

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA
AGRONÒMICA I DEL MEDI NATURAL



Propuesta de un proceso de obtención de zumo de arándano de alta calidad

TRABAJO FIN DE GRADO

ALUMNO: Daniel Pomar Martínez

TUTOR: Noelia Betoret Valls

COTUTORA: Lucía Seguí Gil

Curso Académico: 2015 - 2016

VALENCIA, 7 DE JULIO DE 2016

Título: Propuesta de un proceso de obtención de zumo de arándano de alta calidad.

Resumen: Los problemas asociados a la obtención de zumo de arándano han provocado que la oferta de este producto en el mercado sea escasa y de baja calidad. Estudios recientes han puesto de manifiesto que el consumo de estos frutos es beneficioso para la salud, pudiendo prevenir enfermedades infecciosas, incluso cánceres o el Alzheimer. Estos efectos beneficiosos han hecho que la demanda de este producto se haya visto incrementada. Así pues, en los últimos años se han realizado estudios dirigidos a la mejora del proceso para la obtención de un zumo de arándanos de elevada calidad. Sobre todo, se ha mostrado especial interés en el estudio del proceso de despectinización. Este proceso de despectinización es de vital importancia en este tipo de zumos puesto que poseen un elevado contenido de pectinas que impiden la extracción eficaz del mismo. En España, la producción agrícola de arándanos es baja, no obstante, existen pequeños productores que podrían aplicar las mejoras obtenidas en los estudios de investigación a la obtención de un zumo de arándano de alta calidad sensorial y funcional. El presente trabajo ofrece una propuesta de proceso e instalación a nivel de planta piloto para la obtención de un zumo de arándano de alta calidad. Se estudia la posibilidad de aplicar al zumo distintos tratamientos para conservar el mismo en condiciones óptimas el mayor tiempo posible.

Abstract: The problems associated with obtaining blueberry juice have caused the supply of this product on the market is scarce and of poor quality. Recent studies have shown that consumption of these fruits is beneficial to health and can prevent infectious diseases, including cancers or Alzheimer's. These benefits have made the demand for this product increases. Thus, in recent years there have been studies aimed at improving the process for obtaining a high quality cranberry juice. Above all, it has shown special interest in the study of the process of depectinisation. This operation is very important in this juice since blueberry fruit has a high content of pectins that prevent an effective extraction. In Spain, blueberry crop production is low, however, there are small producers who could implement the improvements obtained in research studies to obtain a cranberry juice of high sensory and functional quality. This work offers a proposal for production process and equipment required at pilot level plant for obtaining a high quality cranberry juice. Different treatments have been studied in order to keep it stored in good condition as long as possible.

Palabras clave: Zumo, arándano, instalación, despectinización, calidad.

Autor: Daniel Pomar Martínez.

Lugar y fecha: Valencia, 7 de julio de 2016.

Tutor: Noelia Betoret Valls.

Cotutora: Lucia Seguí Gil.

Índice

1. Introducción	5
1.1 El cultivo del arándano	5
1.2 Planta del arándano	5
1.3 Condiciones edafoclimáticas para el cultivo del arándano	6
1.4 Producción de arándanos	6
1.5 Aspectos nutricionales y efectos sobre la salud del consumidor	8
1.6 Situación de los arándanos en el comercio actual	9
1.7 Variedades de arándanos que posee el propietario de Santander	9
1.8 Bebidas refrescantes, zumos y néctares	10
1.9 Tratamientos térmicos que suelen aplicarse en la industria para la conservación de los zumos de frutas	11
1.10 Desarrollo de nuevas tecnologías en la industria de los zumos	12
1.11 Aplicación de nuevas tecnologías para la elaboración del zumo de arándano	13
2. Antecedentes	13
3. Objetivos	14
4. Plan de trabajo	14
5. Materiales y métodos	15
5.1 Materias primas	15
5.2 Metodología para la obtención del zumo de arándanos a nivel de laboratorio	15
5.3 Determinaciones físico-químicas	16
5.4 Determinaciones microbiológicas	18
5.5 Análisis de datos	18
5.6 Diseño y dimensionado del local	18
5.7 Elección de maquinaria	19
6. Resultados	19
6.1 Microbiología	19
6.2 Propiedades físico-químicas	21
6.3 Proyecto de registro de la empresa agroalimentaria	30
Objeto del proyecto	30
Legislación aplicable	30
Titular de la industria	31
Programa productivo	32
Instalaciones, maquinaria y otros bienes de equipo	36
Proceso industrial	38
7. Conclusión	40

8. Bibliografía	41
9. Anejos.....	44

1. Introducción

1.1 El cultivo del arándano

El arándano conocido científicamente como *Vaccinium sp.* es una especie frutal que pertenece al género *Vaccinium*, de la familia de las Ericáceas. Se cultivan en gran parte de América, en la zona central del continente europeo y en la conocida como Eurasia. También se pueden encontrar algunas especies de este cultivar en África y Madagascar.

En España, la especie con mayor presencia es *V. mirtyllus L.*, distribuida principalmente por la zona norte del país (Cornisa Cantábrica, Gredos, Guadarrama, y el pirineo catalán y aragonés).

Hay multitud de especies dentro del género *Vaccinium*, no obstante, un grupo muy reducido de estas, tienen importancia desde el punto de vista comercial. La especie *V. corimbosum L.*, representa alrededor de un 80 % de la superficie total cultivada. Otra de las especies es la *V. Ashei Reade*, que cuenta con un 15 % de la superficie cultivada. El resto de las especies que se cultivan son de mucha menor importancia, ya que no superan un 5 % de la superficie cultivada. Dentro de este último grupo destaca *V. angustifolium Aiton* y algunos híbridos de esta por *V. corymbosum* (García y García, 2011).

Las variedades de arándanos tienen la necesidad de ser sometidas a bajas temperaturas durante un periodo de tiempo variable, con la finalidad de romper la dormancia (época en la cual las plantas se encuentran en reposo). Esto, es lo que se conoce como necesidades de vernalización. Estas necesidades de horas de frío de la planta son el número de horas en las cuales la planta se encuentra por debajo de 7°C. Dichas necesidades vienen determinadas de forma genética.

El fruto del arándano posee una pulpa jugosa, considerablemente acidulada y con buen aroma, estas características pueden variar dependiendo de los cultivares de los que se trate. El fruto del arándano es utilizado tanto para su consumo como fruta fresca sin procesado alguno, como para transformación industrial, como elaboración de zumo, mermeladas, confituras, licores y salsas entre otras.

1.2 Planta del arándano

La planta de arándano es un arbusto erecto o rastrero, su altura varía según la especie de que se trate, oscilando entre 0.3 m en las variedades más bajas hasta 7 m en las más altas. Estos arbustos poseen hojas alternas, que pueden ser tanto caducas como perennes, y que tienen gran longevidad.

Morfología de la planta:

Raíz: el sistema radical de este cultivo es superficial, situándose el 80 % de las raíces en los primeros 40 cm del suelo, las raíces son finas y fibrosas y carecen de pelos absorbentes. La corona, situada entre las raíces y la parte aérea de la planta, tiene la capacidad de producir brotes. Es sensible al encharcamiento si se desarrolla en suelos poco ligeros.

Hojas: son simples, alternas, algo pediculadas y con forma elíptico-lanceoladas. Tienen unos 5 cm de longitud. Suelen ser hojas caducas, su color varía de verde pálido a un color mucho más intenso según el cultivar del cual se trate, son hojas ligeramente dentadas con nervios finos en su envés. Durante el otoño suelen adquirir un color rojizo.

Flores: son de tipo axilar o terminal, y se encuentran agrupadas en racimos de entre 6 a 10 flores en cada yema, sus sépalos son persistentes. La corola tiene forma acampanada, es de color blanca, en ocasiones con tonalidades rosas. Dicha corola está formada por 4 o 5 pétalos unidos entre sí, por de 8 a 10 estambres. El número de yemas que se pueden desarrollar en una rama es variable y está relacionado con el grosor la rama, el cultivar y la influencia de reguladores de crecimiento.

Fruto: denominado como falsa baya, posee una forma esférica con un diámetro de 1 a 3 cm. El peso de estos frutos puede oscilar entre 0.5 g, para los frutos de reducidas dimensiones, hasta 4.0 g para los frutos mayores. Estos frutos poseen varias semillas en su interior. El color de estos varía a medida que maduran, al finalizar la maduración adquieren un color azul. La epidermis de estos frutos está cubierta por secreciones cerosas (García y García, 2011).

1.3 Condiciones edafoclimáticas para el cultivo del arándano

El cultivo del arándano requiere de condiciones climáticas específicas. Para la inducción de sus yemas frutales de forma adecuada este cultivo requiere que las horas luz de un día no sean superiores a 12 horas, dándose así pues un fotoperiodo de día corto que debe prolongarse durante unas 5 a 6 semanas. Lo idóneo son 8 horas de luz en un día para que se desarrolle la inducción de las yemas frutales de manera adecuada. Para el desarrollo de la inducción floral la temperatura óptima se encuentra cerca de los 21°C. Evitar darle al cultivo fertilizaciones tardías ya que estas originan el crecimiento vegetativo a finales de temporada, y para que la inducción se pueda llevar a cabo se necesita que el brote detenga su crecimiento. Para el desarrollo vegetativo la temperatura debe estar comprendida entre 7°C como mínimo y 33°C como máximo, siendo la temperatura más favorable para su desarrollo una temperatura comprendida entre 16 y 25°C. El crecimiento vegetativo para su correcto desarrollo tanto de brotes como de hojas requiere de un fotoperiodo más largo, en torno a 16 horas de luz al día le será necesario (Espíndola, 2012).

Cantabria es un terreno adecuado para el cultivo de arándanos. Las condiciones climáticas que se dan en dicha zona con temperaturas suaves y precipitaciones abundantes, son buenas para su desarrollo. El arándano para su desarrollo prefiere suelos ligeros, (franco-arenosos o francos), bastante profundos superiores a 60 cm de profundidad, que estén bien drenados y tengan materia orgánica en abundancia. El pH ácido en el suelo es adecuado para el desarrollo de estos cultivos oscilando el óptimo entre 4 y 5 (Gutiérrez y col., 2011).

Los suelos con calcio no son suelos recomendables para este cultivo. Los terrenos sin restos de frutales o forestales y sin nada de herbicidas residuales de cultivos precedentes son los terrenos más adecuados para el desarrollo de este cultivo (García y García, 2011).

1.4 Producción de arándanos

En la última década la producción de arándanos a nivel mundial se ha visto incrementada de forma considerable, como se puede ver en la siguiente gráfica, en el año 2004 la producción de este cultivo era próxima a 265.000 toneladas llegando en el año 2013 dicha producción a 420.279 toneladas.

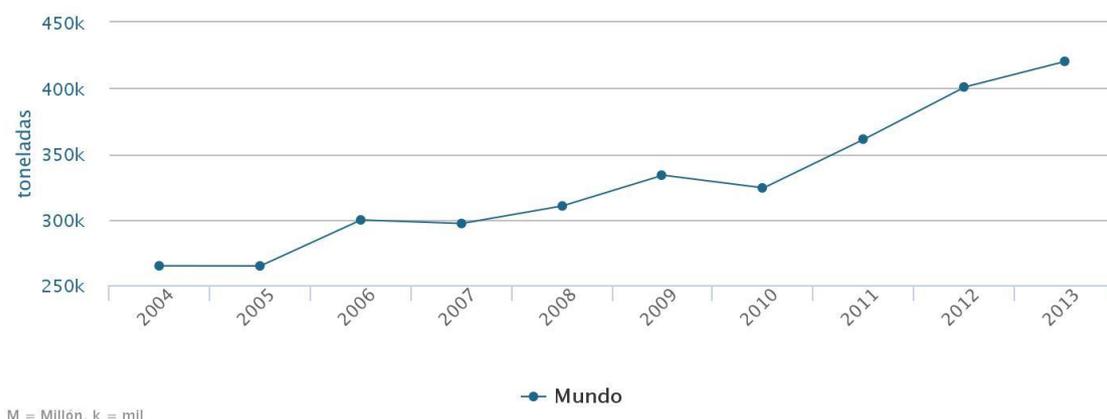


Figura 1. Producción mundial de arándanos. Fuente: FAOSTAT (2016).

En cuanto al rendimiento del cultivo del arándano, también ha aumentado de forma significativa en los últimos años, pasando de 40.882 hg/ha en 2004 a 47.685 hg/ha en 2013, lo que se debe a las mejoras continuas que al cultivo en cuestión se le están aplicando.

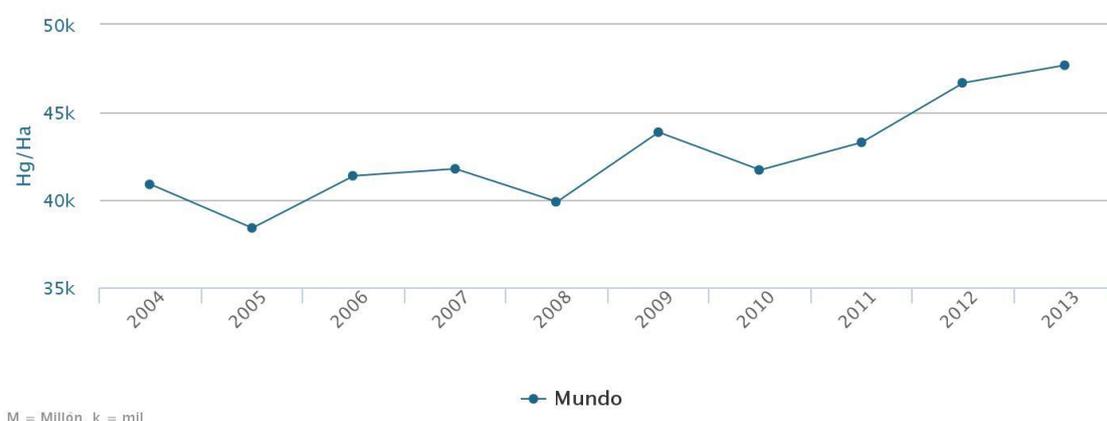


Figura 2. Rendimientos del cultivo del arándano. Fuente: FAOSTAT (2016)

Como se puede apreciar en el siguiente gráfico, América es el continente donde más arándanos se cultivan llegando hasta un 82,8% de la producción mundial. Europa es el segundo continente en cuanto a importancia en la producción de este cultivo llegando en este caso a un 16,3% de la producción total. El resto de continentes producen arándanos en mucha menor medida.

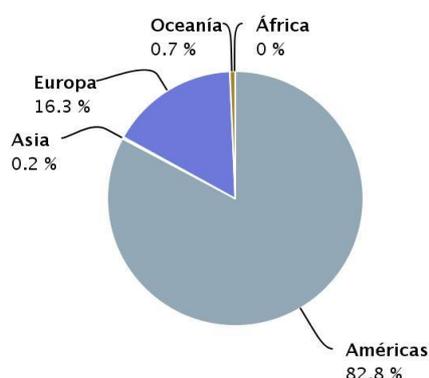


Figura 3. Producción de arándanos por continentes. Fuente: FAOSTAT (2016)

Los cinco principales países productores de arándanos a nivel mundial ordenados de acuerdo a su producción son: Estados Unidos, Canadá Francia, Polonia y Alemania (FAOSTAT, 2016).

Países como Chile y más recientemente Argentina y Uruguay son países muy importantes a considerar en la producción de este cultivo (García y García, 2011).

En los últimos años, en Europa, la producción de arándanos ha tenido distintas fluctuaciones, pero sin grandes cambios cuantitativos.

En España, la producción de este cultivo se ha visto incrementada de forma considerable durante los años 2010-2011, siendo en 2010 la producción de 1.700 toneladas y llegando incluso a triplicarse en el año 2011 con una producción media en este año de 5.000 toneladas. En años posteriores la producción no ha sufrido grandes cambios (FAOSTAT, 2016).

La producción de arándanos en el territorio español se establece entre los meses de marzo y septiembre (García y García, 2011).

En la actualidad, la provincia de Huelva es la zona con mayor producción de arándanos en España alcanzado más de 1.000 ha, siendo a su vez la zona más productora de Europa en lo que a cosecha temprana de primavera se refiere. La zona norte peninsular también destaca en la producción de este tipo de cultivo. Asturias con 100 ha, Galicia con 50 ha y Cantabria con 50 ha son las siguientes provincias con mayor producción de arándanos dentro de las fronteras españolas, dándose en este caso cosechas de verano-otoño (García y col., 2013).

Chile y Argentina son los 2 países más importantes en cuanto a exportación de arándanos frescos, ya que sus cosechas son coincidentes con la contra-estación del mercado consumidor. Los mejores rendimientos del cultivo del arándano se dan en Chile con una media de 10-12 t/ha pudiéndose llegar a 30 t/ha en algunos casos (Barbat, 2005).

Especificaciones y usos del arándano

De la producción total de arándanos un elevado porcentaje se destinan al comercio en fresco, (aproximadamente un 80% de la producción total). Alrededor de un 20% de la producción total de estos frutos son descartados porque no cumplen con alguno de los requisitos establecidos.

De los frutos que son descartados para comercializarlos como productos frescos, aproximadamente un 15% de la producción de arándanos se destinan a la industria para elaborar jugos, mermeladas o algún tipo de postre. El 5% restante de la producción está destinada a la repostería o para consumidores de carácter particular, en este caso los arándanos se llevan al comercio congelados. (Forbes y col., 2009)

1.5 Aspectos nutricionales y efectos sobre la salud del consumidor

El consumo de estos frutos se encuentra en constante aumento, debido a que se ha comprobado que son alimentos saludables. El arándano, tiene componentes beneficiosos para la salud de quien los consuma. Los arándanos poseen antocianinas, con propiedades antioxidantes que ayuda a prevenir enfermedades cardiovasculares. También poseen vitamina C, vitamina capaz de potenciar el sistema inmunológico del ser humano. Los taninos que poseen los arándanos son astringentes y tienen capacidad antiinflamatoria. Así mismo, estos frutos

tienen algunos ácidos (gálico, málico y quercetina) que poseen capacidad bacteriostática. Los glucósidos que los arándanos poseen mejoran la agudeza visual. Estudios recientes han llegado a la conclusión que el consumo de arándanos puede ayudar a prevenir diferentes tipos de cánceres (Gutiérrez y col., 2011).

Los arándanos tienen un alto contenido en fibra lo que hace que su consumo de forma habitual pueda resultar beneficioso para poder tratar el estreñimiento y la atonía intestinal. Estos frutos son una buena fuente para adquirir potasio, hierro y calcio que son muy importantes para la salud del ser humano. Asimismo, tienen un bajo contenido calórico, debido al escaso aporte de hidratos de carbono que poseen. Desde el punto de vista farmacológico, los arándanos son utilizados como un potente diurético. El extracto seco tanto del fruto como de las hojas de este cultivo se utiliza para luchar contra la diarrea, así como para bajar los niveles de azúcar en sangre, sirviendo pues como parte del tratamiento de la diabetes. Estudios recientes han encontrado un compuesto químico que está presente en los arándanos que ayuda a reducir los niveles de unas sustancias que se encuentran ligadas a la enfermedad del Alzheimer (García y García, 2011).

1.6 Situación de los arándanos en el comercio actual

Para la elección de la variedad que se va a cultivar hay que atender a una serie de consideraciones, como son las horas frío en la zona donde se vaya a desarrollar el cultivo y la época en la cual estos frutos van a realizar su maduración, pues de ambas cosas dependerá en gran medida que el cultivo se desarrolle de forma adecuada. Así pues, es conveniente elegir las variedades más productivas posible, así como que estén adaptadas a la zona donde van a desarrollar su cultivo.

A partir de los estudios que se realizaron por parte del SERIDA durante los últimos 20 años se ha podido concluir que en Asturias las variedades más recomendables son las que a continuación se enumeran (García, 2011):

- Tempranas (junio): Duke y Legacy
- Media estación (Julio-agosto): Bluecrop, Chandler, Brigitta, Ozarkblue y Liberty
- Tardías (agosto-septiembre): Elliot y Aurora
- Muy tardías (septiembre-octubre): Powderblue, Centurión, Ochlockonee

1.7 Variedades de arándanos que posee el propietario de Santander

Las variedades de arándanos que posee el propietario de la finca de este cultivo en la provincia de Santander son las siguientes:

1. **Duke:** es una variedad precoz, una planta vigorosa y con floración tardía. Los frutos tienen un tamaño adecuado, color claro y de larga conservación. La producción se concentra en 2 o 3 semanas siendo esta importante en cuanto a cantidad. El arbusto tiene porte erguido y las bayas son bastantes sólidas lo que hace que esta variedad este bien adaptada a la cosecha mecánica (PEPINIERES MULTIBAIES, 2016). Esta variedad se usa tanto para comercializar los arándanos frescos, como procesados. Tienen una excelente calidad y una productividad bastante alta que hace que sea de las variedades tempranas más aceptadas tanto por parte de los productores, como por el mercado en general. (PLANASA, 2016)

2. **Bluecrop:** actualmente, es la variedad más cultivada del mundo. Se trata de un arbusto de porte erguido y bastante vigoroso. Los frutos son de tamaño medio-grande y poseen algo de pruina. Tienen buen sabor y una productividad bastante buena, estos frutos maduran en 5-6 semanas de forma aproximada. Esta variedad tiene un adecuado estándar de producción (PEPINIERES MULTIBAIES, 2016). Se destina tanto a la producción en fresco como al procesado (PLANASA, 2016).
3. **Brigitta:** esta variedad posee un porte erguido bastante vigoroso. Procede de un cruce entre dos tipos de la variedad Lateblue. Asimismo, esta es la que mejor se encuentra adaptada a la conservación bajo atmósfera controlada. Para su correcto desarrollo no debe recibir demasiada fertilización, así se podrá contener el vigor y darle mayor resistencia del tronco al frío. Es conveniente cultivar esta variedad junto a otras variedades para conseguir una polinización cruzada entre estas (PEPINIERES MULTIBAIES, 2016).
4. **Elliot:** se desarrolla en un arbusto erguido con buen vigor y resistente al frío. Su follaje es de color azul. Es una variedad con buena producción. Las bayas son de color azul claro, tienen pruina, son firmes y de un tamaño adecuado. El sabor puede ser ácido, para evitar esto se tendrán que cortar cuando estén maduros. La cosecha se puede mecanizar puesto que la maduración se da de forma agrupada (PEPINIERES MULTIBAIES, 2016). Es considerada como la variedad tardía líder dentro del mercado para fresco a nivel mundial. Igual que en las variedades anteriores, los frutos se emplean tanto para el comercio en fresco como para el procesado. Hay que podar la planta evitando que se sobrecargue de frutos para un adecuado desarrollo de la misma (PLANASA, 2016).
5. **Lateblue:** esta variedad no se encuentra inscrita en el registro español de variedades. Se desarrolla sobre un arbusto vigoroso el cual posee un crecimiento erecto y abierto. El fruto es una baya esférica con un tamaño medio-grande y de color azul claro. Estos poseen un buen sabor. En esta variedad la floración es tardía, así pues, se recomienda cultivar esta planta en zonas donde se den heladas primaverales tardías. La producción de esta variedad es moderada. (MAGRAMA, 2016)

Las variedades anteriormente explicadas pertenecen a la especie Northern Highbush, son las variedades más plantadas en el mundo. Necesitan para desarrollarse adecuadamente de climas templados y en invierno acumular unas 1000 horas de frío. Son cultivadas en la zona norte de España, destacando las provincias de Asturias y Cantabria como principales zonas productoras de este tipo de variedades, también se cultivan estas en la zona centro y norte de Europa. Este tipo de variedad tienen la capacidad de autofertilizarse. (PLANASA, 2016).

1.8 Bebidas refrescantes, zumos y néctares.

El término bebida refrescante de fruta hace referencia a cualquier bebida con un contenido de fruta muy variable, pues la legislación vigente no tiene fijada una cantidad mínima de fruta para que estas bebidas puedan ser consideradas como tal. Se permite la utilización en este tipo de bebidas de colorantes, conservantes y algún otro aditivo. Así pues, los zumos sí que son 100% fruta mientras que los néctares poseen un contenido mínimo de fruta, fijado por la legislación y que no suele ser inferior a un 50%. Tanto en el caso de los zumos como en el de los

néctares está permitido el empleo de colorantes y conservantes, entre otros aditivos, para su elaboración.

A continuación, se exponen las definiciones para zumos y néctares que la legislación vigente recoge y que por lo tanto deben cumplir todos los productos que quieran ser comercializados como tal dentro de España.

- Zumo de frutas: producto susceptible de fermentación, pero no fermentado, que se obtiene a partir de las partes comestibles de frutas sanas y maduras, frescas o conservadas por refrigeración o congelación, pudiéndose tratar de una o varias especies mezcladas entre sí, que posea el color, el aroma y el sabor característico del zumo de la fruta de la cual procede. No está permitida la adición de azúcar.
- Zumo de frutas a partir de concentrado: producto obtenido al reconstituir con agua potable zumo de frutas concentrado. Durante el procesado de la fruta, una vez que ya ha sido obtenido el zumo se somete a un proceso de evaporación con el fin de eliminar una parte del agua que posea obteniéndose de esta manera un zumo concentrado. Una vez se tiene el zumo concentrado se le añade agua al mismo para conseguir reconstituirlo antes de proceder a su envasado. No está permitida la adición de azúcar.
- Néctar: producto susceptible de fermentación, pero no fermentado, el cual se obtiene por adición de agua, en este caso se puede añadir además azúcar y/o edulcorantes y/o miel. El néctar es un producto que tiene menos frutas que los zumos anteriormente definidos, este contenido mínimo dependerá del tipo de fruta que se trate. En el caso del néctar de arándano la legislación establece un contenido mínimo de zumo del 40%.

Aspectos saludables de los zumos

Las frutas y las hortalizas, a partir de las cuales se obtienen los zumos, son alimentos de vital importancia para llevar una dieta saludable. Un consumo diario adecuado de estas puede contribuir de manera notable a la prevención de enfermedades cardiovasculares e incluso de algunos cánceres. (Chico, 2015). Los zumos también pueden prevenir otras alteraciones, como en el caso del zumo de arándano que ayuda a la prevención de las infecciones del tracto unitario.

Tanto los zumos como los néctares de frutas poseen una gran variedad de compuestos que son denominados como bioactivos con un gran carácter antioxidante, como puede ser el beta caroteno (pro-vitamina A), vitaminas C y E y algunos compuestos fenólicos. Según algunos estudios se puede decir que los zumos de algunas frutas y hortalizas tienen un papel importante en la enfermedad del Alzheimer, retrasando la aparición de esta (Chico, 2015).

El efecto del procesado afecta sobre la calidad nutricional y funcional de los zumos, no obstante, en algunos casos diferentes operaciones se pueden combinar y aplicar en condiciones moderadas de forma que se reduzca el impacto sobre la calidad final del zumo e incluso en algunos casos puede llegar a mejorarse.

1.9 Tratamientos térmicos que suelen aplicarse en la industria para la conservación de los zumos de frutas.

Pasteurización:

Tratamiento térmico a temperaturas, nunca superiores a 100°C, y de intensidad baja. Los objetivos principales de la pasteurización son los siguientes:

- El principal objetivo es la inactivación de las enzimas presentes en el zumo, evitándose de esta manera reacciones de pardeamiento y alguna otra reacción que pueda ocasionar el deterioro químico del zumo.
- Eliminación de la flora patógena que se encuentre en el alimento tratado, así como reducción de la flora banal. Con esta técnica se consigue una corta conservación de los zumos durante un tiempo corto, pero con unas características organolépticas muy similares a la del alimento fresco.

Esterilización:

Tratamiento térmico que normalmente se emplea en alimentos poco ácidos, en los cuales se pueden desarrollar distintos microorganismos y bacterias esporuladas.

Mediante esta técnica se pretende eliminar cualquier microorganismo y conseguir que el producto tratado se mantenga durante un tiempo largo (varios meses e incluso años) y a temperatura ambiente en condiciones óptimas para ser consumido. Para conseguir los objetivos indicados, esta técnica se debe aplicar a temperaturas muy elevadas (por encima de los 100°C). Al realizar el tratamiento en las condiciones anteriormente indicadas de elevada temperatura e intensidad las características organolépticas del alimento se verán mermadas. Este tratamiento de esterilización se puede aplicar a los productos antes o después de ser envasados según los fines que se pretendan conseguir (Casp y Abril, 1999).

En la destrucción de los microorganismos mediante el empleo de tratamientos térmicos influyen una serie de factores como son la temperatura, los gérmenes que en el alimento se hallen inicialmente, la resistencia que tenga el alimento a tratar, el desarrollo previo al tratamiento en cuestión y las características que se den en el medio donde se encuentra el alimento que va a ser tratado (Aleixandre, 1997).

1.10 Desarrollo de nuevas tecnologías en la industria de los zumos

Actualmente, la demanda a nivel mundial es de productos lo más naturales posibles, teniendo estos, tanto características organolépticas como nutritivas similares a los productos frescos de los cuales proceden. Para conseguir esto, los productos elaborados no deben de sufrir una extrema transformación, así mismo, tendrán que ser seguros para el consumidor y tener una vida útil lo más larga posible para poder ser consumidos sin riesgo alguno en un tiempo determinado. Con esta tendencia, han surgido nuevas tecnologías de conservación no térmica de los alimentos. Una de estas nuevas tecnologías es la aplicación de altas presiones de homogeneización.

La técnica de homogeneización obliga a hacer pasar el líquido por orificios considerablemente pequeños de una válvula que se ajusta en función de la presión a aplicar. De esta forma se consigue un aumento de la velocidad a la cual circula el fluido y una pérdida de presión cuando dicho fluido pasa a través de la válvula provocándose así la cavitación, rozaduras y turbulencias, que provocarán que las partículas suspendidas en el fluido disminuyan su tamaño pudiéndose llegar hasta valores de 0,4 a 1 micrón según la presión que se haya aplicado (Guerzoni y col., 1999; Vachon y col., 2002; Thiebaud y col., 2003; Hayes y col., 2005). Por otro lado, es capaz de mejorar la calidad microbiológica de los zumos, puesto que las altas presiones empleadas en esta técnica provocan en las paredes celulares de los distintos microorganismos cambios, destruyendo o inactivando dichos microorganismos (Meyer y col., 2000). Así, es posible conseguir la esterilización de los zumos tratados con esta técnica a temperatura ambiente

siendo una buena alternativa para la pasteurización, de esta forma es posible evitar cambios indeseables a causa del calor y mantener el contenido de vitaminas de los zumos tratados. (Patras y col., 2009). Además, cabe destacar que esta técnica es capaz de conservar y mejorar las características tanto físico-químicas como sensoriales puesto que no provoca cambio alguno en el aroma, sabor o color en el zumo que se está tratando (Dede y col., 2007).

Estudios recientes elaborados por Tárrega (2008) y Betoret y col., (2009) ponen de manifiesto como la presión empleada en la homogeneización afecta al tamaño de las partículas suspendidas en el zumo, favoreciendo la conservación del color, turbidez y el contenido de flavonoides. Castagnini (2014) puso de manifiesto que la homogeneización era una técnica adecuada para la mejora de la calidad del zumo de arándanos.

1.11 Aplicación de nuevas tecnologías para la elaboración del zumo de arándano

En la obtención del zumo de arándanos uno de los problemas más importantes es la gelificación que durante la etapa de triturado se produce debido a la alta concentración de pectinas que estos frutos contienen (0.4-0.7g pectina/100g fruta) (Proctor y Peng, 1989; Marlett y Cheung, 1997), y al pH bajo que los frutos poseen. Esta gelificación impide que las etapas posteriores de filtración, pasteurización y concentración se lleven a cabo de forma eficaz.

La despectinización es la técnica mediante la cual se puede evitar la gelificación del triturado, reducir la viscosidad y la turbidez y aumentar el rendimiento en zumo (Kashyap y col., 2001; Brownmiller y col., 2008; Lee y col., 2002; Skrede y col., 2000; Landbo y col., 2007; Vaillant y col., 1999), (Höhn, 1996; Landbo y Meyer, 2004) pudiéndose procesar de forma eficiente los zumos de este tipo. Esta despectinización se lleva a cabo mediante la utilización de enzimas pectinolíticas procedentes de hongos y que están disponibles a nivel comercial. No obstante, cabe destacar que con la utilización de esta técnica se producen pérdidas considerables en lo que al contenido de antocianinas se refiere, ya que, en el caso del arándano, la mayor parte de ellas se encuentran formando parte de la fracción sólida del fruto (Lee y col., 2002; Rossi y col., 2003; Srivastava y col., 2007).

Según Kalt (2005), Skrede y col., (2000) pudieron determinar pérdidas de antocianinas de hasta un 68% en el proceso de elaboración del zumo de arándanos a causa de la utilización de las enzimas mencionadas.

2. Antecedentes

La idea de la realización de este Trabajo Fin de Grado parte en el momento en que un pequeño productor de arándanos de Santander (España) se pone en contacto con el grupo de Alimentos Funcionales del Instituto Universitario de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo de la Universidad Politécnica de Valencia.

Se trata del propietario de una finca destinada al cultivo de arándanos de aproximadamente media hectárea de superficie en la provincia de Santander. Cultiva 5 variedades distintas de arándanos para poder realizar la cosecha de estos frutos durante un periodo más largo.

Actualmente, vende la totalidad de su cosecha a una cooperativa local que le paga lo acordado por ello. Debido a que no está satisfecho con lo que obtiene por su cosecha, se plantea la posibilidad de destinar una parte de ella o incluso su totalidad a la elaboración de un zumo de arándanos de elevada calidad que pueda vender directamente en el mercado local. Con estos

antecedentes, el presente trabajo final de grado tiene como objetivo la obtención del zumo de arándanos de alta calidad y el diseño y dimensionado de una planta piloto que el pequeño productor de Santander pueda utilizar para la fabricación del zumo.

3. Objetivos

En la elaboración del presente Trabajo Fin de Grado se plantean distintos objetivos que a continuación se exponen:

- Elaborar zumo de arándanos de alta calidad estudiando diferentes alternativas para la etapa de conservación por tratamiento térmico. Se estudiarán 4 posibilidades distintas: sin tratamiento alguno, pasteurización, homogeneización y pasteurización y esterilización.
- Realizar una propuesta de diseño de una planta piloto dónde elaborar el zumo de arándanos.

4. Plan de trabajo

- Búsqueda bibliográfica
- Adquisición de la materia prima: se adquirirán arándanos congelados (2 sacos de 20 kg cada uno), así como la enzima necesaria para poder extraer el zumo de estos frutos.
- Extracción del zumo: Se ensayará un procedimiento de obtención de zumo correctamente despectinizado a escala de laboratorio. Se estudiará el efecto de cuatro tratamientos de conservación distintos sobre las propiedades físico-químicas y microbiológicas del zumo recién obtenido y del zumo almacenado durante 14 o 30 días, dependiendo del tratamiento. Los tratamientos que se considerarán son: sin tratamiento alguno, pasteurización, pasteurización más homogeneización y esterilización. Además, se estudiará el efecto de la temperatura de almacenamiento del zumo final. Se considerará el almacenamiento a temperatura ambiente y en refrigeración a 4°C.
- Determinaciones físico-químicas y microbiológicas: se realizarán las siguientes determinaciones:
 - Grados Brix
 - pH
 - Antioxidantes
 - Pulpa y turbidez
 - Color
 - Reología
 - Microbiología: (recuento de aerobios, mohos y levaduras)
- Diseño de la planta piloto: cálculos preliminares y elección de maquinaria: se realizará un diseño y dimensionado a nivel de planta piloto del local donde se pretende llevar a cabo la elaboración del zumo. Así como La elección de la maquinaria más adecuada.

5. Materiales y métodos

A continuación, se explica de forma detallada los materiales utilizados, así como los métodos seguidos para realizar los objetivos que se han planteado en la elaboración de este trabajo.

5.1 Materias primas

Para la elaboración del zumo de arándanos fueron utilizadas las siguientes materias primas que a continuación se exponen:

- Arándanos congelados. Fueron adquiridos a la empresa Importaciones Samanes, S.L. Se compraron una totalidad de 40 kg de arándanos congelados en 2 sacos de 20 kg cada uno. Una vez adquiridos, los arándanos se conservaron en congelación.
- Para poder llevar a cabo de forma óptima la etapa de despectinización en la elaboración del zumo se adquirió el pack enzimático Viscozyme L. Esta enzima fue comprada en formato líquido. La utilización de este pack enzimático en particular se basa en que en investigaciones anteriores se pudo comprobar que esta enzima en cuestión es la más eficaz para realizar la despectinización del zumo. Es un complejo multi-enzimático procedente de cepas seleccionadas de *Aspergillus aculeatus*, posee alta actividad pectinolítica. Dicha enzima actúa de forma óptima a 50°C de temperatura durante un periodo de tiempo de 150 minutos.
- Medios para llevar a cabo el recuento de aerobios, mohos y levaduras en el análisis de microbiología. Plate count agar para el caso de los aerobios, mientras que Sabouraud chloramphenicol agar para el caso de mohos y levaduras.
- Distintos materiales y utensilios necesarios para poder realizar las experiencias de laboratorio.

5.2 Metodología para la obtención del zumo de arándanos a nivel de laboratorio.

Tras el pesado y descongelación de los arándanos en condiciones adecuadas, se procedió a la trituración de los mismos mediante la utilización de una termomix Vorwerk durante 10-15 segundos en el modo 7, que corresponde aproximadamente a 5.650 revoluciones por minuto. Del triturado de los arándanos se obtuvo una pasta que fue sometida a la etapa de despectinización y posteriormente a un tamizado que permitió obtener el zumo clarificado y separar el bagazo.

La etapa de despectinización se llevó a cabo en un baño de agua caliente donde la mezcla formada por la pasta de arándano y el pack enzimático se mantuvieron a una temperatura de 50°C durante 150 minutos, para asegurar una correcta despectinización. Se utilizó el pack enzimático comercial en una cantidad de 1 mL por cada litro de zumo. Durante todo el proceso se mantuvo una agitación mecánica constante de la mezcla triturado de arándanos-enzima.

Finalizado el proceso de despectinización, el zumo fue tamizado haciéndolo pasar por un tamiz de 0.5 mm de paso. En esta etapa se consigue separar el zumo del bagazo, así como de otras sustancias e impurezas indeseables para obtener un zumo de calidad óptima para ser consumido en perfectas condiciones. El extracto sólido extraído en esta etapa es pesado para poder evaluar con mayor precisión el rendimiento en zumo que se consigue en las experiencias de laboratorio.

El zumo clarificado obtenido tras las etapas de trituración, despectinización y tamizado se dividió en cuatro fracciones y cada una de ellas se sometió a un tratamiento de conservación distinto.

Sin tratamiento: no se le aplicó tratamiento alguno al zumo extraído, fue directamente almacenado.

Pasteurización: el tratamiento de pasteurización consistió en aplicar 70°C durante 3 minutos.

Homogeneización más pasteurización: la operación de homogeneización consistió en someter el zumo a una presión de 150 MPa en un homogeneizador GEA Niro Soavi. Seguidamente el zumo homogeneizado fue sometido a un tratamiento de pasteurización en las mismas condiciones de tiempo y temperatura que en el caso anterior.

Esterilización: el tratamiento de esterilización se llevó a cabo en una autoclave Systec, durante 15 minutos a una temperatura de 120°C.

Tras el tratamiento térmico de conservación los zumos fueron envasados en tarros de cristal estériles de 200 ml de capacidad y almacenados en condiciones de oscuridad a dos temperaturas: temperatura ambiente (unos 20°C) y a 4°C (en un frigorífico convencional). El zumo recién extraído fue caracterizado físico-químicamente. En las muestras almacenadas se realizaron las mismas determinaciones físico-químicas y un análisis microbiológico (aerobios, hongos y levaduras) cada dos días hasta llegar a los 14 días. Sin embargo, en el caso del zumo esterilizado las determinaciones se repitieron hasta llegar al mes de almacenamiento, puesto que en este caso al haber sido sometido a un tratamiento térmico mucho más severo se prevé que el zumo se mantendrá en condiciones óptimas durante un tiempo más prolongado. Las mediciones de las distintas muestras del zumo esterilizado se llevaron a cabo en los días 2-5-7-14-30 desde que se extrajo y trató el zumo.

5.3 Determinaciones físico-químicas

Todas las determinaciones fueron realizadas por duplicado, incluso en algunos casos por triplicado para asegurar una mayor fiabilidad de los datos recogidos.

- Grados Brix

Se llevó a cabo la determinación de sólidos solubles en el zumo mediante la medida de los grados Brix en un refractómetro digital ABBE ATAGO, 3-T, a una temperatura lo más próxima posible a 20°C (temperatura controlada por un baño de agua). Para ello se pone una gota del zumo a analizar en el refractómetro y se lee en este la medida de grados Brix que posee.

- pH

Se midió el pH de las distintas muestras de zumo con un conductímetro digital Mettler Toledo – Seven Easy S30. Para tomar las medidas de la manera más precisa posible, dicho conductímetro fue calibrado de forma previa con las soluciones tampón de pH 4 y 7 destinadas a tal fin.

- Actividad antioxidante

El método utilizado para medir la actividad antioxidante de las muestras fue el basado en el radical DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl), que tiene la capacidad de secuestrar componentes antioxidantes presentes en la muestra, lo que produce un cambio en la coloración

de la disolución (Brand-Williams y col 1995). Al principio, la disolución de DPPH al 10% (w/v) en metanol es de color morado, y conforme el radical DPPH se va reduciendo por reacción con los antioxidantes presentes en la muestra se vuelve de color amarillo. Según esto, una menor absorbancia en la mezcla de la reacción indica un mayor poder antioxidante de la muestra empleada.

Para proceder al ensayo, primero se preparó una disolución 100 µM del reactivo DPPH en metanol. A continuación, en cada cubeta del espectrofotómetro se añadieron 2 mL de la disolución de DPPH en metanol, 100 µL de muestra y 900 µL de metanol. Como referencia se utilizó un blanco, en el que el volumen destinado a la muestra fue de agua bidestilada. Seguidamente, se midió la absorbancia a 517 nm, cada 30 minutos durante un periodo de tiempo de 90 minutos. Los resultados se expresaron en porcentaje de inhibición, calculado a partir de la siguiente ecuación:

$$\%Inhibición = \left(\frac{Abs_{dpph} - Abs_{muestra}}{Abs_{dpph}} \right) 100$$

Siendo:

Abs_{dpph} = absorbancia medida de la disolución de dpph.

$Abs_{muestra}$ = absorbancia medida de la disolución con la muestra.

- Pulpa suspendida y turbidez:

Para realizar las mediciones de pulpa suspendida y turbidez, 10 mL de cada una de las muestras de zumo se centrifugaron a 5000 rpm durante 10 minutos y a 27°C de temperatura. Se utilizó una centrifuga Medifriger BL-S. Una vez las muestras han sido centrifugadas se procede a determinar la turbidez de las mismas midiendo la absorbancia a 650 nm del sobrenadante. Las determinaciones se realizaron en un espectrofotómetro Helios Zeta UV-VIS, Thermo Scientific. La pulpa suspendida presente en el zumo se determinó a partir del peso del centrifugado.

- Color

La determinación del color se llevó a cabo mediante la utilización de un espectrocolorímetro MINOLTA CM-3600d. Las coordenadas de color CIE L*a*b* fueron obtenidas realizando las medidas con un sistema de referencia en el cual el iluminante escogido es D65 y el observador a 10°. Para ello se realizó una calibración previa del equipo tanto sobre fondo negro como sobre fondo blanco. Así pues, las coordenadas de color obtenidas por el equipo son las siguientes:

- L: este parámetro indica la luminosidad del color. Toma valores comprendidos entre 0 y 100 en el eje Z
- A: coordenada cromática que indica la posición que ocupa entre el rojo (+) y verde (-) en este caso en el eje de abscisas X.
- B: coordenada cromática que indica la posición que ocupa entre el amarillo (+) y el color azul (-) en el eje de coordenadas Y.

Se tomaron las medidas de las muestras en unas cubetas de plástico de 25 mL con 2 cm de espesor. La medida que se tomó fue la que excluye el brillo de la cubeta: SCE100. En el programa informático destinado para elegir los parámetros con los cuales debe trabajar el

equipo se escogió el estado de reflectancia. La lente con la cual fueron realizadas todas las medidas fue la de tamaño grande. Puesto que lo que se pretende es estudiar la variación del color a lo largo del tiempo respecto de un estándar se calcula la diferencia de color entre las tres coordenadas anteriormente expuestas mediante la siguiente fórmula:

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{(1/2)}$$

Siendo:

ΔE^* : diferencia total de color

ΔL^* : diferencia entre luz y oscuridad

Δa^* : diferencia entre rojo y verde

Δb^* : diferencia entre amarillo y azul

- Propiedades reológicas:

Las propiedades reológicas de las distintas muestras fueron determinadas mediante un reómetro HAKKE RheoStress 1. Estas muestras fueron sometidas a un gradiente de velocidad creciente entre 400 s^{-1} a 1500 s^{-1} utilizando un cilindro concéntrico, del tipo cono-plato mediante un sensor Z34 DIN Ti trabajando en todo momento a una temperatura lo más próxima posible a los 50°C (esta temperatura es controlada mediante un baño de agua caliente). Se realizaron 20 medidas cada 60 segundos.

5.4 Determinaciones microbiológicas

Se realizó un recuento de aerobios, así como de mohos y levaduras que pudieran crecer en los zumos sometidos a los diferentes tratamientos. Se prepararon 2 medios, por un lado 17.5g de Plate count agar y 1L de agua (para recuento de aerobios), y por otro lado 65,5g de Sabouraud Chloramphenicol agar y 1L de agua (para recuento de mohos y levaduras). Por otra parte, se preparó una disolución de peptona al 2 %. Los medios y la disolución de peptona se esterilizaron en una autoclave Systec, durante 15 minutos a una temperatura de 120°C . Se prepararon diluciones comprendidas entre 10^{-1} y 10^{-3} del zumo en agua de peptona y se procedió a la siembra en placas con el medio adecuado. A continuación, las placas se incubaron en una estufa a 30°C , durante un tiempo de 48 horas para el caso de los aerobios y 72 horas para el caso de mohos y levaduras. La siembra de las distintas placas se lleva a cabo en una cabina TELSTAR-biostar. En dicha cabina todas las manipulaciones se llevan a cabo sin contaminación alguna, totalmente libre de microorganismos.

5.5 Análisis de datos

Todos los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente con el programa estadístico Statgraphics Centurion XVI. Se realizó un análisis múltiple de la varianza (ANOVA) con la finalidad de poder ver si las diferencias en las medidas entre las distintas muestras son significativas dentro de un rango de confianza establecido.

5.6 Diseño y dimensionado del local

Con los resultados ya procesados y teniendo claro el tratamiento a aplicar al zumo estudiado, se llevó a cabo una propuesta de diseño y dimensionado a nivel de planta piloto del local que se pretende utilizar para la elaboración del zumo en cuestión. Para tal fin se utilizó el programa de diseño AutoCAD, realizándose un esquema de distribución en planta de la maquinaria en el local.

5.7 Elección de maquinaria

Por último, se realizó la elección de la maquinaria necesaria para la elaboración del zumo. Se buscó la solución más económica y eficiente posible dentro de las posibilidades planteadas.

6. Resultados

6.1 Microbiología

En las siguientes gráficas se puede ver el desarrollo tanto de aerobios, como de mohos y levaduras a lo largo del tiempo. Se puede comparar en ellas como afecta el tratamiento aplicado al zumo, y la temperatura de conservación del mismo.

La normativa vigente establece unos límites en cantidad de microorganismos que todo producto alimenticio que se quiera comercializar como tal no puede sobrepasar. Para el caso de los zumos este límite se encuentra en 10.000 ufc/mL para los aerobios, y en 1.000 ufc/mL para mohos y levaduras. (BOE, 2016)

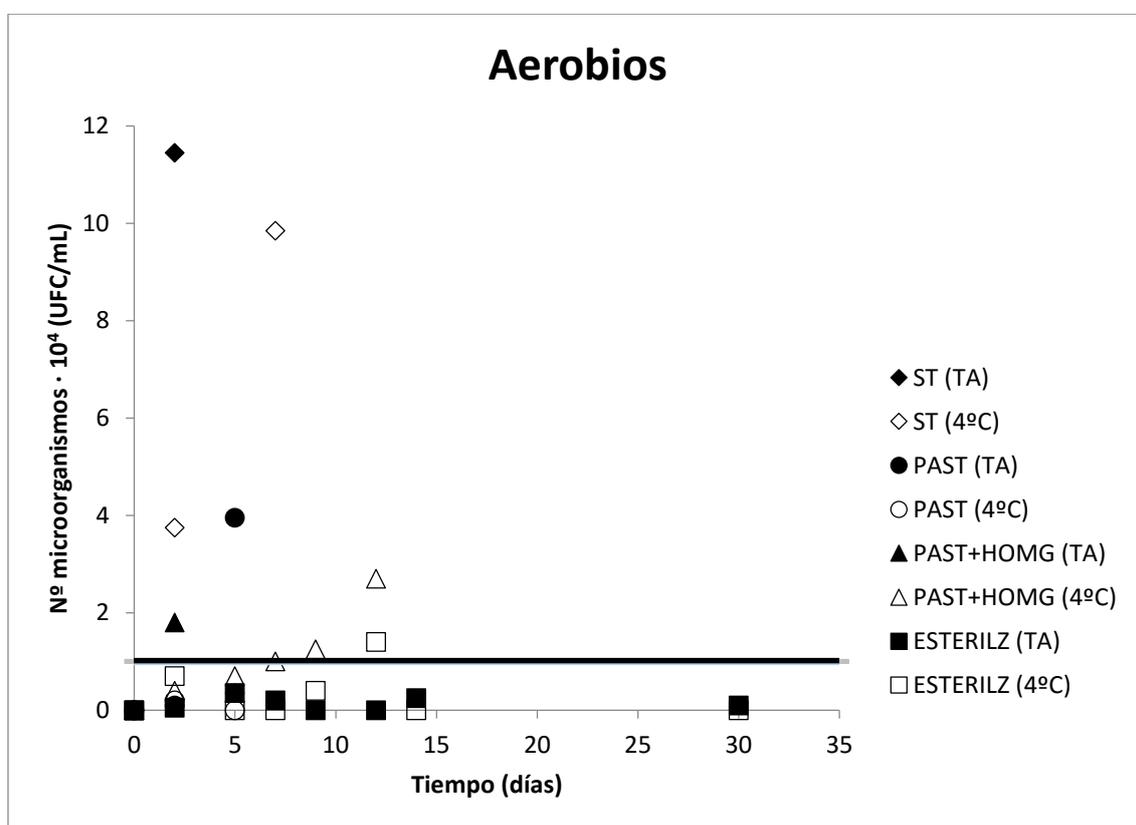


Figura 4. Desarrollo de microorganismos aerobios. (Donde ST: Zumo sin tratamiento; Past: Zumo pasteurizado; Homg: Zumo homogeneizado; Esteriliz: Zumo esterilizado; TA: Temperatura ambiente).

En el caso del zumo sin tratamiento alguno se puede ver cómo, tanto a temperatura ambiente como a temperatura de conservación de 4°C, a los dos días de haber sido obtenido, el zumo posee una cantidad excesiva de aerobios. Esto era de esperar, puesto que, al no ser sometido el zumo a ningún tratamiento, los microorganismos se desarrollan con facilidad. Al sobrepasar los límites establecidos por la norma este zumo sin tratamiento no podrá ser comercializado.

En el caso del zumo pasteurizado se puede observar cómo la temperatura de almacenamiento resulta determinante. A los 5 días de haber sido obtenido el zumo conservado a temperatura ambiente sobrepasa las 10000 ufc/mL mientras que, el zumo conservado a 4°C se encuentra dentro de los límites en lo que a estos microorganismos aerobios se refiere, sobrepasando el límite al llegar al día 7. Así pues, el zumo tratado como pasteurizado y conservado a temperatura de 4°C podría ser comercializado en un máximo de 5 días desde su elaboración.

La combinación de la operación de homogeneización junto con la de pasteurización provoca un incremento de la población de aerobios cuando el zumo se almacena a temperatura ambiente. Si bien cabía esperar que la aplicación de una alta presión de homogeneización disminuyera el crecimiento microbiano por el estrés que supone sobre las células presentes, la imposibilidad de utilizar el equipo en condiciones totalmente asépticos posiblemente sea la causa de una mayor contaminación del zumo. En cambio, se puede ver como el zumo con este mismo tratamiento al ser conservado a una temperatura de 4°C se mantiene dentro de los límites para aerobios durante 7 días desde su elaboración.

Por último, y tal y como era de esperar se puede apreciar como en el zumo que ha sido sometido a un tratamiento térmico más severo de esterilización, se desarrollan una cantidad considerablemente menor de estos microorganismos aerobios. Tanto el zumo conservado a temperatura ambiente como el que es conservado a 4°C podrá ser comercializado cumpliendo la normativa vigente en un mes desde su elaboración, pues en este caso al llegar a los 30 días desde la elaboración del zumo este se encuentra con un número de microorganismos aerobios dentro de los límites que establece la norma.

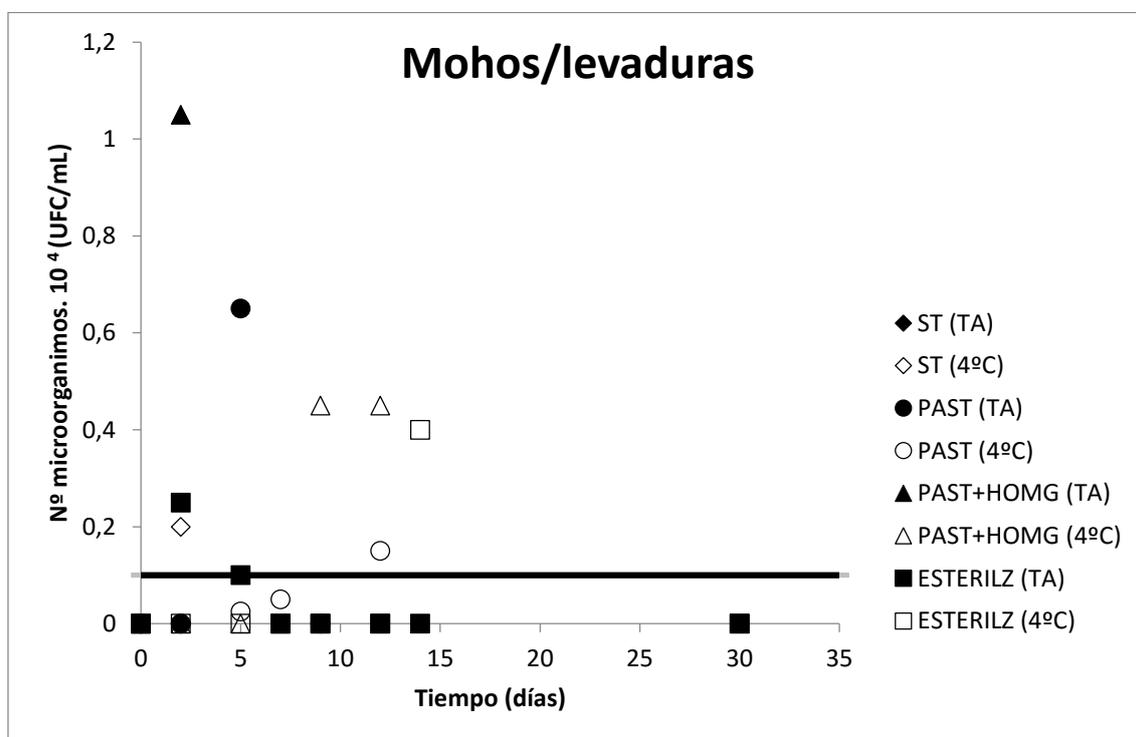


Figura 5. Desarrollo de mohos y levaduras. (Donde ST: Zumo sin tratamiento; Past: Zumo pasteurizado; Homg: Zumo homogeneizado; Esterilz: Zumo esterilizado; TA: Temperatura ambiente).

Si se tiene en cuenta la población de mohos y levaduras la aplicación de la operación de pasteurización proporciona un resultado adecuado únicamente cuando el zumo ha sido conservado a 4°C, manteniéndose en este caso dentro de los límites establecidos durante un periodo de 14 días.

De nuevo, y de la misma forma que ocurría para el caso de los microorganismos aerobios, la combinación de la pasteurización con la operación de homogenización no supone una mejora en la calidad microbiológica del zumo, independientemente de la temperatura de conservación.

Por último, como cabía esperar cuando el zumo es sometido a un tratamiento térmico más agresivo como la esterilización, el zumo mantiene la calidad microbiana dentro de los límites establecidos para el desarrollo de mohos y levaduras un tiempo mayor. Tanto para el caso del zumo conservado a temperatura ambiente como para el caso del zumo conservado en refrigeración, no se desarrolla prácticamente ningún microorganismo hasta llegar a los 30 días desde su elaboración pudiéndose comercializar este así pues un mes después de que fuera elaborado.

6.2 Propiedades físico-químicas

Grados Brix

En las tablas siguientes se muestran los resultados obtenidos de Brix en las distintas determinaciones del zumo. Se pueden ver las distintas medidas tomadas en los 4 tratamientos distintos a los que el zumo ha sido sometido.

TABLA 1. Determinaciones de Brix en muestras conservadas a temperatura ambiente.
(Donde Past: zumo Pasteurizado; Homog: zumo Homogeneizado; ST: Zumo sin tratamiento)

Tª ambiente	Brix				
	Tiempo (días)	Control (ST)	Pasteurizado	Past+Homog	Esterilizado
0		-	-	-	-
2		12.30±0.12	12.80±0.12	12.00±0.14	12.0±0.2
5		12.6±0.4	12.85±0.07	10.95±0.07	12.45±0.07
7		12.25±0.07	12.50±0.14	4.60±0.14	12.45±0.07
9		10.20±0.14	12.50±0.12	4.45±0.07	-
12		4.60±0.14	12.55±0.07	4.45±0.07	-
14		5.7±0.3	12.80±0.12	4.50±0.12	12.30±0.14
30		-	-	-	12.35±0.07

TABLA 2. Determinaciones de Brix en muestras conservadas a 4°C
(Donde Past: zumo Pasteurizado; Homog: zumo Homogeneizado; ST: Zumo sin tratamiento)

Tiempo (días)	Brix			
	Control (ST)	Pasteurizado	Past+Homog	Esterilizado
0	11.95±0.07	12.6±0.2	11.90±0.14	12.40±0.12
2	12.3±0.12	12.75±0.07	11.90±0.14	12.2±0.2
5	12.7±0.3	12.88±0.04	12.25±0.07	12.55±0.07
7	12.25±0.07	12.75±0.07	12.30±0.12	12.40±0.14
9	12.15±0.07	12.75±0.07	12.15±0.07	-
12	12.30±0.12	12.90±0.12	12.20±0.12	-
14	12.30±0.12	12.80±0.12	11.95±0.07	11.50±0.12
30	-	-	-	11.70±0.12

La tabla 1 muestra los resultados obtenidos en los 4 tratamientos a los que el zumo ha sido sometido habiendo sido conservado este a temperatura ambiente. Se puede ver como estos valores oscilan en torno a los 12-13 Brix en todos los tratamientos y durante los primeros días de conservación. Sin embargo, se puede apreciar como en el caso del zumo al cual no se le ha aplicado ningún tratamiento y en el caso del zumo que ha sido sometido a un tratamiento de pasteurización más homogeneización estos Brix disminuyen tras unos días en almacenamiento. Esta bajada de los Brix puede explicarse si tenemos en cuenta el crecimiento de microorganismos expuesto en el apartado anterior. El crecimiento tanto de bacterias como de mohos y levaduras irá en muchos casos asociada a procesos fermentativos que consumen parte de los azúcares presentes inicialmente en el zumo. En términos generales, puede observarse como los tratamientos que llevan asociada una mayor carga microbiana sufren un mayor descenso en el valor de los Brix.

En la tabla 2 se muestran los valores de Brix de los 4 tratamientos a los que el zumo ha sido sometido, en este caso habiendo sido este conservado a una temperatura de 4°C. Se puede observar como todos estos valores oscilan alrededor de 12-13°Brix, siendo más o menos constante en los distintos tratamientos y con el paso del tiempo. Podemos afirmar que las pequeñas diferencias que se observan carecen de significado tecnológico.

pH

En las tablas siguientes se pueden ver los distintos resultados obtenidos de pH.

TABLA 3. Determinaciones de pH en muestras conservadas a temperatura ambiente.
(Donde Past: zumo Pasteurizado; Homog: zumo Homogeneizado; ST: Zumo sin tratamiento)

T ^a ambiente	pH			
	Control (ST)	Pasteurizado	Past+Homog	Esterilizado
Tiempo (días)				
0	-	-	-	-
2	3.20±0.02	3.26±0.04	3.065±0.007	3.200±0.014
5	3.155±0.007	3.265±0.007	3.145±0.007	3.225±0.007
7	3.155±0.007	3.25±0.02	3.03±0.04	3.235±0.007
9	3.215±0.007	2.78±0.02	3.025±0.007	-
12	2.96±0.03	3.26±0.04	3.085±0.007	-
14	2.915±0.007	3.27±0.04	3.110±0.014	3.145±0.007
30	-	-	-	3.18±0.06

TABLA 4. Determinaciones de pH en muestras conservadas a 4°C
(Donde Past: zumo Pasteurizado; Homog: zumo Homogeneizado; ST: Zumo sin tratamiento)

4°C	pH			
	Control (ST)	Pasteurizado	Past+Homog	Esterilizado
Tiempo (días)				
0	3.26±0.04	3.220±0.014	3.205±0.007	3.185±0.007
2	3.185±0.007	3.26±0.02	3.175±0.007	3.205±0.007
5	3.27±0.03	3.245±0.007	3.21±0.02	3.245±0.007
7	3.19±0.02	3.25±0.02	3.225±0.007	3.26±0.02
9	3.215±0.007	3.16±0.05	3.185±0.007	-
12	3.195±0.007	3.260±0.014	3.135±0.007	-
14	3.165±0.007	3.24±0.02	3.095±0.007	3.125±0.007
30	-	-	-	3.155±0.007

Podemos observar que se trata de un producto considerablemente ácido como la mayoría de zumos de frutas, estando en todos los casos el pH por debajo de 4.5.

En la tabla 3 se recogen los datos obtenidos en las distintas medidas de pH para los distintos tratamientos a los que el zumo ha sido sometido, estando este conservado a temperatura ambiente. En este caso se puede ver como el pH medido es bastante ácido estando este próximo a 3 en todos los tratamientos a los que el zumo ha sido sometido. En el caso del zumo que no ha sido sometido a tratamiento alguno con el paso del tiempo se puede apreciar un pequeño descenso de los valores de pH sin significado alguno desde el punto de vista tecnológico.

En la tabla 4 se encuentran los resultados obtenidos de pH en los 4 tratamientos a los que el zumo ha sido sometido estando en este caso este conservado a temperatura de 4°C. Se puede observar como todos los valores de pH están muy próximos a 3,2 manteniéndose el valor inicial.

Color

A continuación, en las tablas siguientes se muestran los resultados de color obtenidos en las mediciones realizadas en los distintos tratamientos a los que el zumo ha sido sometido, estando este conservado tanto a temperatura ambiente (tabla 5) como a temperatura de 4°C (tabla 6). En este caso los resultados están expresados en diferencia total de color (ΔE), calculada respecto al color que el zumo poseía el mismo día que fue elaborado y tratado.

TABLA 5. Determinaciones de diferencia total de color en muestras conservadas a temperatura ambiente. (Donde Past: zumo Pasteurizado; Homog: zumo Homogeneizado; ST: Zumo sin tratamiento)

T ^a ambiente Tiempo (días)	ΔE (diferencia total de color)			
	Control (ST)	Pasteurizado	Past+Homog	Esterilizado
0	-	-	-	-
2	3.2±1.9	2.7±0.7	2.3±0.3	5.2±0.2
5	7.6±0.3	4.0±2.2	3.0±0.3	7.39±0.06
7	5.5±2.7	5.17±5.99	6.8±2.9	11.0±1.3
9	4.4±0.7	1.9±0.2	3.68±0.03	-
12	5.7±0.5	1.3±0.6	3.398±0.107	-
14	2.8±0.3	2.046±0.109	2.87±0.17	3.5±0.3
30	-	-	-	6.9±0.4

TABLA 6. Determinaciones de diferencia total de color en muestras conservadas a 4°C (Donde Past: zumo Pasteurizado; Homog: zumo Homogeneizado; ST: Zumo sin tratamiento)

4°C Tiempo (días)	ΔE (diferencia total de color)			
	Control (ST)	Pasteurizado	Past+Homog	Esterilizado
0	-	-	-	-
2	2.8±1.2	3.2±0.7	2.73±0.14	2.5±0.2
5	3.7±1.8	2.6±0.6	5.9±1.7	6.58±0.15
7	4.8±0.5	2.40±0.06	1.22±0.19	6.2±0.2
9	4.02±0.04	3.8±2.5	0.791±0.013	-
12	6.09±0.18	6.4±1.7	2.05±0.08	-
14	7.93±1.19	1.0±0.3	2.6±0.4	11.2±0.9
30	-	-	-	4.9±0.3

En ambas tablas se pueden ver los valores obtenidos de diferencia de color habiendo sometido al zumo a un tratamiento distinto y con el paso del tiempo. Estos valores son variados estando comprendidos todos ellos entre 0 y 10 aproximadamente. Se puede ver como en el zumo que no ha sido tratado y el que ha sido esterilizado, estos valores son algo más elevados que en los otros tratamientos. La no inactivación de enzimas oxidativos en el zumo que no ha sido tratado y las reacciones químicas de oxidación favorecidas por la intensidad del tratamiento térmico justifican estos resultados.

En ambos casos, las diferencias que se observan resultan estadísticamente significativas con un nivel de confianza establecido del 95%, respecto al factor del tiempo, así como respecto al factor del tipo de tratamiento, no obstante, la interacción entre estos dos factores no da diferencias estadísticamente significativas. El tratamiento de esterilizado es el que más afecta

en este caso, pues las diferencias que se observan entre los otros tres tratamientos, en general no resultan estadísticamente significativas.

Según Vichi y col., (2004) valores de diferencia de color superiores a 3,3 se consideran detectables por personas no entrenadas. En este caso se puede ver cómo tanto el zumo sin tratamiento, como el zumo esterilizado los valores de diferencia de color están por encima de este valor apreciable por el ojo humano. No siendo así en el caso del zumo al que se le ha sometido un tratamiento de pasteurizado y al que se le ha sometido un tratamiento de pasteurizado más homogeneizado, que se puede observar como las diferencias de color en estos se encuentran en la mayoría de los casos por debajo del valor apreciado por el ojo humano.

En las siguientes gráficas se puede observar hacia que tonos tienden las coordenadas CIELAB determinadas en los distintos tratamientos a los que se ha sometido el zumo.

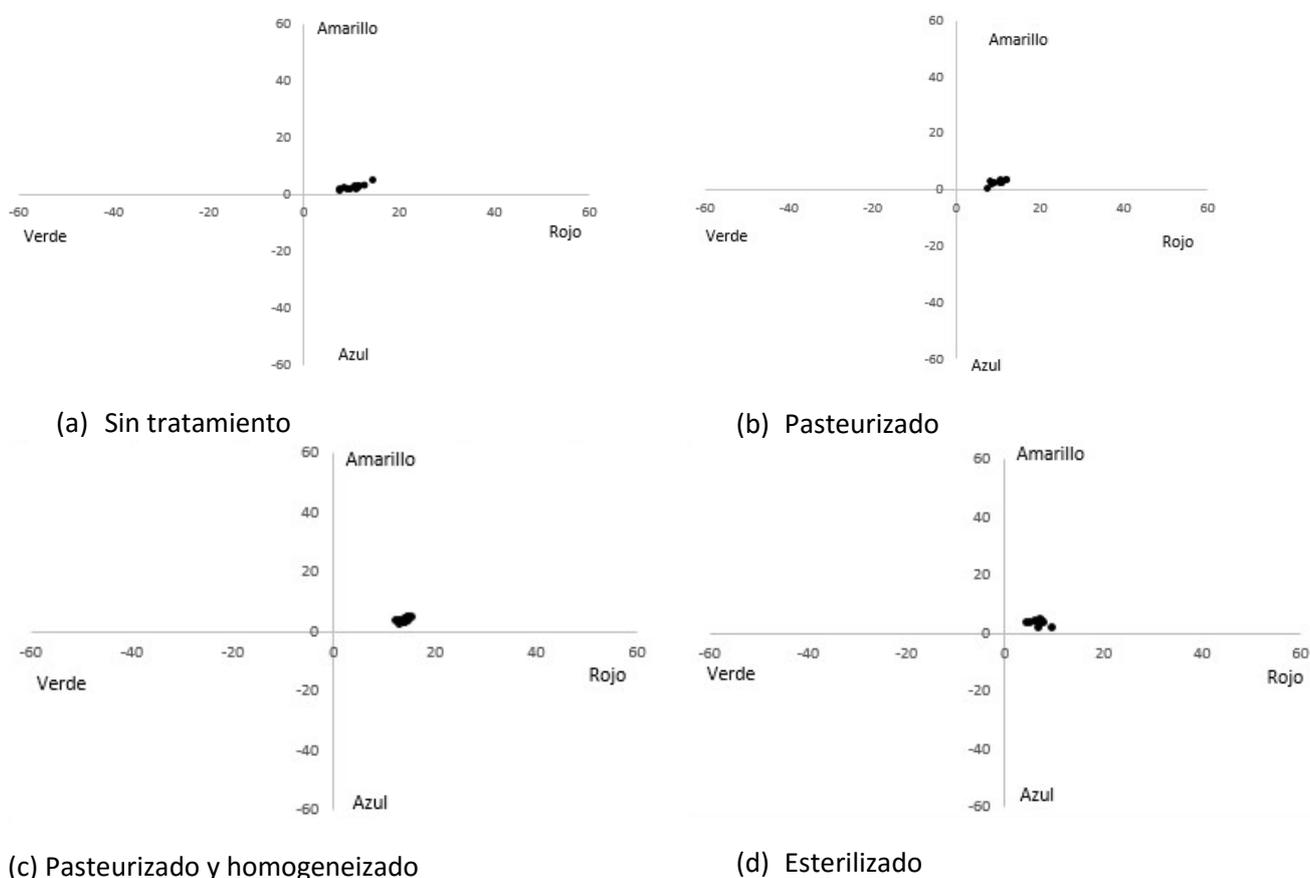


Figura 6. Coordenadas de color CIELAB.

Como se puede ver en las gráficas anteriormente expuestas las coordenadas CIELAB tienden hacia tonos pardos rojizos, lo que confirma que las diferencias de color que se observan se deben principalmente a fenómenos de oxidación.

Actividad antioxidante

En las tablas siguientes se muestran los valores obtenidos de actividad antioxidante, expresados como porcentaje de inhibición. En la tabla 7, se recogen los valores de actividad antioxidante de las distintas muestras de zumo a las cuales se le han aplicado distintos tratamientos habiendo sido este conservado a temperatura ambiente. Mientras que en la tabla

8, se recogen los valores de actividad antioxidante de las distintas muestras del zumo el cual ha sido sometido a los mismos tratamientos, pero en este caso dicho zumo ha sido conservado a 4°C de temperatura.

TABLA 7. Determinaciones de actividad antioxidante en muestras conservadas a temperatura ambiente. (Donde Past: zumo Pasteurizado; Homog: zumo Homogeneizado; ST: Zumo sin tratamiento)

Tª ambiente	Actividad antioxidante (% de inhibición)				
	Tiempo (días)	Control (ST)	Pasteurizado	Past+Homog	Esterilizado
0		-	-	-	-
2		81.52±0.09	80.3±0.7	74.68±6.13	79.48±1.15
5		83.7±1.9	82.98±0.17	53.8±3.3	62.9±2.4
7		78.6±3.4	74.2±1.4	67.3±1.4	77.273±4.114
9		77.8255±1.0116	67.4±4.9	67.6±1.6	-
12		73.56±2.19	67.3±4.9	68.52±0.14	-
14		77.6±2.8	71.5±2.3	59.4±2.5	56.1±0.3
30		-	-	-	81.96±5.18

TABLA 8. Determinaciones de actividad antioxidante en muestras conservadas a 4°C (Donde Past: zumo Pasteurizado; Homog: zumo Homogeneizado; ST: Zumo sin tratamiento)

4°C	Actividad antioxidante (% de inhibición)				
	Tiempo (días)	Control (ST)	Pasteurizado	Past+Homog	Esterilizado
0		79.8±6.3	82.2±0.8	73.5±2.7	84.0±0.3
2		78.29±0.19	82.1±1.7	74.7±0.5	82.82±0.02
5		79.8±0.4	79.95±1.07	57.675±0.103	71.34±4.13
7		73.9±5.6	76.19±2.02	62.4±3.4	65.4±7.8
9		69.599±1.112	70.6±1.5	73.8±1.4	-
12		66.6±0.2	64.5±0.2	62.1±4.7	-
14		76.0±0.7	70.22±1.04	63.2±2.5	60.7±1.3
30		-	-	-	84.1±0.3

Los valores de actividad antioxidante expresados como porcentaje de inhibición recogidos en las tablas anteriores ponen de manifiesto la hipótesis inicial de que el zumo analizado posee una actividad antioxidante bastante elevada. Pues estos valores oscilan alrededor de 60-80%.

Según estudios realizados por Antequera (2013), los valores de actividad antioxidante en zumos de arándanos comerciales son similares a los obtenidos en las determinaciones que se han llevado a cabo en este trabajo.

Según Esparza (2015), el cacao soluble formulado con propiedades antioxidantes mejoradas, alcanza cerca de un 80% de inhibición, valores similares a los obtenidos para este zumo de arándanos.

Destacar que hay diferencias estadísticamente significativas en los valores de actividad antioxidante recogidos en las tablas anteriores con un nivel de confianza establecido del 95%. Así pues, la actividad antioxidante, del zumo analizado, viene determinada por el tiempo de conservación del zumo, por el tratamiento que se le ha aplicado y por la interacción entre ambos

factores. Se puede observar, como por norma general, a medida que transcurre el tiempo la capacidad antioxidante se va reduciendo, pues con el paso del tiempo se degradan los compuestos antioxidantes lo que hace que el porcentaje de inhibición disminuya.

Turbidez

Los resultados de turbidez en las distintas muestras del zumo analizado se recogen en las tablas siguientes. En la tabla 9 se pueden ver los resultados de turbidez obtenidos en el zumo que ha sido conservado a temperatura ambiente para los distintos tratamientos, mientras que en la tabla 10 se pueden ver los valores de turbidez obtenidos en el zumo conservado a temperatura de 4°C. Todos estos valores recogidos de turbidez están expresados como absorbancia medida en este caso a 650 nm.

TABLA 9. Determinaciones de turbidez en muestras conservadas a temperatura ambiente.
(Donde Past: zumo Pasteurizado; Homog: zumo Homogeneizado; ST: Zumo sin tratamiento)

Tª ambiente		Turbidez		
Tiempo (días)	Control (ST)	Pasteurizado	Past+Homog	Esterilizado
0	-	-	-	-
2	0.5±0.5	0.3730±0.0014	1.00±0.02	2.1±0.3
5	0.6±0.2	0.362±0.017	1.06±0.08	3.265±0.106
7	1.0±0.4	1.184±0.008	0.3740±0.1004	2.10±0.02
9	1.69±0.09	0.91±0.03	0.60±0.07	-
12	0,9±0.3	0.54±0.03	0.64±0.08	-
14	0,9±0.3	1.0±0.3	0.53±0.14	1.810±0.014
30	-	-	-	2.15±0.07

TABLA 10. Determinaciones de turbidez en muestras conservadas a 4°C
(Donde Past: zumo Pasteurizado; Homog: zumo Homogeneizado; ST: Zumo sin tratamiento)

4°C		Turbidez		
Tiempo (días)	Control (ST)	Pasteurizado	Past+Homog	Esterilizado
0	0.5±0.3	0.6±0.2	1.61±0.08	1.700±0.014
2	0.6455±0.0106	0.429±0.002	1.15±0.07	1.81±0.02
5	0.6±0.2	0.40±0.02	1.57±0.16	3.4±0.6
7	1.79±0.04	1.98±0.06	0.642±0.109	2.2±0.2
9	1.5±0.3	1.69±0.16	1.11±0.16	-
12	1.2±0.3	0.8±0.2	1.06±0.09	-
14	1.5±0.4	1.8±0.2	0.58±0.04	2.3±0.4
30	-	-	-	2.075±0.106

Los valores de turbidez son mayores en los zumos sometidos al tratamiento de esterilización siendo las diferencias con respecto al resto de tratamientos estadísticamente significativas (nivel de confianza ≥ 0.95)

Según Antequera (2013), los zumos de arándanos comerciales poseen una turbidez mayor si se comparan con los datos de turbidez obtenidos en el zumo estudiado. Estas diferencias entre el zumo natural con el que se ha trabajado en el presente trabajo y los zumos

comerciales pueden explicarse si tenemos en cuenta que prácticamente la totalidad de los zumos de arándano que se comercializan poseen pulpa añadida en su composición.

Porcentaje de pulpa suspendida

Los datos de pulpa suspendida se expresan en tanto por cien en las siguientes tablas.

TABLA 11. Determinaciones de pulpa suspendida en muestras conservadas a temperatura ambiente. (Donde Past: zumo Pasteurizado; Homog: zumo Homogeneizado; ST: Zumo sin tratamiento)

Tª ambiente		% pulpa			
Tiempo (días)	Control (ST)	Pasteurizado	Past+Homog	Esterilizado	
0	-	-	-	-	
2	4.8±0.4	10,65±0.04	21±0.12	24.6±0.5	
5	5.9±0.5	10,950±0.007	25.7±0.5	25.7±0.3	
7	9.9±0.4	9,9±0.4	16.300±0.014	8.85±0.06	
9	9.20±0.14	12,45±0.09	19.35±0.07	-	
12	10.35±0.15	11,2±0.2	16.000±0.113	-	
14	7.45±0.15	7,6±0.5	17.05±0.04	3.150±0.007	
30	-	-	-	13.8±0.4	

TABLA 12. Determinaciones de pulpa suspendida en muestras conservadas a 4°C (Donde Past: zumo Pasteurizado; Homog: zumo Homogeneizado; ST: Zumo sin tratamiento)

4°C		% pulpa			
Tiempo (días)	Control (ST)	Pasteurizado	Past+Homog	Esterilizado	
0	3.45±0.02	12.700±0.113	18.35±0.05	-	
2	9.75±0.19	10.50±0.06	20.15±0.16	8.04±0.14	
5	9.50±0.07	10.50±0.06	26.65±0.05	21.40±0.14	
7	8.20±0.17	11.15±0.06	19.10±0.13	28.600±0.113	
9	4.7±0.3	2.050±0.007	31.9±0.3	-	
12	3.3±0.2	8.7±0.9	21.1±0.5	-	
14	2.80±0.09	4.2±0.3	19.45±0.03	9.90±0.16	
30	-	-	-	5.2±0.3	

Los datos recogidos en las tablas anteriores muestran unos valores en tanto por cien de pulpa suspendida en las distintas muestras de zumo analizadas entre un 5 hasta un 25 %, en algunos casos concretos sobrepasando estos límites. Se puede ver que estos valores son variables en cada tratamiento y con el paso del tiempo.

Con un nivel de confianza del 95% establecido se encuentran diferencias estadísticamente significativas en los distintos valores de pulpa suspendida recogidos. Afectando en este caso a estas diferencias tanto el tiempo, como el tipo de tratamiento al que ha sido sometido el zumo como a la interacción de ambos factores.

Cabe destacar el efecto de la operación de homogeneización, ya demostrada por otros autores en zumo de mandarina (Betoret, 2009), de disminuir el tamaño de las partículas

suspendidas aumentando la estabilidad de la nube y en consecuencia aumentando los valores de pulpa suspendida.

Según Antequera (2013), los zumos de arándanos comerciales tienen un porcentaje de pulpa suspendida muy bajo, no superior al 2%, incluso en algunos casos nulos. Si bien, en estos zumos se incorpora pulpa como ingrediente, ésta resulta poco estable y precipita.

El hecho de que el zumo estudiado posee más pulpa que los comerciales se valora como una característica de calidad, pues el poseer pulpa suspendida da sensación de un zumo más natural.

Reología

A la vista de los resultados obtenidos, se puede ver como este zumo se comporta como un fluido newtoniano. Pues el zumo en cuestión tiene una relación lineal entre el esfuerzo cortante y el gradiente de velocidad. Como se puede ver en la siguiente figura el esfuerzo y el gradiente de velocidad guardan una relación lineal siendo la constante de proporcionalidad la viscosidad del fluido en (Pa·S). La figura 7 muestra a modo ejemplo el comportamiento del fluido estudiado

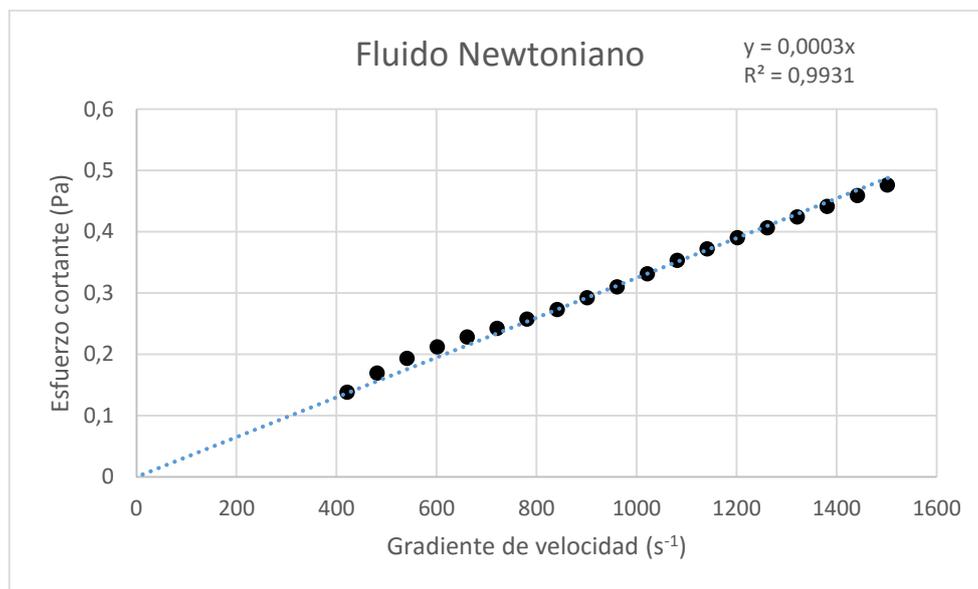


Figura 7. Comportamiento reológico del zumo de arándano.

Se puede observar como los datos de viscosidad están bastante bien alineados a una recta que en este caso pasa por el origen

Así pues, la reología en este zumo viene determinada por la ley de Newton (1687). Dicha ley denomina la constante de proporcionalidad como la viscosidad que el fluido en cuestión posee.

$$\text{Ley de Newton: } \tau_{xy} = \mu \gamma$$

Siendo:

τ_{xy} : esfuerzo cortante (Pa)

μ : viscosidad (PaS)

γ : gradiente de velocidad (S⁻¹)

En la tabla 13 se muestran los valores de viscosidad del zumo sometido a los diferentes tratamientos y conservado en refrigeración durante 5 días.

TABLA 13. Determinaciones de viscosidad en muestras conservadas a 4°C
(Donde Past: zumo Pasteurizado; Homog: zumo Homogeneizado; ST: Zumo sin tratamiento)

4°C		Viscosidad (Pa·S)		
Tiempo (días)	Control (ST)	Pasteurizado	Past+Homog	Esterilizado
0	$3 \cdot 10^{-4} \pm 1,2 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4} \pm 1,4 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4} \pm 1,2 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4} \pm 1,2 \cdot 10^{-4}$
5	$3 \cdot 10^{-4} \pm 1,2 \cdot 10^{-4}$	$3,5 \cdot 10^{-4} \pm 7 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-4} \pm 7 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-4} \pm 1,2 \cdot 10^{-4}$

El agua a 50°C, temperatura a la cual se han realizado estas determinaciones, tiene una viscosidad de $5,47 \cdot 10^{-4}$ Pa·S, este valor es del orden de los resultados de viscosidad obtenidos. Con esto se puede afirmar que el zumo analizado es un fluido muy poco viscoso, llegando a ser incluso tan líquido como el agua.

Cabe destacar que existen diferencias estadísticamente significativas en los valores de viscosidad obtenidos respecto al tratamiento al que es sometido el zumo en cuestión, sin embargo, estas diferencias no tienen ningún significado desde el punto de vista tecnológico.

6.3 Proyecto de registro de la empresa agroalimentaria

Objeto del proyecto

El objeto del presente proyecto es la inscripción en el Registro de Establecimientos Agroalimentarios de una nueva instalación dedicada a la elaboración de zumo de arándanos, situada en la localidad Boo de Piélagos, perteneciente a la provincia de Santander, y la cual comprenderá las siguientes actividades y capacidades.

Actividad: elaboración de zumo de arándanos

Capacidad: se pretende que la capacidad de esta empresa varíe con el paso de los años, aumentado de forma progresiva hasta el sexto año desde su inicio y manteniéndose constante en los años posteriores. El máximo de producción se espera que sea de unos 5000 kg de arándanos frescos/año, lo que supondrá producir aproximadamente unos 2500 litros de zumo. La producción se centrará en cuatro meses.

Legislación aplicable

A continuación, se especifica la legislación que establece la normativa vigente para realizar el proceso productivo que se pretende llevar a cabo.

DISPOSICIONES ESTATALES:

*Real decreto 667/1983, de 2 de marzo (BOE del 31), por el que se aprueba la **Reglamentación Técnico-sanitaria** para la elaboración y venta de zumos de frutas y de otros vegetales y de sus derivados.*

Derogado, en lo referente a zumos de frutas y otros productos similares, excepto los artículos 16, 17 y 18, por:

Real Decreto 1650/1991, de 8 de noviembre (BOE del 20). [Derogado a su vez por Real Decreto 1050/2003, de 1 de agosto (BOE del 2), que mantiene la vigencia de los artículos 16, 17 y 18 del RD 667/1983, así como aquellas de sus

disposiciones que resulten de aplicación a los zumos de otros vegetales y sus derivados].

Derogados los artículos 16, 17 y 18, por:

Real Decreto 176/2013, de 8 de marzo (BOE del 29).

*Real decreto 1518/2007, de 16 de noviembre (BOE de 8 de diciembre), por el que se establecen **parámetros mínimos de calidad** en zumos de frutas y los **métodos de análisis** aplicables.*

*Real decreto 781/2013, de 11 de octubre (BOE del 12), por el que se establecen **normas relativas a la elaboración, composición, etiquetado, presentación y publicidad** de los zumos de frutas y otros productos similares destinados a la alimentación humana.*

DISPOSICIONES COMUNITARIAS:

Reglamento delegado (UE) 1040/2014 de la Comisión, de 25 de julio de 2014 (DOUE L 288, de 2.10.2014), que modifica la Directiva 2001/112/CE del Consejo, relativa a los zumos de frutas y otros productos similares destinados a la alimentación humana con el fin de adaptar su anexo I al progreso técnico.

Titular de la industria

Datos del titular

Nombre: Francisco Torre

C.I.F.: desconocido

Domicilio Social: urbanización ría del Pas n 2404, Boo de Piélagos. Cantabria

Representante Legal: Francisco Torre

Emplazamiento del establecimiento agroalimentario objeto del registro

La industria alimentaria objeto de estudio se encuentra ubicada en la urbanización ría del Pas, perteneciente a la localidad de Boo de Piélagos. Dicha localidad corresponde al municipio de Piélagos situado en la comunidad autónoma de Cantabria (España). Como se puede ver en la siguiente imagen la urbanización donde se encuentra la industria en cuestión está situada entre la provincia de Santander y el segundo municipio en importancia en esta comunidad siendo este Torrelavega, relativamente próximo a ambos. Aproximadamente se encuentra a 11 km de Santander y a unos 14 km de Torrelavega. La autovía A-67 pasa a muy poca distancia del lugar donde se ubica dicha industria dándose por consiguiente un fácil acceso a esta por carretera. Por la zona oeste y a escasa distancia de esta urbanización pasa el río Pas que desemboca en el mar Cantábrico situado a no más de 3 km de dicha urbanización.

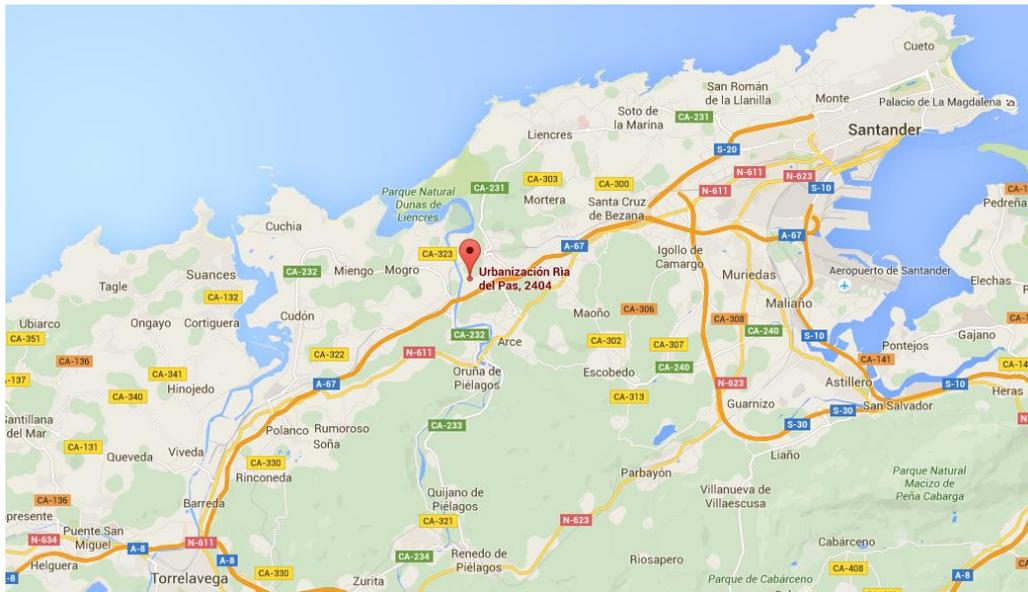


Figura 8: Ubicación industria. Fuente: GOOGLE MAPS (2016).

Estructura societaria

La forma jurídica de esta empresa de zumos es de sociedad limitada unipersonal, puesto que tiene un único socio. Este aporta inicialmente un capital para la creación de la empresa de 3000€, capital mínimo establecido por la normativa vigente, *Real Decreto Legislativo 1/2010, de 2 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Sociedades de Capital*, sobre sociedades limitadas.

Programa productivo

Materiales

Las materias primas utilizadas en la elaboración del zumo de arándanos en cuestión, son la que a continuación se exponen:

- Arándanos frescos
- Enzima Viscozyme L
- Envases para el zumo elaborado
- Utensilios y material varios para llevar a cabo el procesado del zumo de arándano.

En la tabla 14 se puede ver la cantidad de materia prima, en este caso arándanos, que se va a utilizar para elaborar el zumo en cuestión. Se pretende con el paso de los años ir aumentando la cantidad de zumo producido y por consiguiente la cantidad de materia prima utilizada en la elaboración del mismo hasta llegar al sexto año a partir del cual la producción se mantendrá constante.

En cuanto al porcentaje que representan las materias primas, los arándanos representan prácticamente la totalidad de las materias primas utilizadas en el proceso productivo, puesto que se trata de elaborar zumo únicamente de arándanos lo más natural posible sin aditivos ni componentes añadidos. Para evitar la gelificación y facilitar el proceso de extracción de dicho zumo se utiliza como materia prima la enzima Viscozyme L, que se utiliza en proporciones despreciables respecto a la materia prima principal del proceso.

Puesto que el titular de la industria donde se elabora el zumo coincide en este caso con el propietario de la finca de arándanos, el precio de adquisición de estas materias primas no se va a tener en cuenta.

TABLA 14. Materias primas y su evolución durante los seis primeros años.

	Materia prima (kg/año)	Origen
Año 1	425	Santander (España)
Año 2	1000	Santander (España)
Año 3	1500	Santander (España)
Año 4	2000	Santander (España)
Año 5	2500	Santander (España)
Año 6	5000	Santander (España)

Productos obtenidos

El único producto obtenido, y para el cual se realiza todo el proceso que en el presente informe se especifica, es el zumo de arándanos. La obtención de este producto genera un residuo sólido orgánico importante (bagazo) que podría ser reutilizado para elaborar otros productos de interés. Mientras la empresa decide el uso de este residuo y encuentra una salida para el mismo, será utilizado para la obtención de compost que se incorporará al terreno de cultivo.

La producción total del zumo elaborado en esta empresa va destinada a la venta, en un principio, dentro de la comunidad autónoma de Cantabria, con posibilidades de, en un futuro, ampliar este mercado hasta llegar a gran parte del territorio español. Se pretende abarcar estos mercados sin salir de las fronteras españolas en ningún caso, tanto si la comercialización se realiza directamente desde la empresa o a través de intermediarios.

En la tabla 15 se puede ver la producción anual total en litros de zumo, así como su evolución en los 6 primeros años. Teniendo en cuenta que se pretende vender el zumo como un producto diferenciado de productos similares por su alta calidad y propiedades funcionales, se considera la posibilidad de envasarlo en botellas pequeñas monodosis de 330 mL, indicándose en la tabla el número de botellas monodosis obtenidas cada año. El precio mínimo del producto en el mercado debería fijarse realizando un estudio económico que considerase tanto los costes fijos con su periodo de amortización como los costes variables. Una estimación de este valor proporcionó un precio mínimo en torno a 1.20 euros por botella monodosis.

TABLA 15: productos obtenidos

	Zumo (L/año)	Botellas monodosis (330 mL)/año	Ingresos (€/año)
Año 1	212,5	637,5	1.572,860 €
Año 2	500	1500	3.700,848 €
Año 3	750	2250	5.551,272 €
Año 4	1000	3000	7.401,696 €
Año 5	1250	3750	9.252,120 €
Año 6	2500	7500	18.504,241 €

Cuadro de capacidades anuales

Teniendo en cuenta que la línea de proceso no va a generar ningún producto intermedio, en la tabla 16 se indican las necesidades que se tienen en cuanto a materias primas, la cantidad de producto terminado, así como la cantidad de subproducto (bagazo) que resultará de la línea de procesado.

TABLA 16. Capacidades anuales

	Materia prima	Productos acabados		Subproducto generado
	Arándanos (kg/año)	Zumo (L/año)	Botellas monodosis (330 mL)/año	Bagazo (kg/año)
Año 1	425	212,5	637,5	212,5
Año 2	1000	500	1500	500
Año 3	1500	750	2250	750
Año 4	2000	1000	3000	1000
Año 5	2500	1250	3750	1250
Año 6	5000	2500	7500	2500

Las materias primas pueden ser almacenadas en congeladores durante el tiempo que se considere necesario para la utilización de las mismas, normalmente este tiempo no excederá de una semana, pues en un periodo de no más 4-5 días se pretende procesar los frutos de arándanos para elaborar el zumo deseado y comercializarlo. Por otro lado, y teniendo en cuenta los resultados microbiológicos presentados en el apartado 6.2, el zumo ya elaborado, estabilizado por pasteurización y debidamente envasado puede permanecer en el frigorífico no más de 4-5 días, tiempo durante el cuál debe ser comercializado. Teniendo en cuenta los tiempos de procesado y de vida útil del producto terminado, la empresa organizará sus actividades de forma que no se generen ni grandes volúmenes de materia prima ni de producto terminado en almacenamiento.

Formas de presentación

Teniendo en cuenta que la empresa pretende ofrecer un producto que se diferencia de productos similares por su elevada calidad y sus propiedades funcionales se utilizarán botellas de vidrio transparente para el envasado del zumo elaborado.

Dado que el vidrio es un material inerte, higiénico y en ningún caso interfiere en el sabor o componentes de los alimentos, mantiene la calidad originaria de los mismos (ENFASIS, 2009).

Según un estudio llevado a cabo por el Instituto Perfiles, los consumidores valoran el vidrio como el material de envasado para productos de alta calidad (AMBIENTUM, 2006).

Se pretende envasar el zumo en botellas monodosis de 330 ml. Puesto que se pretende ofrecer un producto de calidad al consumidor, al comercializar este producto en envases de reducidas dimensiones se consigue dar un valor añadido al mismo.

Una vez envasados los zumos en el exterior del envase que los contiene se debe poner una etiqueta en la cual figure la información que indica la norma. Así pues, esta etiqueta debe contener la información requerida en el *artículo 5 del R.D. 1334/1999, Norma General de etiquetado y presentación de Productos Agroalimentarios y modificaciones*, en todo caso debe cumplir con la normativa vigente que le afecte. La etiqueta contendrá información sobre los ingredientes, las condiciones de temperatura de conservación, el nombre de la industria que elabora el producto comercializado, el peso y volumen del contenido en el envase, así como, la fecha de consumo preferente.

Canales de comercialización

El principal canal de comercialización en esta empresa objeto de estudio es mediante intermediarios, pues se pretende elaborar el producto y vender este a distintos establecimientos de reducidas dimensiones para que sean estos los encargados de distribuir el producto entre los consumidores. Otro posible canal para comercializar el producto que esta empresa elabora es sin intermediario alguno, pues existe la posibilidad de que el cliente acuda de forma personal a la industria donde se elabora el zumo en cuestión y lo adquiera pagando por él una cantidad fijada por la empresa que en ningún caso coincidirá con el precio de este mismo producto si se adquiere en los establecimientos ajenos a dicha empresa y aptos para ello. Así pues, la principal diferencia entre ambos canales de comercialización expuestos es el precio de adquisición, pues aquel que adquiera el producto acudiendo directamente a la industria que lo elabora pagara por el producto un precio menor que el que lo adquiera comprando los mismos en algún otro establecimiento. Hay que destacar que, para poder adquirir estos productos sin pasar por manos de intermediarios, es decir, acudiendo directamente a la empresa que los elabora será condición indispensable adquirir una cantidad mínima de productos fijada por la empresa de forma previa, pagando en todo caso un precio por unidad menor de lo que se pagaría en otros establecimientos.

Sistemas de certificación de empresa y/o de producto asociados al proceso de producción/comercialización

Puesto que la empresa objeto de estudio no ha comenzado en la actualidad su actividad productiva no posee en este momento certificación alguna reconocida.

Se pretende llevar a cabo la elaboración de un producto con valor añadido, el cual posea una calidad elevada. Así pues, se tiene la intención de conseguir el reconocimiento en dicha de

empresa del sistema de certificación ISO 9001, el cual es una norma internacional de gestión de calidad que se otorga a las empresas que cumplen unos requisitos establecidos.

Instalaciones, maquinaria y otros bienes de equipo

Para llevar a cabo el proceso productivo estudiado se propone la utilización de las siguientes máquinas:

Congelador: la fruta fresca recién llegada del campo, ha de ser congelada hasta el momento de su utilización, con el fin de que esta mantenga sus cualidades intactas.

Para tal fin se propone un congelador horizontal de la marca Zanussi con capacidad para almacenar unos 500 litros. El precio de adquisición es de 470,14€. En anejos se adjuntan las características técnicas de este producto y una imagen del mismo (figuras 11 y 12).

Tren de lavado: la fruta que llega del campo y va a ser incorporada al proceso productivo tiene que ser lavada para eliminar posibles materiales y sustancias indeseables que pueda contener y perjudiquen la elaboración final del zumo.

Para esta etapa se propone la utilización de un tren de lavado de la casa comercial Invia. La máquina está fabricada íntegramente en acero inoxidable, para no perjudicar las características de las materias que se van a procesar. En este se introducen las cajas, con los frutos en su interior, de forma manual, haciéndolas pasar por el túnel de lavado. Este túnel viene provisto de unas duchas formando un aro completo de lavado, así como de un doble filtro para la retención de partículas gruesas. Deja la fruta perfectamente lavada y lista para ser procesada. El precio de adquisición de esta máquina es de 7018,00€. En anejos se adjunta una imagen de dicha máquina (figura 13).

Estrujadora: la fruta ya lavada debe ser estrujada para facilitar etapas posteriores del proceso.

Para esta operación se propone una despalladora estrujadora a motor y de acero inoxidable de la casa comercial Invia. Posee unos rodillos que facilitan el estrujado de la fruta. El precio de adquisición de esta máquina es de 509,41€. En anejos se adjunta la ficha técnica de la misma (figura 14).

La fruta estrujada que sale de esta máquina se ha de recoger en un depósito. Se propone la utilización de un depósito de 75 litros de capacidad de la casa comercial Invia. Este está fabricado con acero inoxidable para garantizar una elevada seguridad higiénica y larga duración. Tiene el fondo plano y una tapa del mismo material. El precio de adquisición de estos depósitos es de 111,32€, en el apartado anejos se adjunta una imagen del mismo (figura 22).

Mezcladora con control de temperatura: para proceder a la extracción del zumo, los frutos estrujados han de someterse a un proceso de despectinización mediante la utilización del pack enzimático Viscozyme L.

Para este proceso de despectinización se propone utilizar una mezcladora de 400 litros con calentador, de la casa comercial Invia. Esta mezcladora lleva acoplado un sistema de calentamiento por resistencia. Se controla la temperatura mediante una sonda y se puede leer la temperatura de forma digital. Cuenta con un sistema de variador de frecuencia para regular las revoluciones exactas de la mezcla. El precio de adquisición de esta mezcladora es de 4961,00€. En anejos se adjunta la ficha técnica de esta máquina en cuestión (figura 15).

Los frutos despectinizados se deben recoger en el mismo depósito expuesto anteriormente. Este debe ser debidamente lavado de forma previa.

Prensa: una vez los frutos han sido despectinizados, estos deben ser prensados para separar el líquido, del extracto sólido y así obtener el zumo.

Para esta etapa se propone una hidroprensa, de 80 litros de capacidad de la casa comercial Invia. La jaula de la misma está fabricada en acero inoxidable. Se introduce agua en el interior de la jaula, entonces la membrana de caucho natural que esta posee se hincha ejerciendo presión contra las paredes de dicha jaula y exprimiendo de esta manera la fruta. Esta máquina tiene un precio de adquisición de 1409,65€. En anejos se adjunta la ficha técnica de esta máquina en cuestión (figura 16).

El zumo extraído debe ser recogido en el mismo depósito que en los casos anteriores, para ello es necesario que este se limpie adecuadamente de forma previa.

Autoclave: el zumo ya extraído se tiene que pasteurizar.

Para llevar a cabo este tratamiento térmico se propone la utilización de una autoclave de la casa comercial Systec. Esta debe ser programada para que trabaje a 70°C, durante un periodo de tiempo de 3 minutos. El precio de adquisición de dicha autoclave es de 5000€, en el apartado anejos se adjunta la ficha técnica de la misma (figura 17).

El zumo se debe introducir en la autoclave en un depósito apto para ello. Según el autoclave utilizado y con la finalidad de que este depósito quepa en dicha autoclave se propone la utilización de un depósito de 15 litros de capacidad de la casa comercial Invia. Este depósito es de acero inoxidable y tiene su fondo plano. El precio de adquisición del mismo es de 52,64€. En anejos se adjunta una imagen del depósito en cuestión, así como las dimensiones del mismo (figura 23 y 24).

Por otra parte, los envases tienen que ser esterilizados. Se introducen estos envases en la misma autoclave que en el caso anteriormente expuesto. En este caso dicha autoclave se debe programar para que trabaje a 120°C de temperatura durante un periodo de tiempo de 15 minutos.

Llenadora: una vez el zumo ha sido pasteurizado y los envases esterilizados, este debe ser introducido en los distintos envases para su posterior comercialización.

Para tal fin se propone utilizar una llenadora semiautomática de la casa comercial Invia. Esta llenadora tiene un precio de adquisición de 326,70€. En anejos se adjunta la ficha técnica de esta máquina (figura 18).

Etiquetadora: los envases se deben de etiquetar adecuadamente para ser comercializados.

Para este proceso de etiquetado de envases se propone la utilización de una etiquetadora manual de la casa comercial Invia. Esta trabaja de forma totalmente manual sin necesidad de electricidad y está construida en acero cincado y acero inoxidable. El precio de adquisición de la misma es de 907,50€. En el apartado de anejos se adjunta una imagen de esta máquina (figura 19).

Frigorífico: una vez los envases han sido etiquetados se deben almacenar a temperatura de 4°C, temperatura a la que funciona un frigorífico convencional

Para esta conservación frigorífica de los envases se propone un frigorífico de una puerta, de la marca Indesit, el cual funciona con frío estático. El precio de adquisición del mismo es de 367,85€. En anejos se adjunta detalles técnicos y una imagen de este frigorífico (figura 20 y 21).

Proceso industrial

A continuación, se van a explicar de forma detallada las distintas etapas que se dan en el proceso productivo de elaboración del zumo de arándanos objeto de estudio. En el apartado de anejos se adjunta el diagrama de flujo correspondiente a este proceso productivo.

Recepción de materias primas y materiales auxiliares: las materias primas y distintos materiales auxiliares que se necesitan para poder llevar a cabo el proceso de elaboración del zumo de arándanos y que son recibidas en esta etapa son las que a continuación se especifican:

- Arándanos frescos. Se reciben diariamente procedentes del campo donde se realiza su cultivo. Para su adecuada conservación deben ser almacenados en congelación, de esta forma sus características organolépticas y sensoriales no se verán prácticamente alteradas durante el período de tiempo que permanecen a la espera de ser procesados.
- Pack enzimático Viscozyme L. Esta enzima necesaria para el proceso de despectinización es adquirida mediante el suministro por parte de proveedores dedicados a la venta de este tipo de sustancias. Es adquirida en formato líquido en botes de cantidades reducidas.
- Materiales y distintos utensilios que son necesarios para llevar a cabo el proceso productivo en cuestión.
- Envases. Envases de vidrio con tapadera de metal de 330 mL de cantidad para envasar el producto ya elaborado. Estos envases serán almacenados en un lugar dentro de la industria destinado para ello hasta el momento de su utilización. Así pues, se reciben cajas de cartón, tinta y cinta adhesiva para el almacenamiento de los productos ya envasados y que van ser comercializados.

En esta etapa es importante realizar una minuciosa inspección de las materias primas que se reciben, comprobando que todas y cada una de ellas se encuentran en un estado óptimo dentro de unos límites que la normativa establece. En el caso de aquellos frutos inspeccionados que no pasen el control de calidad al que son sometidos, deberán ser eliminados para que no afecten las características organolépticas o sensoriales del producto final elaborado.

Previamente a las etapas posteriores en las cuales se elabora el zumo, los frutos frescos a utilizar deben ser descongelados para facilitar el proceso productivo en cuestión.

Lavado de la materia prima: en esta etapa se lleva a cabo un lavado de las materias primas que se van a utilizar en el proceso productivo.

Se eliminarán restos procedentes del terreno donde se han cultivado estos frutos, así como cualquier sustancia indeseable que pueda alterar la elaboración del zumo pretendido. Este proceso de lavado de las materias primas frescas se debe realizar con agua potable según lo establecido en el R.D. 140/2003, así pues, se debe realizar un control de agua en la industria para asegurarse que esta se encuentra en las condiciones requeridas.

Estrujado: los frutos frescos una vez han sido seleccionados y lavados debidamente pasan a la etapa de estrujado. Esta etapa consiste en estrujar los frutos de los cuales se pretende extraer zumo con la finalidad de obtener mejores resultados en las etapas que le siguen. Mediante una máquina para tal fin los arándanos son estrujados obteniéndose una pasta. El

tiempo empleado en esta etapa de estrujado será el necesario para estrujar de forma óptima todos los frutos que van a ser procesados, dependerá de la cantidad de zumo que se pretenda elaborar.

Despectinización: una vez se tienen los frutos ya estrujados, la pasta que se ha obtenido se introduce en una mezcladora, que posee un sistema de calentamiento por resistencia acoplado y con control de temperatura. Para que la enzima a utilizar pueda realizar adecuadamente su función es necesario que la pasta de arándanos procedente del estrujado alcance 50°C de temperatura. Una vez el zumo alcanza la temperatura, se verterá en su interior la cantidad exacta de enzima indicada, que dependerá de la cantidad de zumo que se esté procesando. Se tiene que utilizar 1 mL de enzima por cada litro de zumo a procesar. La enzima llevará a cabo su función durante 150 minutos, una vez transcurrido este tiempo el zumo habrá sido despectinizado. Durante este tiempo en el que la enzima realiza su función se tiene que dar una agitación constante en este caso mecánica, en el interior de la mezcladora consiguiéndose así que dicha enzima realice su función de forma más eficaz y se extraiga la mayor cantidad de zumo posible.

Prensado: los frutos ya despectinizados se llevan a una prensa en la cual se realiza el prensado de los mismos. Mediante este prensado se consigue separar el líquido del extracto sólido, obteniéndose así pues el zumo. El residuo sólido o bagazo resultante al realizar esta etapa de prensado será almacenado en un lugar en el interior de la industria destinado a tal fin con el objetivo de reutilizarlo para la obtención de compost que se utilizará en los terrenos de cultivo.

Pasteurización: el zumo obtenido será sometido a un tratamiento térmico para su correcta conservación. En este caso el zumo es sometido a un tratamiento térmico suave pues este se pasteuriza introduciendo dicho zumo en una autoclave, el cual debe ser programado para que trabaje a 70°C de temperatura durante un periodo de tiempo de 3 minutos. Mediante este tratamiento se consigue que el zumo elaborado se encuentre en condiciones óptimas durante un periodo de tiempo más prolongado, consiguiéndose de esta manera que pueda ser consumido sin riesgo alguno para la salud del consumidor en un tiempo comprendido entre 5 y 7 días.

Esterilizado de envases: para un envasado adecuado del producto elaborado los envases deben estar esterilizados. La esterilización se realizará a 120°C, durante un periodo de tiempo de 15 minutos.

Envasado: una vez se tiene el zumo pasteurizado y los envases esterilizados este ya se encuentra en perfectas condiciones para ser envasado y comercializado. En esta etapa, el zumo elaborado se distribuye en las botellas de vidrio y de 330 mL de capacidad. Para el llenado de los distintos tarros se utiliza una llenadora, en este caso semiautomática para facilitar el proceso.

Una vez se han llenado las botellas estos se cierran con tapas metálicas de forma manual.

Etiquetado-loteado: la etiqueta se situará en la parte exterior de cada botella. A continuación, se coloca el precinto de garantía a cada uno de los envases, este precinto se ha de colocar situado entre la tapa metálica y la etiqueta para dar mayor seguridad a los productos elaborados. Posteriormente, las botellas ya etiquetadas se deben de poner en lotes para facilitar el transporte desde la industria donde se elabora el zumo, hasta los establecimientos donde se va a distribuir dicho producto entre los consumidores.

El producto final se conservará en un frigorífico convencional a una temperatura de 4°C. Mediante la conservación a esta temperatura se consigue que el zumo elaborado permanezca en condiciones óptimas durante un tiempo más prolongado.

7. Conclusión

Ha sido posible proponer un proceso a nivel de planta piloto para la obtención de un zumo de arándano de elevada calidad que permita aumentar la rentabilidad de las pequeñas explotaciones de un productor de Cantabria realizando una inversión no demasiado elevada.

Un estudio sensorial realizado de forma paralela al presente trabajo y en el que el autor ha participado de forma activa, junto con los resultados del presente trabajo, permiten concluir que el mejor tratamiento de conservación que asegura una alta calidad sensorial, físico-química y microbiológica del zumo obtenido es un tratamiento de pasterización a 70°C durante tres minutos, seguido por un almacenamiento en refrigeración a 4°C. Este tratamiento térmico permite mantener las características organolépticas del zumo y asegura un crecimiento microbiano dentro de los límites que establece la norma un periodo de tiempo considerable como para poder comercializar el producto sin riesgo alguno para la salud del consumidor.

8. Bibliografía

Aleixandre Benavent, J. L. (1997). *Conservación de alimentos*. Editorial Servicio Publicaciones Universidad Politécnica de Valencia. Valencia. 512 pp.

Ambientum. (2006). Revista on-line de Medio Ambiente. Consulta 14/06/2016
<http://www.ambientum.com/revistanueva/2006-03/envasesdevidrio.htm>

Antequera, L. (2013). Determinación de aspectos nutricionales y tecnológicos del arándano y de su zumo para su posterior aplicación en productos funcionales.

Barbat, T. (2005). El arándano ¿un cultivo con futuro? *Horticultura: Revista de industria, distribución y socioeconomía hortícola: frutas, hortalizas, flores, plantas, árboles ornamentales y viveros*. 187: 30-36.

Betoret, E., Betoret, N., y Carbonell, J.V. (2009). Efecto de la presión de homogeneización sobre el tamaño de partícula y las propiedades funcionales de los zumos cítricos.

BOE (Boletín Oficial del Estado). Consulta 11/06/2016. https://www.boe.es/diario_boe/

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., y Berset, C. (1995). Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*. 28: 25–30.

Brownmiller, C., Howard, L. R., y Prior, R. L. (2008). Processing and Storage Effects on Monomeric Anthocyanins, Percent Polymeric Color, and Antioxidant Capacity of Processed Blueberry Products. *Journal of Food Science*. 73 (5): H72–H79.

Casp, A., Abril, J. (1999). *Proceso de conservación de los alimentos*. Editorial Mundi-Prensa. Madrid. 494 pp.

Castagnini, J. (2014). Estudio del proceso de obtención de zumo de arándanos y su utilización como ingrediente para la obtención de un alimento funcional por impregnación a vacío.

Dede, S., Alpas, H., Bayindirli, A. (2007). High hydrostatic pressure treatment and storage of carrots and juices: Antioxidant activity and microbial safety. *J. Sci. Food Agri*. 87: 773–872.

Esparza, R. (2015). Uso de azúcares de caña no refinados en la formulación de un producto de cacao soluble con propiedades antioxidantes mejoradas.

Espíndola Plaza, L. (2012). Arándanos. Revista Frutícola: *Especial Arándanos*. 3: 1-48.

FAOSTAT (food and agriculture organization of the united nations). Consulta 11/06/2016.
<http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/S>

Forbes, P., Mangas Ramis, E., y Pagano, N. (2009). *Diseño y Evaluación de Proyectos Agroindustriales: Producción de Arándanos*. Universidad Nacional de La Pampa, La Pampa, Argentina.

García Rubio, J. C., García, G. G., y Ara, M. C. (2013). Situación actual del cultivo del arándano en el mundo. *Tecnología agroalimentaria: Boletín informativo del SERIDA*. 12: 5-8.

García Rubio, J.C. (2011). El cultivo del arándano en Asturias. *Tecnología Agroalimentaria*. 9: 13-20.

García Rubio, J.C., y de Lena, G.G.G. (2011). *El cultivo del arándano en Asturias*. Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA).

GOOGLE MAPS. Consulta 16/06/2016.

<https://www.google.es/maps/@39.454678,-0.4031032,15z>

Gutiérrez, M.R., de Sebastián, J.I., Maestro, G., y Mora, M.J. (2011). *El Arándano*. Cantabria: CIFA.

Höhn, A. (1996). Enzymes in the fruit juice and wine industry. In L. P. Somogyi, H. S. Ramaswamy, y Y. H. Hui (Eds.), *Processing fruits: science and technology*, volume 1 (Chap. 4, pp. 95–115). CRC Press.

INVIA (Casa comercial maquinaria). Consulta 13/06/2016. <http://www.invia1912.com/>

Kalt, W. (2005). Effects of Production and Processing Factors on Major Fruit and Vegetable Antioxidants. *Journal of Food Science*. 70 (1): R11–R19.

Kashyap, D. R., Vohra, P. K., Chopra, S., y Tewari, R. (2001). Applications of pectinases in the commercial sector: a review. *Bioresource Technology*. 77 (3): 215–227.

Landbo, A. K., y Meyer, A. S. (2004). Effects of different enzymatic maceration treatments on enhancement of anthocyanins and other phenolics in black currant juice. *Innovative Food Science y Emerging Technologies*. 5 (4): 503–513.

Landbo, A. K., Kaack, K., y Meyer, A. S. (2007). Statistically designed two step response surface optimization of enzymatic prepress treatment to increase juice yield and lower turbidity of elderberry juice. *Innovative Food Science y Emerging Technologies*. 8 (1): 135–142.

Lee, J., Durst, R., y Wrolstad, R. (2002). Impact of Juice Processing on Blueberry Anthocyanins and Polyphenolics: Comparison of Two Pretreatments. *Journal of Food Science*. 67 (5): 1660–1667.

López, M.C. (2015). Zumos y Néctares. La fruta líquida. *Canarias pediátrica*, 39 (2): 94-98.

MAGRAMA (Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente). Consulta 09/06/2016. <http://www.magrama.gob.es/app/MaterialVegetal/fichaMaterialVegetal.aspx?idFicha=1381>

Marlett, J., y Cheung, T. (1997). Database and quick methods of assessing typical dietary fiber intakes using data for 228 commonly consumed foods. *Journal of the American Dietetic Association*.

Meyer, R. S., Cooper, K. L., Knorr, D., y Lelieveld, H. L. M. (2000). High pressure sterilization of foods. *Food Technology*. 54: 67–72.

Newton, I., (1687). *Principia*. Editorial Desconocida.

Packaging. (2009). Revista digital Énfasis. Consulta 15/06/2016.

<http://www.packaging.enfasis.com/articulos/12978-ventajas-del-envase-vidrio>

Patras, A., Brunton, N., 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. *Inn. Food Science and Emerg. Techno*. 10: 308-313.

PEPINIERES MULTIBAIES. Consulta 10/06/2016. <http://www.multibaies.com/es/>

PLANASA (innovation in plant varieties). Consulta 13/06/2016.
<http://www.planasa.com/index.php?m=67&prod=543&var=25>

Proctor, A., y Peng, L. (1989). Pectin transitions during blueberry fruit development and ripening. *Journal of Food Science*. 54 (2): 385–387.

Rossi, M., Giussani, E., Morelli, R., Lo Scalzo, R., Nani, R. C., y Torreggiani, D. (2003). Effect of fruit blanching on phenolics and radical scavenging activity of highbush blueberry juice. *Food Research International*. 36 (9–10): 999–1005.

Skrede, G., Wrolstad, R., y Durst, R. (2000). Changes in Anthocyanins and Polyphenolics During Juice Processing of Highbush Blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.) *Journal of Food Science*. 65 (2): 357–364.

Srivastava, A., Akoh, C. C., Yi, W., Fischer, J., y Krewer, G. (2007). Effect of Storage Conditions on the Biological Activity of Phenolic Compounds of Blueberry Extract Packed in Glass Bottles. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 55 (7): 2705–2713.

SYSTEC (the autoclave Company). Consulta 13/06/2016. <http://www.systec-lab.com/>

Tarrega, J., Betoret, N., y Betoret, E. (2008). Efecto de la presión de homogeneización sobre la actividad antioxidante de zumo de mandarina (var. Ortanique).

Vaillant, F., Millan, P., O'Brien, G., Dornier, M., Decloux, M., y Reynes, M. (1999). Crossflow microfiltration of passion fruit juice after partial enzymatic liquefaction. *Journal of Food Engineering*. 42 (4): 215–224.

Vichi, A., Ferrari, M., y Davidson, C. (2004). Color and opacity variations in three different resin-based composite products after water aging. *Dental Materials*. 20: 530-34