



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



INSTITUTO DE INGENIERÍA DE
ALIMENTOS PARA EL DESARROLLO

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Instituto Universitario de Ingeniería de Alimentos para
el Desarrollo

Influencia de la materia prima y del tratamiento térmico en
la astringencia y características fisicoquímicas de dulce de
caqui.

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Ciencia e Ingeniería de los Alimentos

AUTOR/A: Rodríguez Prieto, Pablo

Tutor/a: Moraga Ballesteros, Gemma

Cotutor/a: Hernando Hernando, María Isabel

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022

INFLUENCIA DE LA MATERIA PRIMA Y DEL TRATAMIENTO TÉRMICO EN LA ASTRINGENCIA Y CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE DULCE DE CAQUI

Gemma Moraga Ballesteros, María Isabel Hernando Hernando.

gemmoba1@tal.upv.es (G.M.); mihernan@tal.upv.es (M.I.).

RESUMEN

El cultivo de caqui en España ha sufrido una gran expansión en los últimos años, destacando la variedad Rojo Brillante. Existen problemas tanto por la elevada astringencia de esta variedad como por la sobreproducción y la estacionalidad de la misma, lo que ha motivado la búsqueda de métodos de procesamiento de este fruto para obtener productos derivados que reduzcan dicha problemática. Este trabajo busca determinar la influencia de la materia prima (caqui astringente y no astringente) y el tratamiento térmico empleado (50 y 100°C) en el contenido en taninos solubles y las características fisicoquímicas de los dulces de caqui obtenidos durante su almacenamiento en refrigeración. Se ha visto que la muestra formulada a partir de caqui astringente y procesada a 100°C, así como la formulada a partir de caqui no astringente y procesada a 50°C son las que menor contenido en taninos poseen y, por tanto, menor astringencia, y que el almacenamiento en refrigeración es un buen método para evitar la reversión de la astringencia provocada por dichos tratamientos térmicos. Además, a 100°C se produce la inactivación de enzimas responsables del pardeamiento enzimático, provocando menores cambios de color durante el almacenamiento. Por último, las muestras presentan un comportamiento tixotrópico en el que la no astringente a 50°C es la que mayor área de histéresis presenta y, por consiguiente, mayor grado de ruptura estructural. Las estructuras más estables son las muestras a 100°C, temperatura a la que se inhibe la actividad enzimática de la pectinmetilesterasa.

PALABRAS CLAVE: caqui, astringencia, taninos, reología, dulce.

RESUM

El cultiu de caqui a Espanya ha patit una gran expansió en els últims anys, destacant la varietat Roig Brillant. Existeixen problemes tant per l'elevada astringència d'aquesta varietat com per la sobreproducció i l'estacionalitat d'aquesta, la qual cosa ha motivat la cerca de mètodes de processament d'aquest fruit per a obtindre productes derivats que reduïsquen aquesta problemàtica. Aquest treball busca determinar la influència de la matèria primera (caqui astringent i no astringent) i el tractament tèrmic emprat (50 i

100 °C) en el contingut en tanins solubles i les característiques fisicoquímiques dels dolços de caqui obtinguts durant el seu emmagatzematge en refrigeració. S'ha vist que la mostra astringent a 100 °C i no astringent a 50 °C són les que menor contingut en tanins posseeixen i, per tant, menor astringència, i que l'emmagatzematge en refrigeració és un bon mètode per a evitar la reversió de la *astringència provocada per aquests tractaments tèrmics. A més, a 100 °C es produeix la inactivació d'enzims responsables del pardeament enzimàtic, provocant menors canvis de color durant l'emmagatzematge. Finalment, les mostres presenten un comportament tixòtrop en el qual la no astringent a 50 °C és la que major àrea d'histeresi presenta i, per consegüent, major grau de ruptura estructural. Les estructures més estables són les mostres a 100 °C, temperatura a la qual s'inhibeix l'activitat enzimàtica de la pectinmetilesterasa.

PARAULES CLAU: caqui, astringència, tanins, reologia, dolç.

ABSTRACT

Persimmon cultivation in Spain has undergone a great expansion in recent years, highlighting the variety Rojo Brillante. There are problems due to the high astringency of this variety as well as its overproduction and seasonality, which has motivated the search for methods of processing this fruit to obtain derivative products that reduce these problems. This work seeks to determine the influence of the raw material (astringent and non-astringent persimmon) and the heat treatment used (50 and 100°C) on the soluble tannin content and the physicochemical characteristics of persimmon sweets obtained during refrigerated storage. It was found that the astringent sample at 100°C and the non-astringent sample at 50°C are the ones with the lowest tannin content and, therefore, the lowest astringency, and that refrigerated storage is a good method to avoid the reversal of the astringency caused by these heat treatments. In addition, at 100°C the enzymes responsible for enzymatic browning are inactivated, causing less color changes during storage. Finally, the samples show thixotropic behavior in which the non-astringent one at 50°C has the highest hysteresis area and, consequently, the highest degree of structural rupture. The most stable structures are the samples at 100°C, a temperature at which the enzymatic activity of pectinmethylesterase is inhibited.

KEY WORDS: persimmon, astringency, tannins, rheology, sweetness.

INTRODUCCIÓN

El caqui (*Diospyros kaki Thunb.*) es una fruta que comenzó a cultivarse en China y, posteriormente, se extendió hacia Japón y Corea. Con el tiempo se han ido generando nuevas especies del género *Diospyros*, el cuál crece de manera casi exclusiva en zonas tropicales y subtropicales. Dentro de este género hay especies que pueden crecer en zonas de climas más templados. (Perucho et al., 2015).

Desde los siglos XVII-XIX el cultivo de caqui se ha introducido en Estados Unidos, Brasil y Europa (Giordani, 2003) y han surgido programas de creación de nuevas variedades tanto en Japón como en regiones mediterráneas, como es el caso de la variedad caqui Rojo Brillante, que ha conseguido una gran expansión en los últimos años (Palou y Taberner, 2017).

Una de las características más destacables del caqui es su astringencia y en este factor se puede basar la clasificación de este fruto. Se distinguen 4 variedades (Giordani, 2002):

- Variedades no astringentes constantes a la polinización (PCNA): frutos firmes y que siempre son no astringentes en el proceso de maduración ya que dejan de acumular taninos en las primeras etapas de su desarrollo.
- Variedades no astringentes variables a la polinización (PVNA): son frutos no astringentes si están fecundados. Si son partenocárpico no pueden consumirse durante la recolección y necesitan procesos de post-maduración o de eliminación de astringencia de forma artificial.
- Variedades astringentes constantes a la polinización (PCA): estos frutos mantienen la astringencia durante todo el proceso de maduración y solo pueden consumirse duros tras sufrir tratamientos poscosecha.
- Variedades astringentes variables a la polinización (PVA): son frutos astringentes si están fecundados y que pierden la astringencia en zonas cercanas a la semilla al ser polinizadas.

Las 2 últimas variedades solo pueden ser consumidas con el fruto muy maduro o si se le ha eliminado la astringencia por medio de tratamientos poscosecha que se explicarán más adelante y la PVNA solo si el fruto no es partenocárpico (Giordani, 2003).

En la zona mediterránea se han desarrollado variedades por medio de mutaciones espontáneas o de semillas de variedades asiáticas. En Italia la mayor parte de las variedades son del tipo PVNA mientras que en España predominan las del tipo PVA y PCA (Giordani, 2003), siendo la variedad más cultivada el Rojo Brillante que se cultiva en la Comunidad Valenciana (Naval et al., 2015). Esta variedad proviene de una mutación del caqui Cristalino y posee un tamaño muy grande, que oscila los 250-300g, con piel de color rojo brillante y pulpa de color amarillo anaranjado en la cosecha y rojiza una vez madura. Se utilizan tratamientos poscosecha para reducir la astringencia y poder ser consumidos, también se consume en estados de sobremaduración (Salvador et al., 2006).

La principal diferencia entre los caquis no astringentes y astringentes radica en que los primeros pierden progresivamente los taninos solubles durante el crecimiento y maduración, provocando así la pérdida de astringencia y adoptando un sabor dulce (Tessmer et al., 2016). Hay especies que presentan contenidos de taninos tan bajos que no son detectables, mientras que otras variedades astringentes pueden contener hasta el 0,5-1% en peso fresco de taninos solubles incluso con el fruto maduro (Salvador et al., 2007).

La variedad Rojo Brillante sufre pérdida de firmeza y disminución de la cantidad de taninos solubles durante la maduración, aunque la cantidad de taninos es tan elevada que presentan sabor astringente incluso en la cosecha y postcosecha (Giordani, 2002). El color de la piel está relacionado con la maduración y se usa como parámetro para la recolección; otro parámetro utilizado es el contenido en azúcar, aunque estos parámetros se ven afectados por las condiciones climáticas del cultivo, por lo que se necesitan valores fijos para cada variedad y clima (Salvador et al. 2007).

El mayor productor mundial de caqui es China, país que destina los cultivos a gran diversidad de variedades de bajo rendimiento dirigidas a consumo en fresco y productos derivados como el caqui deshidratado. Según los datos publicados en la FAOSTAT (s.f.) los principales países productores de caqui a nivel mundial son China, España, República de Corea, Japón y Brasil, por orden de importancia.

El cultivo de caqui en España se centra en las variedades astringentes Triumph y Rojo Brillante. España es el primer exportador del mundo y su producción se encuentra principalmente en zonas del mediterráneo. La producción ronda las 350000 toneladas y se exporta el 60%. La superficie de cultivo en España ha aumentado en los últimos años y el mayor auge se está dando en la Ribera del Xúquer, en la Comunidad Valenciana, donde se cultiva principalmente la variedad Rojo Brillante (Frutas y Verduras, 2021).

Otros países mediterráneos como Italia están viendo reducida su producción de caqui. En los últimos años se están buscando variedades no astringentes para la producción en el Mediterráneo, así como variedades que eviten la estacionalidad de este fruto (Perucho et al., 2015).

La astringencia es una característica indeseable en los caquis y se debe al contenido en taninos solubles, que son mezclas de polifenoles. Estos compuestos están incluidos en las vacuolas de unas células especializadas llamadas células tánicas (Tessmer et al., 2016).

La sensación de astringencia, que es el principal problema del consumo de caquis, se desencadena por la precipitación de las proteínas salivares producida al liberarse los taninos solubles tras romperse las células tánicas de la pulpa (Lyman y Green, 1990). Otros factores como la repetición al estímulo, la presencia de azúcares y ácidos, el flujo y la composición de la saliva influyen en la astringencia.

Hay estudios que han revelado que la sequedad y el amargor que se perciben asociados a la astringencia puede reducirse por medio de la adición de edulcorantes. Los edulcorantes provocan un aumento en la producción de saliva que permite que se perciba menor precipitación de proteínas salivares y así se reduce la sensación astringente (Lyman y Green, 1990).

Todos los caquis pueden perder la astringencia en estados de sobremaduración, pero esto va acompañado de una elevada pérdida de firmeza que dificulta la manipulación del fruto. Esta sobremaduración se consigue tanto de manera natural como con etileno exógeno (Perucho et al., 2015).

Los tratamientos artificiales de desastringencia se centran en crear condiciones que induzcan respiración anaerobia estimulando la producción de acetaldehído (Ben-Arie y Sonogo, 1993). Destacan la exposición a agua caliente, vapores de alcohol (Yamada et al., 2002) o grandes cantidades de N₂ o CO₂ (Arnal y Del Río, 2003). Todos se orientan a inducir la respiración anaerobia provocando así la producción de acetaldehído. A pesar de esto, el tratamiento más común es la exposición a elevadas concentraciones de CO₂ (Perucho et al., 2015). Los taninos al reaccionar con el acetaldehído se insolubilizan mediante procesos de polimerización, aunque la velocidad y eficacia de este proceso depende de la variedad de caqui de la que se trate (Besada et al., 2007).

La estacionalidad del caqui y su elevada productividad provocan que sea necesario buscar alternativas a su consumo en fresco para evitar así problemas de sobreproducción y desperdicio de los excedentes. Además, los frutos con defectos se descartan para su comercio, por lo que su uso en el desarrollo de productos derivados podría evitar el desaprovechamiento.

La elaboración de un dulce de caqui podría ser una alternativa para rentabilizar así el cultivo de esta fruta. Sin embargo, se han descrito problemas de astringencia asociados a la solubilización de taninos a lo largo de diferentes procesos de transformación (Navarro, 2003; Castelló et al., 2011). Dichos compuestos bioactivos, en su mayoría en forma insoluble tras la aplicación del método de desastringencia, podrían revertir a su estado soluble a lo largo de su procesado o almacenamiento.

Es por esto que el objetivo del presente trabajo es determinar la influencia de la materia prima (caqui astringente y no astringente) y el tratamiento térmico empleado (50 y 100°C), en el contenido en taninos solubles y las características fisicoquímicas del dulce de caqui obtenido, estudiando su evolución durante su almacenamiento en refrigeración.

Este trabajo se enmarca dentro de la Cátedra Catadau-Agroalimentaria, impulsada por el Ayuntamiento de Catadau, y adscrita a la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural de la UPV, cuyo objetivo es impulsar la investigación y el conocimiento en el ámbito del aprovechamiento del caqui, una de las principales explotaciones agrarias del área.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima

Se utilizaron caquis de la variedad Rojo Brillante tanto no astringentes (NA) como astringentes (A). Estos caquis, en avanzado estado de maduración y procedentes de destríos, fueron suministrados por la Cooperativa Agrícola de Catadau S. COOP. LTDA.

Preparación de las muestras

Se partió de 800 g de caqui, 800 g de azúcar y 40 g de limón pelado, con el objetivo de obtener un producto similar al dulce de membrillo. En la tabla 1 se muestra la composición centesimal de los ingredientes empleados.

TABLA 1. Ingredientes empleados en la formulación del dulce de caqui.

Ingredientes	%
Caqui	48,78
Azúcar	48,78
Limón	2,44

Se comenzó triturando en la Thermomix la mitad de los caquis y del azúcar con el limón durante 30 segundos con velocidad progresiva de 5 a 10 y se realizó el mismo paso con el resto de ingredientes. Se mezcló todo el triturado obtenido y se programaron 45 minutos a 50°C o 100°C, a velocidad 5, y usando el cestillo para una mejor evaporación.

Se obtuvieron 4 dulces de caqui distintos: 1) formulado con caqui astringente y procesado a 100°C (A100); 2) formulado con caqui no astringente y procesado 100°C (NA100); 3) formulado con caqui astringente y procesado a 50°C (A50) y 4) formulado con caqui no astringente y procesado a 50°C (NA50). Todos ellos fueron almacenados a 4°C durante un período de 3 meses.

Determinaciones analíticas

Se realizó un seguimiento de los dulces de caqui durante 3 meses para evaluar su evolución con el tiempo. Los parámetros analizados fueron el pH, el contenido en sólidos solubles (°Brix), el color, la reología y el contenido en taninos solubles. También se realizó un análisis sensorial para estudiar la percepción de astringencia en los 4 dulces de caqui.

ANÁLISIS SENSORIAL

Se utilizó un panel de 10 jueces entrenados para evaluar la astringencia de los 4 dulces de caqui recién elaborados. Se estableció una escala numérica de 10 puntos, en la que el 1 correspondió al valor más bajo de astringencia y el 10 al valor más alto.

pH

Se realizó por medio de un pH-metro automático (pH-meter 20+, Crison, Spain) que consta de un electrodo y un sensor de la temperatura. Para ello, se utilizaron las muestras preparadas anteriormente y se introdujo el electrodo en la muestra permitiendo así obtener de manera directa el valor del pH de esta, tomando 3 medidas por muestra.

DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SOLUBLES

Esta determinación se realizó por medio de un refractómetro RFM330+ (Bellingham and Stanley Ltd, UK) termostatado a 20°C. Los resultados se expresaron en °Brix y las medidas se realizaron por triplicado.

COLOR

La muestra fue introducida en recipientes de vidrio óptico de 38mm de diámetro y 10mm de espesor. Se empleó un espectro-colorímetro Chroma Meter CR-400s (Konica Minolta, Japan) y se realizaron las medidas sobre fondo blanco.

Por medio de este equipo, previamente calibrado, se obtuvieron las coordenadas de color en el espacio CIEL*a*b*. La coordenada L* hace referencia a la luminosidad desde 0 a 100, yendo del negro hasta el blanco; la coordenada a* hace referencia al color verde (-) o rojo (+) y la coordenada b* representa el azul (-) o el amarillo (+). Por medio de estas coordenadas se calcularon el tono (h*), el croma (C*) y la diferencia de color con el tiempo (ΔE^*) por medio de las ecuaciones 1, 2 y 3, respectivamente:

$$h^* = \arctang \frac{b^*}{a^*} \quad (1)$$

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (2)$$

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (3)$$

CONTENIDO EN TANINOS

Para la preparación de los extractos se tomaron 5g de muestra y se añadieron 25mL de etanol 96%. Esta mezcla se homogeneizó en Ultraturrax durante 1 minuto a 12000 rpm. Se centrifugó a 14000 rpm durante 20 minutos a 4°C y se filtró el contenido. El sobrenadante se guardó y se repitió el mismo procedimiento con el pellet. Se volvió a filtrar para obtener el sobrenadante y se mezcló con el sobrenadante obtenido previamente. La mezcla de sobrenadantes se llevó a 100mL con etanol 96% en un matraz aforado.

Los extractos se conservaron en frascos opacos a -23°C hasta su uso para la determinación de taninos.

Se comenzó con 1mL del extracto obtenido previamente al que se realizó una dilución 1:7 en agua bidestilada y se agitó en el vórtex. A esta dilución se añadieron 0,5mL del reactivo de Folin Ciocalteu, se agitó en vórtex y se guardó durante 3 minutos en oscuridad. Una vez pasado este tiempo, se añadió 1mL de Na₂CO₃ saturado (20%) y 1,5mL de agua bidestilada. Se agitó la mezcla en el vórtex y se dejó reposar durante 90 minutos en oscuridad. Una vez terminado este tiempo, se midió la absorbancia a 725nm.

Se realizó una curva de calibración en la que se utilizaron concentraciones progresivas de ácido gálico en etanol al 96%, para expresar el resultado en mg ácido gálico equivalente/L. Se realizaron las transformaciones necesarias utilizando los gramos de muestra iniciales del extracto (5g) y los mL de extracto obtenidos (100mL) para obtener el resultado en mg ácido gálico equivalente/100g de muestra.

De cada una de las muestras se obtuvieron 2 extractos, y de cada extracto dos medidas de taninos, obteniendo así 4 medidas de cada dulce de caqui para cada uno de los tiempos estudiados.

REOLOGÍA

El comportamiento al flujo de las muestras se estudió empleando un reómetro Kinexus Pro+ (Malvern Instruments, Worcesterchire, Reino Unido) con una geometría de placas paralelas (40 mm diámetro).

Las condiciones aplicadas en este ensayo fueron una temperatura de 10°C y un GAP de 1mm. Se programó una rampa de gradiente de velocidad ascendente de 0,01 hasta 200 s⁻¹ (3 minutos), seguida de un período de 3

minutos a 200 s^{-1} y una rampa descendente de 200 a $0,01 \text{ s}^{-1}$ (3 minutos), registrándose la variación de la viscosidad y el esfuerzo cortante con el gradiente de velocidad.

Las medidas se realizaron por duplicado para cada una de las muestras de estudio.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados obtenidos se trataron estadísticamente por medio de Statgraphics Centurion 18-X64, versión 18.1.13 (StatPoint Technologies, Inc.). En dicho programa se realizó un ANOVA Simple para determinar si existían o no diferencias significativas entre las muestras a cada uno de los tiempos de almacenamiento y para cada una de ellas a lo largo de dicho tiempo, con un nivel de confianza del 95% (p -valor $< 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis sensorial

En la figura 1 se muestran los resultados obtenidos para el nivel de astringencia de los 4 dulces de caqui recién formulados.

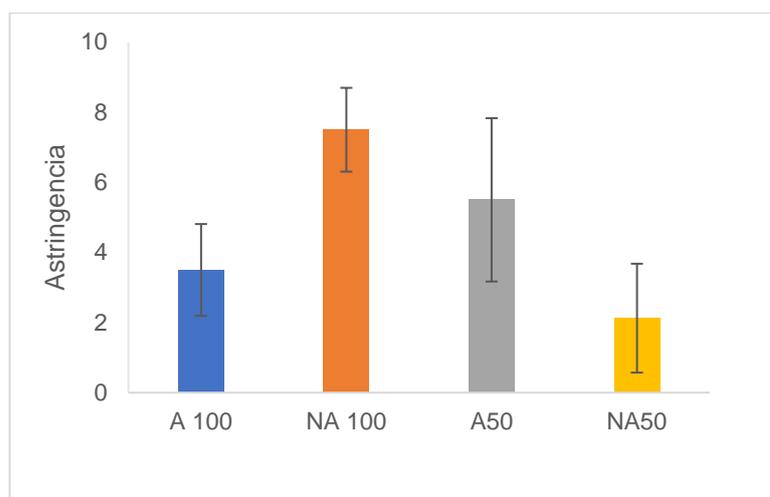


FIGURA 1. Astringencia de los 4 dulces de caqui formulados y evaluados por el panel de jueces. A100: formulado con caqui astringente y procesado a 100°C ; NA100: formulado con caqui no astringente y procesado 100°C ; A 50: formulado con caqui astringente y procesado a 50°C ; NA 50: formulado con caqui no astringente y procesado a 50°C .

Analizando los valores obtenidos se observa que las muestras A50 y NA100 presentaron mayor astringencia, por encima de 5 en ambos casos, sin diferencias significativas ($p > 0,05$) entre ellas. Sin embargo, las muestras A100 y NA50 obtuvieron valores de astringencia significativamente ($p < 0,05$) menores. En este sentido, a 100°C, la astringencia percibida en el dulce de caqui formulado a partir de fruta astringente resultó ser significativamente inferior ($p < 0,05$) al formulado a partir de caqui no astringente.

pH

En la tabla 2 se puede observar la evolución del pH con el tiempo en las 4 muestras estudiadas.

TABLA 2. Evolución del pH de los 4 dulces de caqui durante su almacenamiento en refrigeración. A100: formulado con caqui astringente y procesado a 100°C; NA100: formulado con caqui no astringente y procesado 100°C; A 50: formulado con caqui astringente y procesado a 50°C; NA 50: formulado con caqui no astringente y procesado a 50°C.

Tiempo (días)	A100	NA100	A50	NA50
0	3,88 ± 0,03 ^{bA}	4,24 ± 0,03 ^{dC}	3,96 ± 0,03 ^{eB}	3,86 ± 0,02 ^{fA}
12	3,9 ± 0,03 ^{bC}	4,04 ± 0,03 ^{cD}	3,83 ± 0,02 ^{cB}	3,59 ± 0,04 ^{cA}
25	3,72 ± 0,03 ^{aB}	3,59 ± 0,04 ^{aA}	3,91 ± 0,04 ^{deC}	3,76 ± 0,01 ^{eB}
38	4,17 ± 0,11 ^{dC}	3,62 ± 0,03 ^{aB}	3,44 ± 0,05 ^{aA}	3,51 ± 0,05 ^{bAB}
55	4,05 ± 0,1 ^{cdC}	3,6 ± 0,04 ^{aA}	3,76 ± 0,03 ^{bB}	3,52 ± 0,03 ^{bA}
67	3,91 ± 0,06 ^{bB}	4,04 ± 0,03 ^{cC}	3,47 ± 0,04 ^{aA}	3,44 ± 0,03 ^{aA}
82	3,98 ± 0,08 ^{bcC}	3,77 ± 0,02 ^{bA}	3,86 ± 0,05 ^{cdB}	3,69 ± 0,03 ^{dA}

Diferentes letras minúsculas en una misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$) para una misma muestra con el paso del tiempo.

Diferentes letras mayúsculas en cada fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre muestras para cada tiempo de almacenamiento.

La adición de limón en la formulación permitió obtener un pH por debajo de 4 en todas las muestras, salvo en la muestra NA100, la cual presentó un pH inicial de 4,24. Este valor límite resulta importante ya que pHs inferiores a 4 permiten reducir el crecimiento de microorganismos patógenos en los alimentos (Leyva, 2011). A tiempo 0, las muestras NA50 y A100, con menor pH, no mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$), sin embargo se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre éstas y las muestras A50 y NA100.

Se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el pH de las muestras durante su almacenamiento. Aguilar Oliveros (2018) observó que el pH de mermeladas de cacao y piña disminuye durante los 28 días de

almacenamiento. En nuestro caso, se puede observar que el pH sufrió fluctuaciones con el tiempo, aunque en todos los casos, menos en la muestra A100, el valor final de pH fue menor que el inicial.

Determinación de sólidos solubles

En la figura 3 se puede observar la evolución en sólidos solubles, medidos en °Brix, para cada una de las muestras analizadas.

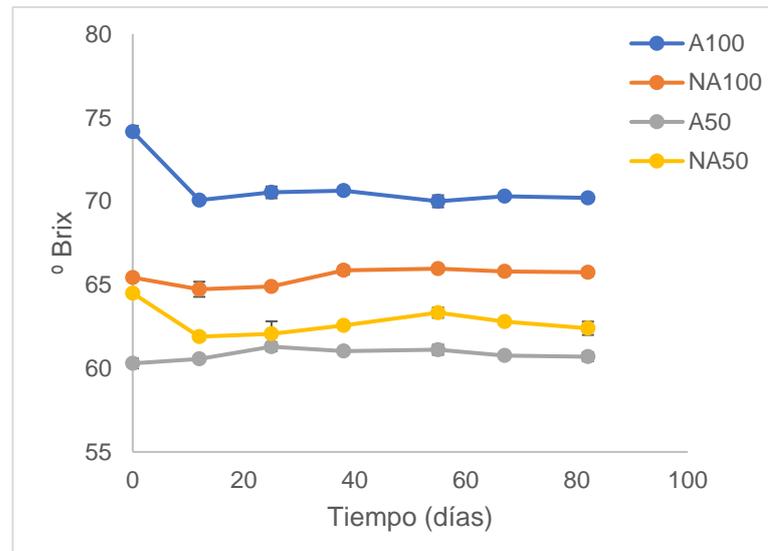


FIGURA 3. Evolución del contenido en sólidos solubles(°Brix) de los 4 dulces de caqui durante su almacenamiento en refrigeración. A100: formulado con caqui astringente y procesado a 100°C; NA100: formulado con caqui no astringente y procesado 100°C; A 50: formulado con caqui astringente y procesado a 50°C; NA 50: formulado con caqui no astringente y procesado a 50°C.

Los dulces de caqui recién elaborados presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el contenido en sólidos solubles. La muestra A100 presentó un valor significativamente superior al resto, mientras que la A50 presentó el menor valor.

A lo largo de su almacenamiento se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las 4 muestras para cada tiempo, exceptuando A50 y NA50 a los 25 días. Es destacable que las muestras procesadas a 100°C presentan mayor contenido en sólidos solubles que las procesadas a 50°C, lo que puede deberse a una mayor evaporación de agua y mayor solubilización de compuestos como los taninos (Navarro, 2003).

Centrándonos en la evolución de cada una de las muestras durante su almacenamiento en refrigeración, en todos los casos existieron diferencias significativas con el tiempo de almacenamiento. De las variaciones significativas de °Brix que se producen, las más destacables son los

descensos producidos en A100 y NA50 tras los 12 primeros días de almacenamiento. En el resto de muestras, podemos destacar la subida que sufre A50 entre 12 y 25 días y NA100 entre 25 y 38 días.

Todo esto demuestra que en A100 y NA50 se obtuvieron productos cuyos contenidos en sólidos solubles sufrieron variaciones significativas en los primeros 12 días de almacenamiento y luego comenzaron a estabilizarse a pesar de sufrir ciertas diferencias significativas antes mencionadas. Sin embargo, las muestras A50 y NA100 presentaron menores fluctuaciones durante su almacenamiento.

Color

En la tabla 3 se puede observar la evolución del color para cada una de las 4 muestras estudiadas.

La luminosidad osciló entre 30 y 45 para las muestras recién elaboradas (tiempo 0), siendo NA50 la que presentó un valor de L^* significativamente superior ($p < 0,05$) al resto (más clara) y la A100 significativamente ($p < 0,05$) inferior (más oscura). Las muestras NA 100 y A50 presentaron valores intermedios, sin diferencias significativas ($p > 0,05$) entre ellas. Sin embargo, se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0,05$) durante su almacenamiento, siendo las procesadas a 50°C las que presentaron un mayor descenso a lo largo del tiempo.

Respecto al tono, se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las 4 muestras. A tiempo 0 las muestras A100 y A50 presentaron un tono anaranjado (76,56 y 76,30 respectivamente), sin diferencias significativas entre sí ($p > 0,05$) pero diferentes al resto. La muestra NA50 (98,08) fue la que presentó un tono más amarillo y la NA100 (84,47) un color intermedio. Las mayores diferencias se dieron respecto a NA50. A lo largo del almacenamiento en refrigeración, se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el tono de las muestras procesadas a 50°C , mientras que en las procesadas a 100°C no se encontraron dichas diferencias.

Esto puede deberse a que a 100°C se inactivan enzimas responsables de los cambios de color, como es el caso de la peroxidasa, la cual se inactiva en tratamientos con vapor a temperaturas de 100°C o superiores (Calderon, 2015) y la polifenoloxidasas, la cual se inactiva a 70°C (Gasull y Becerra, 2006). Esto queda reflejado también en la figura 4, en la que se representan las coordenadas a^* y b^* en el diagrama cromático CIEL^{*} a^*b^* . En este diagrama, el tono (h^*) corresponde con el ángulo respecto al eje de a^*+ y $b^*=0$.

Por otra parte, el croma indica la saturación o pureza de color y posee valores que van del 0 al 100 (Mauro, 2007). En el diagrama cromático este valor se corresponde con la distancia al centro, siendo los colores más puros aquellos que se sitúan más alejados del valor de $a^*=0$ y $b^*=0$.

TABLA 3. Evolución de los atributos de color (luminosidad, tono y croma) de los 4 dulces de caqui durante su almacenamiento en refrigeración. Diferencias de color respecto al tiempo de almacenamiento. *A100: formulado con caqui astringente y procesado a 100°C; NA100: formulado con caqui no astringente y procesado 100°C; A 50: formulado con caqui astringente y procesado a 50°C; NA 50: formulado con caqui no astringente y procesado a 50°C.*

Muestra	Tiempo (días)	Luminosidad (L*)	Tono (h*)	Croma (C*)	Diferencia de color (ΔE^*)
A100	0	30,31 ± 0,26 ^{aA}	76,56 ± 0,28 ^{aA}	11,47 ± 0,04 ^{aA}	-
	12	32,61 ± 0,1 ^{cA}	76,75 ± 1,03 ^{aB}	12,20 ± 0,19 ^{abcA}	2,35 ± 0,39 ^{abA}
	25	32,99 ± 0,37 ^{cA}	77,13 ± 0,69 ^{aB}	12,41 ± 0,87 ^{abcA}	2,90 ± 0,38 ^{bAB}
	38	33,18 ± 0,68 ^{cA}	77,67 ± 0,56 ^{aB}	12,78 ± 0,63 ^{bcA}	3,15 ± 0,51 ^{bcA}
	55	31,44 ± 0,81 ^{bA}	76,75 ± 1,75 ^{aB}	11,62 ± 1,45 ^{abA}	1,60 ± 1,11 ^{aA}
	67	34,31 ± 0,39 ^{dB}	76,83 ± 0,44 ^{aB}	12,79 ± 0,25 ^{bcA}	4,15 ± 0,59 ^{cB}
	82	32,56 ± 0,48 ^{cA}	76,68 ± 0,40 ^{aB}	13,06 ± 0,55 ^{cA}	2,69 ± 0,91 ^{abB}
NA100	0	38,76 ± 0,14 ^{aB}	84,47 ± 0,14 ^{aB}	18,33 ± 0,30 ^{bC}	-
	12	40,62 ± 1,31 ^{bcc}	85,03 ± 0,02 ^{aC}	18,71 ± 1,24 ^{bC}	2,02 ± 1,25 ^{abA}
	25	39,15 ± 0,07 ^{abc}	85,20 ± 0,27 ^{aC}	16,70 ± 0,13 ^{aB}	1,70 ± 0,25 ^{abA}
	38	41,00 ± 1,79 ^{cc}	85,23 ± 1,42 ^{aC}	17,65 ± 1,03 ^{abC}	2,71 ± 0,88 ^{bA}
	55	39,72 ± 0,43 ^{abcc}	84,94 ± 1,17 ^{aC}	17,87 ± 0,77 ^{abC}	1,20 ± 0,09 ^{aA}
	67	40,03 ± 0,07 ^{abcd}	84,22 ± 0,36 ^{aC}	18,29 ± 0,16 ^{bD}	1,32 ± 0,14 ^{aA}
	82	39,44 ± 0,27 ^{abd}	84,68 ± 0,84 ^{aC}	17,80 ± 0,17 ^{abC}	1,00 ± 0,18 ^{aA}
A50	0	38,27 ± 0,19 ^{eB}	76,30 ± 0,09 ^{eA}	16,87 ± 0,45 ^{fB}	-
	12	34,58 ± 0,20 ^{cB}	70,72 ± 0,51 ^{bA}	15,04 ± 0,24 ^{cdB}	4,41 ± 0,23 ^{bB}
	25	35,35 ± 0,38 ^{dB}	72,64 ± 0,34 ^{dA}	15,73 ± 0,39 ^{eB}	3,35 ± 0,60 ^{aAB}
	38	34,34 ± 0,04 ^{cA}	71,98 ± 0,99 ^{dA}	14,78 ± 0,14 ^{bcB}	4,63 ± 0,10 ^{bB}
	55	33,67 ± 0,04 ^{bB}	71,82 ± 0,56 ^{cdA}	14,21 ± 0,22 ^{baB}	5,50 ± 0,16 ^{cB}
	67	32,72 ± 0,08 ^{aA}	67,55 ± 0,60 ^{aA}	13,39 ± 0,18 ^{aB}	6,95 ± 0,30 ^{dC}
	82	34,53 ± 0,43 ^{cB}	70,92 ± 0,48 ^{bcA}	15,66 ± 0,61 ^{deB}	4,29 ± 0,55 ^{bC}
NA50	0	44,68 ± 0,48 ^{eC}	98,08 ± 0,48 ^{fC}	23,13 ± 0,47 ^{eD}	-
	12	39,43 ± 0,43 ^{cc}	98,24 ± 0,66 ^{fD}	18,27 ± 0,08 ^{cdC}	7,17 ± 0,60 ^{bC}
	25	42,29 ± 1,42 ^{dd}	94,48 ± 0,74 ^{dD}	20,42 ± 2,3 ^{dC}	3,95 ± 1,82 ^{aB}
	38	39,15 ± 0,07 ^{bcB}	96,31 ± 0,86 ^{eD}	17,15 ± 0,58 ^{bcC}	8,17 ± 1,08 ^{bcC}
	55	40,00 ± 1,57 ^{cc}	92,55 ± 0,97 ^{cd}	15,86 ± 2,98 ^{abcBC}	9,12 ± 2,45 ^{bcC}
	67	37,61 ± 0,35 ^{abc}	91,15 ± 0,18 ^{bD}	15,60 ± 0,53 ^{abcC}	10,58 ± 1,21 ^{cdD}
	82	36,81 ± 0,82 ^{aC}	88,43 ± 0,36 ^{aD}	14,02 ± 0,76 ^{aA}	12,45 ± 0,62 ^{dD}

Diferentes letras minúsculas en una misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$) para una misma muestra con el paso del tiempo.

Diferentes letras mayúsculas en cada columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre muestras para cada tiempo de almacenamiento.

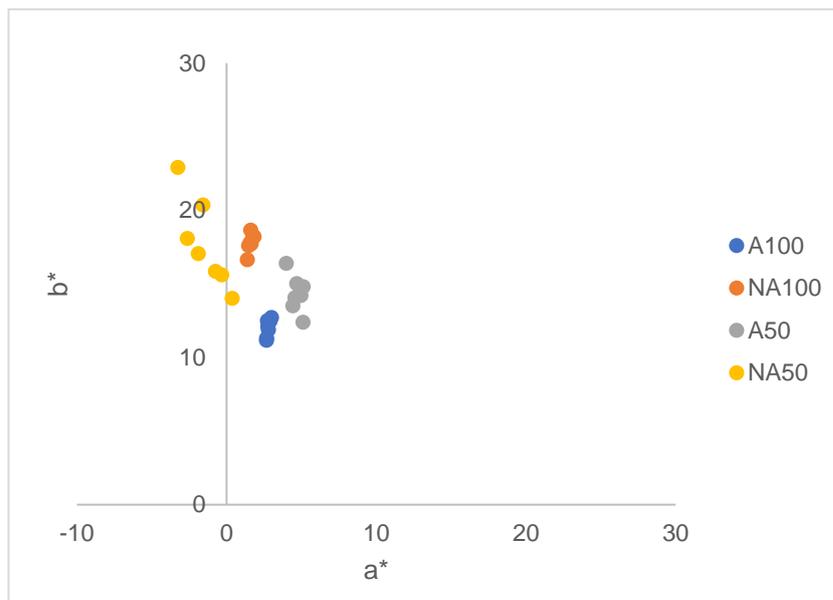


FIGURA 4. Representación de las coordenadas a^* y b^* en diagrama cromático CIEL* a^*b^* para cada una de los 4 dulces de caqui durante su almacenamiento en refrigeración. A100: formulado con caqui astringente y procesado a 100°C; NA100: formulado con caqui no astringente y procesado 100°C; A 50: formulado con caqui astringente y procesado a 50°C; NA 50: formulado con caqui no astringente y procesado a 50°C.

A tiempo 0 las muestras no astringentes presentaron valores de croma significativamente mayores ($p < 0,05$) que las astringentes, siendo la NA50 la que presentó una pureza de color significativamente superior ($p < 0,05$) al resto. Sin embargo, en la muestra NA50 el croma fue disminuyendo con el tiempo, siendo la muestra NA100 la que presentó mayores valores al final del periodo de almacenamiento.

Por último, se observaron mayores diferencias globales de color en las muestras procesadas a 50°C durante su almacenamiento en refrigeración (Tabla 3), especialmente en las formuladas con caqui no astringente, lo que puede estar relacionado con un mayor pardeamiento enzimático.

Esto deja ver que el tiempo de almacenamiento adquirió gran relevancia para las muestras elaboradas a 50°C, siendo poco relevante para las elaboradas a 100°C, como consecuencia de la inactivación enzimática comentada anteriormente. A su vez, el tipo de muestra fue un factor con gran importancia para este parámetro a cada uno de los tiempos de almacenamiento analizados.

Contenido en taninos

En la figura 5 se representa la evolución del contenido en taninos, que son los responsables de la astringencia del producto, con respecto al tiempo de almacenamiento.

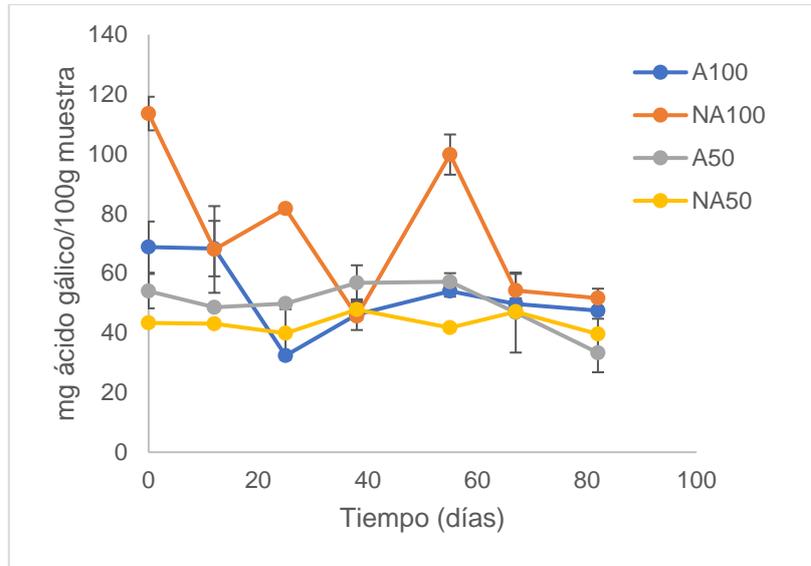


FIGURA 5. Evolución del contenido en taninos de los 4 dulces de caqui durante su almacenamiento en refrigeración. A100: formulado con caqui astringente y procesado a 100°C; NA100: formulado con caqui no astringente y procesado 100°C; A 50: formulado con caqui astringente y procesado a 50°C; NA 50: formulado con caqui no astringente y procesado a 50°C.

En la figura 5 se puede apreciar que la cantidad inicial no superó en ningún caso los 120 mg ácido gálico/100g de muestra. Estos valores son inferiores a los obtenidos en el caqui astringente fresco en elevado estado de maduración, 360mg/ 100g en peso fresco (Besada, 2008), pero en general mayores a los conseguidos con tratamientos con CO₂ en los que se llegan a alcanzar valores de 30 mg/100g al final del tratamiento (Martínez, 2022). Esto indica que los dulces de caqui obtenidos pueden tener una astringencia reducida de cara al consumidor.

Comparando los valores iniciales de taninos con los resultados obtenidos en el análisis sensorial (figura 1) se observa que la muestra NA100, que presentó el mayor contenido en taninos, mostró el mayor valor de astringencia en la evaluación sensorial. Por el contrario, la muestra NA50 que obtuvo los valores más bajos de astringencia a nivel sensorial, presentó el valor más bajo de taninos a tiempo 0.

Además, se observa que la cantidad de taninos en las muestras NA100 fue en general elevada durante su almacenamiento. A su vez, se puede observar que las dos muestras elaboradas a 100°C (A100 y NA100) presentaron inestabilidad en su contenido en taninos durante el tiempo de almacenamiento; en ambas muestras se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) para su contenido en taninos a lo largo del almacenamiento.

Sin embargo, las muestras A50 y NA50 presentaron gran estabilidad en su contenido en taninos durante todo el tiempo de almacenamiento, llegando a presentar los valores más bajos al final de este.

El comportamiento observado en las muestras estudiadas concordó con lo expuesto en otros estudios en los que se observó que el almacenamiento en refrigeración es capaz de reducir o limitar la reversión del contenido en taninos solubles (Castelló et al., 2011), comportamiento que se cumplió durante todo el período estudiado. Además, se observa que el tratamiento a 100°C provocó una mayor cantidad de taninos solubles a tiempo 0, especialmente en la muestra NA, debido a que las altas temperaturas favorecen la solubilización de los taninos (Castelló et al., 2011).

Reología

En la tabla 4 queda reflejada la viscosidad de los 4 dulces de caqui, con respecto al tiempo de almacenamiento.

TABLA 4. Viscosidades aparentes, a 100s⁻¹, registradas en los 4 dulces de caqui durante su almacenamiento en refrigeración. A100: formulado con caqui astringente y procesado a 100°C; NA100: formulado con caqui no astringente y procesado 100°C; A 50: formulado con caqui astringente y procesado a 50°C; NA 50: formulado con caqui no astringente y procesado a 50°C.

Muestra	Tiempo	η (Pa s) ¹	η (Pa s) ²	$\Delta\eta$ relativo (%)
A100	0	3,84 ± 0,21 ^{aC}	2,78 ± 0,20 ^{bC}	27,6 ^{bC}
	25	3,51 ± 0,42 ^{aB}	2,64 ± 0,06 ^{abB}	24,6 ^{aA}
	55	3,67 ± 0,08 ^{aC}	2,47 ± 0,18 ^{abB}	32,7 ^{cB}
	82	3,82 ± 0,14 ^{aD}	2,30 ± 0,10 ^{aC}	39,8 ^{dC}
NA100	0	2,61 ± 0,02 ^{aB}	1,68 ± 0,01 ^{aB}	35,4 ^{bD}
	25	3,00 ± 0,02 ^{abB}	1,82 ± 0,25 ^{aB}	39,4 ^{dC}
	55	3,33 ± 0,31 ^{bC}	2,04 ± 0,58 ^{aB}	38,7 ^{cC}
	82	2,98 ± 0,14 ^{abC}	2,06 ± 0,21 ^{aC}	31,0 ^{aB}
A50	0	1,20 ± 0,07 ^{bA}	0,95 ± 0,00 ^{bA}	21,0 ^{cA}
	25	1,16 ± 0,01 ^{bA}	0,77 ± 0,13 ^{abA}	33,1 ^{dB}
	55	0,88 ± 0,05 ^{aA}	0,71 ± 0,04 ^{aA}	19,4 ^{aA}
	82	1,18 ± 0,13 ^{bA}	0,95 ± 0,04 ^{bB}	19,5 ^{bA}
NA50	0	2,36 ± 0,01 ^{aB}	1,81 ± 0,17 ^{bB}	23,4 ^{aB}
	25	4,38 ± 0,13 ^{bC}	0,55 ± 0,63 ^{aA}	87,5 ^{bD}
	55	1,99 ± 0,23 ^{aB}	0,023 ± 0,018 ^{aA}	98,9 ^{cD}
	82	2,06 ± 0,14 ^{aB}	0,008 ± 0,005 ^{aA}	99,6 ^{dD}

¹ registrada en el barrido de ascenso de 0,01 s⁻¹ hasta 200 s⁻¹

² registrada en el barrido de descenso de 200 s⁻¹ hasta 0,01 200 s⁻¹

Diferentes letras minúsculas en una misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$) para una misma muestra con el paso del tiempo.

Diferentes letras mayúsculas en cada columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre muestras para cada tiempo de almacenamiento.

Como podemos observar, en todas las muestras analizadas y en todos los tiempos estudiados se obtuvo una mayor viscosidad en el período ascendente

de gradiente de velocidad respecto al descendente, lo que indica que se trata de un comportamiento tixotrópico. En la tabla 4 se muestra la variación relativa de la viscosidad, relacionada con el grado de histéresis e indica la magnitud del carácter tixotrópico del producto y su grado de ruptura estructural (Talens, 2018).

A tiempo 0, la muestra A100 presentó una viscosidad significativamente superior ($p < 0,05$) al resto, tanto en el barrido ascendente como en el barrido descendente, probablemente debido a la mayor concentración en sólidos solubles presentes (Figura 3). NA50 y NA100 presentaron una viscosidad intermedia y A50 fue la muestra con una viscosidad significativamente ($p < 0,05$) menor, lo cual se correlaciona con su contenido en sólidos solubles.

Como vemos en la tabla 4, con el tiempo de almacenamiento la muestra NA50 posee un mayor comportamiento tixotrópico y un mayor grado de ruptura estructural que el resto de muestras, lo que indica que esta muestra es la menos estable estructuralmente de las 4 formuladas.

Daza y Ruth (2014) indican que el tiempo de almacenamiento afecta a este parámetro debido al deterioro de las sustancias pécticas. Esto justifica la mayor estabilidad de las muestras procesadas a 100°C , temperatura que provoca la inactivación enzimática de enzimas como la pectinmetilesterasa.

Los resultados obtenidos para la viscosidad fueron menores que los observados en otros estudios con mermeladas de otras frutas como la naranjilla (Otiniano, 2017) y la piña (Daza y Ruth, 2014).

CONCLUSIONES

Los dulces de caqui obtenidos presentan características diferentes en función del tipo de caqui empleado (astringente o no astringente) y la temperatura de procesado (50 o 100°C).

En todos los casos el tono es anaranjado, a excepción del formulado a partir de caqui no astringente y procesado a 50°C , con tono amarillo. El producto obtenido a partir de fruta astringente y procesado a 100°C presenta una mayor concentración en sólidos solubles y en consecuencia una mayor viscosidad. Sin embargo, el elaborado a partir de fruta astringente y procesado a 50°C presenta los valores más bajos.

La aplicación de temperaturas suaves (50°C), permite obtener dulces de caqui con una astringencia reducida, especialmente si se parte de caqui no astringente. Sin embargo, a pesar de que presentan estabilidad en parámetros como pH y $^{\circ}\text{Brix}$, presentan cambios importantes en el color y la viscosidad durante su almacenamiento en refrigeración.

La temperatura de procesado de 100°C permite obtener productos más estables durante su almacenamiento, como consecuencia de la inactivación de enzimas responsables de su deterioro. En este caso, sería recomendable partir de caqui astringente ya que durante el proceso de elaboración se reduce su contenido en taninos solubles, responsables de la astringencia, dando lugar a un producto poco astringente sin necesidad de aplicar un tratamiento previo de desastringencia.

Sin embargo, a 100°C se solubilizan los taninos insolubles presentes en el caqui no astringente, dando lugar de nuevo a problemas de astringencia.

El almacenamiento en refrigeración permite controlar la astringencia del producto obtenido ya que no se observa un aumento en el contenido de taninos solubles.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a la CÁTEDRA CATADAU-AGROALIMENTARIA de la Universitat Politècnica de València por su financiación para la realización del presente trabajo.

REFERENCIAS

Aguilar Oliveros, D. V. (2018). *Análisis la estabilidad natural a tiempo real de una mermelada empleando mucílago de cacao (Theobroma cacao CCN-51) combinado con trozos de piña usando dos tipos de conservantes*. [Tesis de titulación]. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador.

Arnal, L., & Del Río, M. A. (2003). *Removing astringency by carbon dioxide and nitrogen-enriched atmospheres in persimmon fruit cv. "Rojo brillante"*. *Journal of Food Science*, 68(4), 1516-1518.

Ben-Arie, R., & Sonogo, L. (1993). *Temperature affects astringency removal and recurrence in persimmon*. *Journal of Food Science*, 58(6), 1397-1400.

Besada, C., Salvador, A., Arnal, L., & Martínez-Jávega, J. M. (2007). *Influencia de la temperatura de conservación en la eficacia del tratamiento de desastringencia de caqui*. In V Congreso iberoamericano de tecnología postcosecha y agroexportaciones (pp. 37-47). Grupo de Postrecolección y Refrigeración. UPCT.

Besada, C. (2008). *Mejora de la tecnología de desastringencia, conservación y comercialización de caqui "Rojo Brillante" para consumo en fresco*. [Tesis doctoral]. Universitat Politècnica de València, España.

Boscarol, M. (Octubre de 2007). *El espacio de color L*C*h*. Imagen Digital. http://www.gusgsm.com/el_espacio_de_color_lch

Calderon Parra, J. F. (2015). *Evaluación de métodos de inactivación enzimática en la obtención de pulpa de membrillo (Cydonia oblonga)*.

Caqui, datos de producción y consumo (16 de julio de 2021). Frutas y Verduras. <https://lasfrutasyverduras.es/caqui-datos-de-produccion-y-consumo/>

Castelló, M. L., Heredia, A., Domínguez, E., Ortolá, M. D., & Tarrazó, J. (2011). *Influence of thermal treatment and storage on astringency and quality of a spreadable product from persimmon fruit*. Food chemistry, 128(2), 323-329.

Daza, J. & Ruth, N. (2014). *Elaboración y evaluación reológica de mermelada de piña (Ananas comosus)*.

FAOSTAT. (s. f.). Recuperado 1 de julio de 2021, de <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>

Gasull, E., & Becerra, D. (2006). *Caracterización de Polifenoloxidasas Extraídas de Pera (cv. Packam s Triumph) y Manzana (cv. Red Delicious)*. Información tecnológica, 17(6), 69-74.

Giordani, E. (2002). *Varietal assortment of persimmon in the countries of the Mediterranean area and genetic improvement*. In First Mediterranean Symposium on Persimmon (23-24 November, 2001, Faenza-Italy) (Vol. 51, pp. 23-37).

Giordani, E. (2003). *El caqui: diversificación varietal para un cultivo en desarrollo*. Comunitat Valenciana Agraria, 22, 22-34.

Leyva, V., Martino, T. K., Puig, Y., Carrera, J., & Cabrera, M. R. (2011). *¿Qué factores influyen en el crecimiento y supervivencia de los microorganismos en los alimentos?* Monografía en Internet.

Lyman, B. J., & Green, B. G. (1990). *Oral astringency: effects of repeated exposure and interactions with sweeteners*. Chemical Senses, 15(2), 151-164.

Martínez González, C. (2022). *Tratamientos de secado para la obtención de ingredientes de alto valor nutritivo a partir del destrío postcosecha de caqui*. [Tesis doctoral]. Universitat Politècnica de València, España.

Naval, M. M., Martínez-Calvo, J., Badenes, M. L., Gil-Muñoz, F., & Ríos, G. (2015). *Cultivo de'rojo brillante' con otras variedades de caqui*. Vida rural, (404), 18-24.

Navarro, L. A. (2003). *Estudios para la conservación y manejo en poscosecha del caqui*. [Tesis doctoral]. Universitat Politècnica de València, España.

Otiniano Verde, J. S. (2017). *Elaboración y evaluación reológica de mermelada de naranjilla (Solanum quitoense lam.)*.

Palou, L., & Taberner, V. (2017). *Determinación de las enfermedades de poscosecha del caqui" Rojo Brillante"*. Levante Agrícola, (437), 178-185.

Perucho, R., Giordani, E., Picardi, E., Radice, S., Badenes, M. L., Naval, M. M., ... & Vendrell, M. (2015). *El cultivo del caqui*. Generalitat Valenciana.

Salvador, A., Arnal, L., Navarro, P., & Martínez-Jávega, J. M. (2006). *Estado actual en la conservación de caqui'rojo brillante'*. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, 7(2), 86-92.

Salvador, A., Arnal, L., Besada, C., Larrea, V., Quiles, A., Pérez-Munuera I. (2007). *Physiological and structural changes during ripening and deastringency treatment of persimmon fruit cv. Rojo Brillante*. Postharvest Biol. Technol. 46:181-188.

Talens Oliag, P. (2017). *Evaluación del color y tolerancia de color en alimentos a través del espacio CIELAB*.

Talens Oliag, P. (2018). *Caracterización del comportamiento reológico de un alimento fluido tixotrópico*.

Tessmer, M. A., Besada, C., Hernando, I., Appezato-da-Glória, B., Quiles, A., & Salvador, A. (2016). *Pérdida natural de astringencia durante la maduración de caqui. Comparación entre variedades astringentes y no astringentes*. *Levante Agrícola*, (432), 175-180.

Yamada, M., Taira, S., Ohtsuki, M., Sato, A., Iwanami, H., Yakushiji, H., ... & Li, G. (2002). *Varietal differences in the ease of astringency removal by carbon dioxide gas and ethanol vapor treatments among Oriental astringent persimmons of Japanese and Chinese origin*. *Scientia Horticulturae*, 94(1-2), 63-72.