 horas y 90 días de su formulación.

Se observa una clara separación entre los aromas característicos de cada etapa. El PC1 diferencia entre los aromas característicos del procesado (situados a la derecha del diagrama) y los aromas característicos del almacenamiento (situados a la izquierda del diagrama). A su vez, el PC2 establece una diferencia clara entre los aromas característicos de fresa fresca (situados en la parte superior del diagrama) y los aromas relacionados con el procesado y/ o almacenamiento situados en la zona central. De este modo, los lotes de fresa se sitúan en la parte superior derecha del diagrama junto con los aromas más característicos de esta materia prima (Schieberle y Hofmann, 1997; Larsen y *col.*, 1992; Lesschaeve y *col.*, 1991).

Como se ha comentado anteriormente, el análisis estadístico mostró diferencias en el perfil volátil de los lotes de fresa fresca debidas a los diferentes estados de maduración. Este hecho queda reflejado en la figura IV.23 en la que los lotes de fresa se sitúan en dos grupos, en función del estado de madurez de los mismos: lotes menos maduros (de A a D en la parte superior) y lotes más maduros (de E a N en la parte inferior).

Los resultados del PCA ponen de manifiesto que 24 horas después de la formulación, el perfil aromático de los untables ya ha evolucionado con respecto al perfil de la fresa fresca. Sin embargo, resulta difícil analizar la influencia de las variables de proceso en el perfil aromático de los distintos productos en este momento, cuando las reacciones que contribuyen a dichos cambios están en plena evolución. Por ese motivo se decidió profundizar en el análisis de los resultados obtenidos después de 90 días de almacenamiento, cuando el perfil aromático del producto se considera que está más estabilizado y/o evoluciona más lentamente.

Se realizó de nuevo un PCA, separando los productos formulados con sacarosa de los formulados con fructosa, puesto que el diseño experimental es idéntico para cada uno de los azúcares de referencia. Además, con el fin de eliminar la variabilidad debida a la materia prima y evaluar cómo evolucionan los compuestos aromáticos de la fresa fresca, se realizaron los análisis de componentes principales (figuras IV.24.a e IV.24.b) utilizando variaciones netas de concentración en lugar de concentraciones puntuales (ecuación IV.1):

$$CV = \frac{C_t - C_F}{C_F} \quad (IV.1.)$$

donde,

C_t = concentración de compuesto volátil a tiempo t (t= 24 horas o t= 90 días) expresada como μg de compuesto volátil / 100 g de fresa fresca).

C_F = concentración de compuesto volátil en fresa expresada como μg de compuesto volátil / 100 g de fresa fresca)

Por otro lado, se realizaron también análisis de componentes principales de los compuestos generados como consecuencia del procesado y como consecuencia del almacenamiento (figuras IV.25.a e IV.25.b)

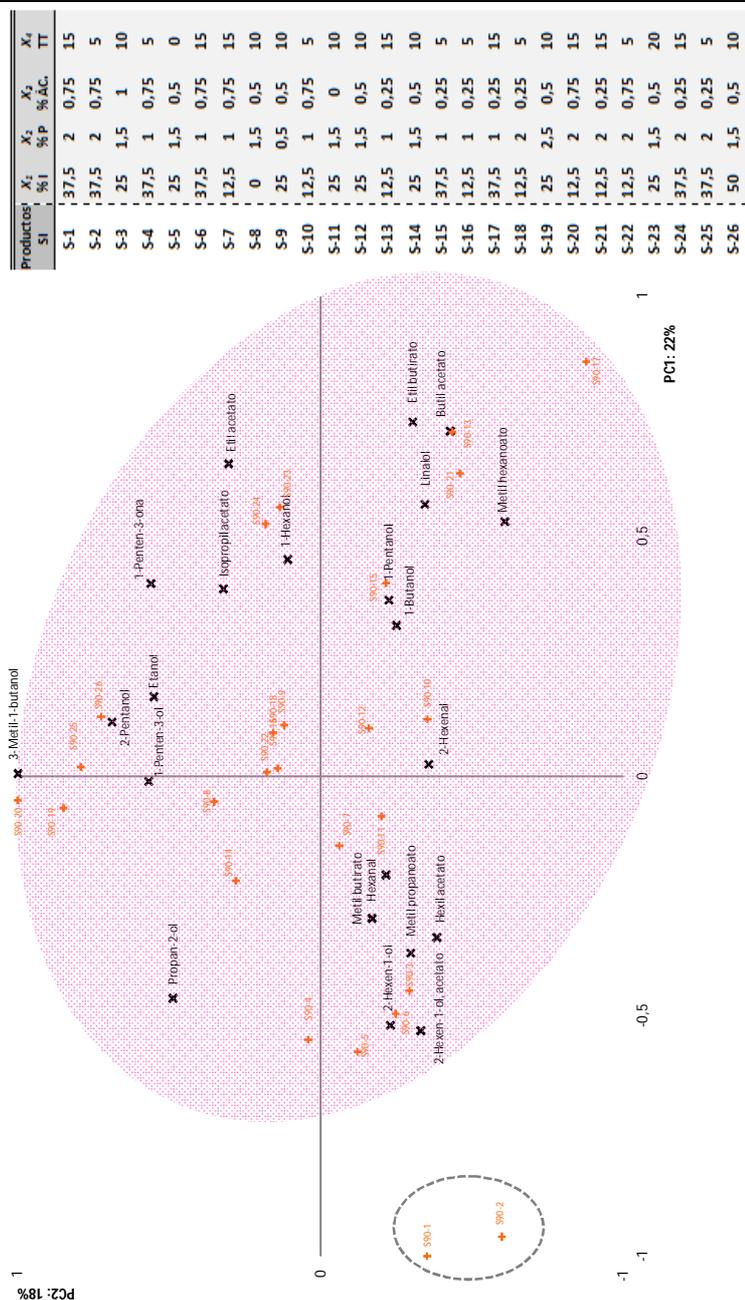
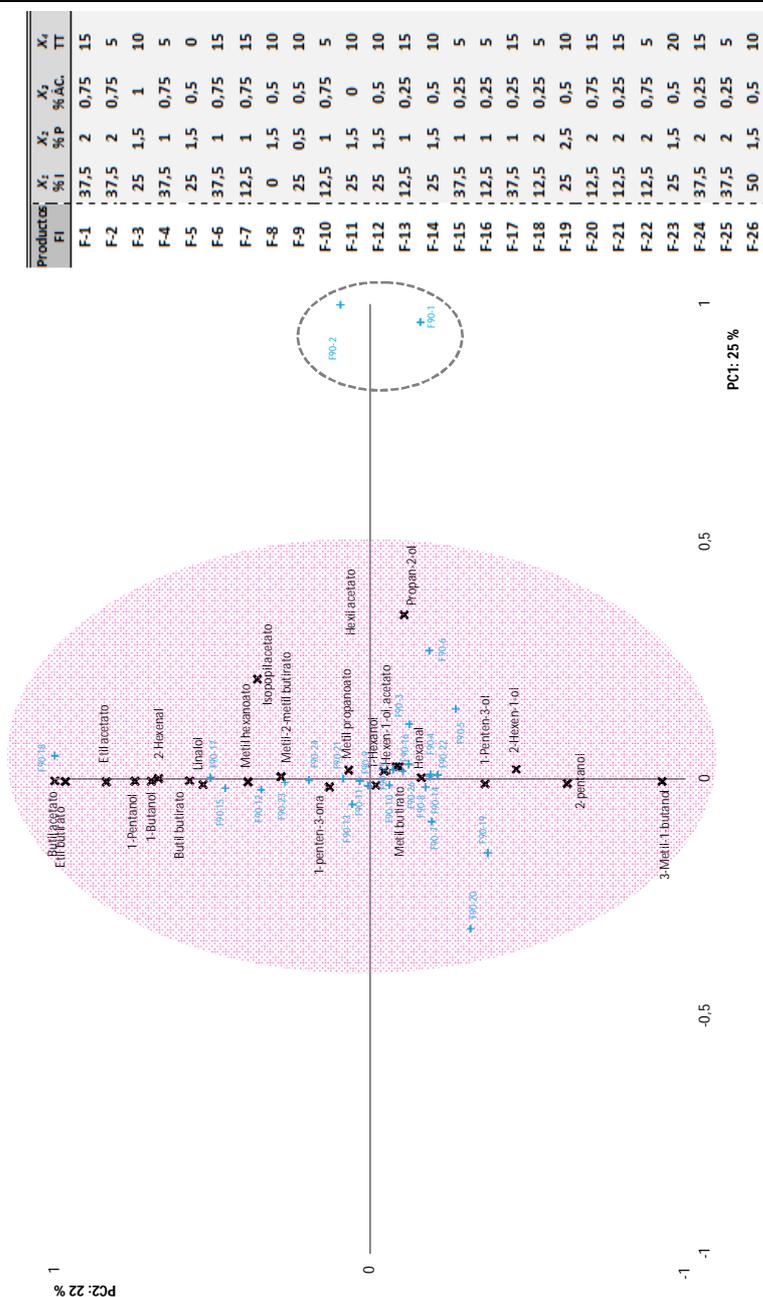


Figura IV.24.a. Biplot de los untables elaborados con la mezcla sacarosa-isomaltulosa a los 90 días de almacenamiento (S90-n), y los compuestos volátiles de la fresa fresca que experimentaron variaciones netas de su concentración como consecuencia del procesado y /o el almacenamiento.



Productos	X ₁ FI	X ₂ %I	X ₃ %P	X ₄ %AC	X ₅ TT
F-1	37,5	2	0,75	15	15
F-2	37,5	2	0,75	5	5
F-3	25	1,5	1	10	10
F-4	37,5	1	0,75	5	5
F-5	25	1,5	0,5	0	0
F-6	37,5	1	0,75	15	15
F-7	12,5	1	0,75	15	15
F-8	0	1,5	0,5	10	10
F-9	25	0,5	0,5	10	10
F-10	12,5	1	0,75	5	5
F-11	25	1,5	0	10	10
F-12	25	1,5	0,5	10	10
F-13	12,5	1	0,25	15	15
F-14	25	1,5	0,5	10	10
F-15	37,5	1	0,25	5	5
F-16	12,5	1	0,25	5	5
F-17	37,5	1	0,25	15	15
F-18	12,5	2	0,25	5	5
F-19	25	2,5	0,5	10	10
F-20	12,5	2	0,75	15	15
F-21	12,5	2	0,25	15	15
F-22	12,5	2	0,75	5	5
F-23	25	1,5	0,5	20	20
F-24	37,5	2	0,25	15	15
F-25	37,5	2	0,25	5	5
F-26	50	1,5	0,5	10	10

Figura IV.24.b. Biplot de los untables elaborados con la mezcla fructosa-isomaltulosa a los 90 días de almacenamiento (F90-n), y los compuestos volátiles de la fresa fresca que experimentaron variaciones netas de su concentración como consecuencia del procesado y /o el almacenamiento.

Las figuras IV.24.a y IV.24.b, muestran los resultados de los PCAs realizados con los datos de variaciones netas de concentración de los compuestos inicialmente presentes en fresa fresca, para los productos formulados con sacarosa y con fructosa después de 90 días de almacenamiento; mientras que las figuras IV.25.a y IV.25.b muestran los resultados de los PCAs realizados únicamente con los datos de concentración de los compuestos generados como consecuencia del procesado y el almacenamiento.

La representación gráfica de los PCAs pone de manifiesto que independientemente del azúcar utilizado, sacarosa o fructosa, los productos 1 y 2 aparecen separados del resto de productos, y a su vez más alejados tanto de los compuestos que experimentaron cambios de concentración como de los compuestos generados, indicando una menor evolución del perfil aromático con respecto a la fresa fresca. En el caso de los untables formulados con fructosa, las diferencias entre estos dos untables (F90-1 y F90-2) y el resto son mayores que en el caso de los untables formulados con sacarosa, lo que se deduce de su distribución en el diagrama, puesto que la mayoría de untables aparecen agrupados en el centro del mismo junto con los compuestos aromáticos. En cambio, en el caso de los productos formulados con sacarosa la distribución de los untables y compuestos volátiles es más abierta en el gráfico indicando una menor diferencia entre ellos.

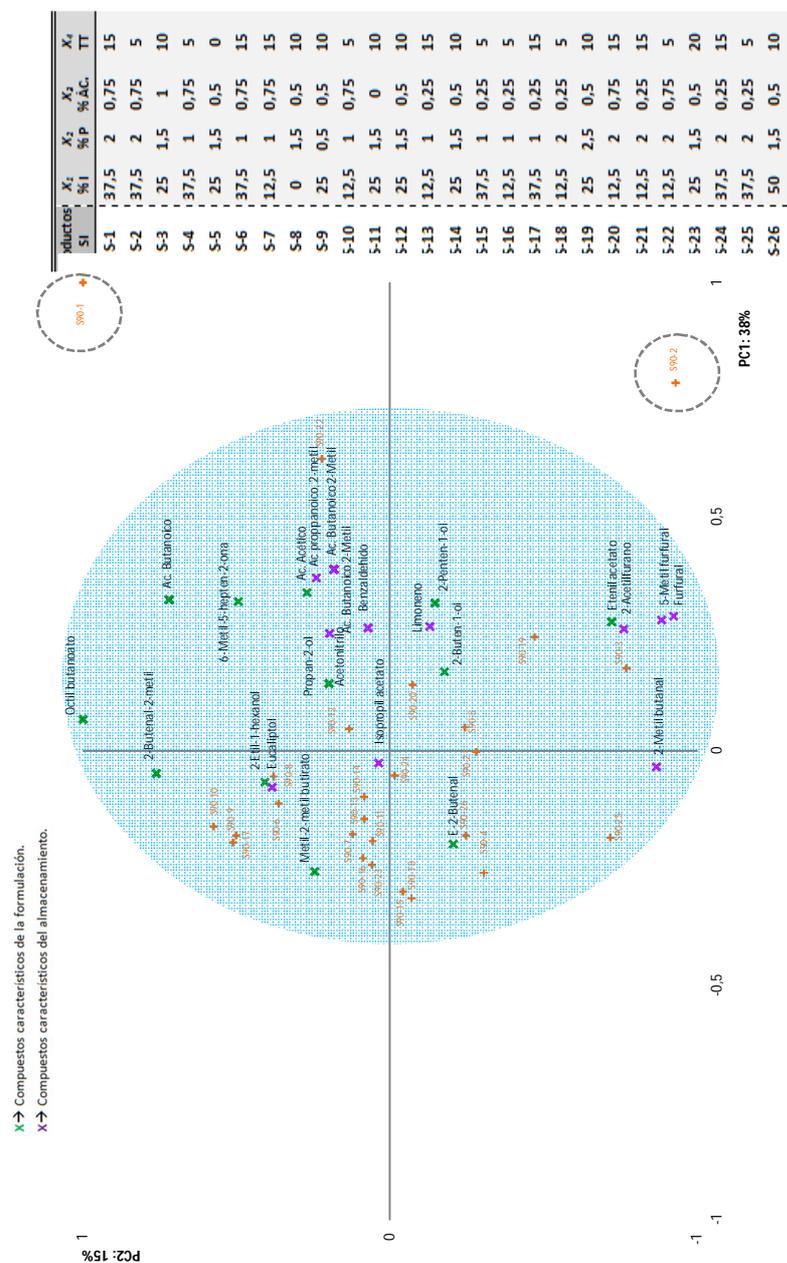


Figura IV.25.a. Biplot de los untables elaborados con la mezcla sacarosa-isomaltulosa a los 90 días de almacenamiento (S90-n), y los compuestos volátiles generados como consecuencia del procesado y/o el almacenamiento.

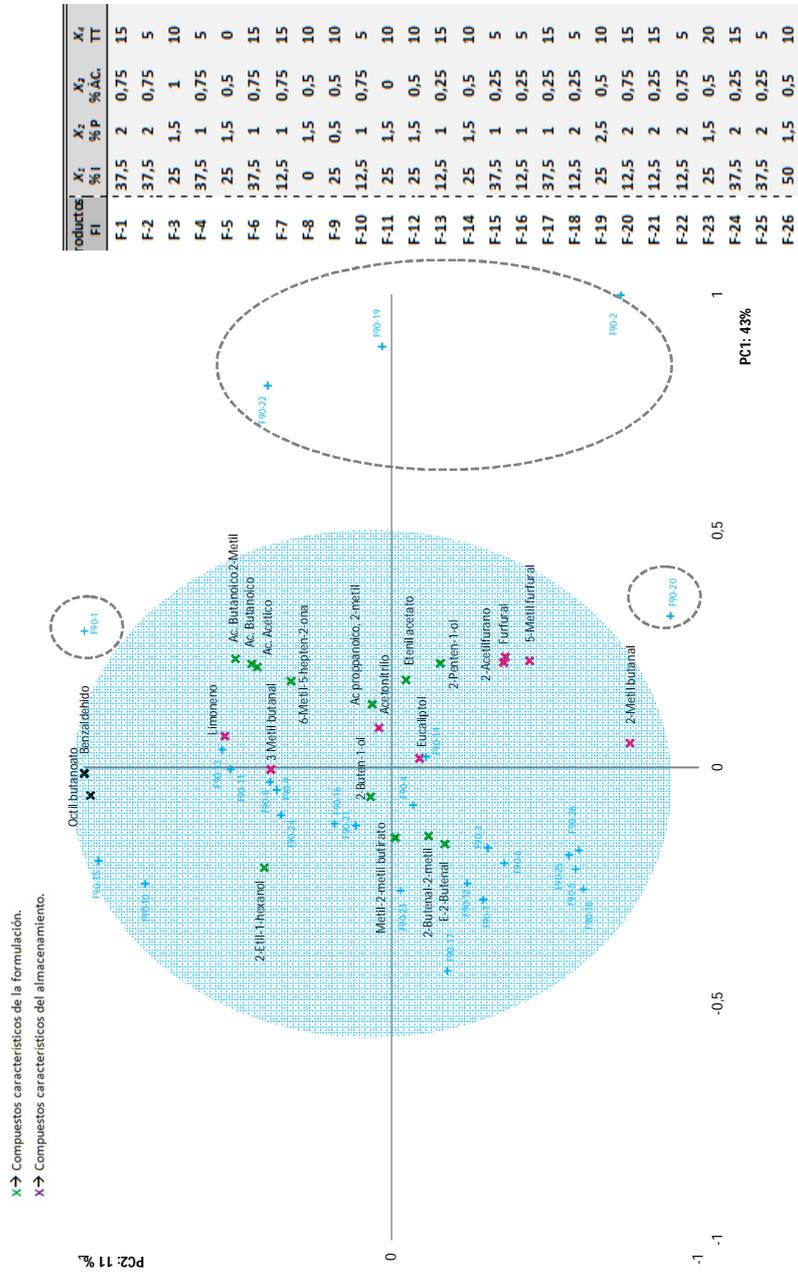


Figura IV.25.b. Biplot de los untables elaborados con la mezcla fructosa-isomaltulosa a los 90 días de almacenamiento (F90-n), y los compuestos volátiles generados como consecuencia del procesado y/o el almacenamiento.

Por último, resaltar que en el caso de los untables formulados con fructosa, los productos F90-19, F90-20 y F90-22 también mostraron una evolución similar a los F90-1 y F90-2 en cuanto a los compuestos generados, coincidiendo dichos productos con los porcentajes altos de pectina y ácido cítrico. Este hecho pondría de manifiesto lo ya mencionado en apartados anteriores en cuanto a las interacciones de la pectina y el ácido, de modo que la presencia de ácido contribuye a un mayor endurecimiento de la red generada limitando las reacciones en las que intervienen los compuestos volátiles y que ocasionan cambios en el perfil aromático de los productos.

IV.3.5. Optimización de la formulación de untables de fresa

Una vez analizados los untables de fresa y en función de los resultados obtenidos para cada una de las propiedades analizadas, se llevó a cabo una optimización mediante la opción *Optimización* del paquete estadístico Statgraphics que permitió obtener los valores óptimos de las distintas variables de proceso para formular los untables de fresa con las características deseadas.

En base a los resultados obtenidos a lo largo de la tesis, se seleccionaron los siguientes valores de las variables a optimizar:

- Propiedades antioxidantes: puesto que la actividad antioxidante total no se debe sólo al contenido en antocianinas sino a otros compuestos que podrían generarse durante el procesado y almacenamiento, se optó por maximizar el valor de actividad antioxidante, y no el de antocianinas.
- En cuanto al color, se seleccionaron los valores de las coordenadas colorimétricas de la fresa fresca, preservando así la coloración de la fruta fresca en el untable.

- En cuanto a las propiedades mecánicas, se seleccionaron valores intermedios de consistencia y adhesividad que permitiesen una untabilidad adecuada del producto.
- Finalmente puesto que en el análisis de vida útil del producto no se detectó crecimiento microbiano y que en el caso del perfil volátil, fueron también los niveles de pectina y ácido cítrico las variables más influyentes en la retención del aroma característico de la fresa fresca, se optó por fijar los niveles de isomaltulosa y duración del tratamiento térmico. Así, se seleccionó el mayor % de isomaltulosa (ya que el objetivo de este trabajo es obtener la mayor sustitución posible de los azúcares convencionales) mientras que se optó por no hacer ningún tipo de tratamiento térmico, ya que no hay riesgo de crecimiento microbiano.

Las tablas IV.23 e IV.24 muestran los valores a alcanzar, de las propiedades seleccionadas y los valores óptimos de las variables del proceso resultado de la optimización. Además la figura IV.26, muestra los gráficos de superficie obtenidos en los que se observa los puntos para los que la deseabilidad es máxima.

Se observa como independientemente de la mezcla de azúcares empleada, los porcentajes de pectina y ácido cítrico requeridos son bastante similares, siendo estos los que nos permiten obtener los mejores valores de las distintas propiedades. Por tanto para obtener un untable de fresa en el que se sustituya al máximo la sacarosa por isomaltulosa, éste se formularía con 1 % de ácido cítrico y 1.5 % de pectina no siendo necesario aplicar ningún tratamiento térmico tras un envasado en caliente.

Tabla IV.23. Valores deseados de las diferentes propiedades de los untables de fresa.

Respuesta	Meta	Valores óptimos	
		sacarosa-isomaltulosa	fructosa-isomaltulosa
L	35,0	27,96	29,48
a	20,0	9,10	9,11
b	10,0	7,41	7,20
DPPH	Maximizar	94,42	94,66
Consistencia	15,0	15,35	13,12
Adhesividad	2,0	2,00	2,00

Tabla IV.24. Valores de las variables de proceso obtenidos mediante la optimización de las múltiples respuestas del diseño experimental.

Factor	Óptimo	
	SI	FI
% Isomaltulosa	50,0	50,0
TT	0	0
% Pectina	1,51	1,54
% Ácido cítrico	1,0	0,93

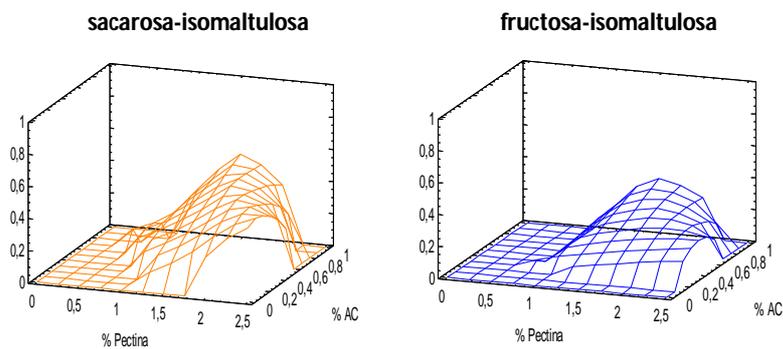


Figura IV.26. Gráficos de superficie obtenidos mediante la optimización del diseño para los % de pectina y Ácido cítrico

IV.3.6. Conclusiones relativas a la optimización del proceso de elaboración de untables de fresa

- ✓ Los atributos fisicoquímicos de los untables de fresa más influenciados por las distintas variables de proceso fueron la a_w y el pH, como consecuencia de los **distintos azúcares** y del **% de ácido cítrico**. Esas diferencias deberán tenerse en cuenta puesto que dichos parámetros son indicadores de la estabilidad del producto y además juegan un papel importante en la percepción sensorial por parte del consumidor.
- ✓ En ninguno de los productos estudiados se detectaron colonias de mohos y levaduras o de aerobios mesófilos. Por ello, se puede considerar que no sería necesaria la aplicación de un tratamiento térmico adicional al envasado en caliente ni la conservación en refrigeración del producto untable para asegurar su **estabilidad microbiológica** en el período de conservación estudiado.
- ✓ El **estado de maduración** de la materia prima resultó ser el factor que más influyó en el contenido en compuestos antioxidantes de los productos untables y por tanto, en su capacidad antioxidante.
- ✓ La **degradación de las antocianinas** de los productos untables formulados con la mezcla sacarosa-isomaltulosa dependió tanto del contenido en antocianinas de los lotes de partida como de las diferentes variables de proceso, y dicha influencia, se acentuó con el tiempo de almacenamiento; siendo los % de ácido cítrico y pectina las variables que más peso tuvieron sobre la degradación de estos compuestos. Sin embargo, en los productos elaborados con fructosa-isomaltulosa, ninguna variable afectó a la variación en el contenido en antocianinas después de 45 y 90 días de almacenamiento, siendo la concentración inicial en los lotes de partida el factor más influyente en las diferencias observadas.

- ✓ La **actividad antioxidante** de los untables recién elaborados, presentó valores muy similares a la de la fresa fresca. En cambio independientemente del azúcar empleado en la formulación, todos los untables evolucionaron de forma similar a lo largo del almacenamiento, de modo que al final del mismo, el valor de la actividad antioxidante resultó estar condicionado por los % de pectina y ácido cítrico. Si bien en general la mayor capacidad antioxidante está asociada niveles altos de ambas variables, cuando el porcentaje de cítrico es bajo, se hace más patente el papel de la pectina en la retención y protección de compuestos antioxidantes.
- ✓ En cuanto al **color de los untables**, puede concluirse que durante el almacenamiento tuvo lugar un oscurecimiento de las muestras, siendo el % de ácido cítrico y % de pectina las variables más influyentes en el color de los productos formulados con la mezcla sacarosa-isomaltulosa. En cambio ninguna de las variables resultó significativa en el color de los untables formulados con la mezcla fructosa-isomaltulosa al final del almacenamiento, obteniéndose productos más oscuros pero con una mayor homogeneidad entre ellos.
- ✓ Los valores de **consistencia y adhesividad** de los untables de fresa aumentaron conforme lo hizo el % de pectina utilizado. Cabe destacar que durante el almacenamiento el efecto del % de ácido cítrico sobre las propiedades mecánicas se hizo más notable. De modo que, a mayores % de pectina y ácido cítrico utilizados, mayores fueron los valores obtenidos.

- ✓ En cuanto al **perfil aromático** de los untables de fresa, tanto el procesado como el almacenamiento influyeron en la concentración de compuestos volátiles de los mismos, dando lugar por un lado a la aparición de nuevos compuestos, y por otro al aumento, disminución o desaparición de otros.
- ✓ Independientemente del azúcar utilizado, sacarosa o fructosa, el **perfil volátil** de los productos formulados con elevados porcentajes de pectina y ácido cítrico sufrió menos cambios con respecto al perfil aromático de la fresa fresca. Este hecho revela de nuevo la importancia de las interacciones pectina-ácido cítrico, de modo que la presencia de ácido favorece la formación de una estructura más densa del gel, limitando las reacciones en las que intervienen los compuestos volátiles, y que ocasionan cambios en el perfil aromático de los productos.
- ✓ Finalmente se puede concluir que para la obtención de un **untable de fresa** en el que se sustituya al máximo la sacarosa por Isomaltulosa y fructosa, éste se formularía con el máximo porcentaje de isomaltulosa (50 %) y con 1 % de ácido cítrico y 1.5 % de pectina no siendo necesario aplicar ningún tratamiento térmico tras un envasado en caliente.

V. BIBLIOGRAFÍA CITADA

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Abers, J. y Wrolstad, R.** (1979). Causative factors of colour deterioration in strawberry preserves during processing and storage. *Journal of Food Science* 44, pp. 75–79.
- Aaby, K., Ekeberg, D. y Skrede, G.** (2007a). Characterization of phenolic compounds in strawberry (*Fragaria ananassa*) fruits by different HPLC detectors and contribution of individual compounds to total antioxidant capacity. *J. Agric. Food Chem.*, 55, 4395-4406.
- Aaby, K., Wrolstad, R., Ekeberg, D. y Skrede, G.** (2007b). Polyphenol Composition and Antioxidant Activity in Strawberry Purees; Impact of Achene Level and Storage. *J. Agric. Food Chem.*, 55, 5156-5166.
- Aaby, K., Skrede, G., y Wrolstad, R. E.** (2005). Phenolic composition and antioxidant activities in flesh and achenes of strawberries (*Fragaria ananassa*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 4032–4040.
- Aguiló, I., Oms, G., Soliva, R. y Martín, O.** (2009). Flavour retention and related enzyme activities during storage of strawberry juices processed by high-intensity pulsed electric fields or heat. *Food Chemistry* 116, 59–65.
- Ahmed, J., Shivhare, U. S. y Singh, P.** (2004). Colour kinetics and rheology of coriander leaf puree and storage characteristics of the paste. *Food Chemistry* 84, (4): 605-611.
- Alarcao-E-Silva., Leitão, A.E.B., Azenheira, H.G. y Leitão, M.C.A.** (2001). The arbutus berry: studies on its color and chemical characteristics at two mature stages. *Journal of Food Composition and Analysis*, v.14, p.27-35, 2001.
- Anese, M., Falcone, P., Fogliano, V., Nicoli, M. C. y Massini, R.** (2002). Effect of equivalent thermal treatments on the color and the antioxidant activity of tomato purees. *Journal of Food Science* 67 (9): 3442-3446.
- Antolovich M., Prenzler P.D., Patsalides E., McDonald S. y Robards K.** (2002). Methods for testing antioxidant activity. *Analyst*, 127: 183-198.
- AOAC** (1980). Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis. 13th Edition. Washington, DC, USA.

- Arai, H., Akira Mizuno, A., Matsuo, K., Fukaya, M., Sasaki, H., Arima, H., Matsuura, M., Taketani, Y., Doi, H., y Takeda, E.** (2004). Effect of a novel palatinose-based liquid balanced formula (MHN-01) on glucose and lipid metabolism in male Sprague-Dawley rats after short- and long-term ingestion. *Metabolism*. 53, 977-983.
- Astiasaran, I. y Martínez, A.** (2002). Alimentos, Composición y Propiedades. Ed: McGraw-Hill-Interamericana. Madrid.
- Ávila, J. M., Beltrán, B., Cuadrado, C., Del Pozo, S., Rodríguez, M. V. y Ruiz, E.** (2009). La Alimentación Española: características nutricionales de los principales alimentos de nuestra dieta. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Fundación Española de la Nutrición. España. 632 pp.
- Ayala, F., Wang, S., Wang, C. y González-Aguilar, G.** (2004). Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* 3, 687–695.
- Azodanlou, R., Darbellay, J. L., Luisier, J. C. y Villettaz, R.** (2003). Quality assessment of strawberries". *Journal of Agricultural and Food Chemistry.*, 51, 715-721.
- Badui, S.** (2006). Química de los alimentos. Ed: Pearson Educación Méjico, 2006.
- Baker, R.A., Berry, N., Hui, Y.H. y Barrett, D.M.** (2005). Food Preserves and Jams, 2nd edition. In: Barrett, D.M., Somogyi, L., Ramaswamy, H.S. (Eds.). CRC Press, Boca Raton, FL, USA, pp. 113–125.
- Barron, D. y Etievant, P. X.** (1990). The volatile constituents of strawberry jam. *Z Lebensm Unters Forsch.* 191: 275-289.
- Belitz, H. D. y Grosh, W.** (1997). Química de los Alimentos. Ed acribia, S. A. Zaragoza, España.
- Berry, S. K. y Gramshaw, J. W.** (1988). Influence of starch plus gluten on the nonenzymic browning reaction of the glucose-glutamic acid system. *J. Agric. Food. Chem*, 36, 1265-1267.
- Bianchi, F., Careri, M., Mangia, A. y Musci, M.** (2007). Retention indices in the analysis of food aroma volatile compounds in temperature-programmed gas

chromatography: database creation and evaluation of precision and robustness. *J. Sep. Sci.* 30: 563-572.

Binder, R.G., Turner, C.E., y Flath, R.A. (1990). Volatile components of purple starthistle. *J. Agric. Food Chem.* 38:1053-10556.

B.O.E. 04/07/07. Real Decreto 863/2003. Norma de calidad para la elaboración, comercialización y venta de confituras, jaleas, marmalades de frutas y crema de castañas.

B.O.E. 12/01/01, R.D. 3484/2000. Comidas preparadas y preparados alimenticios. Grupo A: Comidas preparadas sin tratamiento térmico o con tratamiento térmico que llevan ingredientes no sometidos a tratamiento térmico.

Bood, K. G. y Zabetakis, I. (2002). The biosynthesis of strawberry flavor (II): Biosynthetic and molecular biology studies. *Journal of Food Science*, 67: 2–8.

Boulton, R. B. (1995). The relative rates of selected reactions in wine. In R. B. Boulton, V. L. Singleton, L. F. Bisson, & R. E. Kunkee (Eds.), *Principles and practices of winemaking*. New York: Aspen Publishers. 443 pp.

Buttery, R. G. Ling, L. C. y Light, D. M. (1987). Tomato leaf volatile aroma components. *J. Agric. Food Chem.*, 35, 1039-1042.

Byers, T. y Perry, G. (1992). Dietary carotenes, vitamin C, and vitamin E as protective antioxidants in human cancers. *Annual Review of Nutrition*, 12, 139–159.

Camacho, E., Diéz, C. y Cámara, M.M. (1998). Conservación de frutas. Elaboración de confituras y mermeladas. *Alimentación, equipos y tecnología*. XVIII, 3, 103-110.

Castelló, M., Fito, P. y Chiralt, A. (2006). Effect of osmotic dehydration and vacuum impregnation on respiration rate of cut strawberries. *LWT - Food Science and Technology*, 39 (10), 1171–1179.

Castro-Vázquez, L., Díaz-Maroto, M. C., González-Viñas, M. A. y Pérez-Coello, M. S. (2009). Differentiation of monofloral citrus, rosemary, eucalyptus, lavender, thyme and heather honeys based on volatile composition and sensory descriptive analysis. *Food Chemistry* 112, 1022–1030.

- Civello, P.M., Martínez, G.A., Chaves, A.R. y Añón, M.C.** (1997). Heat treatments delay ripening and postharvest decay of strawberry fruit. *J. Agric. Food Chem.* 45, pp. 4589–4594.
- Clark, A.H. y Ross-Murphy, S.B.** (1987). Structural and mechanical properties of biopolymer gels. *Advanced Polymer Science* 87, 57–192.
- CONSUMER.** (2010). Origen y variedades de las fresas, [en línea]. Dirección URL: <<http://frutas.consumer.es/documentos/frescas/fresa/intro.php>>. Consulta 1 Agosto 2010.
- Cordenunsi, B., Nascimento, R. y Lajolo, F.** (2003). Los cambios físico-químicos relacionados con la calidad de cinco cultivares de frutales de fresa en fresco de almacenamiento, *Química de los Alimentos* 83, 167-173.
- Choi, H.S.** (2003). Character impact odorants of citrus hallabong [(C. unshiu Marcov x C. sinensis Osbeck) x C. reticulata Blanco] cold-pressed peel oil. *J. Agric. Food Chem.* 51: 2687-2692.
- Chung, T.Y., Eiserich, J.P., y Shibamoto, T.** (1993). Volatile compounds isolated from edible Korean chamchwi (*Aster scaber Thunb*). *J. Agric. Food Chem.* 41:1693-1697.
- Cullere, L., Escudero, A., Cacho, J., y Ferreira, V.** (2004). Gas chromatography-olfactometry and chemical quantitative study of the aroma of six premium quality Spanish aged red wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52:1653-1660.
- Darrow, G. M.** (1966). *The Strawberry: History, Breeding and Physiology*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Dervisi, P., Lamb, J. y Zabetakis, I.** (2001) High pressure processing in jam manufacture: effects on textural and colour properties. (2001). *Food Chemistry Vol 73, (1)*, 85-91.
- Earle.** (1988). *Ingeniería de alimentos*. Ed. Acribia 2ªEdición .Zaragoza.

- Escriche, I., Chiralt, A., Moreno, J. y Serra J.A.** (2000) Influence of Blanching-osmotic Dehydration Treatments on Volatile Fraction of Strawberries. *Journal of food science*, 65 (7):1107-1111.
- FAOSTAT.** (2011). <http://faostat.fao.org>. Consulta 15 Mayo 2011.
- Fellows.** (1988). Food processing technology. Principles and practice Ellis Hardwood Int.Pub.Sci.and Technology.
- Ferreira, V., Aznar, M., Lopez, R., y Cacho, J.** (2001). Quantitative gas chromatography-olfactometry carried out at different dilutions of an extract. Key differences in the odor profiles of four high-quality Spanish aged red wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49:4818-4824.
- Fito, P., Andrés, A., Albors, A. y Barat, J.** (1998). Deshidratación de productos agrícolas: Secado por aire caliente. Servicio de publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
- Fito, P. y Chiralt, A.** (1995). An update on vacuum osmotic dehydration. En: Food preservation By moisture control: Fundamentals and applications .Ed G.V.Barbosa-Canovas and weltichaves. Technamic publishing company ,Inc. Lancaster, 351-372.
- Fito, P. y Pastor, R.** (1994). Non-diffusional mechanism occurring during vacuum osmotic dehydration. *Journal of Food Engineering*, 24(4), 513-519.
- Francis, F. J.** (1985). Pigments and colorants. In O. R. Fennema (Ed.). *Food Chemistry* (pp. 545–584). New York: Marcell Dekker, Inc.
- Frei, B., England, L., y Ames, B. N.** (1989). Ascorbate is an outstanding antioxidant in human blood serum. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*, 86, 6377–6381.
- Fujiwara, T., Naomoto, Y., Motoki, T., Shigemitsu, K., Shirakawa, Y., Yamatsuji, T., Kataoka, M., Haisa, M.,Fujiwara, T., Egi, M., Morimatsu,H., Hanazaki, M., Katayama, H., Morita, K., Mizumoto, K., Asou, T., Arima, H., Sasaki, H., Matsuura, M., Gunduz, M. y Tanaka, N.** (2007). Effects of a Novel Palatinose Based Enteral Formula (MHN-01) Carbohydrate-Adjusted Fluid Diet in Improving the Metabolism of Carbohydrates and Lipids in Patients with

- Esophageal Cancer Complicated by Diabetes Mellitus. *Journal of Surgical Research*, 138, 231-240.
- Gabriele, D., De Cindio, B. y D'Antona, P.** (2001). A weak gel model for foods. *Rheologica Acta* 40, 120–127.
- García-Alonso, F. J., Periago, M. J., Vidal-Guevara, M. L., Cantos, E., Ros, G., Ferreres, F. & Abellan, P.** (2003). Assessment of the antioxidant properties during storage of a dessert made from grape, cherry and berries. *J. Food Sci.*, 68, 1525-1530.
- García, E.; Ruiz, J.; Martínez, J.; Camacho, M.M.; Martínez, N. y Chiralt, A.** (2002). Jam manufacture with osmodehydrated fruit. *Food Research International*, 35, 301-306.
- García-Viguera, C., Zafrilla, P. y Tomás Barberán, F. A.** (1999a). influence of processing and storage conditions in strawberry jam color. *Food science and technology international*, vol. 5 n° 6, 487-492.
- García-Viguera, C., Zafrilla, P., Romero, F., Abellán, P., Artés, F. y Tomás-Barberán, F. A.** (1999b). Color Stability of Strawberry Jam as Affected by Cultivar and Storage Temperature, 64, (2), *Journal of Food Science* 247.
- García, M. A., Martino, M. N., y Zaritzky, N. E.** (1998). Plasticized starch-based coatings to improve strawberry (*Fragaria Ananassa*) quality and stability. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, 3758–3767.
- Giangiaccomo, R., Torreggiani, D. y Abbo, E.** (1987). Osmotic dehydration of fruit: sugars exchange between fruit and extracting syrups. *Journal of Food Processing and Preservation*, 11(3), 183-195.
- Gil, M. I., Tomás-Barberán, F. A., Hess-Pierce, B., Holcroft, D. M. y Kader, A. A.** (2000). Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing. *J. Agric. Food Chem.*, 48, 4581-4589.
- Gross, J.** (1982). Changes of chlorophylls and carotenoids in developing strawberry fruit (*Fragaria ananassa* cv. Tenira). *Gartenbauwissenschaft*, 47, 142-144.

- Guichard, E.** (1996) Interactions Between Pectins and Flavor Compounds in Strawberry Jam. *American Chemical Society Symposium Series*. 633 (11), 118–129.
- Hamilton-Kemp, T. R., Archbolf, D. D., Loughrin, J. H., Collins, R. W. y Byers, M. E.** (1996). Metabolism of natural volatile compounds by strawberry fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44:2802–2805.
- Hartmann, A., Patz, C. D., Andlauer, W., Dietrich, H., y Ludwig, M.** (2008). Influence of processing on quality parameters of strawberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 9484–9489.
- Hawai, K., Yoshikawa, H., Murayam, Y., Okuda, Y. y Yamashita, K.,** (1989). Usefulness of palatinose as a caloric sweetener for diabetic patients. *Hormone and Metabolic Research* 21, 338-340.
- Heng, K., Guilbert, S. y Cuq, J. L.** (1990). Osmotic dehydration of papaya: influence of process variables on the product quality. *Science des Aliments*, 10, 831-848.
- Herrmann, K.** (1972). Anthocyanins in Food. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*, 148, 290–302. (in German).
- Hognadottir, A. y Rouseff, R.L.** (2003). Identification of aroma active compounds in orange essence oil using gas chromatography - olfactometry and gas chromatography - mass spectrometry. *J. Chromatogr. A*. 998:201-211.
- INFOAGRO.** (2010). El cultivo de la fresa y el fresón, Dirección URL: http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/fresas.htm. Consulta: 5 Agosto 2010
- Jeffery, R., Baxter, J., McGuire, M. y Linde, J.** (2006). Are fast food restaurants an environmental risk factor for obesity?. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 3(2): 2006.
- Kader, F., Rovel, B., Girardin, M. y Metche, M.** (1997). Mechanism of browning in fresh high bush blueberry fruit (*Vaccinium corymbosum L.*). Role of blueberry polyphenoloxidase, chlorogenic acid and anthocyanins. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 74, 31–34.

- Kafkas, E., Kosar, M., Paydas, S., Kafkas, S. y Baser, K.** (2007). Quality characteristics of strawberries genotypes at different maturation stages. *Food Chemistry*, 100, (3), 1229-1236.
- Kaga, T. y Mizutani, T.** (1985). "Verwendung von Palatinose für Nahrungsmittel. *Seito Gijutsu Kenkyukai*" 34, 45-57.
- Kalt, W.** (2005). Effects of production and processing factors on major fruit and vegetable antioxidants. *J. Food Sci.*, 70, R11-R19.
- Kalt, W., McDonald, J. E., y Donner, H.** (2000). Anthocyanins, phenolics, and antioxidant capacity of processed lowbush blue- berry products. *Journal of Food Science*, 65, 390–393.
- Karabulut, O. A., Lurie, S., y Droby, S.** (2001). Evaluation of the use of sodium bicarbonate, potassium sorbate and yeast antagonist for decreasing postharvest decay of sweet cherries. *Postharvest Biology and Technology*, 23, 233–236.
- Karel, M.** (1973). Recent research and development in the field of low moisture and intermediate-moisture foods. *Critical Review Food Technology*, 3, 329-373.
- Kawakami, M., Kobayashi, A. y Kator, K.** (1993). Volatile constituents of Rooibos tea (*Aspalathus linearis*) as affected by extraction process. *J. Agric. Food. Chem.* 41: 633-636.
- Kazuyoshi, S., Tatsuya, M. y Yuji, N.** (1999). Variations in Ascorbic Acid Content among Strawberry Cultivars and their Harvest Times. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 68 (5), 1007-1014.
- Klopotek, Y., Otto, K. y Bohm, V.** (2005). Processing strawberries to different products alters contents of vitamin C, total phenolics, total anthocyanins, and antioxidant capacity. *J. Agric. Food Chem.*, 53, 5640-5646.
- Kondjoyan, N. y Berdagué, J. L.** (1996). A compilation of Relative Retention Indices for the analysis of aromatic compounds. En *laboratoire Flaveur* (Ed.) Station de Recherches sur la Viande, INRA the THEIX, Saint Genes de Campanelle, France.
- Krumbein, A., Peters, P. y Brückner, B.** (2004). Flavour compounds and a quantitative descriptive analysis of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) of different

cultivars in short-term storage. *Postharvest Biology and Technology*, 32, 15-28.

Kubelka, P. y Munk, F. (1931). Ein Beitrag zur Optik der Farbanstriche. *Zeitschrift für technische Physik*, 12, 593-601.

Lafont, F., Rios, G., Raoult-Wack, A.L. y Guilbert, S. (1988). Osmotic Dehydration: study of mass transfer in terms of engineering properties. En: *Drying'88*, Eds.: A.J. Mujundar & M. Roques, Hemisphere publishing corporation, New York, USA, 487-495.

Lal, G., Siddappa, G.S. y Tandon, G.L. (1998). Preservation of Fruit and Vegetables. ICAR Publication, New Delhi, India.

Larsen, M., Poll L. y Olsen, C.E. (1992). *Z Lebensm Unters Forsch* 195:536-539.

Lazarides, H.N., Fito, P., Chiralt, A., Gekas, V. y Lenart, A. (1999). Advances in osmotic dehydration. En: *Minimal Processing of Foods and Process Optimization*, Eds.: R.P. Singh & F.A.R. Oliveira, CRC Press, Boca Ratón, 175-200.

Lee, S.J. y Noble, A.C. (2003). Characterization of odor-active compounds in Californian Chardonnay wines using GC-olfactometry and GC-mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 8036-8044.

Lenart, A. y Flink, J.M. (1984a). Osmotic concentration of potato I: criteria for the end point of the osmosis process. *Journal of Food Technology*, 19(1), 45-63.

Lenart, A. y Flink, J.M. (1984b). Osmotic concentration of potato II: spatial distribution of the osmotic effect. *Journal of Food Technology*, 19(1), 65-89.

Lenart, A. y Lewicki, P.P. (1990). Osmotic dehydration of apples at high temperature. Ed: *Drying'89*, Ed.: A. S. Mujundar. Hemisphere Publishing Corporation, 7-14.

Lerici, C.R., Pinnavaia, G., Dalla Rosa, M. y Bartolucci, L. (1985). Osmotic dehydration of fruit: influence of osmotic agents on drying behaviour and product quality. *Journal of Food Science*, 50(4), 1217-1226.

Lesschaeve, I., Langlois, D. y Etiévant, P. (1991). Volatile Compounds in strawberry jam: influence of cooking on volatiles. *J. Food Sci.* 56, 1393-1398.

Levy, J., Bisin, E., Feldman, B., Giat, Y., Minster, A., Danilenko, M. y Sharoni, Y. (1995). Lycopene is a potent inhibitor of human cancer cell proliferation the

- either alfa-caroten or beta-carotene. *Nutrition & Cancer*, 24, 216-220.
- Lina, B.R., Jonker, G. y Kozianowski, G.** (2002). Isomaltulose (Palatinose Re review of biological and toxicological studies). *Food and Chemical Toxicology*, 40, 1375-1381.
- Lindley, M. G.** (1998). The impact of food processing on antioxidants in vegetable oils, fruits and vegetables. *Trends in Food Science and Technology*, 9, 336–341.
- Liu, R.H.** (2004). Potential synergy of phytochemicals in cancer prevention: mechanism of action. *J. Nutr.* 134, 3479S-3485S.
- Liu, R.H.** (2003). Health benefits of fruit and vegetables are from additive and synergistic combinations of phytochemicals. *Am. J. Clin. Nutr.* 78, 517S-520S.
- Lópes Da Silva, J. A. y Gonçalves, M. P.** (1994). Rheological study into the ageing process high methoxyl pectins/sucrose aqueous gel. *Carboh. Pol.*, 24, 235-345.
- Maestrelli, A.** (1997). Fundamentos de la Técnica de Deshidratación Osmótica en Frutas. En Curso Taller: Deshidratación Osmótica Directa de vegetales. CTAIIA. Universidad Nacional de Colombia, Santa Fé de Bogotá, Colombia.
- Mandala, I.G., Anagnostaras, E.F. y Oikonomou, C.K.** (2005). Influence of osmotic dehydration conditions on apple air-drying kinetics and their quality characteristics. *Journal of Food Engineering*, 69, 307-315.
- Marini, C.** (2006). De la mermelada a la fruta unttable. Dirección URL: <<http://190.228.129.7/portaldel9.com.ar/p9/content/view/810/103/>>.
Consulta: 20 Octubre 2010.
- Martínez, J. y García, P.** (2001). Nutrición Humana. Ed. Servicio de publicaciones de la Universidad politécnica de Valencia.
- Matsukawa, R., Dubinsky, Z., Kishimoto, E., Masaki, K., Masuda, Y., Takeuchi, T., Chihara, M., Yamamoto, Y., Niki, E. & Karube, I.** (1997). A comparison of screening methods for antioxidant activity in seaweeds. *J. Appl. Phycol.* 9:29-35.
- Matsuyama, J., Sato, T. y Hoshino, E.** (1997). Acid production from palatinose, palatinit, erythritol and maltitol by bacteria isolated from dental plaque on human deciduous teeth. *Japanese Journal of Oral Biology*, 39, 91-99.

- Mauch, von W. y Schmidt, Schmidt-Berg-Lorenz, S.** (1964). Über den bakteriellenzymatischen Umlagerungsmechanismus Saccharose. *Isomaltulose (6-(α -D-Glucosyl)-DFruktose)* *Zeitschrift für die Zuckerindustrie* 14, 309-315 and 375-383.
- Meyers, K. J., Watkins, C. B., Pritts, M. P., y Liu, R. H.** (2003). Antioxidant and antiproliferative activities of strawberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 6887–6892.
- Mihara, S., Bando, S., Harada, K. y Ishizuka, N.** (1990) Stirring continuous extraction of aqueous organic compounds with fluoresin as a water/organic solvent separator. *J. Agric. Food. Chem.* 38, 999-1003.
- Mihara, S., Tateba, H., Nishimura, O., Machii, Y. y Kishino, K.** (1987). Volatile components of chinese quince (*Pseudocydonia sinensis* Schneid). *J. Agric. Food. Chem.*, 35, 532-537.
- Mitcham, E. J.** (2004). Strawberry. In: K. C. Gross, C. Y Wang, M. E. Saltveit (Eds.) *The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, Florist and Nursery Crops*. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Beltsville Area, Agriculture Handbook 66 on the Website of the USDA.
- Mitchell, J.R. y Ledward, D.A.** (1986). *Functional Properties of Food Macromolecules*. Elsevier Applied Science, Barking, UK.
- Moraga, G., Martinez-Navarrete, N. y Chiralt** (2006). Compositional changes of strawberry due to dehydration, cold storage and freezing-thawing processes. *Journal of Food Processing and Preservation*, 30 (4), 458:474.
- Moreiras, O., Carvajal, A., Cabrera, L. y Cuadrado, M.** (2001). *Tablas de Composición de Alimentos*. Ediciones Pirámide. Madrid.
- Moreno, J., Chiralt, A., Escriche, I. y Serra, J.A.** (2000). Effect of blanching /osmotic dehydration combined methods on quality and stability of minimally processed strawberries. *Food Research International*, 33, 609-616.
- Moreno, J.** (1999). Optimización de un procesamiento para la obtención de fresas deshidratadas osmóticamente y estudio de parámetros de calidad en algunos

productos obtenidos de ellas. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.

Moy, J.H., Lau, N.B.H. y Dollar, A.M. (1978). Effects of sucrose and acids on osmotic dehydration of tropical fruits. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2, 131-135.

Mullen, W., McGinn, J., Lean, M. E. J., MacLean, M. R., Gardner, P., Duthie, G. G., Yokota, T. y Crozier, A. (2002). Ellagitannins, flavonoids and other phenolics in red raspberries and their contribution to antioxidant capacity and vasorelaxation properties. *J. Agric. Food Chem.*, 50, 5191-5196.

Nicoli, M., Anese, M., y Parpinel, M. (1999). Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. *Trends in Food Science and Technology*, 10, 94-100.

Nieto, A.B., Salvatori, D.M., Castro, M.A. y Alzamora, S.M. (2004). Structural changes in apple tissue during glucose and sucrose osmotic dehydration: shrinkage, porosity, density and microscopic features. *Journal of Food Technology*, 61(2), 269-278.

Nishimura, O., Yamaguchi, K., Mihara, S. y Shibamoto, T. (1989). Volatile constituents of Guava fruits (*Psidium guajava* L.) and canned puree. *J. Agric. Food. Chem.* 37: 139-142.

Norma UNE, (1974). Jaleas, confituras y mermeladas. UNE 34-074-74. IRANOR. Madrid. España.

O'Beirne, D., y Kelly, G. (1985). Some physical and organoleptic effects of adding skim milk powder and cream to fruit preserves. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie*, 18,47-51.

Olmedilla, B., Granado, F., Blanco, I., Gil-Martínez, E. y Rojas-Hidalgo, E. (2001). Composición en carotenoides y en equivalentes de retinol de verduras, hortalizas y frutas -crudas y cocidas- por 100 g de porción comestible. En: Tablas de Composición de Alimentos.

- Orruño, E., Owusu, R., y Zabetakis, I.** (2001). The role of b-glucosidase in the biosynthesis of 2,5-dimethyl-4-hydroxy-3(2H)-furanone in strawberry(*Fragaria x ananassa* cv. *Elsanta*). *Flavour and Fragrance Journal*, 16, 81–84.
- Oszmianski, J., y Wojdylo, A.** (2009). Comparative study of phenolic content and antioxidant activity of strawberry puree, clear, and cloudy juices. *European Food Research and Technology*, 228, 623–631.
- Overton, S. V. y Manura, J. J.** (1994). Flavor and Aroma in Commercial Bee Honey: a purge-and-trap Thermal Desorption Technique for the Identification and Quantification of Volatiles and Semivolatiles in Honey. 26, n°6, pp. 45-45
- Pagán, J.** (1996). Degradación enzimática y características físicas y químicas de la pectina de bagazo de melocotón. [en línea] Dirección URL: http://www.cervantesvirtual.com/servlet/.../002339_1.pdf. Consulta 9 de Junio 2010.
- Pani, P., Leva, A.A., Riva, M., Maestrelli, A. y Torreggiani, D.** (2008). Influence of an osmotic pre-treatment on structure-property relationships of air-dehydrated tomato slices. *Journal of Food Engineering*, 86, 105-112.
- Pascual, M. R. y Calderón, V.** Microbiología alimentaria: Metodología analítica para alimentos y bebidas. Cap. 30: Cereales (315-319). Cap. 34: Hortalizas y verduras (337-339). Cap. 35: Frutas y derivados (341-345). Editorial Díaz de Santos. Madrid, 2000.
- Patras, A., Brunton, P., Da Pieve, S. y Butler, F.** (2009). Impact of high pressure processing on total antioxidant activity, phenolic, ascorbic acid, anthocyanin content and colour of strawberry and blackberry purées. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, Volume 10,(3), 308-313.
- Pawlak, D.B., Kushner, J.A. y Ludwig, D.S.** (2004). Effects of dietary glycaemic index on adiposity, glucose homeostasis, and plasma lipids in animals. *Lancet* 364, 778–785.
- Peinado, I., Rosa, E.; Heredia, A. y Andrés, A.** (2011). Dry Osmotic Dehydration: an Energy and Environmental suitable method. 6th International CIGR Technical Symposium TOWARD A SUSTAINABLE FOOD CHAIN Food Process, Bioprocessing

and Food Quality Management. CD-Rom of Articles. Book of Abstracts (978-2-7466-3203-5) PÁG:179 .

- Peinado, I., Rosa, E., Heredia, A. y Andrés, A.** (2009). Influence of Dry and Wet Osmotic Dehydration on Colour and Texture of a Spread Strawberry Product. 'New Challenges in Food Preservation' European Federation of Food Science and Technology (EFFoST). (11-13/11/09) Budapest, Hungary.
- Penagos, L.** (2006). Influencia del procesado osmótico en las características de un producto gelificado formulado con la fresa deshidratada y la disolución osmótica. Tesis Doctoral. Universidad politécnica de Valencia.
- Pereira, M., kartashov, A., Ebbeling, C., Van Horn, L., Slattery, M., Jacobs, D. y Ludwig, D.** (2005). Fast-food habits, weight gain and insulin resistance (the CARDIA study): 15-year prospective analysis. *The lancet*, 365:36-42.
- Pérez, A. y Sanz, C.** (2001). Effect of high-oxygen and high-carbon-dioxide atmospheres on strawberry flavor and other quality traits. *Journal of Agricultur and Food Chemestry*. 49, 2370–2375.
- Pérez, A. G., Olías, R, Olías, J.M. y Sanz, C.** (1999). Biosynthesis of 4-Hydroxy-2,5-dimethyl- 3(2H)-furanone and Derivatives in Vitro Grown Strawberries. *J. Agric. Food Chem.* 47: 655- 658.
- Pérez, A.G., Olías, R., Sanz, C. y Olías, J.M.** (1996). Furanones in Strawberries: Evolution during Ripening and Postharvest Shelf Life. *J. Agric. Food Chem.* 44: 3620-3624.
- Pérez, A. G., Sanz, C., Rios, J. J., y Olías, J. M.** (1993). Estudio comparativo de los perfiles aromáticos de manzana, plátano y fresa. *Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 33, 665–677.
- Pointing, J.D.** (1973). Osmotic dehydration of fruits: recent modifications and applications. *Process Biochemistry*, 8(12), 12-22.
- Qian, M. y Reineccius, G.** (2003). Potent aroma compounds in Parmigiano Reggiano cheese studied using a dynamic headspace (purge-trap) method. *Flavour Fragr. J.* 18:252-259.

- Rauch, G.H.** (1987). Fabricación de mermeladas. Ed. Acibia, S.A. Zaragoza. España.
- Redalen, G., Y Haffner, K.** (2002) Quality of raspberry jam of individual cultivars after one year of storage. *Acta Horticultrae*, 585, 525–530.
- Renard, D., van de Velde, F. y Vischers, R.W.** (2006). The gap between food gel structure, texture and perception. *Food Hydrocolloids* 20, 423–431.
- Rivero, A. y Betancort, J. R.** (2006). En: Evaluación de la actividad antioxidante de polifenoles de algas marinas. [Última fecha de consulta: 04/12/2010]. Dirección URL <http://old.iupac.org/publications/cd/medicinal_chemistry/Practica-VI-3.pdf>.
- Rosa, E., Peinado, I., Heredia, A. y Andrés, A.** (2009). New Processing Methods and Healthier Sugars in Strawberry Spread Fruit Manufacturing. 'New Challenges in Food Preservation' European Federation of Food Science and Technology (EFFoST). (11-13/11/09) Budapest, Hungary.
- Ruther, J.** (2000). Retention index database for identification of general green leaf volatiles in plants by coupled capillary gas chromatography-mass spectrometry. *J. Chromatogr. A*. 890:313-319.
- Sanz, C., Ansorena, D., Bello, J. y Cid, C.C.** (2001). Optimizing headspace temperature and time sampling for identification of volatile compounds in ground roasted Arabica coffee. *J. Agric. Food Chem.* 49:1364-1369.
- Sanz, C., Richardson, D.G. y Pérez, A.G.** (1995). 2,5-Dimethyl-4-hydroxy-3(2H) furanone and derivatives in strawberries during ripening. *ACS, Symp Ser* 1995:268–275.
- Sato, A. C. y Cunha, R. L.** (2009). Effect of particle size on rheological properties of jaboticaba pulp. *Journal of Food Engineering*, 91, 566-570.
- Servili, M., Selvaggini, R., Taticchi, A., Begliomini A.L., y Montedoro, G.F.** (2000). Relationships between the volatile compounds evaluated by solid phase microextraction and the thermal treatment of tomato juice: optimization of the blanching parameters. *Food Chemistry*, 71, 407-415.

- Sesmero, R., Quesada, M. A. y Mercado, J. A.** (2007). Antisense inhibition of pectate lyase gene expression in strawberry fruit: Characteristics of fruits processed into jam. *Journal of food engineering*, 79(1), 194-199.
- Shako, M., Crouzel, J y Seck, S.** (1985). *Lebensm Wiss Technolo* 18:89.
- Shin, Y., Ryu, J.A., Liu, R., Nock, J. y Watkins, C.** (2008). Harvest maturity, storage temperature and relative humidity affect fruit quality, antioxidant contents and activity, and inhibition of cell proliferation of strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology* 49, 201–209.
- Schieberle, P. y Hofmann, T.** (1997). Evaluation of the Character Impact Odorants in Fresh Strawberry Juice by Quantitative Measurements and Sensory Studies on Model Mixtures. *J. Agric. Food Chem.* 5: 227-232.
- Schiweck, H., Munir, M., Rapp, K. M., Schenider, B. y Bogel, M.** (1990). New developments in the use of sucrose as an industrial bulk chemical. *Zuckerindustrie* 115, 555-565.
- Schiweck, H.** (1980). PalatininR Herstellung, technologische Eigenschaften und Analytik palatininhaltiger Lebensmittel. *Alimenta* 19, 5-16.
- Skrede, G., Wrolstad, R.E., Lea, P., y Enerson, G.** (1992). Color stability of strawberry and blackberry syrups. *Journal of Food Science.* 57, 172-177.
- Smith, R. C., Reeves, J. C., Dage, R. C. y Schnettler, R. A.** (1987). Antioxidant properties of 2-imidazolones. *Biochemical Pharmacology*, 36(9): 1457-1460.
- SOITU.** (2010). Producción de fresas en España, [en línea]. Dirección URL: <http://www.soitu.es/soitu/2008/03/03/info/1204557558_129671.html>. Consulta 3 Agosto 2010.
- Soria, A. C., Martínez-Castro, I. y Sanz, I.** (2008). Some aspects of dynamic headspace analysis of volatile components in honey. *Food Research International*, 41, 838-848.
- Souci, S. W., Fachmann, W. y Kraut, H.** (2000). Food Composition and Nutrition Tables. 6th revised and completed edition. Medpharm Scientific Publishers. Germany.

- Sturm, K., Koron, D. y Stampar, F.** (2003). The composition of fruit of different strawberry varieties depending on maturity stage. *Food Chemistry*, 83 (3), 417-422.
- Suárez, M. y Duque, C.** (1992). Change in volatile compounds during lulo (*Solanum vetissimum* D.) fruit maturation. *J. Agric. Food Chem.* 40, 647-649.
- Sundfor-Wegner, M.** (2001) Evaluation of strawberry cultivars for jam with focus on colour characteristics. Master Thesis, Agricultural University of Norway, Aas, 58pp, (in Norwegian).
- Suutarinen, M.** (2002). Effects of prefreezing treatments on the structure of strawberries and jams. Ph.D. thesis, VTT, Helsinki University of Technology, Finland.
- Tamaro, D.** (1974). Tratado de Fruticultura. Ed. Gustavo Gil. S.A. Barcelona, España. 4^a Edición. pp. 939.
- Tatum, J. H., Shaw, P.E. y Berry, R.E.** (1969). Degradation products from ascorbic acid. *J. Agric. Food Chem.*, 17, 38-40.
- Torregiani, D., Forni, E., Guercilena, I., Prinzevalli, C. y Bertolo, G.** (1998). Modification of glass transition temperature through carbohydrates addition: effect on anthocyanin pigments stability of frozen strawberry juices. *The Preservation of frozen food quality and safety throughout the distribution chain, Athens Meeting*, pp. 63- 66.
- Torregiani, D., Forni, E. y Rizzolo, A.** (1987). Osmotic Dehydration of fruit Part 2: Influence of the osmotic time on the stability of processed cherries. *Journal of Food Processing and Preservation*, 12, 27-34.
- Tovar, B., García, H. S. y Mata, M.** (2001a). Physiology of pre-cut mango.I. ACC and ACC oxidase activity of slices subjected to osmotic dehydration. *Food Research International*, 34, 207-215.
- Ulrich, D., Rapp, A. y Hoberg, E.** (1995). *Z Lebensm Unters Forsch* 200:217–220.
- Umano, R.P., Hagi, y., Y Shibamoto, T.** (2002) Volatile chemicals identified in extracts from newly hybrid citrus, Dekopon (*Shiranuhi mandarin Suppl. J.*). *J. Agric. Food Chem.* 50, 5355-5359.

- Valim, M.F., Rouseff, R.L. y Lin, J.** (2003). Gas chromatographic-olfactometric characterization of aroma compounds in two types of cashew apple nectar. *J. Agric. Food Chem.* 51:1010-1015.
- Velioglu, Y.S., Mazza, G., Gao, L. y Oomah, B.D.** (1998). Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 46, 4113–4117.
- Ventanas, J.** (2001). Tecnología del jamón ibérico. De los sistemas tradicionales a la explotación racional del sabor y el aroma. Mundi Prensa libros S.A. pp. 218-221.
- Vial, C., Guilbert, S. y Cuq, J.** (1991). Osmotic dehydration of kiwi fruits: influence of process variables on the colour and ascorbic acid content. *Sciences des Aliments*, 11, 63-84.
- Wang, S. Y., Bunce, J. A., y Mass, J. L.** (2003). Elevated carbon dioxide increases contents of compounds in field-grown strawberries. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51, 4315-4320.
- Wang, S. Y., Zheng, W. y Galletta, G. J.** (2002). Cultural system affects quality and antioxidant capacity in strawberries. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 50, 6534–6542.
- Wang, S. Y. y Zheng, W.** (2001). Effect of plant growth temperature on antioxidant capacity in strawberry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 4977–4982.
- Wang, S. Y. y Lin, H.** (2000). Antioxidant Activity in Fruits and Leaves of Blackberry, Raspberry, and Strawberry Varies with Cultivar and Developmental Stage. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 48(2): 140-146.
- Wang, S. Y. y Jiao, H.** (2000). Scavenging capacity of berry crops on superoxide radicals, hydrogen peroxide, hydroxyl radicals, and singlet oxygen. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 5677–5684.
- Watanabe, Y., Yoshimoto, K., Okada, Y. y Nomura, M.** (2011). Effect of impregnation using sucrose solution on stability of anthocyanin in strawberry jam. *LWT - Food Science and Technology*. Volume 44, Issue 4, 891-895.

- Weidenhagen y Lorenz** (1957). Palatinose (6- α -Glucopyranosido fructofuranose), ein neues bakterielles Umwandlung-sprodukt der Saccharose, *Zeitschrift für die Zuckerindustrie* 7, 533-534; und *Angewandte Chemie* 69, 641.
- Wesche-Ebeling, P. y Montgomery, M. W.** (1990). Strawberry polyphenoloxidase: Its role in anthocyanin degradation. *Journal of Food Science*, 55, 731–734.
- Wicklund, T., Rosenfeld, H. J., Martinsen, B. K., Sundfor, M. W., Lea, P., Bruun, T., Blomhoff, R. y Haffner, K.** (2005). Antioxidant capacity and colour of strawberry jam as influenced by cultivar and storage conditions. *LWT*, 38: 387-391.
- Withy, L. M., Nguyen, T. T., Wrolstad, R. E., y Heatherbell, D. A.** (1993). Storage changes in anthocyanin content of red raspberry juice concentrate. *Journal of Food Science*, 58, 190–192.
- Wojdylo, A., Figiel, A. y Oszmianski, J.** (2009). Effect of drying methods with the application of vacuum microwaves on the bioactive compounds, color, and antioxidant activity of strawberry fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 1337–1343.
- Weidenhagen y Lorenz** (1957). Palatinose (6- α -Glucopyranosido fructofuranose), ein neues bakterielles Umwandlung-sprodukt der Saccharose, *Zeitschrift für die Zuckerindustrie* 7, 533-534; und *Angewandte Chemie* 69, 641.
- Zabetakis, I. y Holden, M.** (1997). Strawberry flavour: analysis and biosynthesis. *J. Sci. Food Agric.* 74, 421-434.
- Zengo, A. N. y Mandel, I.D.** (1972). Sucrose tasting and dental caries in man. *Archives of Oral Biology*, Volume 17, (3), 605-607.
- Zhang, D. y Hamazu, Y.** (2004). Phenolics, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant activity of broccoli and their changes during conventional and microwave cooking. *Food Chemistry*, 88, 503–509.
- Zheng, Y., Wang, S., Wang, C. y Zheng, W.** (2007). Changes in strawberry phenolics, anthocyanins, and antioxidant capacity in response to high oxygen treatments. *LWT* 40, 49–57.

ANEXOS

ANEXO 1. CONDICIONES DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA PARA LA OBTENCIÓN DE UNTABLES DE 30 Y 50 °BRIX.

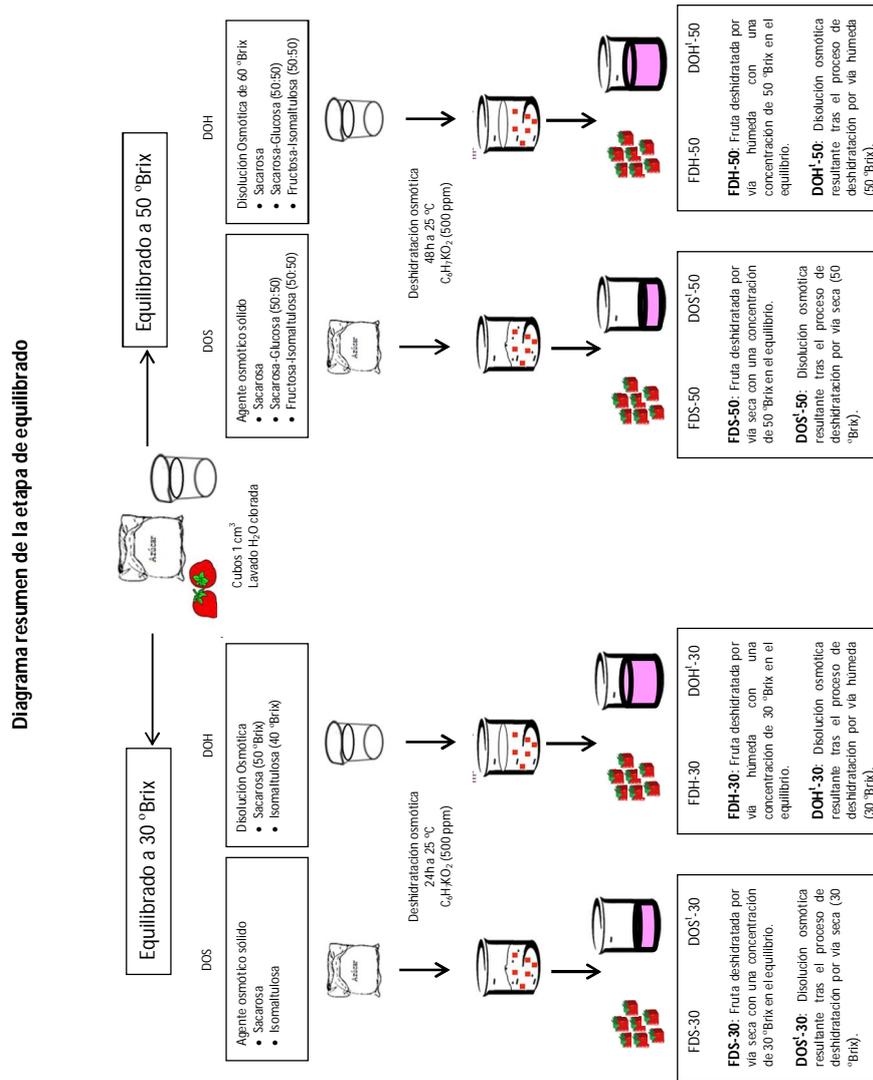


Figura 1. Esquema de los pasos seguidos en las diferentes experiencias de deshidratación osmótica (DO-H y DO-S) de cubos de fresa hasta alcanzar 30 o 50 °Brix en el equilibrio.

ANEXO 2. CARACTERÍSTICAS DE LOS UNTABLES DE FRESA DE 30 Y 50 °BRIX.

2.1. Propiedades ópticas de los untables de 30 y 50 °Brix.

Tabla 2.1.a. Valores de las coordenadas colorimétricas (L*, a*, b*) Cromo (C*) y tono (h*) de la fresa fresca y de los diferentes untables de 30 °Brix

Tratamiento	L*	a*	b*	C*	h*
Fresco	35,77 (0,09)	23,1 (0,2)	9,98 (0,09)	25,2 (0,2)	23,3 (0,2)
H-30-S-1	37,211 (0,008)	15,6 (0,2)	6,42 (0,13)	16,9 (0,2)	22,3 (0,2)
H-30-S-1,5	31,2 (0,2)	17,9 (0,3)	7,569 (0,108)	19,4 (0,3)	22,9 (0,4)
H-30-S-2	31,353 (0,106)	19,7 (0,2)	8,9 (0,2)	21,7 (0,3)	24,5 (0,2)
S1-30-S-1	30,1 (0,3)	17,2 (0,5)	8,5 (0,3)	19,2 (0,6)	26,33 (0,09)
S1-30-S-1,5	32,2 (0,3)	17,3 (0,3)	8,1 (0,2)	19,1 (0,4)	25,2 (0,2)
S1-30-S-2	30,31 (0,09)	15,39 (0,02)	7,0 (0,04)	16,90 (0,03)	24,428 (0,103)
S2-30-S-1	31,4 (0,2)	18,4 (0,5)	7,9 (0,2)	20,1 (0,5)	23,2 (0,2)
S2-30-S-1,5	31,3 (0,2)	19,2 (0,3)	8,4 (0,2)	21,0 (0,3)	23,6 (0,2)
S2-30-S-2	33,6 (0,4)	18,7 (0,7)	8,5 (0,4)	20,5 (0,8)	24,6 (0,2)
H-30-I-1	31,6 (0,2)	16,7 (0,4)	6,5 (0,2)	17,9 (0,4)	21,3 (0,2)
H-30-I-1,5	32,2 (0,2)	16,7 (0,4)	7,7 (0,2)	18,4 (0,5)	24,8 (0,2)
H-30-I-2	33,2 (0,3)	17,1 (0,2)	7,6 (0,2)	18,8 (0,2)	23,9 (0,5)
S1-30-I-1	30,2 (0,2)	16,3 (0,6)	7,6 (0,3)	18,0 (0,8)	25,16 (0,05)
S1-30-I-1,5	30,62 (0,05)	17,03 (0,13)	7,68 (0,14)	18,7 (0,2)	24,3 (0,2)
S1-30-I-2	37,5 (0,3)	15,2 (0,4)	6,7 (0,2)	16,6 (0,5)	23,7 (0,1)
S2-30-I-1	31,4 (0,2)	19,3 (0,4)	9,0 (0,3)	21,3 (0,5)	25,1 (0,2)
S2-30-I-1,5	34,3 (0,2)	19,6 (0,2)	8,91 (0,13)	21,5 (0,2)	24,5 (0,2)
S2-30-I-2	30,38 (0,09)	15,30 (0,13)	6,09 (0,03)	16,5 (0,2)	21,7 (0,07)

H: *Deshidratación osmótica vía húmeda*; S1: *Deshidratación osmótica vía seca sin eliminar fase líquida*; S2: *Deshidratación osmótica vía seca eliminando fase líquida*.

S: Sacarosa; I: Isomaltulosa

Tabla 2.1.b. Valores de las coordenadas colorimétricas (L*, a*, b*) Cromo (C*) y tono (h*) de la fresa fresca y de los diferentes untables de 50 °Brix

Tratamiento	L*	a*	b*	C*	h*
Fresco	35,77 (0,09)	23,1 (0,2)	9,98 (0,09)	25,2 (0,2)	23,3 (0,2)
H-50-S-1	32,0 (0,2)	17,9 (0,3)	8,51 (0,13)	19,8 (0,3)	25,42 (0,02)
H-50-S-1,5	31,2 (0,2)	18,0 (0,4)	8,7 (0,3)	20,0 (0,4)	25,9 (0,2)
H-50-S-2	33,2 (0,3)	16,8 (0,4)	5,3 (0,2)	17,6 (0,5)	17,4 (0,2)
S1-50-S-1	29,9 (0,7)	15,9 (0,6)	8,2 (0,3)	17,9 (0,7)	27,4 (0,2)
S1-50-S-1,5	28,89 (0,06)	14,8 (0,2)	8,1 (0,13)	16,9 (0,2)	28,5 (0,2)
S1-50-S-2	30,97 (0,24)	17,2 (0,3)	9,3 (0,2)	19,6 (0,4)	28,44 (0,14)
S2-50-S-1	29,69 (0,22)	16,8 (0,3)	8,29 (0,14)	18,8 (0,3)	26,23 (0,03)
S2-50-S-1,5	31,5 (0,2)	18,6 (0,3)	9,05 (0,2)	20,7 (0,3)	25,96 (0,12)
S2-50-S-2	33,1 (0,4)	18,2 (0,3)	6,1 (0,2)	19,2 (0,3)	18,7 (0,4)
H-50-SG-1	33,6 (0,3)	17,0 (0,4)	4,7 (0,2)	17,6 (0,4)	15,6 (0,3)
H-50-SG-1,5	31,0 (0,3)	14,5 (0,2)	7,7 (0,2)	16,4 (0,3)	28,0 (0,2)
H-50-SG-2	32,5 (0,2)	15,4 (0,3)	4,25 (0,13)	16,0 (0,3)	15,4 (0,2)
S1-50-SG-1	28,8 (0,6)	14 (1)	7,3 (0,6)	15 (1)	28,2 (0,3)
S1-50-SG-1,5	31,0 (0,4)	17,3 (0,3)	9,26 (0,12)	19,6 (0,3)	28,1 (0,3)
S1-50-SG-2	28,7 (0,3)	12,9 (0,2)	6,81 (0,05)	14,6 (0,2)	27,8 (0,2)
S2-50-SG-1	35,7 (0,3)	23,3 (0,3)	8,6 (0,2)	24,8 (0,4)	20,4 (0,3)
S2-50-SG-1,5	32,4 (0,6)	19,6 (0,6)	9,8 (0,5)	21,9 (0,8)	26,6 (0,5)
S2-50-SG-2	31,1 (0,5)	18,3 (0,6)	9,7 (0,4)	20,7 (0,7)	27,9 (0,4)
H-50-IF-1	32,3 (0,3)	17,1 (0,4)	8,3 (0,3)	19,0 (0,5)	25,88 (0,12)
H-50-IF-1,5	32,6 (0,14)	16,75 (0,06)	8,39 (0,09)	18,73 (0,07)	26,6 (0,2)
H-50-IF-2	32,5 (0,2)	18,6 (0,3)	9,24 (0,2)	20,7 (0,4)	26,5 (0,2)
S1-50-IF-1	29,62 (0,09)	14,69 (0,02)	7,73 (0,04)	16,60 (0,03)	27,7 (0,2)
S1-50-IF-1,5	29,3 (0,3)	14,3 (0,5)	7,5 (0,6)	16,15 (0,5)	27,81 (0,13)
S1-50-IF-2	29,8 (0,3)	14,6 (0,7)	7,63 (0,12)	16,5 (0,9)	27,5 (0,5)
S2-50-IF-1	30,2 (0,2)	17,16 (0,06)	8,61 (0,05)	19,20 (0,03)	26,6 (0,3)
S2-50-IF-1,5	30,8 (0,2)	17,1 (0,6)	8,31 (0,2)	19,0 (0,7)	25,9 (0,4)
S2-50-IF-2	30,4 (0,4)	17,7 (0,4)	8,9 (0,5)	19,9 (0,5)	26,77 (0,12)

H: Deshidratación osmótica vía húmeda; S1: Deshidratación osmótica vía seca sin eliminar fase líquida; S2: Deshidratación osmótica vía seca eliminando fase líquida.

S: Sacarosa; SG: Sacarosa + Glucosa (50:50 p/p); IF: Isomatulosa + Fructosa (50:50 p/p)

2.2. Parámetros reológicos de los untables de fresa

Tabla 2.2.a. Ajuste de los reogramas al modelo de Herschel-Bulkley para los untables de fresa de 30 °Brix. Valores de los parámetros reológicos; n: índice de flujo; τ_0 = umbral de fluencia y k= coeficiente de consistencia.

30 °Brix		τ_0	k	n	R ²	
Elaboración	% Pectina					
Sacarosa						
1		1	15,1 (0,5)	12,9 (0,3)	0,47 (0,02)	0,997
2	H	1,5	31,23 (0,18)	26,4 (0,3)	0,462 (0,013)	0,998
3		2	38,3 (1,9)	29 (3)	0,435 (0,002)	0,992
4		1	4,03 (0,04)	6,1 (0,8)	0,535 (0,015)	0,999
5	S1	1,5	10,7 (0,7)	13,7 (1,3)	0,487 (0,002)	0,998
6		2	16,19 (0,13)	19,6 (2,6)	0,495 (0,002)	0,990
7		1	19,9 (0,9)	16,18 (0,19)	0,456 (0,002)	0,998
8	S2	1,5	27,75 (1,09)	22,9 (0,8)	0,455 (0,005)	0,999
9		2	55 (6)	36,5 (1,6)	0,447 (0,004)	0,997
Isomaltulosa						
10		1	13,4 (0,4)	12,3 (0,4)	0,472 (0,005)	0,999
11	H	1,5	27,9 (0,2)	25,2 (0,8)	0,451 (0,008)	0,997
12		2	30,6 (1,9)	26 (3)	0,444 (0,005)	0,999
13		1	4,31 (0,17)	7,29 (0,02)	0,484 (0,006)	0,999
14	S1	1,5	6,6 (0,2)	10,74 (0,02)	0,494 (0,006)	0,999
15		2	10,05 (0,09)	16,5 (0,4)	0,486 (0,002)	0,998
16		1	13,3 (0,8)	13,6 (0,5)	0,475 (0,002)	0,999
17	S2	1,5	22,6 (0,7)	19,9 (0,3)	0,469 (0,002)	0,999
18		2	36 (2)	28 (2)	0,455 (0,002)	0,996

-Valores entre paréntesis: desviación estándar.

Tabla 2.2.b. Ajuste de los reogramas al modelo de Herschel-Bulkley para los untables de fresa de 50 °Brix. Valores de los parámetros reológicos; n: índice de flujo; τ_0 = umbral de fluencia y k= coeficiente de consistencia

50 °Brix		τ_0	k	n	R ²	
Elaboración	% Pectina					
Sacarosa						
1		1	108 (5)	47,3 (0,9)	0,422 (0,002)	0,995
2	H	1,5	123 (12)	61 (3)	0,422 (0,003)	0,993
3		2	165 (22)	69 (2)	0,42 (0,02)	0,990
4		1	7 (1)	14 (2)	0,482 (0,002)	0,999
5	S1	1,5	20,1 (0,2)	25,07 (0,02)	0,472 (0,002)	0,998
6		2	41 (1)	38 (2)	0,455 (0,005)	0,997
7		1	46 (2)	31 (1)	0,433 (0,002)	0,998
8	S2	1,5	120 (1)	60 (1)	0,391 (0,002)	0,997
9		2	137 (6)	64 (1)	0,416 (0,002)	0,995
Sacarosa /Glucosa						
10		1	123 (6)	53 (1)	0,420 (0,002)	0,995
11	H	1,5	143 (12)	65 (5)	0,415 (0,012)	0,991
12		2	190 (16)	76 (6)	0,40 (0,02)	0,993
13		1	8,2 (0,4)	14 (1)	0,527 (0,009)	0,999
14	S1	1,5	27 (1)	26 (1)	0,492 (0,002)	0,997
15		2	47 (6)	44 (2)	0,467 (0,103)	0,996
16		1	76 (2)	40 (1)	0,432 (0,002)	0,996
17	S2	1,5	129 (3)	63 (2)	0,41 (0,03)	0,993
18		2	151 (4)	70 (3)	0,402 (0,112)	0,982
Isomaltulosa /Fructosa						
19		1	76 (3)	38(1)	0,434 (0,002)	0,997
20	H	1,5	99 (6)	52,91 (0,02)	0,415 (0,004)	0,997
21		2	158 (4)	66,5 (0,3)	0,432 (0,003)	0,993
22		1	6,8 (0,2)	12,5 (0,2)	0,477 (0,002)	0,999
23	S1	1,5	13 (1)	21,3 (0,9)	0,468 (0,003)	0,997
24		2	37 (5)	38,3 (0,6)	0,446 (0,004)	0,996
25		1	31 (2)	25 (1)	0,432 (0,003)	0,999
26	S2	1,5	61 (3)	38 (7)	0,45 (0,04)	0,998
27		2	91 (5)	56 (3)	0,418 (0,004)	0,996

Valores entre paréntesis: desviación estándar.

ANEXO 3. OPTIMIZACIÓN DE UNTABLES DE FRESA 50 °BRIX

3.1. Caracterización de la materia prima

3.1.1. Análisis de la varianza de los datos composicionales de los distintos lotes.

Tabla 3.1. Resumen del ANOVA simple realizado para lo datos de composición de los distintos lotes de Fresa Fresca utilizados

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS	F _{ratio}	P _{valor}
x^{ss}	148,09	0,0000
x^w	1,04	0,4468
a_w	26,75	0,0000
pH	85,08	0,0000

Tabla 3.2. Valores de contenido en sólidos solubles, humedad, actividad de agua y pH, así como los grupos homogéneos establecidos mediante el ANOVA simple de los distintos lotes de Fresa Fresca utilizados.

LOTES	x^{ss}	x^w	a^w	pH
A	0,0765 (0,0005) (h)	0,921 (0,012) (ab)	0,9900 (0,0006) (de)	3,557 (0,009) (j)
B	0,0665 (0,0005) (d)	0,931 (0,012) (b)	0,9910 (0,0006) (ef)	3,423 (0,009) (ef)
C	0,0741 (0,0005) (g)	0,918 (0,012) (ab)	0,9887 (0,0006) (cd)	3,447 (0,009) (fgh)
D	0,0577 (0,0005) (a)	0,944 (0,012) (ab)	0,9837 (0,0006) (ab)	3,457 (0,009) (gh)
E	0,0674 (0,0005) (d)	0,929 (0,012) (b)	0,9827 (0,0006) (a)	3,470 (0,009) (h)
F	0,0605 (0,0005) (b)	0,936 (0,012) (b)	0,9920 (0,0006) (f)	3,440 (0,009) (fg)
G	0,0695 (0,0005) (e)	0,928 (0,012) (ab)	0,9850 (0,0006) (b)	3,440 (0,009) (fg)
H	0,0730 (0,0005) (fg)	0,931 (0,012) (b)	0,9917 (0,0006) (ef)	3,403 (0,009) (de)
I	0,0674 (0,0005) (d)	0,929 (0,012) (b)	0,9870 (0,0006) (c)	3,393 (0,009) (cd)
J	0,0768 (0,0005) (i)	0,917 (0,012) (ab)	0,9920 (0,0006) (f)	3,377 (0,009) (bc)
K	0,0679 (0,0005) (d)	0,897 (0,012) (a)	0,9877 (0,0006) (c)	3,337 (0,009) (a)
L	0,0717 (0,0005) (f)	0,914 (0,012) (ab)	0,9880 (0,0006) (c)	3,357 (0,009) (ab)
M	0,0702 (0,0005) (e)	0,923 (0,012) (ab)	0,9840 (0,0006) (ab)	3,467 (0,009) (h)
N	0,0637 (0,0005) (c)	0,927 (0,012) (ab)	0,9873 (0,0006) (c)	3,530 (0,009) (i)
O	0,0606 (0,0005) (b)	0,935 (0,012) (b)	0,9910 (0,0006) (ef)	3,643 (0,009) (k)

3.1.2. Análisis de la varianza de los compuestos volátiles de los distintos lotes.

Tabla 3.3 Valores medios de la concentración (μg compuesto volátil/100 g de fresa), error estándar, F-ratio y p-valor de los distintos compuestos volátiles, obtenidos en el análisis estadístico de la varianza simple (ANOVA).

Compuestos	Concentración Media	Error Estándar	F-Ratio	p-Valor
Ésteres				
Etil acetato	129,193	61,2358	4,65	0,0027
Isopropil acetato	14,2028	5,00913	7,63	0,0031
Metil propanoato	6,95148	2,16511	7,51	0,0004
Etil propanoato	2,442	0,225859	151,06	0,0000
Metil butirato	162,797	47,9459	11,80	0,0000
Etil butirato	66,6063	12,2115	27,12	0,0000
Butil acetato	10,4521	2,90827	2,11	0,1073
Metil hexanoato	23,06	6,03435	3,33	0,0166
Butil butirato	4,7	1,8	3,95	0,0365
Etil hexanoato	24,0433	3,86051	32,69	0,0026
Hexil acetato	25,0593	6,55829	4,48	0,0044
3-Hexen-1-ol, acetato	4,1175	0,217787	1715,7	0,0000
2-Hexen-1-ol, acetato	48,3435	11,6832	6,03	0,0015
Hexil butirato	4,64308	1,60969	5,76	0,0018
Octil acetato	7,49056	1,80954	4,29	0,0219
Butil octanoato	6,74318	0,71653	20,59	0,0000
Alcoholes				
Propan-2-ol	1,30643	0,0734604	30,03	0,0001
Etanol	22,9385	7,03068	28,46	0,0000
1-Butanol	3,22667	0,395237	68,62	0,0000
1-Penten-3-ol	3,27808	0,499552	4,27	0,0073
3-Metil-1-butanol	44,88	11,06	7,62	0,0235
1-Pentanol	3,275	0,444232	37,36	0,0000
1-Hexanol	67,4375	10,9539	23,46	0,0000
3-Hexen-1-ol	2,55556	1,0022	1,21	0,4115
2-Hexen-1-ol	14,2796	3,85678	3,54	0,0158
Linalol	4,91852	1,29844	4,39	0,0060
Aldehidos				
Hexanal	28,95	5,70508	7,51	0,0002
2-Hexenal	39,305	8,75351	2,20	0,0958
Cetonas				
1-Penten-3-ona	4,3165	0,942379	22,54	0,0000

***p-valor** < 0,5, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media del compuesto volátil entre un nivel de Lotes y otro, con un nivel del 95,0% de confianza

***F-ratio**, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05,

3.2. Características de los untables de 50 °Brix

Tabla.3.4.a. Valores de actividad de agua (a_w), humedad (x^w), contenido en sólidos solubles (x^{ss}) y pH de los untables formulados con sacarosa-isomaltulosa a las 24 horas de su formulación (tiempo 0).

Trat.	X_1 % I	X_2 % P	X_3 % Á.C.	X_4 TT	a_w	x^w	x^{ss}	pH
S ₀₋₁ *	37,5	2	0,75	15	0,913 (0,002)	0,464 (0,003)	0,519 (0,009)	2,98 (0,02)
S ₀₋₂	37,5	2	0,75	5	0,926 (0,003)	0,476 (0,002)	0,513 (0,008)	2,91 (0,03)
S ₀₋₃	25	1,5	1	10	0,917 (0,002)	0,483 (0,002)	0,51 (0,02)	2,82 (0,02)
S ₀₋₄	37,5	1	0,75	5	0,922 (0,002)	0,488 (0,002)	0,517 (0,014)	2,903 (0,006)
S ₀₋₅	25	1,5	0,5	0	0,931 (0,002)	0,483 (0,002)	0,51 (0,004)	3,037 (0,006)
S ₀₋₆	37,5	1	0,75	15	0,927 (0,002)	0,483 (0,002)	0,505 (0,002)	2,89 (0,02)
S ₀₋₇	12,5	1	0,75	15	0,906 (0,002)	0,457 (0,002)	0,525 (0,005)	2,91 (0,02)
S ₀₋₈	0	1,5	0,5	10	0,922 (0,012)	0,468 (0,002)	0,52 (0,02)	3,020 (0,002)
S ₀₋₉	25	0,5	0,5	10	0,934 (0,002)	0,476 (0,002)	0,518 (0,004)	3,017 (0,006)
S ₀₋₁₀	12,5	1	0,75	5	0,934 (0,003)	0,472 (0,003)	0,529 (0,003)	2,867 (0,006)
S ₀₋₁₁	25	1,5	0	10	0,929 (0,012)	0,478 (0,002)	0,525 (0,008)	3,44 (0,02)
S ₀₋₁₂	25	1,5	0,5	10	0,916 (0,012)	0,456 (0,002)	0,536 (0,02)	3,023 (0,006)
S ₀₋₁₃	12,5	1	0,25	15	0,921 (0,002)	0,48 (0,03)	0,54 (0,03)	3,23 (0,02)
S ₀₋₁₄	25	1,5	0,5	10	0,93 (0,002)	0,469 (0,002)	0,533 (0,012)	3,03 (0,02)
S ₀₋₁₅	37,5	1	0,25	5	0,926 (0,002)	0,484 (0,003)	0,50 (0,04)	3,200 (0,002)
S ₀₋₁₆	12,5	1	0,25	5	0,924 (0,002)	0,467 (0,002)	0,49 (0,03)	3,20 (0,02)
S ₀₋₁₇	37,5	1	0,25	15	0,924 (0,002)	0,482 (0,002)	0,518 (0,006)	3,153 (0,006)
S ₀₋₁₈	12,5	2	0,25	5	0,919 (0,002)	0,463 (0,012)	0,499 (0,013)	3,160 (0,002)
S ₀₋₁₉	25	2,5	0,5	10	0,922 (0,002)	0,458 (0,002)	0,473 (0,015)	3,007 (0,006)
S ₀₋₂₀	12,5	2	0,75	15	0,907 (0,002)	0,458 (0,002)	0,498 (0,016)	2,873 (0,006)
S ₀₋₂₁	12,5	2	0,25	15	0,907 (0,002)	0,459 (0,002)	0,503 (0,011)	2,873 (0,006)
S ₀₋₂₂	12,5	2	0,75	5	0,921 (0,002)	0,458 (0,002)	0,511 (0,004)	2,897 (0,006)
S ₀₋₂₃	25	1,5	0,5	20	0,916 (0,005)	0,469 (0,002)	0,511 (0,01)	3,04 (0,02)
S ₀₋₂₄	37,5	2	0,25	15	0,922 (0,002)	0,479 (0,002)	0,504 (0,01)	3,205 (0,002)
S ₀₋₂₅	37,5	2	0,25	5	0,939 (0,007)	0,479 (0,002)	0,503 (0,008)	3,197 (0,006)
S ₀₋₂₆	50	1,5	0,5	10	0,903 (0,002)	0,467 (0,002)	0,523 (0,003)	2,98 (0,02)

I: Isomaltulosa; TT: Tratamiento Térmico (min); P: Pectina; AC: Ácido Cítrico.

*: S₀ → el "0" hace referencia al tiempo de almacenamiento (tiempo 0).

Tabla 3.4.b. Valores de actividad de agua (a_w), humedad (x^w), contenido en sólidos solubles (x^{ss}) y pH de los untables formulados con fructosa-isomaltulosa a las 24 horas de su formulación (tiempo 0).

Trat.	X_1 % I	X_2 % P	X_3 % AC.	X_4 TT	a_w	x^w	x^{ss}	pH
F ₀₋₁ *	37,5	2	0,75	15	0,917 (0,006)	0,496 (0,003)	0,485 (0,012)	2,947 (0,006)
F ₀₋₂	37,5	2	0,75	5	0,915 (0,002)	0,508 (0,002)	0,516 (0,008)	2,930 (0,009)
F ₀₋₃	25	1,5	1	10	0,905 (0,002)	0,515 (0,003)	0,54 (0,04)	2,810 (0,002)
F ₀₋₄	37,5	1	0,75	5	0,905 (0,002)	0,512 (0,002)	0,503 (0,02)	2,897 (0,006)
F ₀₋₅	25	1,5	0,5	0	0,911 (0,002)	0,505 (0,002)	0,505 (0,002)	3,003 (0,006)
F ₀₋₆	37,5	1	0,75	15	0,912 (0,002)	0,503 (0,002)	0,502 (0,008)	2,89 (0,02)
F ₀₋₇	12,5	1	0,75	15	0,895 (0,002)	0,486 (0,002)	0,514 (0,002)	2,90 (0,02)
F ₀₋₈	0	1,5	0,5	10	0,896 (0,002)	0,492 (0,002)	0,523 (0,003)	2,977 (0,006)
F ₀₋₉	25	0,5	0,5	10	0,903 (0,002)	0,502 (0,002)	0,516 (0,012)	2,990 (0,002)
F ₀₋₁₀	12,5	1	0,75	5	0,912 (0,003)	0,502 (0,002)	0,506 (0,007)	2,797 (0,006)
F ₀₋₁₁	25	1,5	0	10	0,907 (0,002)	0,486 (0,002)	0,527 (0,004)	3,39 (0,02)
S ₀₋₁₂	25	1,5	0,5	10	0,910 (0,002)	0,498 (0,002)	0,524 (0,008)	2,99 (0,02)
F ₀₋₁₃	12,5	1	0,25	15	0,900 (0,002)	0,496 (0,002)	0,54 (0,04)	3,180 (0,002)
F ₀₋₁₄	25	1,5	0,5	10	0,905 (0,002)	0,495 (0,002)	0,51 (0,03)	3,010 (0,009)
F ₀₋₁₅	37,5	1	0,25	5	0,911 (0,002)	0,47 (0,07)	0,49 (0,06)	3,130 (0,002)
F ₀₋₁₆	12,5	1	0,25	5	0,894 (0,007)	0,491 (0,002)	0,506 (0,007)	3,183 (0,006)
F ₀₋₁₇	37,5	1	0,25	15	0,910 (0,002)	0,482 (0,002)	0,503 (0,006)	3,167 (0,006)
F ₀₋₁₈	12,5	2	0,25	5	0,909 (0,001)	0,501 (0,002)	0,48 (0,04)	3,163 (0,012)
F ₀₋₁₉	25	2,5	0,5	10	0,906 (0,002)	0,494 (0,002)	0,51 (0,02)	2,917 (0,006)
F ₀₋₂₀	12,5	2	0,75	15	0,902 (0,002)	0,499 (0,002)	0,509 (0,013)	2,873 (0,006)
F ₀₋₂₁	12,5	2	0,25	15	0,901 (0,002)	0,485 (0,002)	0,50 (0,02)	3,120 (0,002)
F ₀₋₂₂	12,5	2	0,75	5	0,902 (0,002)	0,492 (0,001)	0,509 (0,009)	2,870 (0,002)
F ₀₋₂₃	25	1,5	0,5	20	0,902 (0,002)	0,492 (0,001)	0,515 (0,004)	3,02 (0,03)
F ₀₋₂₄	37,5	2	0,25	15	0,905 (0,002)	0,49 (0,002)	0,494 (0,012)	3,190 (0,002)
F ₀₋₂₅	37,5	2	0,25	5	0,914 (0,002)	0,496 (0,002)	0,487 (0,006)	3,160 (0,009)
F ₀₋₂₆	50	1,5	0,5	10	0,913 (0,002)	0,500 (0,002)	0,496 (0,002)	3,020 (0,002)

I: Isomaltulosa; TT: Tratamiento Térmico (min); P: Pectina; AC: Ácido Cítrico.

*: F₀ → el "0" hace referencia al tiempo de almacenamiento (tiempo 0).

Tabla 3.5.a. Valores de actividad de agua (a_w), humedad (x^w), contenido en sólidos solubles (x^{ss}) y pH de los untables formulados con sacarosa-isomaltulosa a los 45 días de su formulación.

Trat.	X_1 % I	X_2 % P	X_3 % AC.	X_4 TT	a_w	x^w	x^{ss}	pH
S _{45-1*}	37,5	2	0,75	15	0,911 (0,002)	0,465 (0,002)	0,524 (0,011)	2,883 (0,006)
S ₄₅₋₂	37,5	2	0,75	5	0,917 (0,002)	0,472 (0,002)	0,507 (0,017)	2,853 (0,006)
S ₄₅₋₃	25	1,5	1	10	0,915 (0,001)	0,488 (0,002)	0,503 (0,008)	2,797 (0,012)
S ₄₅₋₄	37,5	1	0,75	5	0,922 (0,002)	0,481 (0,009)	0,500 (0,006)	2,850 (0,017)
S ₄₅₋₅	25	1,5	0,5	0	0,923 (0,002)	0,472 (0,002)	0,498 (0,004)	3,000 (0,002)
S ₄₅₋₆	37,5	1	0,75	15	0,919 (0,002)	0,485 (0,002)	0,508 (0,003)	2,840 (0,002)
S ₄₅₋₇	12,5	1	0,75	15	0,899 (0,002)	0,461 (0,002)	0,704 (0,029)	3,00 (0,01)
S ₄₅₋₈	0	1,5	0,5	10	0,909 (0,002)	0,467 (0,002)	0,512 (0,007)	2,98 (0,01)
S ₄₅₋₉	25	0,5	0,5	10	0,917 (0,002)	0,472 (0,002)	0,510 (0,002)	2,967 (0,006)
S ₄₅₋₁₀	12,5	1	0,75	5	0,917 (0,002)	0,470 (0,002)	0,516 (0,007)	3,020 (0,002)
S ₄₅₋₁₁	25	1,5	0	10	0,927 (0,002)	0,477 (0,002)	0,493 (0,004)	3,373 (0,006)
S ₄₅₋₁₂	25	1,5	0,5	10	0,917 (0,003)	0,457 (0,002)	0,527 (0,002)	3,103 (0,006)
S ₄₅₋₁₃	12,5	1	0,25	15	0,915 (0,002)	0,471 (0,002)	0,504 (0,004)	3,083 (0,006)
S ₄₅₋₁₄	25	1,5	0,5	10	0,912 (0,002)	0,501 (0,002)	0,542 (0,009)	2,983 (0,006)
S ₄₅₋₁₅	37,5	1	0,25	5	0,925 (0,002)	0,482 (0,002)	0,521 (0,005)	3,117 (0,006)
S ₄₅₋₁₆	12,5	1	0,25	5	0,916 (0,002)	0,499 (0,002)	0,536 (0,006)	3,153 (0,006)
S ₄₅₋₁₇	37,5	1	0,25	15	0,918 (0,002)	0,484 (0,002)	0,521 (0,005)	3,120 (0,002)
S ₄₅₋₁₈	12,5	2	0,25	5	0,913 (0,002)	0,465 (0,002)	0,520 (0,004)	3,117 (0,006)
S ₄₅₋₁₉	25	2,5	0,5	10	0,910 (0,002)	0,455 (0,002)	0,513 (0,008)	3,180 (0,002)
S ₄₅₋₂₀	12,5	2	0,75	15	0,909 (0,002)	0,454 (0,002)	0,515 (0,006)	3,050 (0,002)
S ₄₅₋₂₁	12,5	2	0,25	15	0,915 (0,003)	0,467 (0,002)	0,522 (0,003)	3,137 (0,012)
S ₄₅₋₂₂	12,5	2	0,75	5	0,908 (0,002)	0,459 (0,002)	0,519 (0,003)	2,870 (0,002)
S ₄₅₋₂₃	25	1,5	0,5	20	0,917 (0,002)	0,471 (0,003)	0,524 (0,003)	3,150 (0,002)
S ₄₅₋₂₄	37,5	2	0,25	15	0,907 (0,002)	0,477 (0,002)	0,508 (0,002)	3,290 (0,002)
S ₄₅₋₂₅	37,5	2	0,25	5	0,925 (0,002)	0,484 (0,002)	0,505 (0,008)	3,203 (0,006)
S ₄₅₋₂₆	50	1,5	0,5	10	0,903 (0,002)	0,472 (0,002)	0,516 (0,016)	3,000 (0,002)

I: Isomaltulosa; TT: Tratamiento Térmico (min); P: Pectina; AC: Ácido Cítrico.

*: S₄₅ → el "45" hace referencia al tiempo de almacenamiento (45 días).

Tabla 3.5.b. Valores de actividad de agua (a_w), humedad (x^w), contenido en sólidos solubles (x^{ss}) y pH de los diferentes untables formulados con fructosa-isomaltulosa a 45 días de almacenamiento.

Trat.	X_1 % I	X_2 % P	X_3 % AC.	X_4 TT	a_w	x^w	x^{ss}	pH
F ₄₅₋₁ *	37,5	2	0,75	15	0,910 (0,002)	0,493 (0,002)	0,518 (0,012)	2,857 (0,006)
F ₄₅₋₂	37,5	2	0,75	5	0,917 (0,002)	0,509 (0,002)	0,505 (0,018)	2,927 (0,006)
F ₄₅₋₃	25	1,5	1	10	0,906 (0,002)	0,510 (0,002)	0,488 (0,015)	2,747 (0,006)
F ₄₅₋₄	37,5	1	0,75	5	0,912 (0,002)	0,503 (0,002)	0,497 (0,008)	2,857 (0,006)
F ₄₅₋₅	25	1,5	0,5	0	0,909 (0,002)	0,509 (0,002)	0,493 (0,005)	3,013 (0,015)
F ₄₅₋₆	37,5	1	0,75	15	0,912 (0,002)	0,500 (0,002)	0,650 (0,013)	3,030 (0,002)
F ₄₅₋₇	12,5	1	0,75	15	0,894 (0,002)	0,482 (0,003)	0,952 (0,007)	3,027 (0,006)
F ₄₅₋₈	0	1,5	0,5	10	0,897 (0,002)	0,502 (0,002)	0,516 (0,002)	3,013 (0,006)
F ₄₅₋₉	25	0,5	0,5	10	0,911 (0,002)	0,496 (0,002)	0,522 (0,002)	2,920 (0,002)
F ₄₅₋₁₀	12,5	1	0,75	5	0,903 (0,002)	0,504 (0,002)	0,498 (0,002)	2,807 (0,006)
F ₄₅₋₁₁	25	1,5	0	10	0,904 (0,002)	0,490 (0,002)	0,508 (0,006)	3,347 (0,006)
F ₄₅₋₁₂	25	1,5	0,5	10	0,909 (0,002)	0,500 (0,002)	0,507 (0,011)	2,943 (0,006)
F ₄₅₋₁₃	12,5	1	0,25	15	0,915 (0,002)	0,495 (0,002)	0,490 (0,007)	3,110 (0,002)
F ₄₅₋₁₄	25	1,5	0,5	10	0,908 (0,003)	0,495 (0,002)	0,509 (0,002)	2,940 (0,002)
F ₄₅₋₁₅	37,5	1	0,25	5	0,913 (0,002)	0,504 (0,002)	0,549 (0,004)	3,077 (0,006)
F ₄₅₋₁₆	12,5	1	0,25	5	0,899 (0,004)	0,500 (0,002)	0,510 (0,015)	3,107 (0,006)
F ₄₅₋₁₇	37,5	1	0,25	15	0,905 (0,002)	0,498 (0,002)	0,518 (0,009)	3,110 (0,002)
F ₄₅₋₁₈	12,5	2	0,25	5	0,903 (0,002)	0,504 (0,002)	0,500 (0,002)	3,130 (0,002)
F ₄₅₋₁₉	25	2,5	0,5	10	0,907 (0,002)	0,493 (0,002)	0,510 (0,009)	3,063 (0,006)
F ₄₅₋₂₀	12,5	2	0,75	15	0,901 (0,002)	0,498 (0,002)	0,516 (0,002)	3,030 (0,002)
F ₄₅₋₂₁	12,5	2	0,25	15	0,900 (0,002)	0,488 (0,002)	0,508 (0,002)	3,140 (0,002)
F ₄₅₋₂₂	12,5	2	0,75	5	0,904 (0,002)	0,489 (0,002)	0,496 (0,004)	2,880 (0,002)
F ₄₅₋₂₃	25	1,5	0,5	20	0,902 (0,002)	0,486 (0,006)	0,511 (0,006)	3,130 (0,002)
F ₄₅₋₂₄	37,5	2	0,25	15	0,907 (0,002)	0,497 (0,003)	0,511 (0,002)	3,270 (0,002)
F ₄₅₋₂₅	37,5	2	0,25	5	0,910 (0,002)	0,496 (0,002)	0,479 (0,024)	3,210 (0,002)
F ₄₅₋₂₆	50	1,5	0,5	10	0,913 (0,002)	0,496 (0,002)	0,489 (0,006)	3,067 (0,006)

I: Isomaltulosa; TT: Tratamiento Térmico (min); P: Pectina; AC: Ácido Cítrico.

*: F₄₅ → el "45" hace referencia al tiempo de almacenamiento (45 días).

Tabla 3.6.a. Valores de actividad de agua (a_w), humedad (x^w), contenido en sólidos solubles (x^{ss}) y pH de los diferentes untables formulados con sacarosa-isomaltulosa a 90 días de almacenamiento.

Trat.	X_1 % I	X_2 % P	X_3 % AC.	X_4 TT	a_w	x^w	x^{ss}	pH
S _{90-1*}	37,5	2	0,75	15	0,907 (0,002)	0,472 (0,004)	0,515 (0,005)	2,980 (0,020)
S ₉₀₋₂	37,5	2	0,75	5	0,913 (0,002)	0,465 (0,009)	0,494 (0,008)	2,800 (0,002)
S ₉₀₋₃	25	1,5	1	10	0,912 (0,002)	0,488 (0,002)	0,508 (0,005)	2,703 (0,006)
S ₉₀₋₄	37,5	1	0,75	5	0,913 (0,002)	0,483 (0,002)	0,495 (0,003)	2,860 (0,002)
S ₉₀₋₅	25	1,5	0,5	0	0,917 (0,002)	0,478 (0,002)	0,486 (0,007)	3,010 (0,002)
S ₉₀₋₆	37,5	1	0,75	15	0,915 (0,002)	0,483 (0,002)	0,492 (0,002)	2,880 (0,002)
S ₉₀₋₇	12,5	1	0,75	15	0,902 (0,002)	0,449 (0,011)	0,515 (0,012)	2,870 (0,002)
S ₉₀₋₈	0	1,5	0,5	10	0,899 (0,002)	0,463 (0,003)	0,496 (0,002)	3,003 (0,006)
S ₉₀₋₉	25	0,5	0,5	10	0,905 (0,002)	0,477 (0,002)	0,504 (0,003)	3,007 (0,006)
S ₉₀₋₁₀	12,5	1	0,75	5	0,902 (0,002)	0,464 (0,002)	0,491 (0,005)	2,870 (0,002)
S ₉₀₋₁₁	25	1,5	0	10	0,920 (0,002)	0,471 (0,003)	0,476 (0,008)	3,410 (0,002)
S ₉₀₋₁₂	25	1,5	0,5	10	0,904 (0,002)	0,452 (0,001)	0,513 (0,006)	3,017 (0,006)
S ₉₀₋₁₃	12,5	1	0,25	15	0,906 (0,002)	0,464 (0,002)	0,494 (0,003)	3,170 (0,002)
S ₉₀₋₁₄	25	1,5	0,5	10	0,909 (0,002)	0,470 (0,002)	0,488 (0,002)	3,030 (0,002)
S ₉₀₋₁₅	37,5	1	0,25	5	0,915 (0,002)	0,478 (0,005)	0,49 (0,01)	3,180 (0,002)
S ₉₀₋₁₆	12,5	1	0,25	5	0,909 (0,002)	0,457 (0,002)	0,480 (0,004)	3,210 (0,002)
S ₉₀₋₁₇	37,5	1	0,25	15	0,915 (0,002)	0,479 (0,002)	0,507 (0,002)	3,180 (0,002)
S ₉₀₋₁₈	12,5	2	0,25	5	0,910 (0,003)	0,462 (0,002)	0,523 (0,003)	3,167 (0,006)
S ₉₀₋₁₉	25	2,5	0,5	10	0,917 (0,002)	0,453 (0,004)	0,492 (0,011)	3,120 (0,002)
S ₉₀₋₂₀	12,5	2	0,75	15	0,907 (0,002)	0,450 (0,002)	0,501 (0,002)	3,000 (0,002)
S ₉₀₋₂₁	12,5	2	0,25	15	0,910 (0,002)	0,464 (0,002)	0,516 (0,003)	3,220 (0,002)
S ₉₀₋₂₂	12,5	2	0,75	5	0,904 (0,002)	0,471 (0,003)	0,523 (0,006)	2,970 (0,002)
S ₉₀₋₂₃	25	1,5	0,5	20	0,908 (0,002)	0,478 (0,002)	0,516 (0,003)	2,960 (0,002)
S ₉₀₋₂₄	37,5	2	0,25	15	0,916 (0,002)	0,484 (0,002)	0,508 (0,004)	3,110 (0,002)
S ₉₀₋₂₅	37,5	2	0,25	5	0,919 (0,002)	0,488 (0,002)	0,505 (0,002)	3,170 (0,002)
S ₉₀₋₂₆	50	1,5	0,5	10	0,895 (0,002)	0,481 (0,006)	0,531 (0,008)	2,950 (0,002)

I: Isomaltulosa; TT: Tratamiento Térmico (min); P: Pectina; AC: Ácido Cítrico.

*: S₉₀ → el "90" hace referencia al tiempo de almacenamiento (90 días).

Tabla 3.6.b. Valores de actividad de agua (a_w), humedad (x^w), contenido en sólidos solubles (x^{ss}) y pH de los diferentes untables formulados con fructosa-isomaltulosa a 90 días de almacenamiento..

Trat.	X_1 % I	X_2 % P	X_3 % AC.	X_4 TT	a_w	x^w	x^{ss}	pH
F ₉₀ -1*	37,5	2	0,75	15	0,907 (0,002)	0,485 (0,003)	0,068 (0,002)	2,823 (0,006)
F ₉₀ -2	37,5	2	0,75	5	0,917 (0,002)	0,507 (0,004)	0,494 (0,002)	2,840 (0,002)
F ₉₀ -3	25	1,5	1	10	0,913 (0,002)	0,504 (0,001)	0,482 (0,016)	2,800 (0,002)
F ₉₀ -4	37,5	1	0,75	5	0,937 (0,046)	0,504 (0,002)	0,479 (0,003)	2,900 (0,002)
F ₉₀ -5	25	1,5	0,5	0	0,915 (0,002)	0,504 (0,002)	0,482 (0,002)	3,030 (0,002)
F ₉₀ -6	37,5	1	0,75	15	0,916 (0,002)	0,498 (0,004)	0,483 (0,003)	2,890 (0,002)
F ₉₀ -7	12,5	1	0,75	15	0,900 ((0,002)	0,484 (0,002)	0,478 (0,002)	2,900 (0,002)
F ₉₀ -8	0	1,5	0,5	10	0,897 (0,002)	0,493 (0,002)	0,480 (0,415)	3,020 (0,002)
F ₉₀ -9	25	0,5	0,5	10	0,902 (0,002)	0,501 (0,002)	0,502 (0,004)	3,000 (0,002)
F ₉₀ -10	12,5	1	0,75	5	0,901 (0,002)	0,496 (0,002)	0,496 (0,002)	2,867 (0,006)
F ₉₀ -11	25	1,5	0	10	0,903 (0,002)	0,480 (0,002)	0,492 (0,002)	3,380 (0,002)
F ₉₀ -12	25	1,5	0,5	10	0,903 (0,003)	0,499 (0,012)	0,47 (0,01)	3,020 (0,002)
F ₉₀ -13	12,5	1	0,25	15	0,901 (0,002)	0,485 (0,002)	0,498 (0,013)	3,170 (0,002)
F ₉₀ -14	25	1,5	0,5	10	0,903 (0,002)	0,487 (0,002)	0,482 (0,003)	3,000 (0,002)
F ₉₀ -15	37,5	1	0,25	5	0,908 (0,002)	0,500 (0,002)	0,488 (0,003)	3,130 (0,002)
F ₉₀ -16	12,5	1	0,25	5	0,900 (0,002)	0,394 (0,167)	0,524 (0,006)	3,167 (0,006)
F ₉₀ -17	37,5	1	0,25	15	0,910 (0,002)	0,494 (0,002)	0,397 (0,169)	3,190 (0,002)
F ₉₀ -18	12,5	2	0,25	5	0,903 (0,002)	0,501 (0,002)	0,499 (0,005)	3,170 (0,002)
F ₉₀ -19	25	2,5	0,5	10	0,907 (0,002)	0,507 (0,002)	0,485 (0,005)	3,030 (0,002)
F ₉₀ -20	12,5	2	0,75	15	0,904 (0,002)	0,511 (0,002)	0,494 (0,012)	2,980 (0,002)
F ₉₀ -21	12,5	2	0,25	15	0,898 (0,002)	0,495 (0,002)	0,501 (0,005)	3,220 (0,002)
F ₉₀ -22	12,5	2	0,75	5	0,900 (0,002)	0,484 (0,003)	0,518 (0,008)	2,990 (0,002)
F ₉₀ -23	25	1,5	0,5	20	--	0,484 (0,008)	0,477 (0,014)	2,960 (0,002)
F ₉₀ -24	37,5	2	0,25	15	0,914 (0,002)	0,498 (0,009)	0,490 (0,008)	3,110 (0,002)
F ₉₀ -25	37,5	2	0,25	5	0,915 (0,002)	0,495 (0,006)	0,506 (0,008)	3,140 (0,002)
F ₉₀ -26	50	1,5	0,5	10	0,918 (0,003)	0,510 (0,003)	0,493 (0,006)	3,020 (0,002)

I: Isomaltulosa; TT: Tratamiento Térmico (min); P: Pectina; AC: Ácido Cítrico.

*: F₉₀ → el "90" hace referencia al tiempo de almacenamiento (90 días).

3.3. Coordenadas colorimétricas de los untables de fresa de 50 °Brix

Tabla.3.7.a. Valores de las coordenadas colorimétricas (L*, a* y b*) de los untables formulados con sacarosa-isomaltulosa a las 24 horas de su formulación (tiempo 0).

Trat.	X ₁ % I	X ₂ % P	X ₃ % AC.	X ₄ TT	L*	a*	b*
S ₀ -1*	37,5	2	0,75	15	33,1 (0,3)	23,78 (0,5)	13,2 (0,5)
S ₀ -2	37,5	2	0,75	5	30,36 (0,12)	18,9 (0,2)	11,34 (0,14)
S ₀ -3	25	1,5	1	10	28,26 (0,04)	16,19 (0,09)	8,66 (0,02)
S ₀ -4	37,5	1	0,75	5	31,3 (0,3)	22,0 (0,6)	12,9 (0,6)
S ₀ -5	25	1,5	0,5	0	30,8 (0,3)	20,2 (0,5)	11,6 (0,3)
S ₀ -6	37,5	1	0,75	15	30,2 (0,2)	20,4 (0,4)	11,4 (0,3)
S ₀ -7	12,5	1	0,75	15	28,261 (0,102)	18,4 (0,2)	11,02 (0,12)
S ₀ -8	0	1,5	0,5	10	28,2 (0,3)	17,5 (0,2)	9,8 (0,2)
S ₀ -9	25	0,5	0,5	10	28,3 (0,3)	18,8 (0,3)	10,3 (0,3)
S ₀ -10	12,5	1	0,75	5	27,5 (0,2)	18,3 (0,2)	10,7 (0,09)
S ₀ -11	25	1,5	0	10	26,3 (0,2)	12,6 (0,2)	7,25 (0,12)
S ₀ -12	25	1,5	0,5	10	31,76 (0,03)	22,7 (0,2)	10,0 (0,2)
S ₀ -13	12,5	1	0,25	15	27,8 (0,7)	15 (1)	5,0 (0,7)
S ₀ -14	25	1,5	0,5	10	28,51 (0,09)	17,71 (0,08)	7,8 (0,03)
S ₀ -15	37,5	1	0,25	5	30,76 (0,03)	19,82 (0,03)	11,81 (0,07)
S ₀ -16	12,5	1	0,25	5	--	--	--
S ₀ -17	37,5	1	0,25	15	29,2 (0,3)	15,58 (0,05)	6,61 (0,06)
S ₀ -18	12,5	2	0,25	5	30,8 (0,2)	17,6 (0,2)	8,19 (0,26)
S ₀ -19	25	2,5	0,5	10	28,15 (0,02)	14,78 (0,02)	6,1 (0,2)
S ₀ -20	12,5	2	0,75	15	28,57 (0,05)	17,4 (0,2)	7,56 (0,13)
S ₀ -21	12,5	2	0,25	15	29,37 (0,04)	15,6 (0,07)	6,94 (0,05)
S ₀ -22	12,5	2	0,75	5	29,771 (0,105)	19,8 (0,2)	9,08 (0,07)
S ₀ -23	25	1,5	0,5	20	30,0 (0,4)	19,4 (0,2)	8,7 (0,3)
S ₀ -24	37,5	2	0,25	15	29,95 (0,07)	18,7 (0,2)	8,2 (0,2)
S ₀ -25	37,5	2	0,25	5	29,887 (0,004)	15,05 (0,14)	7,30 (0,14)
S ₀ -26	50	1,5	0,5	10	28,98 (0,06)	13,91 (0,08)	6,92 (0,06)

I: isomaltulosa; TT: Tratamiento Térmico (min); P: Pectina; AC: Ácido Cítrico.

*: S₀ → el "0" hace referencia al tiempo de almacenamiento (tiempo 0).

Tabla.3.7.b. Valores de las coordenadas colorimétricas (L*, a* y b*) de los untables formulados con fructosa-isomaltulosa a las 24 horas de su formulación (tiempo 0).

Trat.	X ₁ % I	X ₂ % P	X ₃ % Á.C.	X ₄ TT	L*	a*	b*
F ₀ -1*	37,5	2	0,75	15	31,2(0,2)	20,1(0,3)	11,2(0,3)
F ₀ -2	37,5	2	0,75	5	28,1(0,3)	12,1(0,3)	7,8(0,2)
F ₀ -3	25	1,5	1	10	31,4(0,5)	21,5(0,3)	12,09(0,07)
F ₀ -4	37,5	1	0,75	5	29,6(0,4)	18,4(0,7)	10,3(0,4)
F ₀ -5	25	1,5	0,5	0	32,1(0,3)	22,13(0,08)	13,24(0,03)
F ₀ -6	37,5	1	0,75	15	29,4(0,2)	19,8(0,3)	12,1(0,2)
F ₀ -7	12,5	1	0,75	15	29,4(0,3)	19,6(0,2)	11,8(0,2)
F ₀ -8	0	1,5	0,5	10	30,72(0,04)	20,69(0,12)	11,930(0,102)
F ₀ -9	25	0,5	0,5	10	28,542(0,102)	17,3(0,3)	10,1(0,3)
F ₀ -10	12,5	1	0,75	5	27,7(0,4)	18,6(0,7)	10,7(0,5)
F ₀ -11	25	1,5	0	10	28,9(0,3)	15,5(0,2)	9,06(0,09)
F ₀ -12	25	1,5	0,5	10	29,27(0,02)	18,13(0,07)	6,976(0,013)
F ₀ -13	12,5	1	0,25	15	28,1(0,6)	13,8(0,5)	4,8(0,5)
F ₀ -14	25	1,5	0,5	10	29,99(0,08)	19,2(0,3)	9,37(0,13)
F ₀ -15	37,5	1	0,25	5	29,63(0,07)	18,4(0,2)	10,86(0,02)
F ₀ -16	12,5	1	0,25	5	--	--	--
F ₀ -17	37,5	1	0,25	15	29,27(0,02)	16,0(0,3)	6,89(0,13)
F ₀ -18	12,5	2	0,25	5	32,0(0,2)	17,9(0,3)	8,51(0,13)
F ₀ -19	25	2,5	0,5	10	27,95(-)	13,83(-)	6,27(0,21)
F ₀ -20	12,5	2	0,75	15	27,0(0,2)	11,69(0,03)	4,901(0,103)
F ₀ -21	12,5	2	0,25	15	30,69(0,03)	18,18(0,08)	8,415(0,007)
F ₀ -22	12,5	2	0,75	5	30,30(0,12)	19,44(0,13)	9,370(0,104)
F ₀ -23	25	1,5	0,5	20	32,43(0,13)	20,0(0,3)	10,15(0,04)
F ₀ -24	37,5	2	0,25	15	31,34(0,06)	18,3(0,2)	9,27(0,08)
F ₀ -25	37,5	2	0,25	5	32,3(0,2)	16,9(0,4)	9,7(0,4)
F ₀ -26	50	1,5	0,5	10	32,08(0,08)	16,61(0,03)	10,06(0,07)

I: Isomaltulosa; TT: Tratamiento Térmico (min); P: Pectina; AC: Ácido Cítrico.

*: F₀ → el "0" hace referencia al tiempo de almacenamiento (tiempo 0).

Tabla.3.8.a. Valores de las coordenadas colorimétricas (L*, a* y b*) de los untables formulados con sacarosa-isomaltulosa a los 45 días de su formulación (tiempo 45).

Trat.	X ₁ % I	X ₂ % P	X ₃ % AC.	X ₄ TT	L*	a*	b*
S ₄₅ -1*	37,5	2	0,75	15	35,39 (0,09)	16,4 (0,3)	7,7 (0,2)
S ₄₅ -2	37,5	2	0,75	5	29,7 (0,5)	9 (1)	3,2 (0,7)
S ₄₅ -3	25	1,5	1	10	28,17 (0,05)	7,7 (0,2)	-0,010 (0,007)
S ₄₅ -4	37,5	1	0,75	5	28,9 (0,3)	8,7 (0,3)	0,6 (0,3)
S ₄₅ -5	25	1,5	0,5	0	29,80 (0,12)	8,5 (0,3)	1,23 (0,15)
S ₄₅ -6	37,5	1	0,75	15	30,21 (0,08)	9,6 (0,2)	1,53 (0,14)
S ₄₅ -7	12,5	1	0,75	15	29,5 (0,2)	10,5 (0,4)	-0,7 (0,3)
S ₄₅ -8	0	1,5	0,5	10	28,7 (0,2)	8,6 (0,6)	-1,71 (0,09)
S ₄₅ -9	25	0,5	0,5	10	30,4 (0,3)	10,8 (0,7)	-0,067 (0,005)
S ₄₅ -10	12,5	1	0,75	5	29,37 (0,12)	7,5 (0,5)	1,0 (0,2)
S ₄₅ -11	25	1,5	0	10	29,0820 (0,012)	5,07 (0,06)	-0,001 (0,005)
S ₄₅ -12	25	1,5	0,5	10	31,79 (0,02)	10,53 (0,09)	3,57 (0,04)
S ₄₅ -13	12,5	1	0,25	15	28,819 (0,102)	6,69 (0,05)	0,45 (0,07)
S ₄₅ -14	25	1,5	0,5	10	30,05 (0,08)	7,20 (0,08)	0,534 (0,012)
S ₄₅ -15	37,5	1	0,25	5	29,6 (0,3)	7,16 (0,35)	-2,11 (0,3)
S ₄₅ -16	12,5	1	0,25	5	29,69 (0,06)	6,83 (0,12)	0,40 (0,08)
S ₄₅ -17	37,5	1	0,25	15	28,66 (0,04)	6,72 (0,08)	-0,39 (0,05)
S ₄₅ -18	12,5	2	0,25	5	30,737 (0,008)	7,67 (0,08)	1,46 (0,04)
S ₄₅ -19	25	2,5	0,5	10	30,376 (-)	13,39 (-)	6,4 (0,5)
S ₄₅ -20	12,5	2	0,75	15	28,2 (0,2)	11,7 (0,4)	4,8 (0,2)
S ₄₅ -21	12,5	2	0,25	15	27,46 (0,12)	8,22 (0,04)	4,02 (0,5)
S ₄₅ -22	12,5	2	0,75	5	28,40 (0,02)	10,594 (0,104)	5,160 (0,06)
S ₄₅ -23	25	1,5	0,5	20	27,94 (0,03)	9,52 (0,06)	2,24 (0,03)
S ₄₅ -24	37,5	2	0,25	15	27,47 (0,07)	8,2 (0,2)	1,30 (0,12)
S ₄₅ -25	37,5	2	0,25	5	28,03 (0,07)	6,973 (0,012)	1,96 (0,08)
S ₄₅ -26	50	1,5	0,5	10	26,65 (0,03)	5,52 (0,09)	0,85 (0,12)

I: isomaltulosa; TT: Tratamiento Térmico (min); P: Pectina; AC: Ácido Cítrico.

*: S₄₅ → el "45" hace referencia al tiempo de almacenamiento (45 días).

Tabla.3.8.b. Valores de las coordenadas colorimétricas (L*, a* y b*) de los untables formulados con fructosa-isomaltulosa a los 45 días de su formulación (tiempo 45).

Trat.	X ₁ % I	X ₂ % P	X ₃ % AC.	X ₄ TT	L*	a*	b*
F ₄₅ -1*	37,5	2	0,75	15	33,3(0,3)	13,1(0,4)	6,2(0,3)
F ₄₅ -2	37,5	2	0,75	5	27,32(0,07)	4,86(0,06)	-0,45(0,06)
F ₄₅ -3	25	1,5	1	10	31,34(0,05)	11,02(0,09)	3,03(0,05)
F ₄₅ -4	37,5	1	0,75	5	29,6(0,2)	9,1(0,2)	1,6(0,3)
F ₄₅ -5	25	1,5	0,5	0	30,10(0,05)	8,19(0,06)	1,73(0,04)
F ₄₅ -6	37,5	1	0,75	15	28,9(0,4)	7,7(0,2)	-1,7(0,3)
F ₄₅ -7	12,5	1	0,75	15	29,29(0,03)	8,68(0,13)	-1,05(0,03)
F ₄₅ -8	0	1,5	0,5	10	30,0(0,2)	8,8(0,2)	-0,7(0,2)
F ₄₅ -9	25	0,5	0,5	10	30,101(0,104)	8,4(0,3)	-1,5(0,2)
F ₄₅ -10	12,5	1	0,75	5	29,57(0,06)	7,604(0,106)	1,15(0,02)
F ₄₅ -11	25	1,5	0	10	29,71(0,03)	5,74(0,09)	0,90(0,03)
F ₄₅ -12	25	1,5	0,5	10	29,9(0,2)	7,7(0,2)	1,6(0,2)
F ₄₅ -13	12,5	1	0,25	15	29,6(0,3)	6,434(0,112)	1,3(0,3)
F ₄₅ -14	25	1,5	0,5	10	30,52(0,02)	7,24(0,06)	1,3(0,04)
F ₄₅ -15	37,5	1	0,25	5	29,08(0,09)	6,02(0,12)	-2,60(0,04)
F ₄₅ -16	12,5	1	0,25	5	29,74(0,04)	5,63(0,02)	0,40(0,02)
F ₄₅ -17	37,5	1	0,25	15	30,92(0,14)	8,85(0,05)	1,83(0,09)
F ₄₅ -18	12,5	2	0,25	5	28,15(0,08)	5,48(0,13)	-0,85(0,06)
F ₄₅ -19	25	2,5	0,5	10	26,11(-)	6,28(-)	2,57(0,05)
F ₄₅ -20	12,5	2	0,75	15	25,9(0,2)	6,1(0,2)	2,4(0,2)
F ₄₅ -21	12,5	2	0,25	15	28,51(0,14)	8,667(0,107)	4,88(0,13)
F ₄₅ -22	12,5	2	0,75	5	29,1(0,2)	10,07(0,08)	6,15(0,14)
F ₄₅ -23	25	1,5	0,5	20	29,54(0,07)	9,54(0,14)	4,03(0,08)
F ₄₅ -24	37,5	2	0,25	15	28,4(0,2)	7,96(0,15)	2,85(0,13)
F ₄₅ -25	37,5	2	0,25	5	27,35(0,03)	4,850(0,006)	1,58(0,09)
F ₄₅ -26	50	1,5	0,5	10	29,09(0,02)	7,0(0,03)	3,450(0,008)

I: isomaltulosa; TT: Tratamiento Térmico (min); P: Pectina; AC: Ácido Cítrico.

*: F₄₅ → el "45" hace referencia al tiempo de almacenamiento (45 días).

Tabla.3.9.a. Valores de las coordenadas colorimétricas (L*, a* y b*) de los untables formulados con sacarosa-isomaltulosa a los 90 días de su formulación (tiempo 90).

Trat.	X ₁ % I	X ₂ % P	X ₃ % AC.	X ₄ TT	L*	a*	b*
S ₉₀ -1*	37,5	2	0,75	15	35,5(0,9)	13,5(0,4)	11,6(0,7)
S ₉₀ -2	37,5	2	0,75	5	29,3(0,3)	9,3(0,3)	6,7(0,3)
S ₉₀ -3	25	1,5	1	10	27,08(0,05)	7,4(0,2)	3,96(0,04)
S ₉₀ -4	37,5	1	0,75	5	26,98(0,04)	7,47(0,12)	6,76(0,07)
S ₉₀ -5	25	1,5	0,5	0	27,680(0,006)	7,23(0,07)	4,75(0,02)
S ₉₀ -6	37,5	1	0,75	15	27,52(0,13)	6,27(0,05)	4,13(0,12)
S ₉₀ -7	12,5	1	0,75	15	26,21(0,06)	6,58(0,08)	1,40(0,03)
S ₉₀ -8	0	1,5	0,5	10	27,23(0,03)	7,26(0,06)	3,15(0,04)
S ₉₀ -9	25	0,5	0,5	10	26,89(0,03)	5,7(0,9)	2,62(0,02)
S ₉₀ -10	12,5	1	0,75	5	27,16(0,06)	6,92(0,03)	3,83(0,05)
S ₉₀ -11	25	1,5	0	10	26,64(0,13)	4,59(0,07)	2,69(0,05)
S ₉₀ -12	25	1,5	0,5	10	30,471(0,105)	9,80(0,15)	6,0(0,2)
S ₉₀ -13	12,5	1	0,25	15	27,090(0,008)	5,400(0,006)	2,3617(0,08)
S ₉₀ -14	25	1,5	0,5	10	27,19(0,02)	7,20(0,14)	3,03(0,06)
S ₉₀ -15	37,5	1	0,25	5	27,83(0,14)	6,85(0,05)	3,7(0,2)
S ₉₀ -16	12,5	1	0,25	5	25,6371(0,024)	4,33(0,03)	1,48(0,06)
S ₉₀ -17	37,5	1	0,25	15	27,36(0,05)	5,9(0,2)	3,177(0,113)
S ₉₀ -18	12,5	2	0,25	5	28,80(0,03)	6,93(0,05)	4,59(0,03)
S ₉₀ -19	25	2,5	0,5	10	29,21(-)	9,02(-)	5,3(0,3)
S ₉₀ -20	12,5	2	0,75	15	28,1(0,2)	8,1(0,4)	4,3(0,3)
S ₉₀ -21	12,5	2	0,25	15	28,01(0,08)	6,7(0,2)	4,04(0,13)
S ₉₀ -22	12,5	2	0,75	5	28,7(0,2)	8,6(0,4)	4,9(0,3)
S ₉₀ -23	25	1,5	0,5	20	27,774(0,009)	8,417(0,103)	4,78(0,05)
S ₉₀ -24	37,5	2	0,25	15	28,143(0,006)	7,96(0,04)	4,89(0,02)
S ₉₀ -25	37,5	2	0,25	5	27,94(0,09)	6,419(0,103)	4,93(0,12)
S ₉₀ -26	50	1,5	0,5	10	26,22(0,07)	4,81(0,09)	3,57(0,12)

I: isomaltulosa; TT: Tratamiento Térmico (min); P: Pectina; AC: Ácido Cítrico.

*: S₉₀ → el "90" hace referencia al tiempo de almacenamiento (90 días).

Tabla.3.9.b. Valores de las coordenadas colorimétricas (L*, a* y b*) de los untables formulados con fructosa-isomaltulosa a los 90 días de su formulación (tiempo 90).

Trat.	X ₁ % I	X ₂ % P	X ₃ % AC.	X ₄ TT	L*	a*	b*
F ₉₀ -1*	37,5	2	0,75	15	33,67(0,02)	12,52(0,02)	10,3(0,04)
F ₉₀ -2	37,5	2	0,75	5	26,6(0,2)	5,8(0,2)	4,06(0,2)
F ₉₀ -3	25	1,5	1	10	27,99(0,08)	7,27(0,06)	7,67(0,09)
F ₉₀ -4	37,5	1	0,75	5	26,75(0,03)	6,15(0,03)	6,52(0,07)
F ₉₀ -5	25	1,5	0,5	0	26,88(0,04)	5,32(0,04)	4,064(0,114)
F ₉₀ -6	37,5	1	0,75	15	26,70(0,09)	6,76(0,07)	1,96(0,09)
F ₉₀ -7	12,5	1	0,75	15	26,821(0,112)	6,74(0,03)	1,973(0,114)
F ₉₀ -8	0	1,5	0,5	10	26,85(0,03)	5,75(0,05)	2,871(0,006)
F ₉₀ -9	25	0,5	0,5	10	28,5(0,6)	8,0(0,3)	4,5(0,5)
F ₉₀ -10	12,5	1	0,75	5	27,622(0,012)	7,14(0,05)	4,26(0,08)
F ₉₀ -11	25	1,5	0	10	27,32(0,02)	5,17(0,05)	3,597(0,013)
F ₉₀ -12	25	1,5	0,5	10	27,858(0,103)	6,03(0,07)	3,35(0,05)
F ₉₀ -13	12,5	1	0,25	15	28,5(0,4)	5,98(0,05)	3,8(0,3)
F ₉₀ -14	25	1,5	0,5	10	26,83(0,09)	6,80(0,04)	3,0618(0,0007)
F ₉₀ -15	37,5	1	0,25	5	27,0(0,2)	5,554(0,102)	2,8(0,2)
F ₉₀ -16	12,5	1	0,25	5	25,81(0,03)	4,64(0,05)	1,69(0,02)
F ₉₀ -17	37,5	1	0,25	15	27,50(0,04)	5,49(0,13)	3,1692(0,1114)
F ₉₀ -18	12,5	2	0,25	5	26,05(0,03)	4,77(0,07)	1,99(0,04)
F ₉₀ -19	25	2,5	0,5	10	27,00(-)	5,5(-)	3,36(0,03)
F ₉₀ -20	12,5	2	0,75	15	26,13(0,06)	4,1(0,3)	2,214(0,113)
F ₉₀ -21	12,5	2	0,25	15	29,0(0,2)	7,3(0,2)	4,84(0,13)
F ₉₀ -22	12,5	2	0,75	5	28,456(0,102)	7,8(0,4)	5,1(0,2)
F ₉₀ -23	25	1,5	0,5	20	28,33(0,04)	7,83(0,07)	5,77(0,06)
F ₉₀ -24	37,5	2	0,25	15	27,55(0,03)	6,902(0,012)	5,04(0,06)
F ₉₀ -25	37,5	2	0,25	5	28,51(0,04)	6,32(0,4)	6,08(0,03)
F ₉₀ -26	50	1,5	0,5	10	27,36(0,03)	5,85(0,03)	5,04(0,03)

I: isomaltulosa; TT: Tratamiento Térmico (min); P: Pectina; AC: Ácido Cítrico.

*: F₉₀→ el "90" hace referencia al tiempo de almacenamiento (90 días).

3.4. Propiedades mecánicas de los untables de fresa de 50 °Brix

Tabla 10.a. Valores de consistencia (área positiva de la curva fuerza vs. tiempo (N-s)) de los productos untables formulados con la mezcla sacarosa-isomaltulosa (SI) a lo largo del almacenamiento.

Productos SI	X ₁ % I	X ₂ % P	X ₃ % AC.	X ₄ TT	t= 0 días	t= 45 días	t= 90 días
S-1	37,5	2	0,75	15	24 (4)	38 (1)	40 (2)
S-2	37,5	2	0,75	5	7,6 (0,2)	20 (1)	20,1 (0,5)
S-3	25	1,5	1	10	5,12 (0,04)	13,8 (0,4)	13,5 (0,2)
S-4	37,5	1	0,75	5	3,6 (0,3)	3,895 (0,113)	5,34 (0,06)
S-5	25	1,5	0,5	0	5,22 (0,12)	9,2 (0,2)	8,83 (0,03)
S-6	37,5	1	0,75	15	3,24 (0,07)	4,58 (0,04)	5,5 (0,2)
S-7	12,5	1	0,75	15	3,63 (0,03)	5,15 (0,06)	5,74 (0,12)
S-8	0	1,5	0,5	10	5,2 (0,2)	7,1 (0,3)	6,28 (0,09)
S-9	25	0,5	0,5	10	3,13 (0,03)	2,802 (0,014)	2,98 (0,02)
S-10	12,5	1	0,75	5	3,38 (0,08)	4,43 (0,05)	4,34 (0,2)
S-11	25	1,5	0	10	6,16 (0,13)	6,387 (0,104)	5,62 (0,09)
S-12	25	1,5	0,5	10	7,9 (0,3)	17,1 (0,3)	18,1 (0,2)
S-13	12,5	1	0,25	15	3,82 (0,06)	4,36 (0,02)	3,73 (0,12)
S-14	25	1,5	0,5	10	5,82 (0,2)	9,7 (0,5)	9,18 (0,05)
S-15	37,5	1	0,25	5	4,06 (0,08)	4,12 (0,03)	3,72 (0,02)
S-16	12,5	1	0,25	5	3,81 (0,02)	4,08 (0,13)	3,79 (0,09)
S-17	37,5	1	0,25	15	3,57 (0,07)	3,31 (0,14)	3,37 (0,05)
S-18	12,5	2	0,25	5	9,13 (0,09)	8,03 (0,06)	9,27 (0,12)
S-19	25	2,5	0,5	10	16,3 (0,3)	34 (3)	37 (2)
S-20	12,5	2	0,75	15	7,898 (0,014)	21,5 (0,9)	19,3 (0,8)
S-21	12,5	2	0,25	15	7,7 (0,2)	8,1 (0,3)	7,55 (0,09)
S-22	12,5	2	0,75	5	7,9 (0,3)	16,1 (0,6)	17,8 (0,4)
S-23	25	1,5	0,5	20	5,5 (0,2)	6,0 (0,3)	8,47 (0,07)
S-24	37,5	2	0,25	15	6,56 (0,2)	7,7 (0,3)	6,9 (0,2)
S-25	37,5	2	0,25	5	7,404 (0,104)	7,0 (0,2)	5,80 (0,12)
S-26	50	1,5	0,5	10	4,93 (0,12)	5,8 (0,02)	5,18 (0,05)

I: Isomaltulosa; AC: Ácido cítrico; TT: duración del tratamiento térmico.

Tabla 10.b. Valores de consistencia (área positiva de la curva fuerza vs. tiempo (N-s)) de los productos untables formulados con la mezcla fructosa-isomaltulosa (FI) a lo largo del almacenamiento.

Productos FI	X ₁ % I	X ₂ % P	X ₃ % Á.C.	X ₄ TT	t= 0 días	t= 45 días	t= 90 días
F-1	37,5	2	0,75	15	11 (1)	30 (2)	35 (1)
F-2	37,5	2	0,75	5	6,6(0,3)	16 (1)	13,04 (0,07)
F-3	25	1,5	1	10	4,26(0,09)	6,8 (0,3)	7,56 (0,06)
F-4	37,5	1	0,75	5	3,79(0,08)	4,8 (0,2)	4,64 (0,08)
F-5	25	1,5	0,5	0	5,8(0,3)	5,4 (0,2)	5,37 (0,12)
F-6	37,5	1	0,75	15	3,70(0,06)	4,99 (0,05)	4,75 (0,04)
F-7	12,5	1	0,75	15	3,81(0,06)	4,8 (0,2)	5,05 (0,04)
F-8	0	1,5	0,5	10	5,31(0,02)	5,5 (0,2)	4,537 (0,012)
F-9	25	0,5	0,5	10	2,85(0,06)	3,028 (0,109)	2,85 (0,06)
F-10	12,5	1	0,75	5	3,38(0,03)	3,5 (0,2)	3,70 (0,08)
F-11	25	1,5	0	10	5,17(0,06)	4,75 (0,09)	4,54 (0,04)
F-12	25	1,5	0,5	10	5,12(0,04)	5,2 (0,2)	5,71 (0,08)
F-13	12,5	1	0,25	15	3,89(0,02)	3,8 (0,2)	3,3 (0,2)
F-14	25	1,5	0,5	10	5,32(0,09)	5,55 (0,13)	5,91 (0,06)
F-15	37,5	1	0,25	5	4,0(0,2)	3,59 (0,05)	3,43 (0,04)
F-16	12,5	1	0,25	5	3,81 (0,12)	4,057 (0,102)	3,55 (0,08)
F-17	37,5	1	0,25	15	3,43(0,08)	3,6 (0,2)	3,11 (0,04)
F-18	12,5	2	0,25	5	6,2(0,2)	5,57 (0,02)	5,560 (0,103)
F-19	25	2,5	0,5	10	10,72(0,13)	19,2 (0,4)	20,3 (0,6)
F-20	12,5	2	0,75	15	6,0(0,2)	10,4 (0,8)	9,00 (0,07)
F-21	12,5	2	0,25	15	7,61(0,05)	7,0 (0,5)	6,7 (0,2)
F-22	12,5	2	0,75	5	7,60(0,09)	18,5 (0,3)	17,77 (0,08)
F-23	25	1,5	0,5	20	4,95(0,07)	5,3 (0,3)	3,97 (0,14)
F-24	37,5	2	0,25	15	7,1 (0,2)	6,92 (0,09)	5,68 (0,09)
F-25	37,5	2	0,25	5	8,5(0,6)	4,7 (0,3)	6,0 (0,3)
F-26	50	1,5	0,5	10	4,5(0,2)	7,20 (0,13)	4,18 (0,09)

I: Isomaltulosa; AC: Ácido cítrico; TT: duración del tratamiento térmico.

Tabla 11.a. Valores de adhesividad (área negativa de la curva fuerza vs. tiempo (N·s)) de los productos untables formulados con la mezcla sacarosa-isomaltulosa (SI) a lo largo del almacenamiento.

Productos SI	X ₁ % I	X ₂ % P	X ₃ % Á.C.	X ₄ TT	t= 0 días	t= 45 días	t= 90 días
S-1	37,5	2	0,75	15	4,2 (0,7)	5,0 (0,2)	5,42 (0,08)
S-2	37,5	2	0,75	5	1,33 (0,04)	3,0 (0,3)	2,71 (0,04)
S-3	25	1,5	1	10	0,865 (0,013)	1,90 (0,09)	1,777 (0,014)
S-4	37,5	1	0,75	5	0,50 (0,08)	0,52 (0,02)	0,717 (0,013)
S-5	25	1,5	0,5	0	0,98 (0,04)	1,55 (0,07)	1,444 (0,013)
S-6	37,5	1	0,75	15	0,41 (0,02)	0,670 (0,008)	0,738 (0,007)
S-7	12,5	1	0,75	15	0,5173 (0,0105)	0,73 (0,02)	0,813 (0,014)
S-8	0	1,5	0,5	10	1,01 (0,05)	1,32 (0,08)	1,0870 (0,0104)
S-9	25	0,5	0,5	10	0,353 (0,007)	0,275 (0,014)	0,2473 (0,0006)
S-10	12,5	1	0,75	5	0,46 (0,02)	0,652 (0,003)	0,5707 (0,007)
S-11	25	1,5	0	10	1,32 (0,05)	1,32 (0,03)	1,106 (0,006)
S-12	25	1,5	0,5	10	1,47 (0,04)	2,67 (0,08)	2,69 (0,07)
S-13	12,5	1	0,25	15	0,640 (0,007)	0,69 (0,02)	0,609 (0,003)
S-14	25	1,5	0,5	10	1,14 (0,05)	1,65 (0,06)	1,54 (0,03)
S-15	37,5	1	0,25	5	0,66 (0,02)	0,604 (0,006)	0,528 (0,012)
S-16	12,5	1	0,25	5	0,598 (0,004)	0,608 (0,013)	0,60 (0,02)
S-17	37,5	1	0,25	15	0,571 (0,014)	0,48 (0,02)	0,49 (0,02)
S-18	12,5	2	0,25	5	2,07 (0,05)	1,779 (0,008)	1,966 (0,006)
S-19	25	2,5	0,5	10	3,14 (0,09)	5,2 (0,6)	5,7 (0,2)
S-20	12,5	2	0,75	15	1,406 (0,013)	2,93 (0,07)	2,74 (0,06)
S-21	12,5	2	0,25	15	1,77 (0,02)	1,747 (0,013)	1,626 (0,013)
S-22	12,5	2	0,75	5	1,46 (0,04)	2,382 (0,104)	2,444 (0,112)
S-23	25	1,5	0,5	20	1,06 (0,02)	0,96 (0,02)	1,38 (0,02)
S-24	37,5	2	0,25	15	1,54 (0,03)	1,67 (0,03)	1,51 (0,02)
S-25	37,5	2	0,25	5	1,64 (0,03)	1,45 (0,03)	1,227 (0,014)
S-26	50	1,5	0,5	10	1,01 (0,05)	1,068 (0,007)	0,975 (0,009)

I: Isomaltulosa; AC: Ácido cítrico; TT: duración del tratamiento térmico.

Tabla 11.b. Valores de adhesividad (área negativa de la curva fuerza vs. tiempo (N·s)) de los productos untables formulados con la mezcla fructosa-isomaltulosa (FI) a lo largo del almacenamiento.

Productos FI	X ₁ % I	X ₂ % P	X ₃ % ÁC.	X ₄ TT	t= 0 días	t= 45 días	t= 90 días
F-1	37,5	2	0,75	15	2,3 (0,2)	4,4 (0,2)	4,7 (0,2)
F-2	37,5	2	0,75	5	1,50 (0,08)	2,8 (0,5)	2,24 (0,02)
F-3	25	1,5	1	10	0,73 (0,03)	1,16 (0,06)	1,25 (0,02)
F-4	37,5	1	0,75	5	0,59 (0,02)	0,77 (0,04)	0,70 (0,02)
F-5	25	1,5	0,5	0	1,21 (0,09)	1,07 (0,04)	0,993 (0,006)
F-6	37,5	1	0,75	15	0,618 (0,012)	0,83 (0,02)	0,714 (0,013)
F-7	12,5	1	0,75	15	0,655 (0,009)	0,82 (0,05)	0,720 (0,009)
F-8	0	1,5	0,5	10	1,1150 (0,0104)	1,15 (0,06)	0,828 (0,013)
F-9	25	0,5	0,5	10	0,3057 (0,012)	0,313 (0,012)	0,234 (0,004)
F-10	12,5	1	0,75	5	0,516 (0,009)	0,500 (0,005)	0,517 (0,005)
F-11	25	1,5	0	10	1,081 (0,013)	0,942 (0,012)	0,851 (0,012)
F-12	25	1,5	0,5	10	1,0735 (0,0112)	1,029 (0,014)	1,14 (0,02)
F-13	12,5	1	0,25	15	0,684 (0,012)	0,6070 (0,0113)	0,503 (0,003)
F-14	25	1,5	0,5	10	1,11 (0,02)	1,069 (0,012)	1,183 (0,007)
F-15	37,5	1	0,25	5	0,70 (0,06)	0,521 (0,002)	0,48 (0,02)
F-16	12,5	1	0,25	5	0,637 (0,008)	0,61 (0,02)	0,544 (0,008)
F-17	37,5	1	0,25	15	0,55 (0,02)	0,5680 (0,0112)	0,422 (0,013)
F-18	12,5	2	0,25	5	1,405 (0,012)	1,238 (0,014)	1,23 (0,02)
F-19	25	2,5	0,5	10	2,46 (0,03)	3,53 (0,09)	3,57 (0,09)
F-20	12,5	2	0,75	15	1,362 (0,008)	1,93 (0,06)	1,69 (0,06)
F-21	12,5	2	0,25	15	1,80 (0,02)	1,58 (0,04)	1,5785 (0,002)
F-22	12,5	2	0,75	5	1,65 (0,03)	3,06 (0,05)	2,947 (0,014)
F-23	25	1,5	0,5	20	1,01 (0,02)	1,06 (0,03)	0,792 (0,008)
F-24	37,5	2	0,25	15	1,67 (0,03)	1,589 (0,014)	1,35 (0,02)
F-25	37,5	2	0,25	5	2,0 (0,2)	0,86 (0,03)	1,43 (0,02)
F-26	50	1,5	0,5	10	0,93 (0,05)	1,61 (0,02)	0,814 (0,009)

I: Isomaltulosa; AC: Ácido cítrico; TT: duración del tratamiento térmico.

3.3. Perfil aromático de los untables de fresa.

Tabla 3.12.a. Compuestos volátiles que modificaron su concentración como consecuencia de la formulación expresados como el ratio $(C_0 - C_f) / C_f$ en los untables formulados con la mezcla sacarosa-isomaltulosa (S_0-1-S_0-13).

Compuestos	S ₀ -1	S ₀ -2	S ₀ -3	S ₀ -4	S ₀ -5	S ₀ -6	S ₀ -7	S ₀ -8	S ₀ -9	S ₀ -10	S ₀ -11	S ₀ -12	S ₀ -13
Ésteres													
Etil acetato	-0,90 (0,05)	-0,55 (0,09)	-0,75 (0,05)	-0,8 (0,2)	-0,85 (0,02)	-0,85 (0,02)	-0,62 (0,04)	-0,15 (0,09)	-0,31 (0,02)	-0,66 (0,05)	-0,71 (0,03)	-0,28 (0,15)	0,9 (0,3)
Isopropil acetato	-0,63 (0,13)	ND ¹	G*	G*	G*	G*	-0,59 (0,09)	0,27 (0,09)	0,29 (0,06)	0,4 (0,2)	0,22 (0,12)	0,3 (0,2)	0,17 (0,12)
Metil propanoato	3,7 (0,04)	62 (7)	2,0 (0,9)	3,0 (0,9)	-0,15 (0,02)	0,41 (0,05)	-0,59 (0,04)	-0,08 (0,02)	0,61 (0,09)	0,5 (0,2)	-0,09 (0,02)	-0,4 (0,2)	0,12 (0,02)
Metil butirato	12 (4)	-0,18 (0,02)	0,3 (0,2)	-0,28 (0,02)	-0,06 (0,03)	0,10 (0,08)	-0,45 (0,07)	-0,16 (0,04)	0,43 (0,12)	0,25 (0,09)	0,06 (0,02)	0,2 (0,02)	0,59 (0,05)
Etil butirato	-0,60 (0,08)	-0,77 (0,07)	-0,25 (0,02)	-0,57 (0,09)	-0,65 (0,03)	-0,70 (0,03)	-0,65 (0,13)	-0,45 (0,02)	-0,40 (0,04)	0,62 (0,07)	-0,34 (0,14)	-0,47 (0,15)	0,93 (0,02)
Butil acetato	-0,5 (0,2)	-0,74 (0,09)	-1,842 (0,012)	-0,33 (0,05)	-0,65 (0,03)	-0,58 (0,03)	-0,55 (0,12)	-0,37 (0,02)	-0,17 (0,06)	-0,17 (0,06)	-0,39 (0,14)	-0,4 (0,2)	0,04 (0,02)
Metil hexanoato	-0,7 (0,2)	-0,5 (0,2)	0,36 (0,06)	-0,44 (0,04)	0,66 (0,14)	0,9 (0,4)	-0,2 (0,2)	-0,35 (0,03)	-0,24 (0,09)	0,01 (-)	-0,4 (0,2)	-0,5 (0,2)	-0,04 (0,02)
Butil butirato	-0,33 (0,04)	ND ¹	G*	G*	G*	G*	G*	-0,80 (0,02)	-0,36 (0,08)	0,15 (0,09)	-0,6 (0,2)	-0,5 (0,2)	-0,42 (0,05)
Hexil acetato	3 (1)	2 (1)	-0,17 (0,13)	-0,13 (0,03)	0,5 (0,2)	0,3 (0,2)	-0,5 (0,2)	-0,27 (0,08)	-0,58 (0,08)	0,16 (0,02)	-0,07 (-)	-0,82 (0,06)	-0,53 (0,08)
2-Hexen-1-ol, ac.	14 (8)	22 (9)	-0,18 (0,13)	0,5 (0,4)	2,7 (0,3)	2,4 (0,7)	-0,4 (0,2)	-0,25 (0,06)	-0,56 (0,05)	0,21 (0,14)	0,13 (0,04)	-0,81 (0,07)	-0,55 (0,06)
Hexil butirato	-0,62 (0,12)	-0,91 (0,02)	-0,7 (0,4)	-0,91 (0,06)	-0,6 (0,2)	-0,8 (0,3)	-0,87 (0,03)	-0,68 (0,03)	-0,52 (0,06)	-0,35 (0,12)	-0,73 (0,06)	-0,79 (0,12)	-0,69 (0,07)
Octil acetato	-0,28 (0,04)	ND ¹	G*	G*	G*	G*	G*	-0,72 (0,04)	-0,58 (0,07)	-0,48 (0,12)	-0,69 (0,09)	-0,80 (0,12)	-0,67 (0,08)
Butil octanoato	ND ¹	ND ¹	G*	G*	G*	G*	G*	-0,79 (0,03)	-0,73 (0,09)	-0,74 (0,03)	-0,88 (0,04)	-0,88 (0,07)	-0,83 (0,04)
Alcoholes													
Propan-2-ol	G*	110 (4)	68 (4)	102 (1)	121 (17)	76 (21)	70 (10)						
Etanol	12 (3)	-0,32 (0,06)	-0,44 (0,14)	-0,3 (0,2)	-0,71 (0,02)	-0,71 (0,05)	-0,65 (0,09)	2,2 (0,2)	0,3 (-)	2,6 (0,7)	1,06 (0,07)	1 (-)	0,59 (0,05)
1-Butanol	-0,35 (0,14)	4,1 (0,7)	-0,60 (0,05)	-0,8 (0,2)	-0,51 (0,12)	-0,5 (0,2)	-0,72 (0,05)	0,94 (0,12)	1,8 (0,7)	1,76 (0,05)	1,0 (0,2)	43 (16)	61 (10)
1-Pentanol	-0,77 (0,05)	-0,77 (0,07)	-0,5 (0,3)	1,7 (0,2)	0,15 (0,09)	0,15 (0,09)	-0,18 (0,05)	-0,15 (0,07)	-0,15 (0,07)	-0,24 (0,02)	-0,28 (0,02)	-0,73 (0,08)	-0,48 (0,02)
3-Metil butanol	-0,85 (0,02)	-0,98 (0,02)	-0,84 (0,02)	-0,80 (0,14)	-0,83 (0,02)	0,9 (0,4)	-0,94 (0,02)	-0,90 (0,02)	-0,94 (0,02)	-0,98 (0,02)	-0,95 (0,02)	-0,97 (0,02)	-0,96 (0,02)
1-Pentanol	-0,84 (0,05)	-0,91 (0,05)	-0,31 (0,04)	0,5 (0,5)	0,051 (0,005)	0,08 (-)	-0,72 (0,02)	0,88 (0,05)	0,61 (0,09)	-0,36 (0,02)	-0,13 (0,06)	-0,5 (0,2)	-0,27 (0,08)
1-Hexanol	-0,95 (0,02)	-0,91 (0,04)	-0,77 (0,04)	-0,7 (0,2)	-0,81 (0,02)	-0,87 (0,02)	-0,25 (0,09)	-0,75 (0,02)	-0,42 (0,09)	-0,51 (0,02)	-0,82 (0,05)	-0,77 (0,09)	-0,62 (0,06)
2-Hexen-1-ol	-0,08 (0,04)	0,60 (0,09)	2,7 (0,7)	2 (2)	3,75 (0,02)	2,1 (0,5)	0,07 (0,7)	-0,61 (0,05)	-0,37 (0,12)	-0,81 (0,03)	-0,5 (0,2)	-0,75 (0,09)	-0,67 (0,04)
Linalol	-0,7 (0,2)	-0,65 (0,14)	0,9 (0,5)	0,02 (0,02)	0,32 (0,08)	0,6 (0,4)	0,2 (0,2)	-0,41 (0,05)	-0,10 (0,02)	-0,07 (0,02)	-0,3 (0,2)	-0,5 (0,2)	0,21 (0,02)
Aldehídos													
Hexanal	-0,4 (0,2)	0,33 (0,05)	12,8 (0,7)	9 (7)	13,1 (0,2)	20 (2)	-0,3 (0,2)	0,37 (0,04)	0,97 (0,09)	0,17 (0,02)	0,17 (0,02)	-0,17 (-)	0,57 (0,04)
2-Hexenal	-0,19 (0,04)	3 (1)	1,9 (0,3)	7 (5)	G*	G*	0,4 (0,2)	1,05 (0,04)	0,90 (0,12)	1,5 (0,2)	1,3 (0,2)	0,35 (0,04)	0,8 (0,2)
Cetonas													
1-Penten-3-ona	-0,932 (0,003)	-0,90 (0,03)	-0,81 (0,02)	-0,39 (0,04)	-0,34 (0,08)	-0,38 (0,06)	G*	-0,06 (0,02)	0,10 (0,08)	-0,58 (0,06)	-0,58 (0,06)	0,2 (-)	1,51 (0,14)

C_f: concentración del CV en fresa expresada en µg de CV / 100 g de Fresa Fresca

C₀: concentración del CV en el untable expresada en µg de CV / 100 g de Fresa Fresca

G*: Compuesto volátil no detectado para el correspondiente lote de fresa fresca, pero generado como consecuencia del procesado.

Tabla 3.12.b. Compuestos volátiles que modificaron su concentración como consecuencia de la formulación expresados como el ratio $(C_0 - C_F) / C_F$ en los untables formulados con la mezcla sacarosa-isomaltulosa (S₀-14:S₀-26).

Compuestos	S ₀ -14	S ₀ -15	S ₀ -16	S ₀ -17	S ₀ -18	S ₀ -19	S ₀ -20	S ₀ -21	S ₀ -22	S ₀ -23	S ₀ -24	S ₀ -25	S ₀ -26
Esteres													
Etil acetato	-0,15 (0,13)	-0,44 (0,09)	1,4 (0,4)	0,4 (0,2)	0 (0)	0,50 (0,02)	0,31 (0,12)	1,84 (0,05)	2,3 (1,1)	1,7 (0,2)	1,85 (0,04)	2,83 (0,07)	2,8 (0,6)
Isopropil acetato	0,25 (0,13)	0,91 (0,02)	-0,11 (0,02)	0,7 (0,2)	0 (0)	0,37 (0,02)	0 (0)	0,47 (0,09)	0 (0)	0,65 (0,02)	0,95 (0,02)	2,76 (0,02)	2,2 (0,4)
Metil propanoato	0,11 (0,04)	0,38 (0,02)	0,20 (0,02)	0,4 (0,2)	0 (0)	-0,75 (0,05)	-0,68 (0,02)	0,08 (0,02)	0 (0)	0,37 (0,12)	0,5 (0,2)	1,6 (0,4)	0,7 (0,4)
Metil butirato	0,07 (0,02)	0,75 (0,02)	0,59 (0,08)	0,6 (0,2)	0 (0)	-0,14 (0,08)	-0,20 (0,04)	85 (0,12)	1,3 (0,3)	1,4 (0,12)	1,34 (0,05)	0 (0)	-0,12 (0,07)
Etil butirato	-0,46 (0,08)	0,53 (0,07)	0,65 (0,05)	0 (0)	-0,58 (0,09)	-0,39 (0,03)	-0,40 (0,09)	0,63 (0,02)	0 (0)	0,76 (0,02)	0,4 (0,2)	-0,50 (0,03)	-0,52 (0,04)
Butil acetato	-0,10 (0,02)	0,56 (0,09)	0,32 (0,04)	0,3 (0,2)	-0,61 (0,09)	-0,55 (0,03)	-0,51 (0,12)	0,16 (0,02)	0 (0)	1,40 (0,03)	0,5 (0,2)	-0,53 (0,05)	-0,54 (0,04)
Metil hexanoato	-0,37 (0,06)	0,8 (0,2)	-0,25 (0,02)	0 (0)	-0,54 (0,09)	-0,8 (0,4)	-0,68 (0,12)	0,10 (0,03)	0 (0)	0,60 (0,03)	0 (0)	-0,14 (0,09)	-0,32 (0,02)
Butil hexanoato	-0,67 (0,08)	0,79 (0,02)	-0,50 (0,07)	0 (0)	-0,85 (0,04)	-0,83 (0,05)	-0,95 (0,07)	0 (0)	-0,30 (0,02)	0,48 (0,04)	-0,31 (0,08)	-0,92 (0,12)	ND*
Butil acetato	-0,62 (0,02)	0,3 (0,2)	0,19 (0,07)	-0,33 (0,12)	-0,54 (0,08)	-0,86 (0,12)	-0,71 (0,07)	-0,5 (0,2)	-0,59 (0,08)	-0,47 (0,02)	-0,50 (0,06)	0,16 (0,03)	0,28 (0,05)
2-Hexen-1-ol, ac.	-0,60 (0,02)	0,31 (0,02)	0,27 (0,05)	-0,37 (0,09)	-0,51 (0,09)	-0,85 (0,12)	-0,65 (0,09)	-0,5 (0,2)	-0,54 (0,07)	-0,49 (0,02)	-0,35 (0,08)	0,20 (0,03)	-0,21 (0,07)
Hexil butirato	-0,82 (0,02)	-0,30 (0,02)	-0,47 (0,12)	-0,63 (0,05)	-0,81 (0,06)	-0,95 (0,08)	-0,83 (0,09)	-0,68 (0,13)	-0,72 (0,02)	-0,56 (0,04)	-0,65 (0,05)	-0,66 (0,02)	ND*
Octil acetato	-0,77 (0,02)	-0,25 (0,02)	-0,47 (0,06)	-0,50 (0,06)	-0,81 (0,03)	-0,82 (0,05)	-0,84 (0,05)	-0,7 (0,2)	-0,66 (0,03)	-0,41 (0,02)	-0,60 (0,02)	-0,78 (0,02)	-0,84 (0,02)
Butil octanoato	-0,83 (0,02)	-0,74 (0,02)	-0,83 (0,03)	-0,71 (0,03)	ND*	ND*	-0,87 (0,06)	-0,8 (0,2)	-0,65 (0,14)	-0,66 (0,02)	-0,81 (0,02)	ND*	ND*
Alcoholes													
Propan-2-ol	163 (8)	102 (-)	185 (39)	129 (18)	200 (23)	129 (-)	107 (2)	93 (20)	151 (43)	101 (3)	185 (10)	312 (47)	174 (16)
Etanol	-0,16 (0,02)	3 (1)	4 (1)	0,8 (0,2)	3 (1)	1,85 (0,05)	3,9 (0,8)	2,0 (0,4)	3 (-)	1,22 (0,07)	4 (1)	8 (2)	0 (0)
1-Butanol	2 (1)	2,2 (0,7)	3 (1)	22,32 (0,04)	21 (8)	-0,16 (0,02)	0 (0)	0,6 (0,2)	0,9 (0,2)	0,76 (0,05)	0,5 (0,2)	-0,97 (0,04)	0 (0)
1-Penten-3-ol	-0,31 (0,07)	0,74 (0,07)	-0,11 (0,03)	0,20 (0,12)	0 (0)	13 (6)	27 (15)	-0,25 (0,12)	-0,30 (0,08)	0 (0)	-0,18 (0,04)	0 (0)	0,12 (0,06)
3-Metil butanol	G*	-0,96 (0,02)	G*										
1-Pentanol	0,58 (0,03)	1,43 (0,05)	0,8 (0,2)	21 (2)	22 (1)	G*							
1-Hexanol	-0,74 (0,02)	0 (0)	0,13 (0,12)	-0,78 (0,02)	-0,60 (0,06)	-0,43 (0,02)	-0,68 (0,12)	G*	G*	G*	G*	G*	G*
2-Hexen-1-ol	-0,71 (0,02)	-0,15 (0,09)	0,5 (0,2)	-0,53 (0,02)	0 (0)	-0,43 (0,05)	0 (0)	-0,43 (0,14)	0 (0)	-0,55 (0,02)	-0,09 (0,04)	0 (0)	0,17 (0,12)
Linalol	-0,21 (0,03)	-0,74 (0,14)	-0,19 (0,09)	1,0 (0,2)	0,23 (0,19)	-0,19 (0,04)	0 (0)	0 (0)	-0,6 (0,2)	-0,21 (0,03)	-0,21 (0,06)	ND*	0,3 (0,2)
Aldehídos													
Hexanal	-0,6 (0,2)	1,6 (0,5)	0,33 (0,08)	2,2 (0,3)	1,2 (0,5)	-0,32 (0,02)	0 (0)	1,1 (0,8)	0,30 (0,13)	1,4 (0,2)	1,1 (0,2)	3,2 (0,2)	2,4 (0,2)
2-Hexenal	1,01 (0,06)	2 (1)	0,80 (0,03)	2,2 (0,4)	1,0 (0,4)	-0,19 (0,02)	0 (0)	1,5 (0,9)	1,0 (0,9)	2,24 (0,04)	1,2 (0,3)	3,0 (0,2)	5,0 (0,3)
Cetonas													
1-Penten-3-ona	0 (0)	0,19 (0,03)	0 (0)	0,3 (0,2)	0 (0)	-0,16 (0,06)	0,6 (0,5)	0,66 (0,02)	0 (0)	0,85 (0,04)	0,99 (0,04)	0,2 (-)	0,33 (0,05)

C_F: concentración del CV en fresa expresada en µg de CV / 100 g de Fresa Fresca

C₀: concentración del CV en el untable expresada en µg de CV / 100 g de Fresa Fresca

G*: Compuesto volátil no detectado para el correspondiente lote de fresa fresca, pero generado como consecuencia del procesado.

Tabla 3.13.a. Compuestos volátiles generados como consecuencia de la formulación expresados como C₀ : µg CV / 100 g de untable, en los untables formulados con la mezcla sacarosa-isomaltulosa (S₀-1:S₀-13).

Compuestos	S ₀ -1	S ₀ -2	S ₀ -3	S ₀ -4	S ₀ -5	S ₀ -6	S ₀ -7	S ₀ -8	S ₀ -9	S ₀ -10	S ₀ -11	S ₀ -12	S ₀ -13
Esteres													
Isopropil acetato	M ²	2,4 (0,6)	10 (1)	15 (11)	7,4 (0,9)	10,0 (0,5)	M ²	M ²	M ²	M ²	M ²	M ²	M ²
Butil butirato	M ²	1,1 (0,4)	0,46 (-)	0,09 (0,07)	0,05 (0,02)	0,07 (0,02)	0,21 (0,09)	M ²	M ²	M ²	M ²	M ²	M ²
Octil acetato	M ²	1,0 (0,2)	3,1 (0,8)	1,3 (0,9)	0,75 (0,12)	0,9 (0,3)	0,7 (0,2)	M ²	M ²	M ²	M ²	M ²	M ²
Butil octanoato	M ²	ND ¹	M ²	M ²	M ²	M ²	M ²	M ²					
Aldehídos													
2-Metil butanal	2,4 (0,7)	9 (2)	17 (1)	25 (17)	9 (1)	1,5 (0,2)	2,3 (0,5)	2,5 (0,2)	1,82 (0,12)	0,88 (0,02)	3,46 (0,13)	2,2 (0,6)	5,3 (0,5)
3-Metil butanal	ND ¹	1,8 (0,3)	1,75 (0,06)	2,06 (0,02)	0,83 (0,02)	2,02 (0,03)	1,2 (0,5)	3,5 (0,3)					
Octanal	0,38 (0,09)	0,17 (0,13)	ND ¹	ND ¹	ND ¹	0,32 (0,13)							
Nonanal	0,5 (0,5)	0,4 (0,2)	0,6 (0,2)	0,8 (0,5)	0,37 (0,03)	0,69 (0,04)	0,37 (0,05)	0,32 (0,04)	0,33 (0,09)	0,40 (0,03)	0,5 (0,3)	0,19 (0,11)	0,7 (0,2)
Decanal	1,9 (0,8)	0,5 (0,3)	0,48 (0,12)	0,8 (0,6)	0,52 (0,12)	0,8 (0,3)	0,33 (0,03)	0,33 (0,03)	0,25 (0,02)	0,29 (0,08)	0,5 (0,3)	0,48 (0,08)	0,60 (0,14)
Benzaldehído	0,50 (0,14)	0,5 (0,3)	0,41 (0,08)	0,7 (0,5)	0,33 (0,06)	0,51 (0,07)	0,37 (0,04)	0,29 (0,03)	0,27 (0,07)	0,26 (0,04)	0,4 (0,2)	0,24 (0,12)	0,46 (0,09)
Alcoholes													
Eucaliptol	1,0 (0,6)	0,5 (0,2)	1,2 (0,3)	1,5 (0,9)	1,0 (0,3)	1,3 (0,5)	0,64 (0,13)	0,98 (0,09)	0,65 (0,09)	0,82 (0,02)	1,1 (0,6)	0,6 (0,3)	1,3 (0,7)
Propil-2-ol	124 (46)	110 (26)	97 (29)	154 (100)	89 (4)	105 (12)	74 (14)	M ²	M ²	M ²	M ²	M ²	M ²
3-Metil butanol	ND ¹	M ²	M ²	M ²	M ²								
1-Pentanol	M ²	M ²	M ²	M ²									
1-Hexanol	M ²	M ²	M ²	M ²									
Furanos													
Furfural	44 (12)	76 (38)	81 (5)	96 (68)	39 (2)	6 (4)	21,7 (0,2)	22,2 (0,8)	5 (1)	11 (2)	26 (9)	36 (9)	40 (4)
2-Acetilfuran	0,7 (0,4)	0,8 (0,5)	ND ¹	0,3 (0,1)	0,07 (0,02)	0,06 (0,02)	0,04 (0,02)	0,05 (0,02)	0,06 (0,02)	0,04 (0,02)	0,11 (0,06)	0,2 (-)	0,03 (0,02)
5-Metil furfural	0,43 (0,12)	2 (1)	3 (1)	1,8 (0,4)	0,81 (0,02)	0,40 (0,02)	0,26 (0,03)	0,34 (0,06)	0,06 (0,02)	0,13 (0,02)	0,6 (0,4)	0,6 (0,2)	0,6 (0,2)
Mesifurano	0,4 (0,4)	0,3 (0,3)	0,8 (0,4)	1,0 (0,8)	0,43 (0,14)	0,6 (0,2)	0,30 (0,04)	ND ¹	0,40 (0,09)	0,2 (0,2)	0,4 (0,2)	0,3 (0,2)	0,39 (0,02)
Terpenos													
Limoneno	1,2 (0,3)	1,39 (-)	0,39 (-)	0,6 (0,4)	0,29 (0,02)	0,41 (0,04)	0,52 (0,07)	0,33 (0,04)	0,31 (0,02)	0,26 (0,09)	0,3 (0,2)	0,16 (0,05)	0,38 (0,06)
Nitrilos													
Acetonitrilo	0,4 (0,2)	1,0 (19 (-)	ND ¹	1,2 (-)	ND ¹	6 (2)	0,8 (0,6)	0,32 (0,02)	1,3 (0,3)	0,6 (0,2)	0,85 (0,12)	0,28 (0,12)	0,7 (0,2)

C: Concentración del CV en el untable recién elaborado en µg de CV / 100 g de untable.

1: ND → Compuesto no detectado.

2: M → Compuesto que no se generó, modificó su concentración.

Tabla 3.13.b. Compuestos volátiles generados como consecuencia de la formulación expresados como C₀ : µg CV / 100 g de untable, en los untables formulados con la mezcla sacarosa-isomaltulosa (S₀-14:S₀-26).

Compuestos	S ₀ -14	S ₀ -15	S ₀ -16	S ₀ -17	S ₀ -18	S ₀ -19	S ₀ -20	S ₀ -21	S ₀ -22	S ₀ -23	S ₀ -24	S ₀ -25	S ₀ -26
Esteres													
Isopropil acetato	M ²												
Butil butirato	M ²												
Octil acetato	M ²												
Butil octanoato	M ²												
Aldehídos													
2-Metil butanal	3,8 (0,6)	5 (2)	3,2 (0,4)	4,3 (0,8)	2,7 (0,3)	1,8 (0,9)	6 (4)	5 (2)	2,6 (0,2)	2,1 (0,2)	2,8 (0,3)	10,8 (0,6)	11 (5)
3-Metil butanal	2,7 (0,5)	2,92 (0,02)	2,5 (0,3)	2,5 (0,3)	1,6 (0,2)	0,5 (0,2)	0,7 (0,2)	3,2 (0,8)	0,69 (0,08)	1,03 (0,02)	2,4 (0,2)	4,5 (0,5)	3,5 (0,5)
Octanal	0,5 (0,2)	0,31 (0,02)	0,42 (0,06)	0,25 (0,04)	0,22 (0,04)	0,21 (0,02)	0,12 (0,02)	0,25 (0,02)	0,5 (0,2)	0,25 (0,08)	0,19 (0,07)	0,8 (0,2)	0,21 (0,02)
Nonanal	0,7 (0,2)	0,53 (0,02)	0,84 (0,14)	0,32 (0,02)	0,34 (0,05)	0,22 (0,04)	0,23 (0,02)	0,34 (0,14)	0,7 (0,2)	0,32 (0,02)	0,28 (0,05)	1,13 (0,09)	0,48 (0,08)
Decanal	0,62 (0,07)	0,38 (0,02)	0,6 (0,3)	0,25 (0,02)	0,34 (0,02)	0,32 (0,04)	0,30 (0,02)	0,28 (0,08)	0,57 (0,14)	0,23 (0,12)	0,19 (0,02)	1,0 (0,3)	0,27 (0,06)
Benzaldehído	0,56 (0,12)	0,52 (0,02)	0,46 (0,04)	0,19 (0,02)	0,18 (0,05)	0,14 (0,03)	0,22 (0,02)	0,32 (0,08)	0,49 (0,02)	0,34 (0,02)	0,34 (0,02)	0,55 (0,13)	0,40 (0,07)
Alcoholes													
Eucaliptol	1,8 (0,5)	1,42 (0,02)	2 (1)	1,1 (0,3)	0,9 (0,2)	0,9 (0,2)	0,56 (0,12)	ND ¹	1,22 (0,12)	2,76 (0,05)	2 (1)	2,31 (0,02)	ND ¹
Propan-2-ol	M ²												
3-Metil butanol	1,5 (0,5)	M ²	1,7 (0,3)	1,1 (0,4)	1,30 (0,05)	0,6 (0,4)	2 (1)	3 (1)	1,5 (0,7)	0,03 (0,02)	2,2 (0,6)	2,2 (0,6)	ND ²
1-Pentanol	M ²	0,6 (0,3)	0,77 (0,09)	1,3 (0,5)	1,1 (0,2)	1,13 (0,05)	1,27 (0,13)	1,45 (0,12)	1,27 (0,08)				
1-Hexanol	M ²	4,4 (0,8)	10 (1)	3,09 (0,13)	5,63 (0,13)	6,1 (0,6)	13 (1)						
Furanos													
Furfural	48 (4)	41 (-)	33 (2)	34 (1)	38 (4)	62 (33)	40 (4)	61 (20)	106 (43)	40 (3)	30 (6)	77 (24)	118 (11)
2-Acetilfuran	0,10 (0,06)	0,06 (0,02)	0,14 (0,02)	0,06 (0,02)	0,18 (0,02)	0,6 (0,4)	3 (1)	3 (2)	1,4 (0,9)	0,34 (0,05)	0,28 (0,12)	0,77 (0,2)	5 (1)
5-Metil furfural	1,05 (0,12)	0,77 (0,02)	0,46 (0,12)	0,62 (0,07)	0,62 (0,06)	1,6 (0,8)	0,86 (0,08)	3 (2)	3 (2)	0,76 (0,06)	0,6 (0,2)	2,1 (0,8)	3,9 (0,8)
Mesifurano	0,7 (0,2)	0,54 (0,02)	1,2 (0,4)	0,85 (0,12)	1,31 (0,12)	1,4 (0,6)	0,68 (0,03)	1,0 (0,4)	2 (1)	0,84 (0,07)	0,8 (0,2)	2,1 (0,6)	0,9 (0,2)
Terpenos													
Limoneno	0,39 (0,07)	0,24 (0,02)	0,36 (0,12)	0,32 (0,02)	0,22 (0,03)	0,15 (0,05)	0,19 (0,02)	0,10 (0,07)	0,9 (0,5)	0,47 (0,13)	0,40 (0,03)	0,94 (0,08)	0,35 (0,02)
Nitrilos													
Acetonitrilo	ND ¹	0,52 (0,02)	0,8 (0,2)	ND ¹	0,20 (-)	0,57 (0,12)	1,3 (0,3)	1,2 (0,4)	0,8 (0,2)	0,9 (0,2)	2 (1)	1,05 (0,07)	1,13 (0,04)

C: Concentración del CV en el untable recién elaborado en µg de CV / 100 g de untable.

1: ND → Compuesto no detectado.

2: M → Compuesto que no se generó, modificó su concentración.

Tabla 3.14.a. Compuestos volátiles que modificaron su concentración como consecuencia de la formulación expresados como el ratio $(C_0 - C_F) / C_F$ en los untables formulados con la mezcla fructosa-isomaltulosa ($F_0-1:F_0-13$).

Compuestos	F ₀ -1	F ₀ -2	F ₀ -3	F ₀ -4	F ₀ -5	F ₀ -6	F ₀ -7	F ₀ -8	F ₀ -9	F ₀ -10	F ₀ -11	F ₀ -12	F ₀ -13
Esteres													
Etil acetato	-0,80 (0,02)	-0,758 (0,007)	-0,91 (0,02)	-0,82 (0,05)	-0,86 (0,02)	-0,41 (0,02)	-0,63 (0,05)	-0,47 (0,07)	-0,4 (0,2)	-0,69 (0,02)	0 (0)	0,6 (0,3)	0 (0)
Isopropil acetato	-0,3 (0,2)	G*	G*	G*	G*	-0,32 (0,02)	-0,60 (0,06)	-0,07 (0,04)	-0,48 (0,04)	0,61 (0,02)	0 (0)	0,18 (0,12)	-0,10 (0,05)
Metil propanoato	-0,6 (0,6)	1,389 (0,014)	0,92 (0,09)	1,1 (0,8)	0 (0)	-0,24 (0,05)	-0,66 (0,08)	-0,39 (0,05)	0,9 (0,6)	0,29 (0,03)	0 (0)	0 (0)	-0,28 (0,13)
Metil butirato	16,1 (0,2)	0,33 (0,09)	-0,59 (0,05)	-0,50 (0,12)	-0,13 (0,07)	-0,20 (0,08)	-0,55 (0,03)	0 (0)	1,1 (0,5)	0,15 (0,03)	0 (0)	0,47 (0,09)	0,15 (0,04)
Etil butirato	-0,64 (0,03)	-0,28 (0,09)	-0,85 (0,02)	-0,62 (0,06)	-0,56 (0,05)	-0,38 (0,03)	-0,59 (0,07)	-0,75 (0,03)	0 (0)	-0,27 (0,08)	-0,4 (0,2)	0,56 (0,05)	0,05 (0,03)
Butil acetato	-0,29 (0,06)	2,00 (0,06)	-0,65 (0,02)	-0,27 (0,02)	-0,68 (0,03)	-0,27 (0,04)	-0,57 (0,07)	-0,58 (0,04)	0 (0)	-0,20 (0,09)	-0,4 (0,2)	0 (0)	-0,38 (0,03)
Metil hexanoato	-0,50 (0,13)	0,6 (0,2)	-0,63 (0,02)	-0,42 (0,02)	0,45 (0,12)	-0,05 (0,02)	-0,44 (0,09)	-0,54 (0,13)	1,39 (0,13)	-0,18 (0,13)	-0,39 (0,12)	-0,22 (0,02)	-0,37 (0,07)
Butil butirato	0 (0)	G*	G*	G*	G*	G*	G*	-0,87 (0,05)	-0,4 (0,3)	-0,59 (0,03)	-0,58 (0,08)	-0,34 (0,02)	-0,58 (0,12)
Hexil acetato	7 (2)	-0,29 (0,07)	-0,57 (0,02)	-0,58 (0,03)	0,87 (0,06)	-0,17 (0,04)	-0,41 (0,08)	-0,5 (0,2)	0 (0)	0 (0)	-0,48 (0,09)	-0,63 (0,02)	-0,54 (0,06)
2-Hexen-1-ol, ac	40 (9)	-0,25 (0,05)	-0,19 (0,02)	-0,29 (0,03)	-0,96 (0,02)	0 (0)	-0,37 (0,08)	-0,4 (0,2)	0 (0)	0 (0)	-0,48 (0,09)	-0,63 (0,02)	-0,53 (0,04)
Hexil butirato	-0,66 (0,12)	-0,49 (0,07)	-0,86 (0,02)	-0,75 (0,05)	-0,39 (0,04)	-0,73 (0,05)	-0,88 (0,02)	-0,78 (0,12)	0 (0)	-0,73 (0,06)	-0,71 (0,04)	-0,62 (0,02)	-0,72 (0,03)
Octil acetato	0,7 (0,6)	G*	G*	G*	G*	G*	G*	-0,81 (0,12)	0 (0)	-0,64 (0,06)	-0,69 (0,05)	-0,66 (0,02)	-0,71 (0,05)
Butil octanoato	ND ²	-0,4 (0,3)	-0,82 (0,02)	-0,76 (0,08)	-0,84 (0,12)	G*	G*	-0,88 (0,06)	-0,65 (0,12)	-0,90 (0,02)	-0,86 (0,05)	-0,80 (0,02)	-0,85 (0,05)
Alcoholes													
Propan-2-ol	G*	116 (39)	66 (14)	90 (11)	120 (8)	89 (10)	63 (12)						
Etanol	8 (2)	-0,48 (0,03)	-0,37 (0,09)	-0,44 (0,09)	-0,64 (0,02)	0,2 (-)	-0,38 (0,06)	4 (2)	5 (1)	0 (0)	0 (0)	2,9 (0,3)	1,3 (0,2)
1-Butanol	-0,4 (0,2)	-0,19 (0,09)	-0,82 (0,12)	-0,83 (0,04)	-0,63 (0,07)	-0,74 (0,03)	-0,84 (0,02)	3,57 (0,04)	1,0 (0,6)	0,6 (0,2)	1,31 (0,09)	71 (10)	50 (14)
1-Pentanol-3-ol	-0,67 (0,02)	0 (0)	0,6 (0,2)	0,34 (0,09)	0,17 (0,07)	0,29 (0,08)	-0,04 (0,02)	-0,17 (0,05)	0 (0)	-0,13 (0,02)	-0,23 (0,09)	-0,57 (0,02)	-0,44 (0,02)
3-Metil butanol	-0,93 (0,03)	-0,96 (0,02)	-0,83 (0,02)	-0,96 (0,02)	-0,91 (0,13)	ND ²	-0,99 (0,02)	-0,90 (0,02)	-0,98 (0,02)	-0,95 (0,02)	-0,95 (0,02)	-0,96 (0,02)	-0,96 (0,02)
1-Pentanol	-0,70 (0,06)	-0,33 (0,03)	0 (0)	0 (0)	0,15 (0,03)	-0,58 (0,03)	-0,68 (0,02)	1,1 (0,04)	0,26 (0,12)	-0,41 (0,05)	-0,15 (0,02)	-0,35 (0,02)	-0,28 (0,04)
1-Hexanol	-0,93 (0,02)	-0,83 (0,04)	-0,89 (0,02)	-0,80 (0,03)	-0,76 (0,02)	0 (0)	0,18 (0,02)	-0,5 (0,2)	0,64 (0,05)	-0,86 (0,02)	-0,57 (0,04)	-0,74 (0,02)	-0,39 (0,05)
2-Hexen-1-ol	1,8 (0,8)	0,5 (0,2)	0,3 (0,2)	1,1 (0,3)	5,30 (0,02)	0,19 (0,07)	0,40 (0,02)	-0,3 (0,2)	-0,62 (0,03)	-0,66 (0,02)	-0,44 (0,05)	-0,75 (0,03)	-0,38 (0,05)
Linalol	-0,4 (0,2)	1,5 (0,7)	-0,40 (0,02)	0,33 (0,02)	0,55 (0,02)	1,6 (0,2)	1,00 (0,03)	-0,4 (0,2)	2 (1)	-0,21 (0,09)	-0,38 (0,08)	-0,21 (0,04)	-0 (0)
Aldehídos													
Hexanal	0,632 (0,003)	13,3 (0,7)	4,1 (0,3)	4,02 (0,02)	9,78 (0,03)	0,11 (0,02)	-0,40 (0,09)	0 (0)	1,2 (0,6)	0 (0)	0 (0)	0,08 (0,02)	0,18 (0,02)
2-Hexenal	0,6 (0,2)	2,2 (0,3)	4,1 (0,5)	3,09 (0,8)	G*	1,8 (0,3)	0,75 (0,9)	0,9 (0,4)	3 (1)	2,2 (0,2)	0,6 (0,2)	0,79 (0,04)	0,71 (0,09)
Cetonas													
1-Penten-3-ona	-0,90 (0,02)	-0,84 (0,03)	-0,68 (0,03)	-0,71 (0,02)	-0,28 (0,08)	G*	G*	-0,18 (0,07)	0 (0)	-0,41 (0,06)	-0,61 (0,06)	1,1 (0,3)	1,81 (0,02)

C_F: concentración del CV en fresa expresada en µg de CV / 100 g de Fresa Fresca

C₀: concentración del CV en el untable expresada en µg de CV / 100 g de Fresa Fresca

G*: Compuesto volátil no detectado para el correspondiente lote de fresa fresca, pero generado como consecuencia del procesado.

Tabla 3.14.b. Compuestos volátiles que modificaron su concentración como consecuencia de la formulación expresados como el ratio $(C_0 - C_F) / C_F$ en los untables formulados con la mezcla fructosa-isomaltulosa (F₀-14:F₀-26).

Compuestos	F ₀ -14	F ₀ -15	F ₀ -16	F ₀ -17	F ₀ -18	F ₀ -19	F ₀ -20	F ₀ -21	F ₀ -22	F ₀ -23	F ₀ -24	F ₀ -25	F ₀ -26
Esteres													
Etil acetato	0 (0)	0,23 (0,02)	0 (0)	0,94 (0,08)	0 (0)	0 (0)	0,48 (0,02)	1,3 (0,2)	1,74 (0,08)	1,0 (0,3)	1,9 (0,2)	1,6 (0,6)	1,0 (0,4)
Isopropil acetato	0 (0)	1,02 (0,02)	0 (0)	0,19 (0,13)	0 (0)	0 (0)	0,39 (0,02)	0,040 (0,008)	0 (0)	0,31 (0,04)	0,68 (0,13)	2,0 (0,3)	1,2 (0,3)
Metil propanoato	0 (0)	1,16 (0,02)	0 (0)	-0,08 (0,02)	-0,9 (0,2)	-0,66 (0,06)	-0,66 (0,02)	0 (0)	0 (0)	0,5 (0,2)	0,25 (0,09)	1,2 (0,2)	0 (0)
Metil butirato	0 (0)	1,61 (0,02)	0 (0)	0,14 (0,05)	0 (0)	-0,22 (0,09)	0 (0)	0,7 (0,2)	1,1 (0,2)	0,69 (0,13)	1,208 (0,034)	1,5 (0,2)	1,3 (0,5)
Etil butirato	-0,6 (0,2)	1,17 (0,02)	-0,4 (0,3)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	-0,12 (0,02)	-0,18 (0,02)	0 (0)	0 (0)	0,44 (0,05)	-0,489 (0,102)	-0,60 (0,12)
Butil acetato	0 (0)	2,51 (0,02)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	-0,27 (0,02)	-0,055 (0,002)	0,3 (0,2)	0 (0)	0,419 (0,102)	-0,66 (0,03)	-0,72 (0,06)
Metil hexanoato	-0,6 (0,2)	1,63 (0,02)	0 (0)	-0,38 (0,18)	0 (0)	-0,6 (0,3)	-0,55 (0,02)	-0,18 (0,03)	0,05 (0,02)	0 (0)	-0,23 (0,09)	0 (0)	-0,37 (0,12)
Butil butirato	-0,66 (0,12)	0,48 (0,02)	-0,6 (0,2)	-0,53 (0,19)	0,61 (0,02)	-0,84 (0,14)	-0,74 (0,02)	-0,52 (0,12)	-0,28 (0,04)	0 (0)	-0,60 (0,12)	-0,82 (0,08)	0 (0)
Hexil acetato	-0,6 (0,2)	0 (0)	-0,5 (0,3)	-0,61 (0,12)	-0,44 (0,02)	-0,7 (0,3)	-0,55 (0,02)	-0,62 (0,03)	-0,341 (0,034)	-0,34 (0,12)	-0,35 (0,12)	0 (0)	-0,21 (0,12)
2-Hexen-1-ol, ac.	-0,6 (0,2)	0 (0)	-0,5 (0,3)	-0,55 (0,13)	-0,36 (0,02)	-0,6 (0,3)	-0,46 (0,08)	-0,59 (0,03)	-0,50 (0,02)	-0,41 (0,07)	0 (0)	0 (0)	-0,20 (0,13)
Hexil butirato	-0,66 (0,04)	0,09 (0,02)	-0,73 (0,13)	-0,71 (0,09)	-0,65 (0,02)	-0,8 (0,2)	-0,76 (0,02)	-0,75 (0,04)	-0,69 (0,03)	-0,54 (0,02)	-0,79 (0,05)	-0,642 (0,014)	-0,73 (0,12)
Octil acetato	-0,81 (0,07)	0,08 (0,02)	-0,74 (0,13)	-0,60 (0,12)	-0,13 (0,02)	-0,8 (0,2)	-0,79 (0,02)	-0,746 (0,013)	0,076 (0,002)	-0,63 (0,06)	-0,67 (0,08)	-0,777 (0,014)	-0,85 (0,02)
Butil octanoato	-0,91 (0,04)	-0,22 (0,02)	-0,63 (0,09)	-0,79 (0,05)	-0,61 (0,02)	-0,88 (0,03)	-0,87 (0,02)	-0,871 (0,002)	-0,75 (0,02)	-0,81 (0,06)	-0,86 (0,06)	-0,88 (0,02)	ND ¹
Alcoholes													
Propan-2-ol	172 (35)	123 (-)	135 (24)	110 (7)	137 (-)	110 (16)	119 (-)	106 (5)	127 (16)	105 (20)	179 (19)	272 (5)	249 (9)
Etanol	3,0 (0,7)	8 (1)	2 (1)	2,56 (0,09)	1,49 (0,02)	4,1 (0,3)	5 (-)	3 (1)	0 (0)	3,1 (0,3)	6,5 (0,6)	15 (2)	10 (2)
1-Butanol	1,18 (0,12)	5 (1)	0 (0)	26 (7)	19 (1)	0,8 (0,5)	0,49 (0,02)	0,44 (0,12)	2 (1)	0,98 (0,02)	0,5 (0,3)	10 (6)	0 (0)
1-Pentanol	-0,3 (0,2)	0,68 (0,02)	-0,39 (0,12)	0 (0)	-0,40 (0,02)	14 (2)	25 (2)	-0,25 (0,03)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
3-Metil butanol	G*	-0,96 (0,02)	G*										
1-Pentanol	0,41 (0,08)	0,80 (0,02)	0 (0)	22 (5)	31 (1)	G*							
1-Hexanol	-0,45 (0,12)	-0,19 (0,02)	-0,51 (0,14)	-0,67 (0,09)	-0,78 (0,02)	-0,75 (0,12)	-0,59 (0,02)	G*	G*	G*	G*	G*	G*
2-Hexen-1-ol	-0,32 (0,13)	0 (0)	-0,47 (0,12)	-0,3 (0,2)	-0,59 (0,02)	0 (0)	-0,17 (0,02)	-0,19 (0,04)	0,6 (0,2)	0 (0)	0,24 (0,02)	0 (0)	0,4 (0,2)
Linalol	-0,43 (0,14)	2,27 (0,02)	-0,4 (0,2)	0 (0)	0,27 (0,02)	0 (0)	0,24 (0,02)	0 (0)	0,076 (0,002)	0,7 (0,3)	0,22 (0,14)	0,8 (0,2)	0,44 (0,09)
Aldehídos													
Hexanal	0 (0)	2,30 (0,02)	0 (0)	0,9 (0,4)	1,28 (0,02)	0 (0)	0,42 (0,02)	0,208 (0,003)	0 (0)	0,88 (0,12)	0,94 (0,02)	2,922 (0,109)	2,2 (0,4)
2-Hexenal	0,7 (0,5)	3,7 (0,02)	0 (0)	1,3 (0,5)	2,94 (0,02)	0 (0)	0,99 (0,02)	0,55 (0,09)	1,2 (0,2)	1,3 (0,2)	1,67 (0,14)	2,7 (0,3)	2,1 (0,4)
Céromos													
1-Penten-3-ona	0 (0)	0,52 (0,02)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0,6 (0,3)	1,83 (0,02)	0,597 (0,003)	0,8 (0,4)	1,1 (0,3)	1,34 (0,05)	0,5 (0,2)	0 (0)

C₀: concentración del CV en fresa expresada en µg de CV / 100 g de Fresa Fresca
 C_F: concentración del CV en el untable expresada en µg de CV / 100 g de Fresa Fresca
 G*: Compuesto volátil no detectado para el correspondiente lote de fresa fresca, pero generado como consecuencia del procesado.
 †: ND → Compuesto no detectado.

Tabla 3.15.a. Compuestos volátiles generados como consecuencia de la formulación expresados como C₀ : µg CV / 100 g de untable, en los untables formulados con la mezcla fructosa-isomaltulosa (F₀-1:F₀-13).

Compuestos	F ₀ -1	F ₀ -2	F ₀ -3	F ₀ -4	F ₀ -5	F ₀ -6	F ₀ -7	F ₀ -8	F ₀ -9	F ₀ -10	F ₀ -11	F ₀ -12	F ₀ -13
Esteres													
Isopropil acetato	M ²	8,9 (0,6)	7,2 (0,5)	8 (2)	8 (1)	M ²	M ²	M ²	M ²				
Butil butirato	M ²	1,5 (0,4)	0,10 (0,02)	1,1 (0,2)	0,48 (0,07)	0,39 (0,08)	0,18 (0,05)	M ²	M ²	M ²	M ²	M ²	M ²
Octil acetato	M ²	1,81 (0,02)	0,84 (0,02)	3,0 (0,7)	0,77 (0,02)	1,8 (0,2)	0,69 (0,03)	M ²	M ²	M ²	M ²	M ²	M ²
Butil octanoato	ND ¹	M ²	M ²	M ²	M ²	0,6 (0,2)	0,28 (0,09)	M ²	M ²	M ²	M ²	M ²	M ²
Aldehídos													
2-Metil butanal	4,35 (0,02)	18,8 (0,6)	1,8 (0,2)	9 (1)	7 (1)	4,3 (0,8)	2,0 (0,3)	1,95 (0,06)	1,8 (0,5)	0,6 (-)	4,1 (0,6)	2,9 (0,4)	6,0 (0,4)
3-Metil butanal	2,0 (0,3)	6,2 (0,2)	1,38 (0,07)	3,7 (0,7)	3,3 (0,7)	2,50 (0,12)	1,7 (0,2)	1,24 (0,06)	1,5 (0,4)	0,69 (0,02)	2,9 (0,2)	1,80 (0,13)	3,58 (0,13)
Octanal	ND ¹	0,34 (0,09)	0,39 (0,07)	0,37 (0,12)	0,25 (0,03)	0,27 (0,03)	0,22 (0,02)	0,30 (0,12)	0,19 (0,02)	0,26 (0,05)	0,13 (-)	0,10 (0,04)	0,19 (0,12)
Nonanal	1,1 (0,6)	0,70 (0,08)	0,50 (0,12)	0,6 (0,2)	0,44 (0,03)	0,63 (0,06)	0,34 (0,06)	0,5 (0,2)	0,5 (0,2)	0,46 (0,03)	0,28 (0,02)	0,22 (0,02)	0,4 (0,2)
Decanal	1,4 (0,8)	0,8 (0,3)	0,5 (0,2)	0,35 (0,09)	0,55 (0,12)	0,62 (0,02)	0,36 (0,02)	0,9 (0,3)	1,1 (0,4)	1,26 (0,05)	0,16 (0,03)	0,18 (0,02)	0,3 (0,2)
Benzaldehído	0,6 (0,3)	0,6 (0,2)	0,67 (0,06)	0,6 (0,2)	0,47 (0,09)	0,58 (0,03)	0,43 (0,07)	0,48 (0,12)	0,36 (0,12)	0,32 (0,04)	0,34 (0,03)	0,31 (0,05)	0,53 (0,12)
Alcoholes													
Eucaliptol	1,3 (0,9)	3 (2)	1,43 (0,05)	1,7 (0,4)	2 (1)	ND ¹	ND ¹	1,0 (0,4)	1,5 (0,4)	1,7 (0,3)	0,63 (0,05)	0,87 (0,05)	1,2 (0,5)
Propan-2-ol	110 (25)	91 (5)	108 (24)	67 (14)	88 (2)	83 (8)	56 (2)	M ²	M ²	M ²	M ²	M ²	M ²
3-Metil butanol	1,5 (0,7)	M ²	M ²	M ²	M ²	ND ¹	ND ¹	M ²	M ²	M ²	M ²	M ²	M ²
1-Pentanol	0,9 (0,2)	M ²	M ²	M ²	M ²								
1-Hexanol	4 (1)	M ²	M ²	M ²	M ²								
Furanos													
Furfural	61 (15)	160 (9)	22 (5)	63 (3)	65,4 (0,6)	44 (6)	29 (2)	43 (4)	10,8 (0,9)	12,9 (0,3)	34,4 (0,3)	43 (4)	59,9 (0,4)
2-Acetilfuran	1,5 (0,8)	11 (2)	0,34 (0,06)	1,5 (0,5)	1,22 (0,02)	0,80 (0,13)	0,63 (0,14)	1,1 (0,3)	0,16 (0,04)	0,17 (0,02)	0,55 (0,02)	0,7 (0,2)	1,6 (0,2)
5-Metil furfural	1,1 (0,7)	12 (2)	0,34 (0,04)	1,5 (0,6)	1,57 (0,04)	1,0 (0,4)	0,44 (0,07)	0,8 (0,3)	0,10 (0,03)	0,12 (-)	0,47 (0,02)	0,6 (0,2)	1,4 (0,2)
Misifurano	0,6 (0,3)	1,0 (0,3)	0,48 (0,12)	0,87 (0,09)	0,58 (0,06)	0,47 (0,02)	0,4 (0,2)	0,53 (0,12)	0,38 (0,08)	0,21 (0,13)	0,29 (0,05)	0,27 (-)	0,47 (-)
Terpenos													
Limoneno	0,6 (0,3)	3,5 (0,6)	1,1 (0,2)	0,14 (0,02)	0,36 (0,05)	0,19 (0,02)	0,3 (0,2)	0,35 (0,02)	0,3 (0,2)	0,26 (0,06)	0,25 (0,02)	0,26 (0,03)	0,26 (0,06)
Nitrilos													
Acetonitrilo	1,5 (1,3)	1,1 (0,3)	0,64 (0,08)	0,62 (0,12)	0,71 (0,07)	2,4 (0,2)	0,39 (0,06)	0,31 (0,06)	0,6 (0,3)	0,39 (-)	0,34 (0,04)	0,51 (0,13)	0,47 (0,06)

C: Concentración del CV en el untable recién elaborado en µg de CV / 100 g de untable.

1: ND → Compuesto no detectado.

2: M → Compuesto que no se generó, modificó su concentración.

Tabla 3.15.b. Compuestos volátiles generados como consecuencia de la formulación expresados como C₀ : µg CV / 100 g de untable, en los untables formulados con la mezcla fructosa-isomaltulosa (F₀-14:F₀-26).

Compuestos	F ₀ -14	F ₀ -15	F ₀ -16	F ₀ -17	F ₀ -18	F ₀ -19	F ₀ -20	F ₀ -21	F ₀ -22	F ₀ -23	F ₀ -24	F ₀ -25	F ₀ -26
Aldehídos													
Isopropil acetato	M ²												
Butil butirato	M ²												
Octil acetato	M ²												
Butil octanoato	M ²												
Aldehídos													
2-Metil butanal	3 (1)	6,10 (0,13)	6 (2)	1,63 (0,14)	3,65 (0,02)	3,5 (0,4)	5,71 (0,02)	2,35 (0,09)	3,66 (0,12)	4 (1)	6,0 (0,3)	12 (1)	8 (2)
3-Metil butanal	2,0 (0,5)	3,4 (0,2)	4 (1)	1,24 (0,13)	2,30 (0,02)	2,1 (0,2)	3,33 (0,02)	1,58 (0,09)	2,1 (0,4)	1,22 (0,02)	3,9 (0,5)	7 (1)	4,0 (0,2)
Octanal	0,3 (0,2)	0,36 (0,02)	0,46 (0,12)	0,20 (0,07)	0,48 (0,02)	0,3 (0,2)	0,24 (0,02)	0,15 (0,05)	0,4 (0,2)	0,18 (0,05)	0,26 (0,02)	0,45 (0,13)	0,5 (0,3)
Nonanal	0,5 (0,2)	0,62 (0,04)	0,36 (0,12)	0,24 (0,08)	0,46 (0,02)	0,35 (0,13)	0,38 (0,02)	0,22 (0,08)	0,5 (0,2)	0,34 (0,06)	0,35 (0,05)	0,6 (0,3)	0,5 (0,2)
Decanal	0,44 (0,02)	0,42 (0,02)	0,24 (0,02)	0,18 (0,05)	0,37 (0,02)	0,31 (0,12)	0,37 (0,02)	0,17 (0,03)	0,4 (0,3)	0,20 (0,05)	0,20 (0,02)	0,5 (0,3)	0,3 (0,2)
Benzaldehído	0,49 (0,08)	0,76 (0,04)	0,4 (0,2)	0,30 (0,12)	0,32 (0,02)	0,4 (0,2)	0,34 (0,02)	0,31 (-)	0,6 (0,2)	0,43 (0,09)	0,58 (0,02)	0,39 (0,12)	0,37 (0,12)
Alcoholes													
Eucaliptol	1,3 (0,4)	1,7 (0,2)	1,7 (0,8)	0,80 (0,14)	ND ¹	0,8 (0,4)	1,44 (0,02)	1,0 (0,4)	1,4 (0,8)	1,4 (0,06)	1,9 (0,2)	2,0 (0,3)	1,7 (0,6)
Propan-2-ol	M ²												
3-Metil butanol	1,5 (0,9)	M ²	1,2 (0,4)	0,83 (0,13)	2,86 (0,02)	0,89 (0,08)	1,30 (0,02)	1,8 (0,7)	1,9 (0,4)	1,6 (0,4)	2,29 (0,14)	2,20 (0,09)	2,4 (0,9)
1-Pentanol	M ²	0,9 (0,3)	1,29 (0,02)	1,01 (0,02)	1,41 (0,12)	1,2 (0,2)	1,43 (0,05)	1,51 (0,09)	1,42 (0,14)				
1-Hexanol	M ²	6,1 (0,4)	17,7 (0,3)	7 (2)	7,03 (0,04)	11 (4)	10 (3)						
Furanos													
Furfural	78 (20)	77 (10)	80 (16)	27 (3)	80 (-)	110 (5)	138 (-)	45 (4)	151 (54)	53 (2)	90 (4)	95 (5)	119 (33)
2-Acetilfuran	1,8 (0,4)	1,4 (0,3)	1,7 (0,4)	0,4 (0,2)	2,94 (0,02)	4 (1)	6,94 (0,02)	1,01 (0,03)	6 (2)	1,4 (0,5)	1,81 (0,12)	1,78 (0,07)	2 (1)
5-Metil furfural	1,5 (0,4)	1,3 (0,4)	1,6 (0,4)	0,4 (0,2)	2,29 (0,02)	2 (1)	4,66 (0,02)	0,75 (0,05)	4 (2)	1,2 (0,4)	1,97 (0,02)	2,4 (0,2)	3 (1)
Misifurano	0,56 (0,04)	0,8 (0,2)	0,77 (0,12)	0,8 (0,4)	1,23 (0,02)	0,74 (0,13)	80 (0,02)	0,71 (0,08)	2 (1)	1,3 (0,2)	0,95 (0,02)	1,3 (0,3)	2,0 (0,9)
Terpenos													
Limoneno	0,38 (0,02)	0,52 (0,02)	0,24 (0,06)	0,24 (0,08)	0,30 (0,02)	0,34 (0,12)	0,39 (0,02)	0,21 (0,02)	0,7 (0,4)	0,27 (0,12)	0,39 (0,02)	0,50 (0,04)	0,7 (0,3)
Nitrilos													
Acetonitrilo	0,5 (0,2)	0,7 (0,2)	0,5 (0,2)	0,7 (0,2)	2,98 (0,02)	1,2 (0,8)	0,96 (0,02)	0,8 (0,2)	0,8 (0,2)	0,57 (0,05)	1,6 (0,8)	0,85 (0,12)	0,6 (0,2)

C: Concentración del CV en el untable recién elaborado en µg de CV / 100 g de untable.

1: ND → Compuesto no detectado.

2: M → Compuesto que no se generó, modificó su concentración.

Tabla 3.16.a. Compuestos volátiles que modificaron su concentración como consecuencia del almacenamiento expresados como el ratio $(C_{90} - C_F) / C_F$ en los untables formulados con la mezcla sacarosa-isomaltulosa ($S_{90-1}:S_{90-13}$).

Compuestos	S_{90-1}	S_{90-2}	S_{90-3}	S_{90-4}	S_{90-5}	S_{90-6}	S_{90-7}	S_{90-8}	S_{90-9}	S_{90-10}	S_{90-11}	S_{90-12}	S_{90-13}
Ésteres													
Etil acetato	-0,94 (0,03)	-0,871 (0,005)	-0,908 (0,012)	-0,966 (0,003)	-0,940 (0,002)	-0,47 (0,09)	-0,80 (0,03)	-0,57 (0,02)	-0,64 (0,04)	-0,86 (0,03)	-0,83 (0,02)	-0,55 (0,04)	-0,16 (0,05)
Isopropil acetato	-0,5 (0,2)	G*	G*	G*	G*	G*	-0,672 (0,012)	-0,17 (0,09)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	-0,434 (0,005)	-0,25 (0,03)
Metil propanoato	0 (0)	31 (3)	0 (0)	0 (0)	-0,627 (0,112)	-0,85 (0,03)	-0,69 (0,05)	-0,68 (0,04)	0,25 (0,12)	0 (0)	-0,3 (0,2)	-0,519 (0,008)	-0,24 (0,07)
Etil butirato	-0,85 (0,02)	-0,465 (0,005)	-0,53 (0,05)	-0,862 (0,009)	-0,59 (0,06)	-0,627 (0,006)	-0,66 (0,03)	-0,23 (0,06)	-0,13 (0,09)	-0,400 (0,106)	-0,321 (0,007)	-0,18 (0,09)	-0,18 (0,05)
Butil acetato	-0,78 (0,4)	ND ¹	-0,69 (0,02)	-0,938 (0,009)	-0,923 (0,005)	-0,932 (0,012)	-0,745 (0,002)	-0,72 (0,05)	-0,68 (0,07)	-0,22 (0,12)	-0,61 (0,06)	-0,69 (0,06)	0 (0)
Metil hexanoato	-0,852 (0,002)	-0,89 (0,02)	-0,879 (0,005)	-0,95 (0,02)	-0,73 (0,03)	-0,658 (0,012)	-0,810 (0,005)	-0,80 (0,02)	-0,75 (0,09)	-0,68 (0,04)	-0,76 (0,04)	-0,76 (0,04)	-0,58 (0,09)
Butil butirato	ND ¹	-0,82 (0,03)	-0,81 (0,05)	-0,59 (0,13)									
Hexil acetato	0 (0)	-0,7 (0,2)	-0,928 (0,004)	-0,93 (0,03)	-0,76 (0,02)	-0,76 (0,09)	-0,83 (0,05)	-0,79 (0,02)	-0,86 (0,06)	-0,69 (0,03)	-0,82 (0,03)	-0,84 (0,02)	-0,80 (0,05)
2-Hexen-1-ol, ac.	0 (0)	1,3 (0,5)	-0,919 (0,012)	-0,85 (0,06)	-0,22 (0,07)	-0,3 (0,2)	-0,77 (0,06)	-0,731 (0,008)	-0,84 (0,07)	-0,63 (0,04)	-0,73 (0,03)	-0,93 (0,02)	-0,80 (0,05)
Hexil butirato	ND ¹												
Octil acetato	ND ¹												
Butil octanoato	ND ¹												
Alcoholes													
Propan-2-ol	G*	81 (4)	63,3 (0,3)	56 (12)	75 (10)	67 (28)	46 (5)						
Etanol	10 (3)	-0,564 (0,003)	-0,686 (0,005)	-0,79 (0,03)	-0,836 (0,013)	-0,82 (0,03)	-0,63 (0,06)	3 (2)	1,9 (0,4)	3,00 (0,13)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
1-Butanol	0,9 (0,5)	-0,3 (0,2)	0 (0)	-0,79 (0,03)	0 (0)	0 (0)	-0,31 (0,13)	1,9 (0,2)	2,750 (0,109)	6,6 (0,5)	3,0 (0,8)	166 (21)	143 (26)
1-Pentanol	-0,60 (0,08)	-0,65 (0,02)	-0,23 (0,02)	0,24 (0,09)	-0,14 (0,06)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0,20 (0,02)	-0,198 (0,012)	0 (0)	-0,54 (0,08)	-0,3 (0,2)
3-Metil butanol	-0,898 (0,012)	-0,935 (0,012)	-0,958 (0,002)	-0,837 (0,009)	-0,78 (0,02)	-0,85 (0,04)	-0,866 (0,012)	-0,65 (0,03)	-0,823 (0,013)	-0,95 (0,05)	-0,96 (0,05)	G*	G*
1-Pentanol	-0,71 (0,05)	-0,83 (0,02)	-0,56 (0,07)	-0,18 (0,09)	0 (0)	0,08 (-)	-0,53 (0,07)	1,9 (0,2)	1,3 (0,2)	-0,218 (0,015)	-0,29 (0,13)	0 (0)	0 (0)
1-Hexanol	-0,966 (0,002)	-0,976 (0,002)	-0,86 (0,02)	-0,85 (0,04)	-0,791 (0,02)	0 (0)	-0,58 (0,08)	-0,45 (0,03)	0 (0)	-0,742 (0,007)	-0,75 (0,02)	-0,4 (0,2)	0 (0)
2-Hexen-1-ol	1,2 (0,2)	1,7 (0,4)	2,0 (0,5)	0,7 (0,3)	5,2 (0,08)	4 (2)	0,95 (0,09)	-0,161 (0,008)	0 (0)	-0,23 (0,02)	-0,32 (0,02)	-0,3 (0,2)	0 (0)
Linalol	-0,80 (0,06)	-0,894 (0,012)	-0,78 (0,08)	-0,88 (0,04)	-0,45 (0,12)	-0,6 (0,2)	-0,51 (0,13)	-0,76 (0,05)	-0,6 (0,2)	-0,70 (0,04)	-0,88 (0,02)	-0,73 (0,12)	0 (0)
Aldehídos													
Hexanal	-0,87 (0,6)	-0,71 (0,07)	0,5 (0,2)	-0,4 (0,2)	0 (0)	0,16 (0,09)	-0,914 (0,002)	-0,854 (0,002)	-0,83 (0,06)	-0,917 (0,012)	-0,83 (0,08)	-0,864 (0,012)	-0,79 (0,04)
2-Hexenal	-0,845 (0,004)	-0,28 (0,04)	-0,71 (0,2)	-0,45 (0,13)	ND ¹	ND ¹	-0,779 (0,002)	-0,72 (0,02)	-0,82 (0,0)	-0,73 (0,03)	-0,74 (0,04)	-0,75 (0,08)	-0,665 (0,107)
Cetonas													
1-Pentem-3-ona	-0,975 (0,002)	ND ¹	-0,963 (0,002)	-0,944 (0,002)	-0,94 (0,09)	-0,79 (0,07)	-0,951 (0,012)	-0,846 (0,012)	-0,842 (0,002)	-0,933 (0,004)	-0,84 (0,02)	-0,9 (0,2)	-0,60 (0,06)

C_F: concentración del CV en fresa expresada en µg de CV / 100 g de Fresa Fresca
 C₉₀: concentración del CV en el untable expresada en µg de CV / 100 g de Fresa Fresca
 G*: Compuesto volátil no detectado para el correspondiente lote de fresa fresca, pero generado como consecuencia del procesado.
 -: ND → Compuesto no detectado.

Tabla 3.16.b. Compuestos volátiles que modificaron su concentración como consecuencia del almacenamiento expresados como el ratio $(C_{90} - C_F) / C_F$ en los untables formulados con la mezcla sacarosa-isomaltulosa ($S_{90-14}:S_{90-26}$).

Compuestos	S_{90-14}	S_{90-15}	S_{90-16}	S_{90-17}	S_{90-18}	S_{90-19}	S_{90-20}	S_{90-21}	S_{90-22}	S_{90-23}	S_{90-24}	S_{90-25}	S_{90-26}
Esteres													
Etil acetato	-0.600(0.006)	-0.29(0.13)	-0.30(0.05)	0.28(0.09)	-0.34(0.05)	0(0)	-0.240(0.002)	0.6(0.4)	0(0)	0.34(0.02)	0(0)	0.50(0.08)	0.24(0.05)
Isopropil acetato	-0.286(0.004)	0(0)	-0.32(0.08)	0.12(0.04)	0(0)	-0.228(0.104)	-0.12(0.09)	0(0)	-0.40(0.04)	0.25(0.06)	0(0)	0.45(0.03)	0.84(0.07)
Metil propanoato	-0.38(0.07)	0(0)	-0.51(0.05)	0(0)	0(0)	-0.698(0.012)	-0.78(0.02)	-0.32(0.05)	-0.63(0.14)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)
Metil butirato	-0.427(0.007)	-0.17(0.07)	-0.47(0.04)	-0.11(0.04)	-0.32(0.05)	-0.42(0.09)	-0.54(0.05)	0(0)	-0.044(0.007)	-0.179(0.008)	0(0)	-0.18(0.04)	0.19(0.09)
Etil butirato	-0.82(0.02)	-0.414(0.013)	-0.54(0.08)	0(0)	-0.76(0.04)	-0.69(0.07)	-0.74(0.05)	-0.212(0.012)	-0.67(0.04)	-0.31(0.04)	-0.330(0.114)	-0.875(0.003)	-0.820(0.007)
Butil acetato	-0.80(0.03)	-0.652(0.013)	-0.75(0.06)	0(0)	-0.88(0.03)	-0.819(0.012)	-0.80(0.02)	-0.48(0.04)	-0.77(0.03)	-0.47(0.04)	-0.47(0.04)	-0.92(0.02)	-0.889(0.006)
Metil hexanoato	-0.88(0.03)	-0.68(0.06)	-0.90(0.03)	-0.5(0.3)	-0.87(0.02)	-0.92(0.03)	-0.89(0.02)	-0.488(0.002)	-0.77(0.08)	-0.763(0.009)	-0.79(0.03)	-0.914(0.004)	-0.84(0.02)
Butil butirato	ND ¹												
Hexil acetato	-0.83(0.02)	-0.77(0.08)	-0.85(0.04)	-0.7(0.2)	-0.88(0.02)	-0.95(0.02)	-0.952(0.007)	-0.820(0.014)	-0.92(0.02)	-0.921(0.002)	-0.882(0.002)	-0.930(0.003)	-0.82(0.05)
2-Hexen-1-ol, a.c.	-0.92(0.03)	-0.74(0.09)	-0.81(0.04)	-0.7(0.2)	-0.87(0.02)	-0.94(0.02)	-0.93(0.02)	-0.805(0.002)	-0.90(0.03)	-0.916(0.002)	-0.823(0.002)	-0.908(0.005)	-0.79(0.05)
Hexil butirato	ND ¹												
Octil acetato	ND ¹												
Butil octanoato	ND ¹												
Alcoholes													
Propan-2-ol	138(22)	69(13)	90(2)	94(12)	140(9)	171(14)	126(5)	71(5)	110(10)	85(13)	73(17)	132(4)	150(32)
Etanol	4(1)	6(2)	2,085(0.007)	2,9(0.7)	3(1)	5(1)	8(5)	0(0)	3(2)	3(2)	3,2(0.3)	7,5(0.7)	7(1)
1-Butanol	4,4(0.5)	0,4(0.2)	4,4(0.9)	47(13)	46(7)	2,984(0.008)	2,1(0.4)	3(1)	3,1(0.5)	3,8(0.3)	2,6(0.7)	0,8(0.2)	0,83(0.03)
1-Penten-3-ol	-0,477(0,007)	-0,31(0,09)	-0,29(0,06)	0(0)	0(0)	23(1)	29(10)	0(0)	-0,277(0,106)	-0,763(0,009)	0(0)	-0,24(0,02)	-0,32(0,07)
3-Metilbutanol	G*	-0,946(0,009)	G*										
1-Pentanol	0,3(0,2)	0,9(0,2)	0,5(0,3)	30(8)	30(4)	G*							
1-Hexanol	-0,71(0,07)	0(0)	0(0)	-0,5(0,2)	-0,45(0,08)	-0,69(0,05)	-0,57(0,05)	G*	G*	G*	G*	G*	G*
2-Hexen-1-ol	-0,629(0,105)	0(0)	0,3(0,2)	0(0)	-0,87(0,02)	0(0)	0,4(0,2)	0(0)	0(0)	-0,49(0,04)	0,31(0,15)	-0,273(0,006)	0(0)
Linalol	-0,81(0,08)	0(0)	-0,75(0,06)	0(0)	-0,36(0,07)	-0,70(0,07)	-0,69(0,02)	-0,405(0,003)	-0,688(0,102)	-0,70(0,03)	-0,52(0,07)	-0,799(0,008)	-0,39(0,14)
Aldehídos													
Hexanal	-0,876(0,012)	-0,74(0,05)	-0,92(0,03)	-0,32(0,09)	-0,6(0,2)	-0,802(0,014)	-0,88(0,02)	-0,59(0,03)	-0,841(0,002)	-0,76(0,06)	-0,74(0,03)	-0,46(0,12)	-0,5(0,2)
2-Hexenal	-0,84(0,03)	-0,67(0,05)	-0,94(0,02)	0(0)	-0,74(0,3)	-0,82(0,04)	-0,87(0,02)	-0,53(0,06)	-0,78(0,06)	-0,738(0,003)	-0,672(0,004)	-0,49(0,02)	-0,58(0,03)
Cetonas													
1-Penten-3-ona	-0,84(0,03)	-0,88(0,02)	-0,847(0,009)	-0,8(0,2)	-0,72(0,03)	-0,516(0,002)	-0,54(0,08)	-0,981(0,013)	-0,832(0,006)	-0,552(0,012)	0(0)	-0,761(0,009)	-0,79(0,02)

C_F: concentración del CV en fresa expresada en µg de CV / 100 g de Fresa Fresca
 C₀: concentración del CV en el untable expresada en µg de CV / 100 g de Fresa Fresca
 G*: Compuesto volátil no detectado para el correspondiente lote de fresa fresca, pero generado como consecuencia del procesado.
 1: ND → Compuesto no detectado.

Tabla 3.17.a. Compuestos volátiles generados como consecuencia del almacenamiento expresados como C₀ : µg CV / 100 g de untable, en los untables formulados con la mezcla sacarosa-isomaltulosa (S₉₀₋₁:S₉₀₋₁₃).

Compuestos	S ₉₀₋₁	S ₉₀₋₂	S ₉₀₋₃	S ₉₀₋₄	S ₉₀₋₅	S ₉₀₋₆	S ₉₀₋₇	S ₉₀₋₈	S ₉₀₋₉	S ₉₀₋₁₀	S ₉₀₋₁₁	S ₉₀₋₁₂	S ₉₀₋₁₃
Esteres													
Isopropil acetato	M ²	3.1 (0.3)	3.6 (0.7)	5.0 (0.5)	4.2 (0.5)	5.7 (0.4)	M ²	M ²	M ²	M ²	M ²	M ²	M ²
Etenil acetato	12 (6)	23 (1)	15.7 (0.3)	10.1 (0.2)	8.3 (0.9)	7.7 (0.2)	8.44 (0.02)	7.5 (0.3)	10.3 (0.8)	10 (2)	10.0 (0.2)	10 (3)	10.2 (0.4)
Metil-2-metil butirato	ND ¹	ND ¹	ND ¹	0.81 (0.12)	0.65 (0.13)	1.0 (0.3)	0.66 (0.02)	0.46 (0.12)	0.81 (0.14)	0.7 (0.2)	0.55 (0.12)	0.49 (0.06)	0.69 (0.06)
Aldehídos													
2-Metil butanal	2.1 (0.9)	4.4 (0.3)	4.5 (0.26)	5.0 (0.5)	3.4 (0.6)	1.3 (0.6)	2.22 (0.12)	1.62 (0.08)	1.6 (0.6)	0.9 (0.3)	3.4 (0.5)	2.13 (0.06)	4.5 (0.5)
3-Metil butanal	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹									
Octanal	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹									
Nonanal	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹									
Decanal	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹									
Benzaldehído	3.1 (0.5)	3.78 (0.14)	1.2 (0.2)	1.9 (0.6)	1.8 (0.4)	2 (1)	1.6 (0.6)	1.58 (0.07)	1.4 (0.5)	4.77 (0.07)	1.34 (0.03)	1.05 (0.12)	1.3 (0.6)
E-2-Butenal	0.8 (0.2)	1.12 (0.02)	0.82 (0.06)	2.02 (0.07)	0.95 (0.07)	1.9 (0.3)	1.1 (0.3)	0.78 (0.12)	1.2 (0.2)	2.4 (0.2)	1.6 (0.5)	1.05 (0.12)	1.1 (0.2)
Z-2-Butenal	1.2 (0.2)	0.8 (0.2)	0.52 (0.02)	0.87 (0.12)	0.7 (0.3)	0.95 (0.02)	1.0 (0.2)	1.1 (0.2)	1.1 (0.2)	0.8 (0.3)	0.9 (0.3)	1.1 (0.2)	1.1 (0.2)
Alcoholes													
Eucaliptol	0.17 (-)	0.54 (0.08)	ND ¹	0.4 (0.2)	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹	0.32 (0.02)	2 (1)	1.05 (0.09)	ND ¹	0.16 (0.02)
Propan-2-ol	101 (50)	96 (10)	70 (4)	55 (10)	45.5 (0.23)	60 (8)	51 (5)	M ²	M ²	M ²	M ²	M ²	M ²
3-Metil butanol	M ²	M ²	M ²	M ²									
1-Pentanol	M ²	M ²	M ²	M ²									
1-Hexanol	M ²	M ²	M ²	M ²									
2-Buten-1-ol	0.50 (0.05)	0.34 (0.02)	0.34 (0.02)	0.50 (0.02)	0.64 (0.12)	0.4 (0.3)	0.32 (0.06)	0.25 (0.02)	0.20 (0.02)	0.45 (0.02)	0.42 (0.04)	0.49 (0.07)	0.09 (0.02)
2-Penten-1-ol	1.62 (0.12)	1.8 (0.2)	1.0 (0.2)	0.79 (0.06)	1.22 (0.12)	1.1 (0.4)	1.2 (0.2)	1.07 (0.02)	0.9 (0.2)	0.93 (0.06)	1.05 (0.05)	1.4 (0.2)	1.3 (0.5)
2-Etil-1-hexanol	7.24 (0.05)	6.8 (0.9)	0.43 (0.08)	11 (3)	8 (1)	13 (5)	11 (2)	10 (1)	11 (4)	8.7 (0.7)	6.6 (0.2)	8 (2)	9 (3)
Cetonas													
6-Metil-5-hepten-2-ona	0.9 (0.6)	0.52 (0.08)	0.25 (0.05)	0.17 (0.05)	0.22 (-)	0.3 (0.2)	0.20 (0.02)	0.5 (0.3)	0.4 (0.2)	0.33 (0.03)	0.33 (0.12)	0.33 (0.02)	0.15 (0.02)
Ácidos													
Ac. Acético	16 (13)	6.6 (0.6)	8.6 (0.9)	2 (1)	6.4 (0.3)	5 (3)	3.3 (0.2)	8 (6)	5.8 (0.6)	3.5 (0.4)	1.8 (0.2)	7 (4)	5 (3)
Ac. Propáico-2-metil	3 (1)	1.60 (0.13)	0.61 (0.07)	0.3 (-)	0.54 (0.12)	0.4 (0.3)	0.37 (0.03)	0.6 (0.3)	0.5 (0.2)	0.6 (0.3)	0.27 (0.14)	0.7 (0.4)	0.6 (0.4)
Ac. Butáico	3 (2)	0.44 (0.12)	0.40 (0.04)	0.12 (-)	ND ¹	0.15 (-)	0.19 (0.02)	0.5 (0.3)	0.35 (0.12)	0.5 (0.3)	0.12 (0.02)	0.58 (0.08)	0.34 (0.05)
Ac. Butáico-2-metil	4 (2)	3 (2)	0.89 (0.06)	0.4 (0.2)	0.5 (0.2)	0.31 (0.12)	0.31 (0.12)	0.44 (0.12)	0.26 (0.09)	0.35 (0.02)	0.29 (-)	0.47 (0.09)	0.34 (0.02)
Furanos													
Furfural	47 (10)	130 (10)	88 (8)	28 (2)	37 (3)	5 (2)	19 (2)	25 (2)	6 (1)	11 (1)	19 (2)	40 (6)	27 (3)
2-Acetilfuranio	2.8 (0.7)	6.2 (0.3)	3.5 (0.5)	1.3 (0.3)	1.7 (0.5)	0.3 (0.2)	1.05 (0.08)	1.4 (0.2)	0.34 (0.12)	0.73 (0.03)	0.75 (0.09)	0 (0.7)	1.7 (0.9)
5-Metilfurfural	1.5 (0.4)	5.28 (0.09)	2.4 (0.5)	0.9 (0.3)	1.4 (0.6)	0.10 (0.02)	0.44 (0.08)	0.6 (0.2)	0.07 (0.03)	0.20 (-)	0.41 (0.06)	1.3 (0.6)	1.0 (0.6)
Mesifurano	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹									
Terpenos													
Limoneno	1 (0.7)	1.0 (0.2)	0.52 (0.04)	0.20 (0.07)	0.9 (0.2)	0.46 (0.14)	0.23 (0.14)	0.28 (-)	0.24 (0.07)	0.29 (0.04)	0.23 (0.04)	0.25 (0.12)	0.16 (0.02)
Nitrilos													
Acetonitrilo	6.6 (0.6)	6.1 (0.2)	1.3 (0.2)	0.63 (0.03)	4.5 (-)	6.8 (0.7)	0.62 (-)	1.8 (0.5)	0.82 (0.12)	1.0 (0.2)	1.50 (0.14)	4 (1)	0.81 (0.12)

C: Concentración del CV en el untable recién elaborado en µg de CV / 100 g de untable.

1: ND → Compuesto no detectado.

2: M → Compuesto que no se generó, modificó su concentración.

Tabla 3.17.b. Compuestos volátiles generados como consecuencia del almacenamiento expresados como C₀ : µg CV / 100 g de untable, en los untables formulados con la mezcla sacarosa-isomaltulosa (S₉₀-14:S₉₀-26).

Compuestos	S ₉₀ -14	S ₉₀ -15	S ₉₀ -16	S ₉₀ -17	S ₉₀ -18	S ₉₀ -19	S ₉₀ -20	S ₉₀ -21	S ₉₀ -22	S ₉₀ -23	S ₉₀ -24	S ₉₀ -25	S ₉₀ -26
Esteres													
Isopropil acetato	M ²												
Etenil acetato	10.2 (0.4)	9.5 (0.9)	10.02 (0.06)	9 (1)	8.8 (0.2)	15 (2)	10.8 (0.7)	9.8 (1)	11 (1)	10.5 (0.5)	10 (3)	10.5 (0.2)	9.94 (0.07)
Metil-2-metil butirato	0.69 (0.06)	0.71 (0.03)	0.76 (0.12)	1.5 (0.8)	1.0 (0.2)	0.28 (0.02)	0.29 (0.04)	1.74 (0.03)	0.51 (0.02)	0.95 (0.06)	0.8 (0.2)	0.67 (0.02)	0.90 (-)
Aldehídos													
2-Metil butanal	4.5 (0.5)	3.5 (0.7)	4.71 (0.13)	5 (2)	2.9 (0.3)	2.3 (0.3)	2.8 (0.2)	4.0 (0.9)	1.49 (0.02)	1.7 (0.2)	3 (1)	5.3 (0.2)	5.1 (0.2)
3-Metil butanal	ND ¹												
Octanal	ND ¹												
Nonanal	ND ¹												
Decanal	ND ¹												
Benzaldehído	1.3 (0.6)	1.4 (0.6)	1.4 (0.5)	1.1 (0.5)	0.49 (0.13)	1.2 (0.3)	0.86 (0.07)	1.35 (0.12)	1.3 (0.4)	1.1 (0.2)	2.0 (0.3)	1.14 (0.09)	1.1 (0.3)
5-2-Butenal	1.1 (0.2)	2.07 (0.09)	1.09 (0.09)	1.9 (0.5)	1.9 (0.2)	1.6 (-)	1.2 (0.2)	1.8 (0.9)	0.55 (0.04)	1.49 (0.03)	2.0 (0.7)	3.02 (0.12)	1.3 (0.2)
2-Butenal-2-metil	1.1 (0.2)	0.78 (0.13)	0.7 (0.2)	1.41 (0.03)	1.0 (0.2)	0.51 (0.03)	0.8 (0.4)	0.9 (0.4)	0.61 (0.05)	0.97 (0.12)	0.71 (0.12)	0.98 (0.05)	0.91 (0.12)
Alcoholes													
Eucaliptol	0.16 (0.02)	0.07 (0.03)	0.25 (0.09)	2.1 (0.2)	0.60 (0.08)	0.21 (0.02)	ND ¹	ND ¹	ND ¹	0.24 (0.02)	ND ¹	0.24 (0.03)	0.30 (0.04)
Propan-2-ol	M ²												
3-Metil butanol	1.8 (0.2)	M ²	4.90 (0.12)	1.2 (0.2)	2.0 (0.3)	2.1 (0.4)	2.0 (0.3)	3 (1)	2.4 (0.4)	1.9 (0.2)	3.2 (0.4)	1.7 (0.2)	2.3 (0.6)
1-Pentanol	M ²	1.18 (0.12)	1.10 (0.08)	1.2 (0.4)	1.2 (0.3)	0.92 (-)	1.72 (0.07)	0.94 (0.03)	1.09 (0.03)				
1-Hexanol	M ²	7 (2)	12 (3)	3.47 (0.08)	8.1 (0.5)	7.50 (0.14)	5.9 (0.6)						
2-Buten-1-ol	0.27 (0.04)	0.26 (0.02)	0.24 (0.05)	0.15 (0.08)	0.38 (0.03)	0.45 (0.02)	0.32 (0.08)	0.5 (0.3)	0.5 (0.3)	0.27 (0.02)	0.28 (0.03)	0.49 (-)	0.35 (0.04)
2-Penten-1-ol	1.1 (0.2)	0.77 (0.03)	1.0 (0.3)	1.3 (0.3)	1.08 (0.02)	1.75 (0.06)	1.43 (0.08)	1.5 (0.4)	1.5 (0.5)	0.72 (-)	1.39 (0.12)	1.02 (0.09)	1.11 (0.14)
2-Etil-1-hexanol	7 (3)	9 (4)	7 (1)	1.9 (0.4)	5.6 (0.8)	4.2 (0.5)	5.4 (0.3)	9.7 (0.7)	9 (1)	5.93 (0.13)	9 (1)	8.28 (0.12)	7 (1)
Cetonas													
6-Metil-5-hepten-3-ona	0.24 (0.05)	0.09 (0.02)	0.17 (0.03)	0.7 (0.4)	0.18 (0.02)	0.5 (0.2)	0.56 (0.14)	0.29 (0.02)	0.8 (0.3)	0.15 (0.05)	0.17 (-)	0.26 (0.03)	0.3 (0.2)
Ácidos													
Ac. Acético	4.5 (0.5)	1.9 (0.6)	14 (3)	1.2 (0.2)	0.9 (0.6)	12 (1)	14 (9)	3 (1)	16 (4)	3.1 (0.3)	2.7 (0.3)	0.8 (0.3)	1.9 (0.2)
Ac. Propanoico-2-metil	0.51 (0.07)	0.19 (0.02)	0.09 (0.04)	0.35 (0.05)	0.10 (0.06)	1.4 (0.8)	1.6 (0.3)	1.1 (0.3)	3 (2)	0.62 (0.03)	1.0 (0.4)	ND ¹	0.28 (0.04)
Ac. Butanoico	0.38 (0.04)	0.10 (0.02)	0.42 (0.03)	0.7 (0.3)	0.12 (-)	0.49 (0.04)	0.8 (0.3)	0.32 (0.05)	1.4 (0.9)	0.23 (0.07)	0.21 (0.07)	ND ¹	0.24 (0.13)
Ac. Butanoico-2-metil	0.36 (0.02)	0.25 (0.12)	0.17 (0.02)	0.28 (-)	0.13 (-)	0.69 (0.06)	0.58 (0.05)	0.60 (0.08)	4 (2)	0.8 (0.2)	1.2 (0.6)	ND ¹	ND ¹
Furanos													
Furfural	32 (4)	19 (2)	14 (3)	25 (3)	24.3 (0.6)	90 (4)	49 (5)	55 (12)	62 (4)	22 (3)	18 (1)	60 (2)	36 (10)
2-Acetilfuran	1.6 (0.6)	0.7 (0.3)	0.7 (0.3)	1.3 (0.7)	0.84 (0.02)	1.7 (0.2)	2.3 (0.2)	4.1 (0.8)	4 (1)	0.9 (0.2)	1.1 (0.3)	5.58 (0.12)	1.5 (0.6)
5-Metil furfural	1.0 (0.6)	0.4 (0.2)	0.26 (0.12)	0.9 (0.5)	0.50 (-)	2.9 (0.4)	1.29 (0.08)	3.2 (0.3)	3 (1)	0.48 (0.12)	0.8 (0.3)	2.09 (0.05)	1.6 (0.8)
Mesifurano	ND ¹												
Terpenos													
Limoneno	0.36 (0.06)	0.28 (0.02)	0.27 (0.08)	0.20 (0.02)	0.34 (0.06)	0.3 (0.2)	0.23 (0.12)	0.34 (0.02)	0.21 (0.02)	0.18 (0.02)	0.8 (0.3)	0.21 (0.03)	0.31 (0.09)
Nitrilos													
Acetonitrilo	1.0 (0.2)	0.36 (0.12)	0.45 (-)	1.1 (0.8)	0.66 (0.05)	0.9 (0.2)	0.64 (0.07)	1.28 (0.12)	0.7 (0.3)	0.40 (0.02)	0.4 (0.2)	0.54 (0.05)	0.38 (0.06)

C: Concentración del CV en el untable recién elaborado en µg de CV / 100 g de untable.

: ND → Compuesto no detectado.

±: M → Compuesto que no se generó, modificó su concentración.

Tabla 3.18.a. Compuestos volátiles que modificaron su concentración como consecuencia del almacenamiento expresados como el ratio $(C_{90} - C_F) / C_F$ en los untables formulados con la mezcla fructosa-isomaltulosa (F₉₀₋₁:F₉₀₋₁₃).

Compuestos	F ₉₀₋₁	F ₉₀₋₂	F ₉₀₋₃	F ₉₀₋₄	F ₉₀₋₅	F ₉₀₋₆	F ₉₀₋₇	F ₉₀₋₈	F ₉₀₋₉	F ₉₀₋₁₀	F ₉₀₋₁₁	F ₉₀₋₁₂	F ₉₀₋₁₃
Ésteres													
Etil acetato	-0.93 (0.02)	-0.82 (0.08)	-0.953 (0.009)	-0.933 (0.012)	-0.841 (0.009)	-0.964 (0.007)	-0.77 (0.02)	-0.685 (0.009)	-0.63 (0.02)	-0.877 (0.003)	-0.47 (0.07)	-0.36 (0.09)	-0.57 (0.07)
Isopropil acetato	G*	G*	G*	G*	G*	G*	-0.71 (0.04)	0 (0)	-0.09 (0.04)	-0.07 (0.02)	0 (0)	-0.179 (0.007)	-0.44 (0.03)
Metil propanoato	0 (0)	13 (7)	-0.192 (0.006)	G*	-0.49 (0.12)	0 (0)	-0.701 (0.014)	-0.50 (0.13)	-0.11 (0.07)	-0.237 (0.006)	0 (0)	-0.471 (0.103)	-0.61 (0.09)
Metil butirato	5.9 (0.9)	-0.7 (0.2)	-0.639 (0.005)	-0.76 (0.02)	-0.60 (0.06)	-0.37 (0.07)	-0.71 (0.02)	-0.40 (0.09)	-0.17 (0.07)	-0.45 (0.05)	-0.23 (0.05)	-0.13 (0.07)	-0.41 (0.04)
Etil butirato	-0.91 (0.02)	-0.97 (0.02)	-0.941 (0.003)	-0.850 (0.005)	-0.85 (0.05)	-0.741 (0.008)	-0.83 (0.03)	-0.85 (0.02)	-0.80 (0.04)	-0.85 (0.03)	-0.55 (0.2)	0 (0)	-0.518 (0.012)
Butil acetato	-0.88 (0.02)	G*	-0.902 (0.003)	-0.83 (0.05)	G*	-0.88 (0.02)	-0.88 (0.02)	-0.839 (0.008)	-0.73 (0.06)	-0.76 (0.02)	-0.705 (0.103)	-0.59 (0.12)	-0.797 (0.009)
Metil hexanoato	-0.92 (0.02)	-0.86 (0.02)	-0.827 (0.012)	-0.86 (0.05)	-0.78 (0.04)	-0.495 (0.107)	-0.86 (0.04)	-0.845 (0.002)	-0.82 (0.12)	-0.737 (0.006)	-0.72 (0.13)	-0.72 (0.07)	-0.834 (0.007)
Butil butirato	-0.97 (0.05)	G*	ND ¹	G*	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹	-0.37 (0.04)	-0.84 (0.03)	-0.80 (0.12)	-0.76 (0.12)	-0.928 (0.102)
Hvil acetato	0 (0)	-0.4 (0.2)	-0.910 (0.006)	-0.90 (0.03)	-0.72 (0.08)	-0.62 (0.03)	-0.65 (0.05)	-0.93 (0.09)	-0.996 (0.005)	-0.70 (0.05)	-0.80 (0.12)	-0.889 (0.012)	-0.88 (0.02)
2-Hexen-1-ol, ac	4 (2)	5 (3)	ND ¹	-0.82 (0.06)	0 (0)	-0.12 (0.03)	-0.81 (0.06)	-0.811 (0.014)	-0.78 (0.06)	-0.58 (0.06)	-0.76 (0.14)	-0.88 (0.02)	-0.86 (0.02)
Hexil butirato	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹									
Octil acetato	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹									
Butil octanoato	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹									
Alcoholes													
Propan-2-ol	G*	47 (4)	58 (3)	53 (13)	75 (3)	52 (13)	20 (5)						
Etanol	5 (2)	G*	G*	-0.67 (0.09)	-0.76 (0.02)	-0.83 (0.03)	-0.18 (0.04)	1.3 (-)	2.1 (0.4)	2 (1)	4.2 (0.5)	2.6 (0.3)	0 (0)
1-Butanol	0 (0)	-0.5 (0.2)	-0.31 (0.08)	-0.641 (0.012)	-0.10 (0.05)	0.4 (0.2)	G*	4.00 (0.07)	4 (1)	4 (1)	3.6 (0.7)	151 (29)	104 (10)
1-Penten-3-ol	-0.70 (0.09)	-0.785 (0.103)	0.3 (0.2)	0 (0)	0 (0)	0.5 (0.3)	0 (0)	0.33 (0.06)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	-0.48 (0.12)	-0.34 (0.08)
3-Metil butanol	-0.92 (0.04)	-0.960 (0.012)	-0.961 (0.012)	-0.864 (0.003)	-0.77 (0.04)	-0.82 (0.04)	-0.87 (0.03)	G*	G*	G*	G*	G*	G*
1-Pentanol	-0.70 (0.06)	-0.89 (0.06)	-0.29 (0.08)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	G*	3.0 (0.3)	1.3 (0.7)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
1-Hexanol	-0.954 (0.012)	-0.972 (0.014)	-0.837 (0.008)	-0.82 (0.05)	-0.797 (0.014)	-0.84 (0.03)	0.5 (0.3)	0.37 (0.07)	0 (0)	-0.678 (0.005)	-0.3 (0.2)	-0.42 (0.12)	0 (0)
2-Hexen-1-ol	2.5 (0.8)	5 (3)	ND ¹	0.8 (0.5)	0 (0)	2.4 (0.7)	0.9 (0.5)	0.30 (0.09)	0 (0)	-0.14 (0.03)	0 (0)	-0.45 (0.12)	0 (0)
Linalol	-0.90 (0.02)	-0.82 (0.05)	-0.71 (0.03)	-0.6 (0.2)	-0.58 (0.02)	-0.63 (0.07)	-0.5 (0.2)	-0.74 (0.06)	-0.58 (0.07)	-0.70 (0.06)	0 (0)	-0.79 (0.14)	-0.53 (0.08)
Aldehídos													
Hexanal	-0.78 (0.02)	-0.826 (0.102)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1.5 (0.3)	-0.895 (0.013)	-0.780 (0.006)	-0.735 (0.012)	-0.890 (0.008)	-0.82 (0.04)	-0.79 (0.05)	-0.78 (0.02)
2-Hexenal	-0.73 (0.08)	-0.4 (0.3)	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹	-0.72 (0.07)	-0.53 (0.06)	-0.5 (0.2)	-0.587 (0.012)	-0.68 (0.12)	-0.57 (0.09)	-0.58 (0.02)
Cetonas													
1-Penten-3-ona	-0.988 (0.014)	-0.992 (0.012)	ND ¹	ND ¹	-0.837 (0.009)	-0.890 (0.014)	ND ¹	-0.65 (0.03)	-0.65 (0.014)	-0.82 (0.02)	-0.929 (0.013)	-0.57 (0.08)	-0.58 (0.06)

C: concentración del CV en fresa expresada en µg de CV / 100 g de Fresa Fresca
 G: concentración del CV en el untable expresada en µg de CV / 100 g de Fresa Fresca
 G*: Compuesto volátil no detectado para el correspondiente lote de fresa fresca, pero generado como consecuencia del procesado.
 -: ND → Compuesto no detectado.

Tabla 3.18.b. Compuestos volátiles que modificaron su concentración como consecuencia del almacenamiento expresados como el ratio $(C_{90} - C_F) / C_F$ en los untables formulados con la mezcla fructosa-isomaltulosa (F₉₀₋₁₄:F₉₀₋₂₆).

Compuestos	F ₉₀₋₁₄	F ₉₀₋₁₅	F ₉₀₋₁₆	F ₉₀₋₁₇	F ₉₀₋₁₈	F ₉₀₋₁₉	F ₉₀₋₂₀	F ₉₀₋₂₁	F ₉₀₋₂₂	F ₉₀₋₂₃	F ₉₀₋₂₄	F ₉₀₋₂₅	F ₉₀₋₂₆
Ésteres													
Etil acetato	-0.625 (0.009)	-0.72 (0.14)	-0.7 (0.4)	0.19 (0.02)	2.8 (0.2)	-0.51 (0.07)	-0.35 (0.09)	0 (0)	-0.089 (0.009)	0 (0)	-0.108 (0.012)	-0.23 (0.04)	-0.38 (0.07)
Isopropil acetato	-0.38 (0.06)	0 (0)	0 (0)	-0.048 (0.006)	0.574 (0.107)	G*	G*	0 (0)	-0.90 (0.006)	0 (0)	0 (0)	0.23 (0.07)	0 (0)
Metil propanoato	-0.60 (0.03)	0 (0)	-0.20 (0.12)	0 (0)	-0.6 (0.2)	-0.81 (0.08)	-0.68 (0.14)	0 (0)	-0.67 (0.02)	0 (0)	-0.48 (0.09)	-0.42 (0.07)	0 (0)
Metil butirato	-0.48 (0.05)	0 (0)	-0.35 (0.05)	-0.269 (0.004)	-0.322 (0.002)	-0.57 (0.03)	-0.528 (0.107)	0 (0)	-0.10 (0.04)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	-0.21 (0.08)
Etil butirato	-0.82 (0.04)	-0.37 (0.07)	-0.71 (0.03)	-0.59 (0.03)	1.58 (0.02)	-0.850 (0.003)	-0.68 (0.09)	-0.49 (0.2)	-0.73 (0.02)	-0.382 (0.005)	-0.44 (0.07)	-0.77 (0.03)	-0.89 (0.02)
Butil acetato	-0.75 (0.09)	-0.32 (0.04)	-0.75 (0.02)	-0.494 (0.012)	-0.25 (0.08)	-0.88 (0.03)	-0.85 (0.04)	-0.8 (0.3)	-0.79 (0.02)	-0.63 (0.04)	-0.61 (0.02)	-0.991 (0.006)	-0.937 (0.012)
Metil hexanoato	-0.88 (0.04)	-0.61 (0.03)	-0.85 (0.04)	-0.729 (0.004)	-0.800 (0.002)	-0.937 (0.002)	-0.908 (0.013)	-0.66 (0.09)	-0.840 (0.004)	-0.67 (0.06)	-0.83 (0.02)	-0.82 (0.02)	-0.89 (0.04)
Butil butirato	-0.968 (0.012)	G*	-0.92 (0.04)	-0.8 (0.3)	-0.91 (0.12)	-0.993 (0.012)	-0.946 (0.013)	-0.96 (0.06)	-0.96 (0.05)	-0.8 (0.3)	-0.73 (0.12)	ND ¹	ND ¹
Hexil acetato	-0.88 (0.05)	-0.869 (0.003)	-0.88 (0.04)	-0.835 (0.008)	-0.911 (0.003)	-0.95 (0.03)	-0.95 (0.02)	-0.85 (0.06)	-0.942 (0.006)	-0.79 (0.06)	-0.86 (0.05)	-0.85 (0.02)	-0.85 (0.06)
2-Hexen-1-ol, ac.	-0.87 (0.05)	-0.869 (0.009)	-0.86 (0.05)	-0.816 (0.008)	-0.877 (0.002)	-0.82 (0.02)	-0.92 (0.02)	-0.82 (0.06)	-0.933 (0.006)	-0.78 (0.05)	-0.78 (0.06)	-0.81 (0.02)	-0.84 (0.07)
Hexil butirato	ND ¹												
Octil acetato	ND ¹												
Butil octanoato	ND ¹												
Alcoholes													
Propan-2-ol	101 (20)	54 (10)	98 (4)	85 (1)	120 (4)	G*	G*	72 (15)	113 (14)	63 (7)	73.5 (0.08)	91 (11)	112 (2)
Etanol	3 (1)	2.9 (0.3)	0.952 (0.112)	4.0 (0.2)	3.2 (0.3)	4.2 (0.5)	2 (1)	2 (1)	1.8 (0.4)	2.1 (0.6)	2 (1)	0 (0)	6.9 (0.4)
1-Butanol	3.7 (0.5)	G*	4.9 (0.3)	77 (4)	73 (13)	1.7 (0.3)	2.4 (0.5)	0 (0)	2.8 (0.3)	3.1 (0.2)	1.7 (0.4)	1.2 (0.2)	1.5 (0.2)
1-Penten-3-ol	-0.392 (0.105)	0.35 (0.09)	-0.19 (0.03)	0.86 (0.05)	0 (0)	1.8 (3)	27 (5)	0 (0)	-0.32 (0.08)	0 (0)	-0.242 (0.113)	-0 (0)	-0.14 (0.06)
3-Metil butanol	G*												
1-Pentanol	0.6 (0.4)	1.0 (0.5)	0.35 (0.02)	26.65 (0.13)	26 (5)	G*							
1-Hexanol	0 (0)	0 (0)	-0.23 (0.12)	G*									
2-Hexen-1-ol	0 (0)	0 (0)	-0.18 (0.12)	0.20 (0.05)	-0.32 (0.02)	0.4 (0.2)	0.12 (0.08)	0 (0)	0.61 (0.12)	0 (0)	0.32 (0.08)	0 (0)	0 (0)
Linalol	-0.79 (0.09)	0 (0)	-0.81 (0.13)	-0.12 (0.04)	-0.575 (0.012)	-0.79 (0.12)	-0.80 (0.09)	-0.4 (0.3)	-0.74 (0.03)	-0.4 (0.2)	-0.55 (0.09)	-0.40 (0.02)	-0.5 (0.2)
Aldehídos													
Hexanal	-0.80 (0.09)	-0.68 (0.02)	-0.73 (0.06)	-0.597 (0.005)	-0.5 (0.2)	-0.81 (0.02)	-0.71 (0.06)	-0.68 (0.04)	-0.793 (0.008)	-0.58 (0.05)	-0.65 (0.05)	-0.45 (0.08)	-0.395 (0.02)
2-Hexenal	-0.73 (0.09)	-0.36 (0.04)	-0.68 (0.07)	-0.461 (0.006)	-0.34 (0.02)	-0.75 (0.02)	-0.61 (0.09)	-0.64 (0.09)	-0.75 (0.02)	-0.437 (0.103)	-0.45 (0.07)	-0.39 (0.08)	-0.3 (0.2)
Cetonas													
1-Penten-3-ona	-0.849 (0.004)	ND ¹	-0.81 (0.03)	-0.577 (0.112)	-0.73 (0.09)	-0.6 (0.2)	0 (0)	-0.54 (0.05)	-0.82 (0.03)	-0.38 (0.02)	-0.63 (0.12)	-0.78 (0.03)	-0.72 (0.04)

C: concentración del CV en fresa expresada en µg de CV / 100 g de Fresa Fresca
 C_F: concentración del CV en el untable expresada en µg de CV / 100 g de Fresa Fresca
 G*: Compuesto volátil no detectado para el correspondiente lote de fresa fresca, pero generado como consecuencia del procesado.
 -: ND → Compuesto no detectado.

Tabla 3.19.a. Compuestos volátiles generados como consecuencia del almacenamiento expresados como C₀: µg CV / 100 g de untable, en los untables formulados con la mezcla fructosa-isomaltulosa (F₉₀₋₁:F₉₀₋₁₃).

Compuestos	F ₉₀₋₁	F ₉₀₋₂	F ₉₀₋₃	F ₉₀₋₄	F ₉₀₋₅	F ₉₀₋₆	F ₉₀₋₇	F ₉₀₋₈	F ₉₀₋₉	F ₉₀₋₁₀	F ₉₀₋₁₁	F ₉₀₋₁₂	F ₉₀₋₁₃
Esteres													
Isopropil acetato	2.3 (0.4)	3 (1)	3.45 (0.08)	3.4 (0.3)	4.4 (0.8)	3.6 (0.4)	M ²	M ²	M ²	M ²	M ²	M ²	M ²
Etenil acetato	10.2 (0.4)	13 (3)	10.2 (0.6)	12 (2)	9.52 (0.02)	9 (1)	8.4 (0.7)	8.5 (0.2)	9 (1)	9 (2)	11.6 (0.5)	10 (2)	9.0 (0.7)
Metil-2-metil butirato	0.33 (0.05)	0.5 (0.2)	0.61 (0.03)	0.78 (0.06)	0.45 (0.06)	0.63 (0.04)	0.67 (0.06)	0.58 (0.05)	1.2 (0.5)	0.71 (0.12)	0.47 (0.12)	0.72 (0.12)	0.45 (0.02)
Aldehídos													
2-Metil butanal	2.3 (0.2)	5 (2)	1.02 (0.12)	3.7 (0.4)	3.7 (0.6)	2.3 (0.2)	1.21 (0.12)	1.9 (0.3)	1.4 (0.5)	0.43 (0.12)	2.4 (0.6)	2.0 (0.8)	4.08 (0.12)
3-Metil butanal	ND ¹	0.28 (0.07)	29.8 (0.4)	0.27 (0.04)	0.16 (0.02)	1.3 (0.3)	0.34 (0.05)	23 (-)					
Octanal	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹									
Nonanal	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹									
Decanal	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹									
Benzaldehído	3 (1)	1.2 (0.7)	1.79 (0.12)	2 (1)	1.8 (0.2)	2.0 (0.6)	1.6 (0.5)	2.4 (0.4)	1.9 (0.9)	1.68 (0.09)	1.9 (0.7)	1.9 (0.4)	2.46 (0.04)
E-2-Butenal	1.7 (0.3)	0.6 (0.2)	1.4 (0.4)	1.50 (0.03)	2.5 (0.2)	1.39 (0.13)	1.35 (0.04)	2.4 (0.06)	2.2 (0.5)	1.7 (0.4)	1.5 (0.3)	2.2 (0.4)	2.8 (0.7)
2-Butenol-2-metil	0.63 (0.03)	0.6 (0.4)	0.7 (0.3)	0.91 (0.12)	0.64 (0.14)	1.0 (0.3)	1.14 (0.05)	1.17 (0.12)	0.96 (0.12)	1.15 (0.12)	0.9 (0.2)	1.21 (0.02)	1.0 (0.2)
Alcoholes													
Eucaliptol	0.19 (-)	0.34 (0.05)	0.31 (0.06)	0.18 (0.03)	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹	0.18 (0.09)	0.33 (0.05)	0.26 (0.07)	0.34 (0.04)	0.43 (0.13)
Propan-2-ol	85 (2)	72 (13)	56 (3)	48 (13)	61.10 (0.04)	54 (11)	54 (3)	M ²	M ²	M ²	M ²	M ²	M ²
3-Metil butanal	M ²	2.7 (0.2)	1.2 (0.8)	1.8 (0.8)	2.1 (0.5)	2.4 (0.7)	1.9 (0.2)						
1-Pentanol	M ²	1.11 (0.12)	M ²	M ²	M ²	M ²	M ²	M ²					
1-Hexanol	M ²	M ²	M ²	M ²									
2-Buten-1-ol	0.5 (0.2)	0.21 (0.06)	0.47 (0.12)	0.30 (0.03)	0.26 (0.04)	0.30 (0.02)	0.50 (0.05)	0.61 (0.02)	ND ¹	0.5 (0.2)	0.17 (0.02)	0.5 (0.2)	0.16 (0.02)
2-Penten-1-ol	1.09 (0.03)	2.1 (0.2)	1.17 (0.02)	1.0 (0.4)	0.84 (0.12)	1.1 (0.3)	0.99 (0.12)	1.7 (0.2)	0.9 (0.3)	0.9 (0.2)	1.18 (0.04)	1.0 (0.2)	1.6 (0.4)
2-Etil-1-hexanol	3.2 (0.5)	ND ¹	7.5 (0.3)	10 (5)	7 (1)	8 (1)	11 (3)	11 (1)	10 (3)	12 (3)	8 (3)	8.7 (0.6)	12 (2)
Cetonas													
6-Metil-5-hepten-2-ona	0.49 (0.13)	0.42 (0.13)	0.37 (0.02)	0.12 (0.06)	0.13 (0.02)	0.26 (0.07)	0.15 (0.13)	0.4 (0.2)	0.41 (0.02)	0.32 (0.09)	0.34 (0.08)	0.14 (0.06)	0.30 (0.08)
Ácidos													
Ac. Acético	11.38 (0.09)	10 (8)	1.7 (0.6)	8 (4)	2.7 (0.3)	1.9 (0.6)	3.0 (0.2)	3 (3)	11.2 (0.5)	3 (1)	3 (1)	1.63 (0.14)	8 (3)
Ac. Propanoico-2-metil	0.77 (0.03)	2 (1)	0.18 (0.07)	0.34 (-)	0.28 (0.12)	0.3 (0.2)	0.23 (0.02)	0.7 (0.3)	0.7 (0.2)	0.6 (0.2)	0.6 (0.3)	0.41 (0.05)	0.42 (0.09)
Ac. Butanóico	0.62 (0.03)	0.9 (0.6)	0.10 (0.03)	0.15 (-)	0.08 (0.02)	0.09 (-)	0.13 (-)	0.4 (0.2)	0.8 (0.3)	0.4 (0.2)	0.47 (0.12)	0.19 (0.07)	0.50 (0.04)
Ac. Butanóico-2-metil	1.8 (0.9)	3 (1)	0.3 (0.2)	1.4 (0.9)	0.23 (0.03)	0.44 (-)	0.44 (-)	1.2 (0.6)	1.1 (0.4)	0.9 (0.5)	1.0 (0.3)	0.54 (0.04)	1.27 (0.07)
Furanos													
Furfural	58 (2)	158 (23)	15.0 (0.3)	37 (2)	36 (3)	27 (2)	24 (2)	29 (1)	11 (2)	11.9 (0.7)	33 (2)	32 (3)	40 (2)
2-Acetilfuran	5 (1)	17 (4)	0.97 (0.07)	3 (1)	2.3 (0.3)	2.0 (0.8)	1.7 (0.4)	3.2 (0.8)	0.8 (0.4)	0.82 (0.02)	2.8 (0.9)	2.4 (0.5)	4.8 (0.4)
5-Metil furfural	1.7 (0.7)	11 (3)	0.30 (0.02)	1.0 (0.5)	0.89 (0.09)	0.6 (0.2)	0.4 (0.2)	0.9 (0.3)	0.15 (0.02)	0.20 (0.02)	1.0 (0.4)	0.8 (0.2)	1.83 (0.12)
Mesifurano	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹									
Terpenos													
Limoneno	0.9 (0.3)	0.41 (0.09)	0.18 (0.02)	0.4 (0.2)	0.39 (0.13)	0.20 (0.03)	0.28 (0.09)	0.37 (0.05)	0.11 (0.02)	0.28 (0.04)	0.32 (0.13)	0.12 (0.02)	0.6 (0.4)
Nitribios													
Acetonitrilo	3.7 (0.8)	4.8 (0.4)	3 (2)	0.7 (0.2)	0.9 (0.2)	1.9 (0.6)	1.0 (0.2)	2.3 (1.8)	4 (2)	0.5 (0.3)	1.6 (0.3)	0.7 (0.2)	1.2 (0.2)

C: Concentración del CV en el untable recién elaborado en µg de CV / 100 g de untable.

1: ND → Compuesto no detectado.

2: M → Compuesto que no se generó, modificó su concentración.

Tabla 3.19.b. Compuestos volátiles generados como consecuencia del almacenamiento expresados como C₀ : µg CV / 100 g de untable, en los untables formulados con la mezcla fructosa-isomaltulosa (F₉₀-14:F₉₀-26).

Compuestos	F ₉₀ -14	F ₉₀ -15	F ₉₀ -16	F ₉₀ -17	F ₉₀ -18	F ₉₀ -19	F ₉₀ -20	F ₉₀ -21	F ₉₀ -22	F ₉₀ -23	F ₉₀ -24	F ₉₀ -25	F ₉₀ -26
Esteres													
Isopropil acetato	M ² 9.5 (0.8)	M ² 10 (2)	M ² 12.1 (0.5)	M ² 8.3 (0.4)	M ² 9.35 (0.12)	M ² 11 (2)	M ² 10.8 (0.4)	M ² 10.1 (0.6)	M ² 14 (1)	M ² 9.50 (0.05)	M ² 9 (1)	M ² 8.3 (0.2)	M ² 10.8 (0.4)
Etil acetato	M ² 0.69 (0.12)	M ² 0.74 (0.13)	M ² 0.87 (0.04)	M ² 1.50 (0.02)	M ² 0.7 (0.2)	M ² 0.26 (0.02)	M ² 0.40 (0.14)	M ² 0.90 (0.02)	M ² 0.38 (0.03)	M ² 1.11 (0.03)	M ² 0.60 (0.06)	M ² 0.78 (0.12)	M ² 0.58 (0.12)
Aldehídos													
2-Metil butanal	M ² 1.34 (0.07)	M ² 2 (1)	M ² 4.6 (0.8)	M ² 3.0 (0.3)	M ² 4.1 (0.4)	M ² 2.7 (0.9)	M ² 7 (3)	M ² 2.0 (0.9)	M ² 1.5 (0.5)	M ² 3 (1)	M ² 3 (1)	M ² 4.7 (0.4)	M ² 3.5 (0.3)
3-Metil butanal	M ² 0.74 (0.07)	M ² 0.37 (0.05)	M ² 2.5 (0.4)	M ² ND ¹	M ² ND ¹	M ² ND ¹	M ² ND ¹	M ² 0.42 (0.09)	M ² 0.27 (0.04)	M ² 0.59 (0.08)	M ² 0.63 (0.09)	M ² ND ¹	M ² 2.2 (0.2)
Octanal	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹
Nonanal	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹
Decanal	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹
Benzaldehído	M ² 2.0 (0.8)	M ² 2.7 (0.8)	M ² 2.5 (0.8)	M ² 1.20 (0.14)	M ² 1.56 (0.06)	M ² 2.2 (0.6)	M ² 1.34 (0.05)	M ² 2.0 (0.7)	M ² 1.30 (0.09)	M ² 1.7 (0.5)	M ² 3.1 (0.4)	M ² 1.35 (0.04)	M ² 1.4 (0.5)
E-2-Butenal	M ² 1.40 (0.13)	M ² 2.8 (0.4)	M ² 4.81 (0.09)	M ² 4.05 (0.03)	M ² 4.2 (0.6)	M ² 0.06 (0.02)	M ² 2.3 (0.7)	M ² 2.9 (0.2)	M ² 1.44 (0.04)	M ² 2.6 (0.2)	M ² 2.3 (0.4)	M ² 2.3 (0.4)	M ² 4.6 (0.8)
Z-2-Butenal	M ² 1.2 (0.3)	M ² 0.76 (0.02)	M ² 1.12 (0.02)	M ² 1.15 (0.14)	M ² 1.3 (0.2)	M ² 0.04 (0.02)	M ² 1.1 (0.3)	M ² 1.1 (0.3)	M ² 0.80 (0.03)	M ² 1.74 (0.05)	M ² 1.07 (0.02)	M ² 0.94 (0.08)	M ² 1.2 (0.3)
Alcoholes													
Eucaliptol	M ² 0.58 (0.03)	ND ¹	M ² 0.38 (0.04)	ND ¹	M ² 0.4 (0.2)	M ² 0.3 (0.2)	ND ¹	M ² 0.46 (0.09)	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹	M ² 0.7 (0.2)
Propan-2-ol	M ² 1.6 (0.2)	M ² 1.8 (0.2)	M ² 1.9 (0.4)	M ² 2.55 (0.04)	M ² 2.4 (0.2)	M ² 81 (2)	M ² 63 (8)	M ² 2.6 (0.4)	M ² 2.3 (0.2)	M ² 3.2 (0.4)	M ² 2.65 (0.05)	M ² 3.1 (0.4)	M ² 1.68 (0.06)
1-Pentanol	M ²	M ²	M ²	M ²	M ²	M ² 1.06 (0.03)	M ² 1.2 (0.2)	M ² 1.6 (0.4)	M ² 1.2 (0.2)	M ² 1.4 (0.2)	M ² 1.44 (0.06)	M ² 1.4 (0.2)	M ² 1.4 (0.2)
1-Hexanol	M ²	M ²	M ²	M ² 7.08 (0.35)	M ² 3.08 (0.14)	M ² 4.6 (0.7)	M ² 5.2 (0.6)	M ² 10 (2)	M ² 14.3 (0.7)	M ² 9 (2)	M ² 7.5 (0.5)	M ² 7.9 (0.6)	M ² 11 (3)
2-Buten-1-ol	M ² 0.31 (0.05)	M ² 0.24 (0.05)	M ² 0.33 (0.07)	M ² 0.50 (0.02)	M ² 0.20 (0.02)	ND ¹	M ² 0.38 (0.02)	M ² 0.5 (0.2)	M ² 0.6 (0.2)	M ² 0.45 (0.02)	M ² 0.5 (0.2)	M ² 0.55 (0.03)	M ² 0.35 (0.04)
2-Penten-1-ol	M ² 1.4 (0.3)	M ² 1.0 (0.3)	M ² 1.21 (0.03)	M ² 1.11 (0.07)	M ² 0.95 (0.06)	M ² 2.4 (0.3)	M ² 1.86 (0.03)	M ² 1.4 (0.4)	M ² 2.0 (0.2)	M ² 1.09 (0.09)	M ² 1.2 (0.2)	M ² 1.23 (0.08)	M ² 1.18 (0.02)
2-Etil-1-hexanol	M ² 9 (2)	M ² 12 (2)	M ² 12 (4)	M ² 8.5 (0.3)	M ² 8.5 (0.3)	ND ¹	ND ¹	M ² 8 (3)	ND ¹	M ² 10 (3)	M ² 12 (3)	M ² 9.3 (0.8)	M ² 11 (4)
Cetonas													
6-Metil-5-hepten-3-ona	M ² 0.49 (-)	M ² 0.18 (0.02)	M ² 0.12 (0.02)	M ² 0.18 (0.02)	M ² 0.15 (0.03)	M ² 0.5 (0.2)	M ² 0.41 (0.02)	M ² 0.3 (0.2)	M ² 0.54 (0.02)	M ² 0.26 (0.02)	M ² 0.13 (0.03)	M ² 0.23 (0.03)	M ² 0.21 (0.06)
Ácidos													
Ác. Acético	M ² 6.1 (0.6)	M ² 3.2 (0.4)	M ² 2.3 (0.3)	M ² 0.17 (0.03)	M ² 0.66 (-)	M ² 19 (2)	M ² 6 (5)	M ² 1.7 (0.8)	M ² 25.7 (0.5)	M ² 4 (2)	M ² 3.9 (0.5)	M ² 0.4 (0.2)	M ² 1.4 (0.7)
Ác. Propanoico-2-metil	M ² 0.5 (0.3)	M ² 0.52 (0.14)	M ² 0.7 (0.2)	M ² 0.40 (0.02)	M ² 0.46 (0.04)	M ² 0.3 (0.2)	M ² 0.33 (0.04)	M ² 0.5 (0.3)	M ² 0.39 (0.03)	M ² 0.4 (0.2)	M ² 0.42 (0.09)	M ² 0.19 (0.02)	M ² 0.18 (0.05)
Ác. Butanoico	M ² 0.42 (0.05)	M ² 0.35 (0.14)	M ² 0.22 (0.03)	M ² 0.03 (-)	M ² 0.28 (-)	M ² 1.2 (-)	M ² 0.4 (0.2)	M ² 0.17 (0.02)	M ² 1.7 (0.4)	M ² 0.21 (0.06)	M ² 0.36 (0.02)	M ² 0.06 (0.03)	M ² 0.25 (0.09)
Ác. Butanoico-2-metil	M ² 0.88 (0.08)	M ² 1.0 (0.4)	M ² 0.36 (0.06)	M ² 0.36 (0.02)	M ² 0.27 (-)	M ² 2.6 (-)	M ² 1.0 (0.2)	M ² 0.95 (0.08)	M ² 2.5 (0.3)	M ² 0.75 (0.05)	M ² 1.33 (0.05)	M ² 0.23 (0.03)	M ² 0.3 (0.2)
Furanos													
Furfural	M ² 53 (5)	M ² 35 (3)	M ² 52 (5)	M ² 17.8 (0.5)	M ² 48 (6)	M ² 76 (2)	M ² 93 (3)	M ² 34 (2)	M ² 124 (9)	M ² 31.60 (0.09)	M ² 46 (5)	M ² 38 (1)	M ² 48 (5)
2-Acetilfuran	M ² 5 (2)	M ² 2 (1)	M ² 5 (1)	M ² 1.22 (0.02)	M ² 4 (1)	M ² 16 (4)	M ² 13.4 (0.8)	M ² 4 (1)	M ² 12 (1)	M ² 3.0 (0.9)	M ² 4.2 (0.4)	M ² 4.01 (0.07)	M ² 4 (1)
5-Metil furfural	M ² 2.0 (0.8)	M ² 0.9 (0.5)	M ² 2.1 (0.7)	M ² 0.40 (0.02)	M ² 1.4 (0.4)	M ² 9 (3)	M ² 5.7 (0.3)	M ² 1.3 (0.6)	M ² 4.3 (0.5)	M ² 1.2 (0.5)	M ² 2.2 (0.3)	M ² 1.94 (0.07)	M ² 2.4 (0.9)
Mesifurano	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹	ND ¹
Terpenos													
Limoneno	M ² 0.24 (0.09)	M ² 0.4 (0.2)	M ² 0.45 (0.08)	M ² 0.30 (0.04)	M ² 0.20 (0.02)	M ² 0.31 (0.02)	M ² 0.35 (0.12)	M ² 0.4 (0.2)	M ² 0.41 (0.04)	M ² 0.29 (0.02)	M ² 0.5 (0.2)	M ² 0.51 (0.05)	M ² 0.36 (0.12)
Nitrilos													
Acetonitrilo	M ² 0.5 (0.2)	M ² 0.20 (0.03)	M ² 0.71 (0.05)	M ² 0.74 (0.02)	M ² 1.6 (0.3)	M ² 0.54 (0.07)	M ² 0.7 (0.2)	M ² 0.57 (0.12)	M ² 0.65 (0.02)	M ² 0.58 (0.02)	M ² 0.41 (0.09)	M ² 0.37 (0.05)	M ² 0.33 (0.04)

C: Concentración del CV en el untable recién elaborado en µg de CV / 100 g de untable.

1: ND → Compuesto no detectado.

1: M → Compuesto que no se generó, modificó su concentración.

PUBLICACIONES RESULTADO DE
ESTE TRABAJO

PARTICIPACIONES EN CONGRESOS CIENTÍFICOS

Peinado, I., Rosa, E.; Llario, M; Heredia, A. Andrés, A. & Escriche, I. *Influencia del procesado sobre el perfil aromático de untables de fresa elaborados con isomaltulosa y fructosa. VI Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos.* Valencia, 8-10 Junio, 2011. Póster-Article (ISBN: 978-84-694-3141-2).

Peinado, I., Rosa, E., Heredia, A. y Andrés, A. *Influence of dry and wet osmotic dehydration on colour and texture of a spread kiwi product. 11th International Congress on Engineering and Food (ICEFF). Food Process Engineering in a Changing World.* (22nd-26th May, 2011, Athens, Greece). Póster-Article (ISBN: 978-960-89789-6-6). Book of Proceedings, (978-960-89789-5-9), PÁG:1995-1996.

Rosa, E., Peinado, I., Heredia, A. y Andrés, A. *Influence of sucrose replacement on colour and texture of kiwi jam. 11th International Congress on Engineering and Food (ICEFF). Food Process Engineering in a Changing World.* (22nd-26th May, 2011, Athens, Greece). Póster-Article (ISBN: 978-960-89789-6-6). Book of Proceedings, (978-960-89789-5-9), PÁG: 1993-1994.

Peinado, I., Rosa, E., Heredia, A. y Andrés, A. *Sensorial evaluation of strawberry spreads after replacing sucrose by isomaltulose. 6th International CIGR Technical Symposium TOWARD A SUSTAINABLE FOOD CHAIN Food Process, Bioprocessing and Food Quality Management.* (18th-20th April, 2011, Nantes, France), Póster-Article (ISBN: 978-2-7466-3203-5).

Rosa, E., Peinado, I., Heredia, A. y Andrés, A. *Optical and Texture properties of Tomato Spreads as Affected by Different Process Variables. 6th International CIGR Technical Symposium TOWARD A SUSTAINABLE FOOD CHAIN Food Process, Bioprocessing and Food Quality Management.* (18th-20th April, 2011, Nantes, France), Póster-Article (ISBN: 978-2-7466-3203-5).

Peinado, I., Rosa, E., Heredia, A. y Andrés, A. Sensorial evaluation of strawberry spreads after replacing sucrose by isomaltulose. Food Innova 2010. 'International Conference on Food Innovation' IIADE Research Institute of Food Engineering for Development. (25-29/10/10) Valencia, Spain. Póster-Article.

Peinado, I., Rosa, E., Heredia, A. y Andrés, A. Influence of Dry and Wet Osmotic Dehydration on Colour and Texture of a Spread Strawberry Product. EFFOST 2009. 'New Challenges in Food Preservation'. European Federation of Food Science and Technology (EFFoST). (11-13/11/09), Budapest, Hungary. Póster

Rosa, E., Peinado, I., Heredia, A. y Andrés, A. New Processing Methods and Healthier Sugars in Strawberry Spread Fruit Manufacturing. EFFOST 2009. 'New Challenges in Food Preservation'. European Federation of Food Science and Technology (EFFoST). (11-13/11/09), Budapest, Hungary. Póster.

Peinado, I*, Rosa, E., Heredia, A. y Andrés, A. Estudio comparativo del color en fresa deshidratada osmóticamente con sacarosa, sorbitol e isomaltulosa. CESIA 2008. II Congreso Iberoamericano sobre Seguridad Alimentaria. V Congreso Español de Ingeniería de Alimentos. "Escuela Universitaria de Tecnología de Alimentos". Universidad Politécnica de Catalunya. (5-7/11/08) Barcelona (Spain). Poster-Article. (ISBN: 978-84-96736-57-3).

Rosa, E., Peinado, I., Heredia, A. y Andrés, A. Deshidratación osmótica de frutas por vía seca. Una alternativa al uso de disoluciones. CESIA 2008. II Congreso Iberoamericano sobre Seguridad Alimentaria. V Congreso Español de Ingeniería de Alimentos. "Escuela Universitaria de Tecnología de Alimentos". Universidad Politécnica de Catalunya. (5-7/11/08) Barcelona (Spain). Poster-Article. (ISBN: 978-84-96736-57-3).

ARTÍCULOS EN REVISTAS CIENTÍFICAS

Andrés, A*, Peinado, I., Rosa, E. and Heredia, A. Comparative study of mass transfer in wet and dry osmotic dehydration. Journal of Food Engineering, (Enviado, Julio 2011).

