

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de Título

**FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE HELADOS Y SORBETES
ARTESANALES CON ADICIÓN DE PULPA DE TUNAS DE COLORES**

TANIA FRANCISCA PÉREZ NAVARRO

Santiago, Chile.

2016

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de Título

**FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE HELADOS Y SORBETES
ARTESANALES CON ADICIÓN DE PULPA DE TUNAS DE COLORES**

**FORMULATION AND CHARACTERIZATION OF HOMEMADE ICE CREAM
AND SORBETS WITH COLORED CACTUS PEARS**

TANIA FRANCISCA PÉREZ NAVARRO

Santiago, Chile.

2016

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de Título

**FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE HELADOS Y SORBETES
ARTESANALES CON ADICIÓN DE PULPA DE TUNAS DE COLORES**

Memoria para optar al título profesional de:
Ingeniera Agrónoma

TANIA FRANCISCA PÉREZ NAVARRO

| | Calificaciones |
|---|-----------------------|
| Profesores Guías | |
| Carmen Sáenz H. Químico Farmacéutico, Dra. | 6,3 |
| Marcela Medel M. Ingeniero Agrónomo, Dra. | 6,4 |
| Profesores Evaluadores | |
| Juan Manuel Uribe M. Ingeniero Agrónomo | 5,8 |
| Hugo Nuñez K. Ingeniero Agrónomo, Mg. Cs. | 6,0 |

Santiago, Chile.

2016

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| RESUMEN | 1 |
| ABSTRACT | 2 |
| INTRODUCCIÓN | 3 |
| OBJETIVOS | 5 |
| MATERIALES Y MÉTODOS | 6 |
| Lugar de estudio | 6 |
| Materiales | 6 |
| Ingredientes | 6 |
| Métodos | 6 |
| Preparación de la mezcla para la elaboración de helados | 7 |
| Preparación de la mezcla para la elaboración de sorbetes | 8 |
| Formulación de helados y sorbetes | 8 |
| Análisis y evaluaciones | 10 |
| Determinación de las características químicas y físicas | 10 |
| Análisis a las pulpas de tuna | 10 |
| Análisis a los productos terminados | 10 |
| Evaluación sensorial | 11 |
| Determinación de atributos sensoriales mediante <i>Focus group</i> | 11 |
| Evaluación de parámetros de calidad de helados y sorbetes | 11 |
| Aceptabilidad y preferencia | 11 |
| Diseño experimental y análisis estadístico..... | 12 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 13 |
| Caracterización de la materia prima..... | 13 |
| Formulación de helados y sorbetes | 14 |
| Evaluaciones sensoriales | 14 |
| <i>Focus group</i> | 14 |
| Parámetros de calidad de helados y sorbetes seleccionados | 15 |
| Aceptabilidad y preferencia de los productos seleccionados | 20 |
| Características químicas y físicas..... | 20 |
| Características tecnológicas | 23 |
| CONCLUSIONES | 24 |
| BIBLIOGRAFÍA | 25 |
| ANEXOS | 28 |
| APENDICES | 35 |

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

| | |
|--|----|
| Cuadro 1. Formulación de la mezcla base de sorbetes y helados | 8 |
| Cuadro 2. Caracterización de las pulpas de tuna utilizadas..... | 13 |
| Cuadro 3. Evaluación sensorial de calidad de helados de tuna anaranjada con adición de distintos porcentajes de pulpa | 16 |
| Cuadro 4. Evaluación sensorial de calidad de helados de tuna púrpura con adición de distintos porcentajes de pulpa | 16 |
| Cuadro 5. Preferencias de helados de tuna anaranjada y tuna púrpura con distintos porcentajes de adición | 17 |
| Cuadro 6. Evaluación sensorial de calidad de sorbetes de tuna anaranjados con adición de distintos porcentajes de pulpa | 19 |
| Cuadro 7. Evaluación sensorial de calidad de sorbetes de tuna púrpura con adición de distintos porcentajes de pulpa | 19 |
| Cuadro 8. Preferencias de sorbetes de tuna anaranjada y tuna púrpura con distinta adición de pulpa | 18 |
| Cuadro 9. Aceptabilidad y preferencia de sorbetes y helados finales | 20 |
| Cuadro 10. Caracterización tecnológica de los sorbetes y helados de tuna anaranjada y púrpura seleccionados | 21 |
| Cuadro 11. Parámetros de color de sorbetes y helados de tunas de colores..... | 21 |
| Cuadro 12. Características físicas de sorbetes y helados seleccionados | 23 |
| Figura 1. Tuna de ecotipo anaranjado | 6 |
| Figura 2. Tuna de ecotipo púrpura..... | 6 |
| Figura 3. Pulpa de tuna de ecotipos púrpura y anaranjado..... | 7 |
| Figura 4. Diagrama de flujo de producción de helados y sorbetes..... | 9 |
| Figura 5. Helados y sorbetes de tuna púrpura y anaranjada evaluados por el <i>Focus group</i> | 14 |

| | |
|--|----|
| Figura 6. Helados y sorbetes seleccionados | 18 |
| Figura 7. Perfiles por HPLC-DAD para betalaínas presentes en materia prima, sorbetes y helados de tunas de colores..... | 22 |

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue formular y elaborar helados y sorbetes utilizando pulpa de tunas de dos ecotipos, anaranjado y púrpura.

Se realizaron cuatro ensayos, dos de helados y dos de sorbetes de pulpa anaranjada y púrpura. La pulpa se adicionó en cuatro niveles para cada producto. Para helados, fue de 30, 25, 20 y 15 %, y para sorbetes, 40, 35, 30 y 25 %. La mezcla base de los helados consistió en 76,9 % de leche, 8,6 % de crema, 14 % de azúcar y 0,5 % de agar agar, mientras que para los sorbetes fue de 89,5 % de agua, 10 % de azúcar y 0,5 % de agar agar. Se determinaron las características químicas y físicas de la materia prima y los productos resultantes (color, pH, acidez, sólidos solubles, capacidad antioxidante, contenido de betalaínas, peso específico, *overrun*). A ambos productos, se les realizó un análisis sensorial, para lo cual previamente un *Focus group* determinó los atributos sensoriales a medir. La elección de la formulación seleccionada se efectuó a través de las características de calidad sensorial y preferencia. Los helados seleccionados fueron aquellos con 25 % y 20 % de pulpa y los sorbetes con 40 % y 35 %, para tuna anaranjada y púrpura respectivamente. El contenido de betalaínas totales fue 635,03 y 990,38 mg L⁻¹ para pulpas; 46,93 y 96,23 mg L⁻¹ para sorbetes y 20,47 y 39,54 mg L⁻¹ para helados de tuna anaranjada y púrpura, respectivamente. La capacidad antioxidante fue 860,7 y 1213,0 para pulpas; 65,3 y 56,6 para sorbetes y 60,2 y 39,5 (μmol Eq Trolox 100 mL⁻¹) para helados de pulpa anaranjada y púrpura, respectivamente. El *overrun* fue 18,13 y 7,53 % para sorbetes y 30,22 y 16,91 % para helados anaranjados y púrpura respectivamente.

A nivel de consumidores los parámetros fueron evaluados por un grupo de 60 personas. En aceptabilidad, la evaluación de los sorbetes no tuvo diferencias significativas entre ambos ecotipos, a diferencia de los helados, en donde el helado con adición de 25 % de tuna anaranjada fue más aceptado. En el caso de las preferencias de los cuatro productos, el helado de tuna anaranjada fue el más preferido.

Palabras claves: *Opuntia ficus-indica*, helados, sorbetes, tunas de colores.

ABSTRACT

The aim of this work was to formulate and produce ice creams and sorbets using two ecotypes prickly pears pulp, orange and purple.

Four tests were carried out, two of ice cream and two of orange and purple pulp sorbets. The pulp was added in four levels for each product. For ice cream, was 30, 25, 20 and 15 %, and for sorbets, 40, 35, 30 and 25 %. The base mix of ice cream consisted of 76,9 % milk, 8,6 % cream, 14 % sugar and 0,5 % agar agar. While for sorbets the mix was 89,5 % water, 10 % sugar and 0,5 % agar agar. The chemical and physical characteristics of the raw material were determined and also the resulting products (colour, pH, acidity, soluble solids, antioxidant capacity, betalains content, specific weight, overrun). Both products passed through sensory analysis, which previously a Focus group determined the sensory attributes to measure. The choice of the selected formulation was made by sensory quality characteristics and preference. The chosen ice creams were those with 25 % and 20 % pulp and the sorbets with 40 % and 35 % for orange and purple cactus pears respectively. The content of total betalains was 635,03 and 990,38 mg L⁻¹ for pulp; 46,93 and 96,23 mg L⁻¹ for sorbets and 20,47 and 39,54 mg L⁻¹ for orange and purple cactus pear ice creams, respectively. The antioxidant capacity was 860,7 and 1213,0 for pulps; 65,3 and 56,6 for sorbets and 60,2 and 39,5 (µmol Eq Trolox 100 mL⁻¹) for orange and purple pulp ice creams. The overrun was 18,13 and 7,53 % for sorbets and 30,22 and 16,91 % for orange and purple ice cream, respectively.

At consumer level, the parameters were evaluated by a group of 60 people. In acceptability, the sorbets assessments did not have significant differences between both ecotypes, unlike ice creams, where the ice cream with 25 % addition of orange cactus pear was more accepted. For the preference case of the four products, the orange cactus pear ice cream was the most preferred.

Keywords: *Opuntia ficus-indica*, ice cream, sorbet, colored cactus pear.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la demanda de los consumidores en el ámbito de los alimentos ha cambiado considerablemente, hoy en día existe una conciencia cada vez mayor sobre la relación alimentación y salud (Patel, 2013). Hoy se busca no sólo satisfacer las necesidades nutricionales sino también prevenir enfermedades y mejorar el bienestar físico y mental. En este sentido, los alimentos funcionales juegan un papel destacado, ya que estos representan una de las áreas más interesantes de la investigación y de la innovación en la industria alimentaria (Jones y Jew, 2007). Esta es una de las razones principales de por qué los estudios se han enfocado cada vez más al valor nutritivo y funcional de los alimentos (Erkaya *et al.*, 2012).

Con el desarrollo de esta nueva tendencia se ha investigado el valor nutritivo y funcional de frutas presentes en el mercado, que cumplirían con las expectativas de los consumidores. Recientemente, los frutos de tuna (*Opuntia ficus-indica*), especie de zonas áridas extensamente cultivada en varias partes del mundo, han llamado especialmente la atención, ya que contiene varios compuestos biológicamente activos, además del conocido valor nutritivo en términos de fibra dietética y minerales y aceites ricos en ácidos grasos poliinsaturados en sus semillas y minerales (Sáenz, 2006; Coria-Cayupán *et al.*, 2010). Existe por tanto, un nuevo interés por consumir este fruto y por innovar en productos derivados, los que podrían ser atractivos para el creciente mercado de los alimentos funcionales (Jana, 2012).

Las tunas se consumen generalmente en fresco, pero también existen diversas alternativas de industrialización que han sido descritas en detalle por Sáenz (2000) y Sáenz (2006). Un atractivo especial tienen los frutos de tunas de colores, en los cuales el color de la cáscara y la pulpa varía entre tonos verde, amarillo, anaranjado, rojo, y púrpura (Sáenz *et al.*, 2001). Estos colores se deben a la presencia de betalaínas, las cuales se caracterizan por tener un buen potencial como colorantes alimentarios naturales (Sáenz *et al.*, 2009; Sáenz *et al.*, 2012; Vergara *et al.*, 2014), además de presentar una interesante actividad antioxidante (Azeredo, 2008; Sáenz *et al.*, 2009). La importancia de estos pigmentos presenta un interés especial en la industria alimentaria, ya que hoy en día existe una creciente demanda de colorantes naturales en lugar de sintéticos (Jana, 2012). La existencia de ecotipos coloreados de tuna abre otras posibilidades para diversificar el cultivo y el aprovechamiento industrial de esta especie (Sáenz, 2006). Como ya se ha señalado, se ha probado este fruto para una serie de productos procesados, dentro de los cuales destacan dulces, mermeladas, purés, aderezos, salsas para postres y bebidas (Sarkar *et al.*, 2011). Dentro de la tendencia del desarrollo de nuevos alimentos a partir de la tuna, aparece como una nueva alternativa la elaboración de productos menos explorados como es el caso de helados y sorbetes.

Un helado es un alimento cuya formulación básica consiste en leche, crema, azúcar, estabilizantes, emulsionantes, los cuales varían en distintas proporciones. Los helados comerciales también pueden contener otros ingredientes funcionales, como colorantes naturales (Schmidt, 2008). Este producto contiene alto valor nutricional debido a su alto nivel de grasa y proteínas. En general es un producto alto en calorías y pobre en antioxidantes naturales, fibra dietética y minerales (Erkaya *et al.*, 2012).

La estructura del helado determina varios parámetros sensoriales importantes en el producto final, como son la consistencia y textura. Esta estructura proviene del proceso de fabricación que incluye las etapas de precalentamiento, homogenización, pasteurización, maduración, congelación y endurecimiento, así como de los diversos componentes utilizados en la formulación (Granger *et al.*, 2005).

Por su parte un sorbete es el producto obtenido por el batido y congelamiento manual o mecánico de mezclas pasteurizadas y homogenizadas, las que en su composición no poseen productos lácteos, ni grasa (Di Bartolo, 2005). En general, las formulaciones para sorbetes están compuestas por fruta y jugo de fruta, clara de huevo para ayudar en la aireación, pectinas u otras gomas estabilizantes, azúcar (fructosa proveniente de la fruta y azúcar adicionada) y agua (Marshall *et al.*, 2003).

En la actualidad son muy escasas las investigaciones acerca de formulación de helados de tunas, una de ellas es la realizada por El-Samahy *et al.* (2009) quienes señalan en un estudio preliminar sobre elaboración de helado de tuna roja, que con la adición de pulpa de tuna en un 5 a 10 % en un helado base, resulta un alimento deseable sensorialmente. La tuna anaranjada, también de atractivo color, no fue incluida en el trabajo mencionado. Hasta donde conocemos, no hay estudios sobre sorbetes de tunas de colores, producto que se encuentra en alza entre los productos congelados, al igual que los helados, ya que según International Dairy Foods Association (IDFA) en su informe de 2012 acerca de los países que lideran el consumo per cápita de helados, Chile se encuentra en el puesto 10 a nivel global, y es el número uno de Latinoamérica con un consumo per cápita de 10,4 litros al año (IDFA, 2012).

En este contexto, se plantea este trabajo, con el fin de aumentar las alternativas de utilización de una especie de zonas áridas cuyo potencial es promisorio para la agroindustria, además, se estudiará la incorporación de una mayor proporción de pulpa de fruta en el helado con respecto a otros estudios, y el desarrollo de sorbetes de tunas de colores.

OBJETIVOS

- Formular y elaborar helados y sorbetes utilizando pulpa de tunas de dos ecotipos, anaranjado y púrpura.
- Caracterizar química, física y sensorialmente los helados y sorbetes obtenidos.
- Evaluar la aceptabilidad y preferencia de helados y sorbetes a nivel de consumidores.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de estudio

Este estudio se realizó en los Laboratorios de Productos Vegetales, de Ingredientes funcionales y de Análisis sensorial del Departamento de Agroindustria y Enología de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, Región Metropolitana, durante la temporada 2014-2015.

Materiales

Se utilizaron ecotipos de tuna (*Opuntia ficus-indica*) anaranjada (Figura 1) y púrpura (Figura 2), cosechadas en el Jardín de variedades de la Estación Experimental del Campus Antumapu, Comuna La Pintana, Región Metropolitana.



Figura 1. Tuna de ecotipo anaranjado

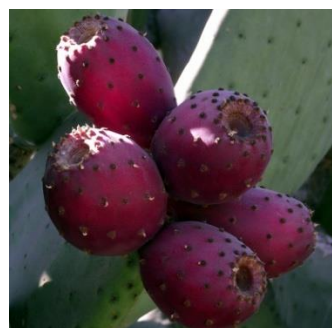


Figura 2. Tuna de ecotipo púrpura

Ingredientes

Para la mezcla básica del helado se utilizó leche entera, crema, azúcar y agar-agar. Para el sorbete los materiales utilizados fueron agua, azúcar, agar-agar. Todos los ingredientes se adquirieron en el mercado local.

Métodos

Este estudio consistió de tres etapas:

1. Preparación de la mezcla para la elaboración de los helados

Los frutos se cosecharon manualmente en el mes de Marzo de 2014, en la mañana, temprano, tal como se recomienda para estos frutos. Estos se lavaron con agua clorada 50 ppm, se pelaron y la pulpa se obtuvo en una pulpadora semi-industrial con tamiz de 1 mm (Fig. 3), siendo almacenada en bolsas tipo ziploc en un congelador a -20 °C, hasta su utilización.



Figura 3. Pulpa de tuna de ecotipos púrpura y anaranjado

Para la elección de las formulaciones del helado se tomó como base el trabajo de Marshall *et al.* (2003). De acuerdo a las distintas formulaciones propuestas en este trabajo, se probaron en diferentes proporciones los ingredientes hasta formular una mezcla base. A la mezcla final se le adicionó pulpa de tuna de colores en diferentes niveles (15 %, 20 %, 25 %, 30 %).

La preparación de la mezcla base consistió en calentar primero la leche con la crema en una placa calefactora con agitación constante, hasta que alcanzara 80 °C (temperatura requerida para la disolución del agar-agar). Cuando se llegó a esta temperatura, se adicionó azúcar y el agar-agar. La pulpa se adicionó cuando la mezcla base estaba a una temperatura de 40 °C y bajo agitación constante para lograr homogeneidad en el producto. La mezcla final se dejó enfriar a temperatura ambiente y se colocó en una máquina elaboradora de helados (Gelataio Magnum Plus GC4000, SIMAC, Italia) por alrededor de 40 minutos, hasta obtener una mezcla de consistencia semi-sólida de apariencia pastosa. Se envasaron los helados en recipientes plásticos de 25 mL y se almacenaron en un congelador a -18 °C.

2. Preparación de la mezcla para la elaboración de los sorbetes

Para la preparación de los sorbetes, la formulación base se tomó de Di Bartolo (2005). La cual consistió en la adición de pulpa de tuna en cuatro niveles (25 %, 30 %, 35 %, 40 %) a una mezcla preparada con agua, azúcar y agar-agar. La preparación consistió en calentar el agua hasta 80 °C en una placa calefactora, luego bajo agitación constante se adicionó el agar-agar, hasta que este estuviera disuelto, para luego agregar el azúcar y finalmente la pulpa de tuna. Al igual que los helados, se dejó enfriar a temperatura ambiente y se elaboraron los sorbetes en la máquina antes señalada. Se envasaron también en recipientes plásticos de 25 mL y se almacenaron a -18 °C.

En la Figura 4 se presenta el diagrama de flujo de la producción de helados y sorbetes de tunas de colores.

3. Formulación de helados y sorbetes

En el Cuadro 1 se indican las formulaciones de las mezclas bases de sorbetes y helados. Las proporciones varían de acuerdo a la adición de pulpa de cada producto, es decir, cuando el producto tiene una adición de pulpa de un 30 %, el 70 % restante es mezcla base. Tal como se indicó anteriormente, las adiciones de pulpa fueron en cuatro niveles, 15 %, 20 %, 25 % y 30 % para los helados y 25 %, 30 %, 35 %, 40 % para sorbetes.

Cuadro 1. Formulación de la mezcla base de sorbetes y helados.

| Ingredientes | Helados (%) | Sorbetes (%) |
|---------------------|--------------------|---------------------|
| Leche | 76,9 | - |
| Crema | 8,6 | - |
| Azúcar | 14 | 10 |
| Agar-Agar | 0,5 | 0,5 |
| Agua | - | 89,5 |

Para la elección de la formulación de helados y sorbetes se realizó una evaluación sensorial preliminar con el fin de determinar el dulzor adecuado de la mezcla base y posteriormente de la intensidad de sabor a tuna de los productos con el fin de que los niveles fueran para el gusto de los consumidores.

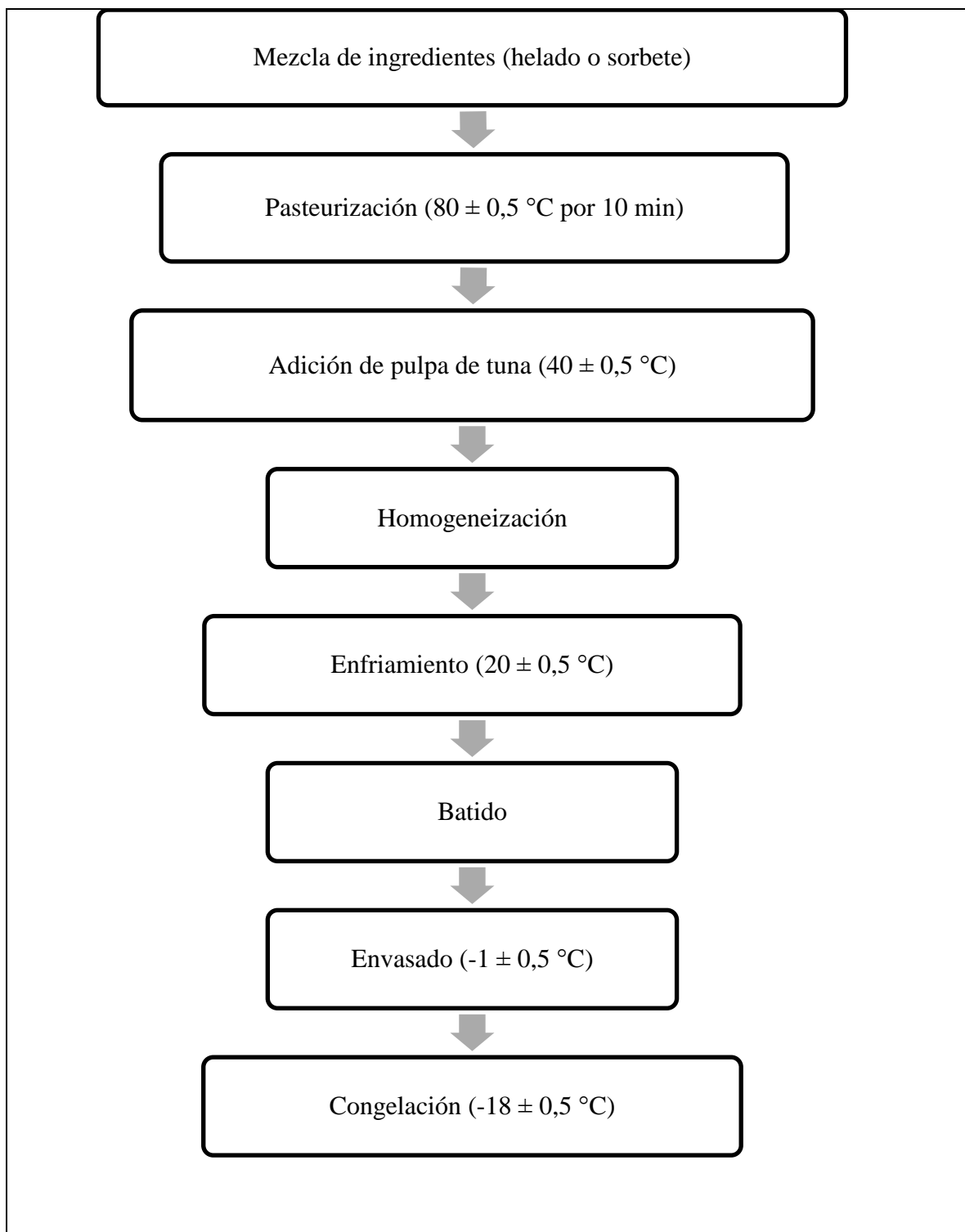


Figura 4. Diagrama de flujo de producción de helados y sorbetes.

Análisis y evaluaciones

Determinación de las características químicas y físicas a las pulpas, helados y sorbetes

A continuación se detallan los análisis efectuados a las pulpas de tuna y a los productos terminados.

Análisis a las pulpas de tunas

A las pulpas anaranjadas y púrpuras de tunas se les determinó, pH (pH metro 320, Corning, EEUU), acidez (% ác. cítrico), sólidos solubles (°Brix) (Refractómetro digital, BOE 32195, Alemania) según lo descrito en AOAC (1996) y relación azúcar/acidez.

Los parámetros de color (L, a* y b*, C* y h°) se determinaron utilizando un colorímetro (UltraScan PRO, Hunter Lab, EEUU).

La identificación y el contenido de betalaínas (mg L⁻¹) se realizó por HPLC de acuerdo al método propuesto por Fernández-López y Almela (2001).

La determinación de la capacidad antioxidante por el método de ORAC se realizó de acuerdo al protocolo propuesto por Huang *et al.* (2002), en un Fluorímetro Biotek FLx800 (BioTek Instruments, Inc., Winooski, VT).

Análisis a los productos terminados (helados y sorbetes)

A helados y sorbetes se les realizaron los mismos análisis ya señalados anteriormente para las pulpas, y además se les determinó, como características tecnológicas, propias de estos productos, las siguientes:

Peso específico, en base a lo descrito por Winton (1958). Se midió el peso del helado o sorbete y el volumen de esa porción y luego estas cantidades fueron ponderadas según la Ec. (1).

$$\text{Ec. (1) Peso específico (gr/mL)} = \frac{\text{Peso del helado o sorbete}}{\text{Volumen}}$$

Índice de aireación (*Overrun*) o la cantidad de aire agregado a la mezcla en porcentaje del volumen, se calculó según Arbuckle (1977) midiendo la cantidad de la mezcla antes de congelar y la cantidad después de terminado el procedimiento de acuerdo a la Ec. (2).

$$\text{Ec. (2) } \textit{Overrun} (\%) = \frac{\text{Volumen final del helado} - \text{Volumen de mezcla}}{\text{Volumen de mezcla}} \times 100$$

Evaluación sensorial

Determinación de atributos sensoriales a evaluar mediante un *Focus group*.

El *Focus group* estuvo compuesto por cinco evaluadores entrenados, los cuales definieron atributos de calidad en helados y sorbetes, para describir intensidad de los atributos por el método de Quality Description Analysis (QDA) (Lawless, 2010). Las evaluaciones de helados y sorbetes se realizaron en sesiones distintas, las cuales estuvieron compuestas por cuatro muestras correspondientes a las distintas adiciones de pulpa de tuna. En el caso de los helados, el *Focus group* tomó como referencia para evaluar, cuatro muestras pertenecientes al ecotipo de tuna púrpura, y en el caso de los sorbetes se evaluaron los anaranjados. Los atributos así definidos, se tomaron como base para el resto de las evaluaciones, asumiendo que los parámetros definidos eran válidos independiente del color de la tuna utilizada.

Con el trabajo efectuado por el *Focus group* se elaboraron las pautas de Evaluación de Calidad, tanto para helados como para sorbetes (Apéndice I).

Evaluación de parámetros de calidad de helados y sorbetes

Para la evaluación de parámetros de calidad, se realizaron dos sesiones, en donde 12 jueces entrenados evaluaron las características definidas anteriormente por el *Focus group*.

Las sesiones consistieron, la primera en la evaluación de los sorbetes anaranjados y la segunda, los helados púrpuras. Las muestras se evaluaron al azar en vasos de 25 mL. Se elaboraron pautas no estructuradas de 0-15 cm en donde 0 corresponde a ausencia del atributo y 15 a la mayor intensidad máxima del atributo (Apéndices II y III).

Aceptabilidad y preferencia

La aceptabilidad y preferencia de helados y sorbetes se realizó en una misma sesión para los cuatro productos seleccionados. La evaluación la realizaron 60 consumidores de un rango de edad de 18 a 60 años, consumidores frecuentes de helados. La entrega para aceptabilidad fue en orden monádico (de manera individual, para evitar comparaciones), la cual correspondió en primer lugar a los sorbetes seguidos de los helados. Para ambos productos, primero se entregaron las muestras de pulpa anaranjada y luego las muestras púrpura. Se elaboraron pautas no estructuradas de 0-15 cm en donde 0 correspondía a me disgusta mucho y 15 me gusta extremadamente (Apéndice IV). La evaluación de preferencia consistió en ordenar los productos preferidos de mayor a menor según el test de Ranking (Apéndice V). Los consumidores realizaron la evaluación con las cuatro muestras finales al mismo tiempo.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se realizaron cuatro ensayos independientes, dos para helados y dos para sorbetes, según ecotipo de tuna.

Para el análisis sensorial, se realizó un diseño en bloques completamente al azar. Este ensayo se efectuó con 12 panelistas entrenados para evaluar los parámetros de calidad, y 60 consumidores no entrenados para los análisis de aceptabilidad. La unidad experimental correspondió a una porción de 25 mL.

Para los análisis químicos y físicos se estableció un diseño completamente al azar. Se efectuaron tres repeticiones por cada uno de los tratamientos finales. La unidad experimental correspondió a una porción de 25 mL.

Los resultados se analizaron estadísticamente mediante ANDEVA (Análisis de Varianza), con un nivel de significancia de un 5 % con el fin de evaluar si existen diferencias. Al encontrarse diferencias significativas se realizó un test de Tukey de separación de medias a través del programa Infostat para los análisis químicos, físicos y sensoriales. Para los análisis sensoriales de preferencia se realizó el Test de Friedman.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de la materia prima

En el Cuadro 2 se muestran las características físicas y químicas de las pulpas de tuna anaranjada (PTA) y púrpura (PTP) utilizadas para la elaboración de los helados y sorbetes.

Cuadro 2. Caracterización de las pulpas de tuna utilizadas.

| Parámetros | PTA | PTP |
|--|----------------|----------------|
| pH | 6,24 ± 0,06 | 6,59 ± 0,01 |
| Acidez (% Ac. cítrico) | 0,034 ± 0,001 | 0,035 ± 0,000 |
| Sólidos solubles (°Brix) | 13,53 ± 0,21 | 13,50 ± 0,36 |
| Relación ss/Acidez | 397 ± 4,33 | 386 ± 7,36 |
| Color | | |
| L | 37,95 ± 0,96 | 11,49 ± 0,27 |
| a* | 35,55 ± 0,78 | 41,03 ± 0,39 |
| b* | 64,12 ± 1,61 | 19,26 ± 0,49 |
| C* | 73,32 ± 1,75 | 45,32 ± 0,56 |
| h° | 60,98 ± 0,33 | 25,14 ± 0,36 |
| Betacianinas (mg EB L ⁻¹) ¹ | 98,48 ± 7,32 | 586,78 ± 19,42 |
| Betaxantinas (mg EI L ⁻¹) ² | 536,55 ± 31,43 | 403,60 ± 37,71 |
| ORAC (μmol Eq Trolox 100 mL ⁻¹) | 860,7 ± 33,2 | 1213,0 ± 87,0 |

¹EB: Equivalente a betanina. ²EI: Equivalente a indicaxantina.

PTA: Pulpa de tuna anaranjada. PTP: Pulpa de tuna púrpura.

De acuerdo a los resultados de los parámetros determinados en las pulpas que se indican en el Cuadro 2, los parámetros de pH, acidez, sólidos solubles, relación ss/acidez y betalaínas se encuentran dentro del rango informado para frutos de la especie *Opuntia ficus-indica* de color anaranjado y púrpura (Castellar *et al.*, 2003; Morales *et al.*, 2008; Sáenz *et al.*, 2009). El contenido de betacianinas y betaxantinas, alcanzó valores de 98,48 mg EB L⁻¹ y 536,55 mg EI L⁻¹ para tuna anaranjada y 586,78 mg EB L⁻¹ y 403,60 mg EI L⁻¹ púrpura. Estos resultados fueron mayores a los obtenidos por Stintzing *et al.* (2005) (6,6 mg EB L⁻¹ y 76,3 mg EI L⁻¹ para tuna anaranjada y 431,0 mg EB L⁻¹ y 195,8 mg EI L⁻¹ para tuna púrpura), por Sáenz *et al.* (2009) y Morales *et al.* (2009) (111 mg EB kg⁻¹ para tuna púrpura y 89,4 mg EI Kg⁻¹ para tuna anaranjada).

Los resultados de color se encuentran dentro del rango de los datos determinados por Sáenz *et al.* (Datos no publicados¹) para pulpa de tuna anaranjada y tuna púrpura.

¹Comunicación Personal. Dra. Carmen Sáenz, Depto. Agroindustria y Enología, Fac. Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

La capacidad antioxidante fue mayor en tuna púrpura. Para tuna anaranjada los valores fueron menores a los resultados obtenidos por Sáenz *et al.* (Datos no publicados²) ($1.139 \mu\text{mol Eq Trolox } 100 \text{ mL}^{-1}$).

Las diferencias en los resultados pueden ser explicadas por factores como el cultivar o variedad, madurez, clima, y procedencia, entre otros (Stintzing *et al.*, 2005; Stintzing y Carle, 2004).

Formulación de helados y sorbetes

La Figura 5 muestra los tratamientos de helados y sorbetes de cada ecotipo con las distintas adiciones de pulpa que fueron evaluados por el panel para definir parámetros de calidad.

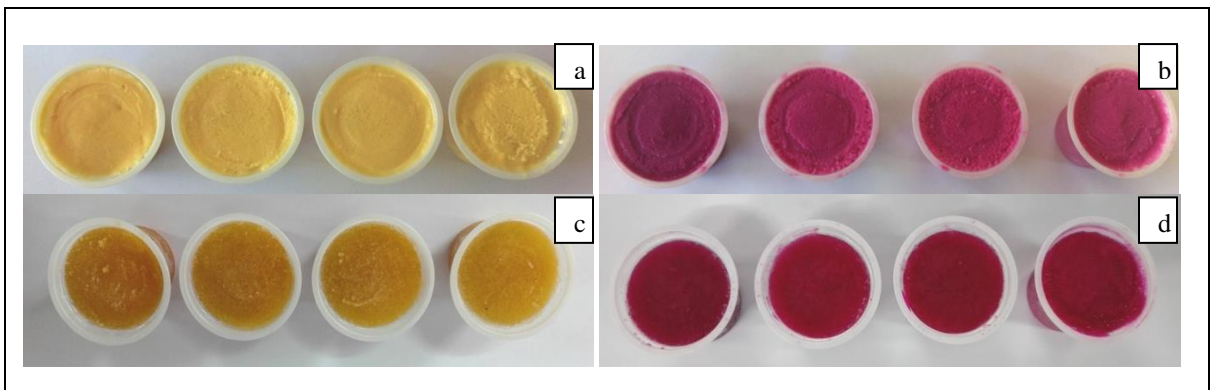


Figura 5. Helados y sorbetes de tuna púrpura y anaranjada evaluados por el *Focus group*. a) Tratamientos de helados de tuna anaranjada. b) Tratamientos de helados de tuna púrpura. c) Tratamientos de sorbetes de tuna anaranjada. d) Tratamientos de sorbetes de tuna púrpura. (Muestras ordenadas de mayor a menor porcentaje de adición).

Evaluaciones sensoriales

Focus group

Los evaluadores del *Focus group* definieron ocho atributos de calidad a evaluar para los helados:

Intensidad de color, intensidad aromática, grado de cristalización, cremosidad, sabor a leche, sabor a tuna, persistencia del sabor y dulzor.

²Comunicación Personal. Dra. Carmen Sáenz, Depto. Agroindustria y Enología, Fac. Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

En el caso de los sorbetes los atributos definidos para evaluar fueron nueve: Intensidad de color, apariencia del sorbete, intensidad aromática, aroma a tuna, grado de cristalización, untuosidad, sabor a tuna, dulzor y persistencia del dulzor. Con esta información se elaboraron las Pautas de Evaluación (Apéndice II y III).

Parámetros de calidad de helados y sorbetes seleccionados

En los Cuadros 3 y 4 se presentan los parámetros de calidad para los tratamientos de helados, según ecotipo de tuna.

En intensidad de color, como era de esperar, presentan mayores valores los helados con mayor proporción de pulpa. Los parámetros de cremosidad y el grado de cristalización, se ven influenciados por el porcentaje de leche y crema en la formulación, estos ingredientes le confieren características de textura y suavidad en boca al helado (Marshall y Arbuckle, 1996). El helado con mayor adición de pulpa (HA30) presentó menor cremosidad y mayor grado de cristalización. Con respecto al sabor a tuna, el panel sólo encontró diferencias significativas en el tratamiento con menor adición (HA15). Para los demás parámetros evaluados no existieron diferencias.

El helado con menor adición de pulpa (HP15), presentó menor intensidad de color e intensidad aromática. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en los parámetros de cremosidad, grado de cristalización y sabor a leche, debido a la formulación. En algunos parámetros (intensidad de color y cremosidad), no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos HP30 y HP20, sin embargo, sí existen diferencias entre estos y HP25, lo cual no es congruente de acuerdo a las formulaciones, esto podría deberse a la dificultad de la evaluación de este tipo de productos.

Cuadro 3. Evaluación sensorial de calidad de helados de tuna anaranjada con adición de distintos porcentajes de pulpa.

| Muestra | Intensidad de color | Intensidad aromática | Dulzor | Cremosidad | Grado de cristalización | Sabor a leche | Sabor a tuna | Persistencia del sabor |
|---------|---------------------|----------------------|-------------|---------------|-------------------------|---------------|--------------|------------------------|
| HA30 | 11,84±1,93 a | 5,37±3,80 a | 7,86±2,69 a | 9,51±1,80 b | 8,65±2,28 a | 8,54±2,33 a | 9,45±2,00 a | 8,88±1,41 a |
| HA25 | 10,33±1,98 a | 6,79±3,51 a | 8,53±2,18 a | 9,85±2,13 ab | 6,33±3,28 b | 8,48±2,87 a | 8,40±2,90 a | 8,52±1,60 a |
| HA20 | 9,15±1,92 b | 6,57±2,52 a | 9,50±2,86 a | 10,03±1,77 ab | 5,32±3,26 b | 9,35±2,79 a | 8,25±2,99 a | 8,41±1,93 a |
| HA15 | 8,03±2,71 b | 4,43±3,21 a | 8,69±3,25 a | 11,13±2,04 a | 5,69±2,63 b | 10,27±2,58 a | 5,62±2,64 b | 8,44±1,16 a |

Valores expresados como medias. Letras minúsculas distintas en cada columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0,05$), según prueba de rango múltiple de *Tukey*. HA30: helado PTA con 30% de pulpa; HA25: helado PTA con 25% de pulpa; HA20: helado PTA con 20% de pulpa; HA15: helado PTA con 15% de pulpa.

Cuadro 4. Evaluación sensorial de calidad de helados de tuna púrpura con adición de distintos porcentajes de pulpa.

| Muestra | Intensidad de color | Intensidad aromática | Dulzor | Cremosidad | Grado de cristalización | Sabor a leche | Sabor a tuna | Persistencia del sabor |
|---------|---------------------|----------------------|-------------|--------------|-------------------------|---------------|--------------|------------------------|
| HA30 | 13,17±1,79 a | 7,06±3,68 ab | 7,60±2,95 a | 8,59±1,36 ab | 9,05±3,20 ab | 6,45±2,70 b | 10,85±1,50 a | 10,17±2,12 a |
| HA25 | 10,13±2,06 b | 7,97±3,50 a | 7,41±4,01 a | 6,27±2,09 b | 10,56±1,78 a | 6,52±3,75 b | 9,88±2,12 a | 9,06±2,52 a |
| HA20 | 12,04±1,65 a | 6,83±3,49 ab | 8,13±3,19 a | 9,73±1,69 a | 8,78±2,81 b | 8,39±2,88 b | 9,79±2,02 a | 7,81±2,33 a |
| HA15 | 8,14±2,75 c | 4,41±2,98 b | 9,66±2,53 a | 10,37±2,06 a | 6,31±3,43 c | 10,81±2,27 a | 8,05±3,06 a | 8,20±2,01 a |

Valores expresados como medias. Letras minúsculas distintas en cada columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0,05$), según prueba de rango múltiple de *Tukey*. HP30: helado PTP con 30% de pulpa; HP25: helado PTP con 25% de pulpa; HP20: helado PTP con 20% de pulpa; HP15: helado PTP con 15% de pulpa.

En el Cuadro 5 se presentan las preferencias de helados de tuna anaranjada y púrpura con distintos porcentajes de adición.

Cuadro 5. Preferencias de helados de tuna anaranjada y tuna púrpura con distintos porcentajes de adición.

| Tuna Anaranjada | | Tuna púrpura | |
|------------------------|-------------|----------------------|-------------|
| Orden de preferencia | Tratamiento | Orden de preferencia | Tratamiento |
| 4° | HA30 | 3° | HP30 |
| 3° | HA25 | 4° | HP25 |
| 2° | HA20 | 2° | HP20 |
| 1° | HA15 | 1° | HP15 |

HA30: helado PTA con 30% de pulpa; HA25: helado PTA con 25% de pulpa; HA20: helado PTA con 20% de pulpa; HA15: helado PTA con 15% de pulpa; HP30: helado PTP con 30% de pulpa; HP25: helado PTP con 25% de pulpa; HP20: helado PTP con 20% de pulpa; HP15: helado PTP con 15% de pulpa.

El orden de preferencia, en el caso de los helados de tuna anaranjada, de más a menos preferido, fue HA15 la muestra más preferida y HA30 la menos preferida. Tomando en cuenta las características de calidad, se evaluaron los tratamientos HA25 y HA20, que correspondían a los mejores evaluados sensorialmente. Se determinó que HA25 era el helado seleccionado para las evaluaciones siguientes.

En el caso de los helados de tuna púrpura, los helados preferidos fueron HP15 y HP20. Con el fin de combinar buenas características sensoriales, mayor preferencia y una adición de pulpa de tuna que sea aceptada por los consumidores, el helado seleccionado de tuna púrpura fue HP20.

El Cuadro 6 presenta las características de calidad de sorbetes anaranjados. La intensidad de color fue el único parámetro discriminado por el panel por poseer diferencias significativas entre tratamientos. Como era de esperar, SA40 y SA35, que corresponden a los sorbetes con mayor adición de pulpa, presentaron mayor intensidad de color, a su vez, SA25 presentó la menor intensidad.

Con respecto a los sorbetes de tuna púrpura, presentados en el Cuadro 7, existen diferencias significativas en los parámetros de dulzor y persistencia del dulzor. En ambos, SP30 es considerado por los evaluadores como el sorbete con menor dulzor.

Para la selección de los sorbetes, se consideró el tratamiento que combinara buenas características sensoriales de calidad, adición de pulpa y preferencia. En el caso de los sorbetes anaranjados, la preferencia, mostrada en el Cuadro 8, indica que SA40 fue el sorbete más preferido. La elección, al igual que los ensayos anteriores, estuvo dada por incluir la mayor adición de pulpa, ya que la calidad sensorial sólo indicó diferencias en intensidad de color. El sorbete elegido fue SA40.

Para los sorbetes púrpuras, la preferencia estuvo marcada hacia los tratamientos SP35, como el más preferido, y SP25 en segundo lugar. Las características sensoriales no

indicaron una diferencia para la elección, por ende el sorbete con mayor adición de pulpa fue el elegido, en este caso SP35.

Cuadro 8. Preferencias de sorbetes de tuna anaranjada y tuna púrpura con distinta adición de pulpa.

| Tuna Anaranjada | | Tuna púrpura | |
|------------------------|-------------|----------------------|-------------|
| Orden de preferencia | Tratamiento | Orden de preferencia | Tratamiento |
| 1° | SA40 | 3° | SP40 |
| 3° | SA35 | 1° | SP35 |
| 2° | SA30 | 4° | SP30 |
| 4° | SA25 | 2° | SP25 |

SA40: sorbete PTA con 40% de pulpa; SA35: sorbete PTA con 35% de pulpa; SA30: sorbete PTA con 30% de pulpa; SA25: sorbete PTA con 25% de pulpa; SP40: sorbete PTP con 40% de pulpa; SP35: sorbete PTP con 35% de pulpa; SP30: sorbete PTP con 30% de pulpa; SP25: sorbete PTP con 25% de pulpa.



Figura 6. Helados y sorbetes seleccionados.

Cuadro 6. Evaluación sensorial de calidad de sorbetes de tuna anaranjados con adición de distintos porcentajes de pulpa.

| Muestra | Intensidad de color | Apariencia del sorbete | Intensidad aromática | Aroma a tuna | Dulzor | Persistencia del dulzor | Untuosidad | Grado de cristalización | Sabor a tuna |
|---------|---------------------|------------------------|----------------------|--------------|-------------|-------------------------|-------------|-------------------------|--------------|
| SA40 | 10,95±2,19 a | 10,48±2,13 a | 6,36±2,77 a | 7,40±3,47 a | 8,63±2,34 a | 8,09±3,05 a | 7,50±2,78 a | 7,65±3,92 a | 8,75±3,34 a |
| SA35 | 10,28±1,81 ab | 9,98±2,51 a | 6,63±2,83 a | 5,52±2,93 a | 8,48±2,03 a | 8,07±2,59 a | 8,08±3,50 a | 7,12±3,57 a | 7,97±3,67 a |
| SA30 | 8,50±2,52 bc | 10,58±2,76 a | 5,91±2,90 a | 5,63±3,14 a | 8,00±2,34 a | 7,98±3,14 a | 9,33±2,18 a | 6,90±2,94 a | 7,01±4,05 a |
| SA25 | 7,86±1,75 c | 10,26±2,77 a | 5,90±2,49 a | 6,29±3,55 a | 7,37±1,74 a | 7,37±3,56 a | 8,18±3,91 a | 7,59±3,48 a | 7,99±2,18 a |

Valores expresados como medias. Letras minúsculas distintas en cada columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0,05$), según prueba de rango múltiple de Tukey. SA40: sorbete PTA con 40% de pulpa; SA35: sorbete PTA con 35% de pulpa; SA30: sorbete PTA con 30% de pulpa; SA25: sorbete PTA con 25% de pulpa.

Cuadro 7. Evaluación sensorial de calidad de sorbetes de tuna púrpura con adición de distintos porcentajes de pulpa.

| Muestra | Intensidad de color | Apariencia del sorbete | Intensidad aromática | Aroma a tuna | Dulzor | Persistencia del dulzor | Untuosidad | Grado de cristalización | Sabor a tuna |
|---------|---------------------|------------------------|----------------------|--------------|--------------|-------------------------|-------------|-------------------------|--------------|
| SP40 | 12,04±1,57 a | 10,36±3,23 a | 6,84±3,33 a | 7,07±3,08 a | 9,62±2,36 a | 8,71±2,14 a | 8,75±2,60 a | 8,80±3,67 a | 7,95±3,50 a |
| SP35 | 11,64±1,56 a | 10,02±3,47 a | 7,29±2,51 a | 7,47±2,58 a | 9,14±2,29 a | 8,36±2,45 a | 8,95±2,53 a | 8,00±3,53 a | 9,00±3,78 a |
| SP30 | 12,44±1,68 a | 10,79±3,44 a | 8,37±2,30 a | 8,48±2,64 a | 8,46±2,55 b | 7,28±3,06 b | 8,61±3,10 a | 7,77±3,85 a | 9,10±2,98 a |
| SP25 | 12,40±1,68 a | 9,85±3,09 a | 5,70±3,19 a | 6,48±3,10 a | 7,55±2,41 ab | 7,84±1,69 ab | 8,84±2,20 a | 8,20±2,58 a | 9,30±2,93 a |

Valores expresados como medias. Letras minúsculas distintas en cada columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0,05$), según prueba de rango múltiple de Tukey. SP40: sorbete PTP con 40% de pulpa; SP35: sorbete PTP con 35% de pulpa; SP30: sorbete PTP con 30% de pulpa; SP25: sorbete PTP con 25% de pulpa.

Aceptabilidad y preferencia de los productos seleccionados

La aceptabilidad (Cuadro 9) para los sorbetes seleccionados no tuvo diferencias significativas entre ecotipos. En el caso de los helados, existieron diferencias significativas, siendo más aceptados los helados de tuna anaranjada que los de tuna púrpura. Los valores de aceptabilidad para todos los productos fueron altos para ser un producto nuevo.

Para la preferencia, la evaluación se realizó entre los cuatro productos elegidos. Existieron diferencias entre las elecciones de los consumidores, siendo HA25 el más preferido y el más aceptado, seguido por HP20. Esto puede estar dado por el paladar de los chilenos, acostumbrados a productos más lácteos y con menos conocimiento en sorbetes. SP35 fue el menos preferido y el menos aceptado.

Cuadro 9. Aceptabilidad y preferencia de sorbetes y helados seleccionados.

| | Sorbetes | | Helados | |
|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|
| | SA40 | SP35 | HA25 | HP20 |
| Aceptabilidad | 9,35 ± 2,97 a | 9,01 ± 3,07 a | 12,07 ± 3,21 a | 10,51 ± 3,22 b |
| Preferencia | 3° | 4° | 1° | 2° |

SA40: Sorbete PTA con 40% de pulpa; SP35: Sorbete PTP con 35% de pulpa. HA25: Helado PTA con 25% de pulpa; HP20: Helado PTP con 20% de pulpa.

Características químicas y físicas

De acuerdo a los resultados que se indican en el Cuadro 10, los sorbetes presentaron contenidos de sólidos solubles mayores respecto a la pulpa (Cuadro 2), dada la cantidad de azúcar adicionada en la mezcla base.

El valor de acidez en los sorbetes de ambos ecotipos es proporcional a la acidez de la pulpa. En el caso de los helados, este valor es mayor, ya que se ve influenciado por la acidez que le otorga la leche y la crema a la formulación.

El contenido de betacianinas y betaxantinas, alcanzó valores de 1,20 y 45,73 para sorbete anaranjado; 60,70 y 35,53 para sorbete púrpura; 0,46 y 20,47 para helado anaranjado y 24,37 y 15,17 mg EB/L y mg EI/L para helado púrpura, respectivamente.

Hasta donde se conoce, no existen otros estudios que sean comparables con los datos obtenidos.

Cuadro 10. Caracterización de los sorbetes y helados de tuna anaranjada y púrpura seleccionados.

| Parámetros | Sorbetes | | Helados | |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | SA40 | SP35 | HA25 | HP20 |
| pH | 6,51 ± 0,03 | 6,66 ± 0,07 | 6,65 ± 0,08 | 6,63 ± 0,01 |
| Acidez (% Ac. cítrico) | 0,0117 ± 0,00 | 0,0090 ± 0,00 | 0,0488 ± 0,00 | 0,0480 ± 0,00 |
| Sólidos solubles (°Brix) | 15,83 ± 0,32 | 15,93 ± 0,81 | - | - |
| SS/Acidez | 1353 ± 5,06 | 1770 ± 86,43 | - | - |
| Betacianinas (mg EB L ⁻¹) ¹ | 1,20 ± 0,14 | 60,70 ± 10,67 | 0,46 ± 0,09 | 24,37 ± 1,42 |
| Betaxantinas (mg EI L ⁻¹) ² | 45,73 ± 3,78 | 35,53 ± 1,67 | 20,47 ± 1,42 | 15,17 ± 1,86 |
| ORAC (μmol Eq Trolox/100 mL) | 65,3 ± 11,10 | 56,6 ± 11,90 | 60,2 ± 7,40 | 39,5 ± 8,00 |

SA40: Sorbete PTA con 40% pulpa; SP35: Sorbete PTP con 35% pulpa. HA25: Helado PTA con 25% pulpa; HP20: Helado PTP con 20% pulpa. ¹EB: Equivalente a betanina. ²EI: Equivalente a indicaxantina.

En el Cuadro 11 se presentan los parámetros de color de las pulpas, sorbetes y helados de ambos ecotipos de tunas.

Cuadro 11. Parámetros de color de sorbetes y helados de tunas de colores.

| Muestra | L | a* | b* | C* | h° |
|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| PTA | 37,95 ± 0,96 | 35,55 ± 0,78 | 64,12 ± 1,61 | 73,32 ± 1,75 | 60,98 ± 0,33 |
| SA40 | 55,99 ± 2,64 | 24,24 ± 0,93 | 85,14 ± 3,32 | 88,53 ± 3,43 | 74,10 ± 0,19 |
| HA25 | 6,71 ± 0,34 | 19,84 ± 0,49 | 11,33 ± 0,56 | 22,86 ± 0,28 | 29,71 ± 1,74 |
| PTP | 11,49 ± 0,27 | 41,03 ± 0,39 | 19,26 ± 0,49 | 45,32 ± 0,56 | 25,14 ± 0,36 |
| SP35 | 19,71 ± 1,42 | 52,20 ± 2,20 | 30,69 ± 1,96 | 60,55 ± 2,89 | 30,42 ± 0,57 |
| HP20 | 0,63 ± 0,26 | 3,45 ± 1,47 | 0,90 ± 0,47 | 3,57 ± 1,54 | 14,16 ± 2,15 |

SA40: Sorbete de PTA con 40% de pulpa; SP35: Sorbete de PTP con 35% de pulpa; HA25: Helado de PTA con 25% de pulpa; HP20: Helado de PTP con 20% de pulpa.

Para el parámetro L*, se detectó más claridad en las muestras de color anaranjado (PTA, SA40 y HA25) con valores superiores a las muestras de tuna púrpura, las cuales presentan coloración más oscura.

Los valores de a* fueron más altos en los alimentos producidos a partir de tuna púrpura, ya que este parámetro en valores positivos en la interpretación del color define colores más rojos.

Como era lo esperado las muestras de tuna anaranjada obtuvieron valores mayores de b* por sus tonalidades amarillas.

Los valores de C* fueron menores en tuna púrpura, lo que indica colores menos intensos, ya que se encuentran más cerca del centro del sólido de color.

Todos los valores de h° estuvieron entre 0° y 90°. Los valores más cercanos a 0 indican tonos más rojos (HA25, PTP, SP35, HP20) y los más cercanos a 90° corresponden a tonos más amarillos (PTA, SA40). (Anexo V)

La Figura 7 muestra los perfiles cromatográficos de betalaínas del extracto metanólico de materia prima, sorbetes y helados de color anaranjado y púrpura, respectivamente.

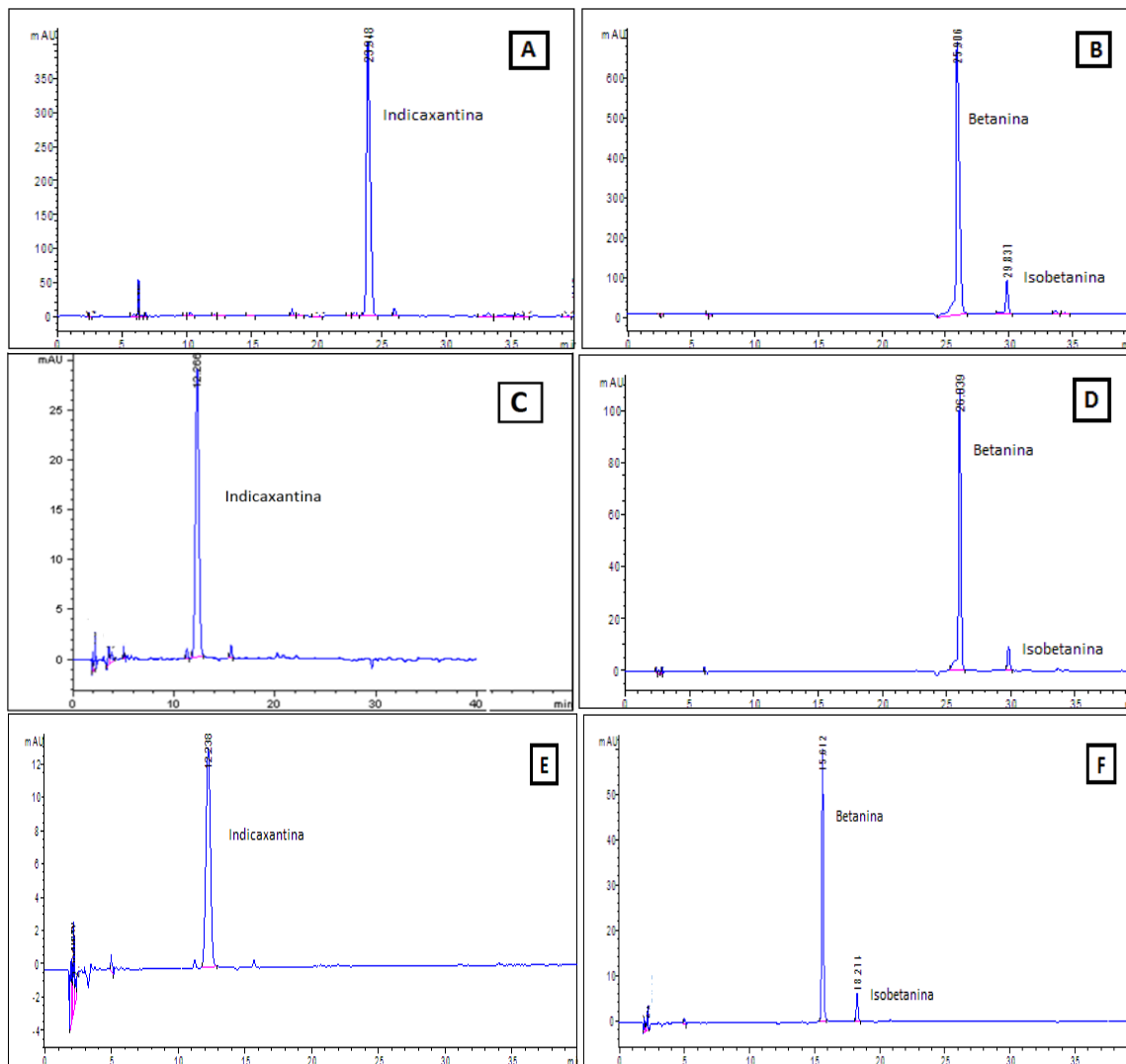


Figura 7. Perfiles por HPLC-DAD para betalaínas presentes en materia prima, sorbetes y helados de tunas de colores. [A: Pulpa de tuna anaranjada, B: Pulpa de tuna púrpura, C: Sorbete de tuna anaranjado, D: Sorbete de tuna púrpura, E: Helado de tuna anaranjada, F: Helado de tuna púrpura.]

En A, correspondiente a pulpa de tuna anaranjada, medido a 484 nm, se puede observar un “peak” principal, a los 23,9 min, identificado como indicaxantina (Fernández-López y Almela, 2001). En el caso de B, correspondiente a pulpa de tuna púrpura, existen dos “peaks”, uno con un tiempo de retención de máxima absorción a 535 nm a los 25,9 min que se identificó como betanina (Fernández-López y Almela, 2001). El cromatograma C, muestra el sorbete de tuna anaranjado, el “peak” principal fue medido a 484 nm a 12,26 min y es identificado como indicaxantina. En el caso de D, el “peak” fue con un tiempo de retención de máxima absorción a 535 nm a los 26,03 min que se identificó como betanina.

Los perfiles E y F corresponden a helados de tuna anaranjada y púrpura respectivamente. E tiene un “peak” A 484 nm, el cual fue a 12,23 min y es identificado como indicaxantina. Y F tiene dos “peaks”, uno principal con un tiempo de retención de máxima absorción a 535 nm a 15,61 min que se identificó como betanina.

La presencia de pigmentos naturales que le dan el color a estos productos es una ventaja respecto a otros helados o sorbetes que llevan colorantes adicionados, más aún si estos son artificiales.

Características tecnológicas

Los resultados presentados en el Cuadro 12 indican que helados y sorbetes presentan un bajo *overrun* con respecto a productos comerciales, esto puede estar dado porque estos fueron elaborados en una máquina de helados tipo artesanal, que no corresponde a una maquinaria industrial caracterizada por incorporar mayor cantidad de aire. La incorporación de aire depende de la composición de la mezcla (contenido de grasa), así como de la clase y cantidad de estabilizador y emulsionante utilizados y del grado de batido. El rango de *overrun* suele ser mayor en los helados cremosos que en los de fruta (Ramírez-Navas *et al.*, 2015), esto explica los valores informados en el Cuadro 12, en donde el *overrun* de los helados es significativamente mayor que el de los sorbetes.

Generalmente el *overrun* para un helado estándar tiene un valor entre 100-120 %, con el fin de economizar costos y hacer más rentable la producción (Goff y Hartel, 2013). Según la clasificación de los autores anteriores estos helados y sorbetes se considerarían en la categoría “super Premium”, ya que el valor se encuentra por debajo de 50 % de incorporación de aire.

El-Samahy *et al.* (2009) en su estudio sobre elaboración de helado de tuna roja, informa que en la medida en que aumenta el porcentaje de pulpa adicionada, el índice de aireación disminuye, lo contrario sucede con el peso específico, ya que este aumenta con la cantidad de pulpa. Algo similar ocurrió con los valores encontrados en este trabajo, sin embargo, esto no es significativo, ya que los valores indicados corresponden a los helados y sorbetes finales y no son comparables entre sí por su distinta forma de elaboración y formulación.

Cuadro 12. Características físicas de sorbetes y helados seleccionados.

| | Sorbetes | | Helados | |
|-----------------|----------|------|---------|-------|
| | SA40 | SP35 | HA25 | HP20 |
| Peso específico | 1,11 | 1,04 | 1,16 | 1,14 |
| <i>Overrun</i> | 18,13 | 7,53 | 30,22 | 16,91 |

SA40: Sorbete PTA con 40% de pulpa; SP35: Sorbete PTP con 35% de pulpa; HA25: Helado PTA con 25% pulpa; HP20: Helado PTP con 20% pulpa.

CONCLUSIONES

De la investigación y los análisis de este estudio se puede concluir que:

- Es factible elaborar helados y sorbetes de pulpa de tunas de colores, aprovechando los pigmentos que tienen estos como colorante natural.
- El pH y acidez de los helados y sorbetes es similar a la pulpa de tuna, lo que evita la degradación de los pigmentos.
- De los helados y sorbetes seleccionados, los de tuna anaranjada fueron los más aceptados a nivel de consumidores. A su vez, el helado de tuna anaranjada fue el más preferido.
- Este trabajo abre una nueva alternativa para el aprovechamiento de especies de déficit hídrico.

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC. 1996. Official Methods of Analysis of the Association Official Analytic Chemists. 14^o Edition. Washington D.C. U.S.A.1141 p.
- Arbuckle, W.S. 1977. Ice cream.3rd ed. AVI Publishing Co., INC. Westport, Connecticut, USA.
- Azeredo H. 2008. Betalains: properties, sources, applications, and stability – a review. International Journal of Food Science and Technology, 44: 2365-2376.
- Castellar, R., Obón, J., Alacid, M. y Fernández-López, J. 2003. Color Properties and Stability of Betacyanins from Opuntia Fruits. Journal of Agricultural and Food Chemistry 51 (9): 2772-2776.
- Coria Cayupán, Y. S., Ochoa, M. J., and Nazareno, M. A. 2011. Health-promoting substances and antioxidant properties of *Opuntia spp.* fruits. Changes in bioactive-compound contents during ripening process. Food Chemistry, 126(2), 514-519.
- Di Bartolo, E. 2005. Guía para la elaboración de helados. “Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos” Subsecretaría de Política Agropecuaria y Alimentos de Argentina. Dirección Nacional de Alimentos. 59 p.
- El-Samahy, S. K.;Youssef K. M. and Moussa-Ayoub, T. E. 2009. Producing ice cream with concentrated cactus pear pulp: A preliminary study. Journal of the Professional Association for Cactus Development, 11: 1-12.
- Erkaya, T.; Dagdemir, E and Sengul, M. 2012. Influence of Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) addition on the chemical and sensory characteristics and mineral concentrations of ice cream. [Article]. Food Research International, 45: 331-335.
- Fernandez-Lopez, J. A., and Almela, L. 2001. Application of high-performance liquid chromatography to the characterization of the betalain pigments in prickly pear fruits. [Article; Proceedings Paper]. Journal of Chromatography A, 913(1-2), 415-420.
- Huang, D., Ou, B., Hampsch-Woodill, M., Flanagan, J., and Prior, R. 2002. High-throughput Assay of Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC) Using a Multichannel Liquid Handling System Coupled with a Microplate Fluorescence Reader in 96-Well Format. J. Agric. Food Chem. 50: 4437-4444.
- Granger, C.; Leger, A.; Barey, P.; Langendorff, V. and Cansell, M. 2005. Influence of formulation on the structural networks in ice cream. International Dairy Journal, 15: 255-262.

Goff, H. y Hartel, R. 2013. Ice Cream. New York: Springer.

IDFA, 2012. Ice cream sales and trends. International Dairy Foods Association.

Jana, S. 2012. Nutraceutical and functional properties of cactus pear (*Opuntia spp.*) and its utilization for food applications. Journal of Engineering Research and Studies, 1-7.

Jones, P. J. and Jew, S. 2007. Functional food development: Concept to reality. Trends in Food Science and Technology, 18: 387–390.

Lawless, H. 2010. Sensory evaluation of food : principles and practices. New York [u.a.: Springer.

Marshall R.T.; Goff, D. and Hartel, R.. 2003. Ice cream; 6th edition. New York: Kluwer Academic/ Plenum publishers.

Marshall R.T. and Arbuckle W.S. 1996. Ice cream Fifth Edition. New York: Chapman & Hall. 349p.

Morales, M., Sáenz, C. and Robert, P. 2009. Bioactive compounds in toppings from colored cactus pear cultivated in Chile. Acta Hort, 811: 127-130.

Patel, S. 2013. Reviewing the prospects of *Opuntia* pears as low cost functional foods. Reviews in Environmental Science and Bio-Technology, 12: 223-234.

Ramírez-Navas J., Rengifo C., Rubiano A. 2015. Parámetros de calidad en helados. Revista ReCiTeIA, 15(1):79-94.

Sáenz, C. 2000. Processing technologies: an alternative for cactus pear (*Opuntia spp.*) fruits and cladodes. Journal of Arid Environments, 46: 209-225.

Sáenz, C. y Sepúlveda, E. 2001. Ecotipos coloreados de tuna (*Opuntia ficus-indica*). Aconex, 72:29-32

Sáenz C. 2006. Utilización agroindustrial del nopal. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO, 162-165.

Sáenz C., Tapia S., Chavez J. and Robert P. 2009. Microencapsulation by spray drying of bioactive compounds from cactus pear (*Opuntia ficus-indica*). Food Chemistry, 114: 616–622.

Sáenz, C.; Cancino, B. and Robert, P. 2012. Red betalains from *Opuntia spp.*: natural colorants with potential applications in foods. *The Israel Journal of Plant Science*, 60: 291-299.

Sepúlveda, E., Sáenz, C. y Gómez, C. 2003. Determinación de betanina en ecotipos de tuna roja colectados en Chile. pp. 282-285. In: *Memoria IX Congreso Nacional y VII Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal*. Zacatecas, México.

Sarkar, P., Setia, N. and Choughury, G.S. 2011. Extrusion processing of cactus pear. *Adv J Food Science and Technology*, 3: 102-110.

Schmidt, K. A. 2008. *Dairy: Ice Cream Food Processing*. Blackwell Publishing, 287-296.

Stintzing, F. and Carle, R. 2004. Functional properties of anthocyanins and betalains in plants, food and in human nutrition. *Trends in Food Science and Technology*, 15(1): 19-38.

Stintzing, F., Herbach, K., Mosshamer, M., Carle, R., Yi, W., Sellappan, S., Akoh, C. and Felker, P. 2005. Color, betalain pattern, and antioxidant properties of cactus pear (*Opuntia spp.*) clones. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53: 442-451.

Vergara, C; Saavedra, J; Sáenz, C; García, P; Robert, P. 2014. Microencapsulation of pulp and ultrafiltered cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) extracts and betanin stability during storage. *Food Chemistry*, 157: 246-251.

Winton, A.L. 1958. *Analysis of Foods*. 3rd printing. John Wiley and Sons Inc., New York.

ANEXOS

ANEXO I

Determinación del contenido de acidez

Materiales

- Balanza analítica
- Vasos de precipitado de 150 mL.
- Bureta de 25 mL
- pH-metro

Reactivos

- Solución valorada de NaOH 0,1 N
- Agua destilada neutra
- Fenolftalína al 1% en etanol al 95 %

Procedimiento

1. Pesarse exactamente ± 10 g de muestra molida y homogeneizada.
2. Añadir agua destilada neutra (aprox. 50 mL) o hasta cubrir la muestra.
3. Si la muestra es de color claro y permite observar el viraje de la fenolftaleína, agregar 3 o 4 gotas del indicador y titular con NaOH 0,1 N hasta que el color rosado permanezca por dos segundos. Anotar la cantidad de NaOH gastado.
4. Si la muestra es de color oscuro, introducir los electrodos del pHmetro en la muestra.
5. Titular con NaOH 0,1 N agregándolo lentamente desde una bureta y agitando constantemente hasta que la aguja del pHmetro alcance una lectura de 8,1 a 8,2.
6. Leer y anotar la cantidad de NaOH gastada.

Cálculos

$$\% \text{ de acidez} = \frac{(\text{ml de NaOH} \times \text{N NaOH} \times \text{meq de ac. preponderante})}{\text{peso de la muestra (g)}} \times 100$$

1 mL. de álcali 0,1 N = 0,064 g ac. cítrico anhidro

ANEXO II

Metodología ORAC

Método para determinar la capacidad antioxidante radical oxígeno (ORAC)

Materiales y Reactivos:

- Cloruro de Sodio (NaCl)
- Cloruro de Potasio (KCl)
- Dihidrógeno Fosfato de Sodio (NaH₂PO₄)
- Dihidrógeno Fosfato de Potasio (KH₂PO₄)
- Ácido Clorhídrico (HCl)
- Hidróxido de Sodio (NaOH)
- Fluoresceína
- AAPH
- Estándar Trolox
- Espectrofluorímetro

Observación: Mantener todas las soluciones y estándares de trabajo refrigeradas y guardadas de la luz.

Solución PBS (Buffer):

Para un Litro de solución Buffer pesar las siguientes cantidades:

- 8.06 g de NaCl
- 0.22 g de KCl
- 1.15 g de NaH₂PO₄
- 0.20 g de KG₂PO₄

Disolver en 750 mL de agua Milli-Q y luego ajustar el pH a 7 con ácido clorhídrico o hidróxido de sodio al 10 %, enrazar a un litro y luego agitar.

Preparación solución Stock Fluoresceína (duración 07 días - mantener siempre refrigerado)

Pesar exactamente 22 mg de Fluoresceína en un matraz aforado ámbar de 50 mL, disolver y enrazar con solución PBS.

Solución diaria Fluoresceína (duración 1 día a temperatura ambiente)

Tomar una alícuota de 0.050 mL de solución stock en un matraz aforado ámbar de 10 mL, homogeneizar y realizar la segunda dilución de 2 mL en un matraz aforado de 100 mL y aforar con solución PBS pH 7.0 y homogeneizar agitando.

Solución radical AAPH (duración 1 día refrigerado)

Relación peso/volumen: 46 mg/mL

Preparar un volumen necesario de solución a ocupar de acuerdo a la cantidad de muestras a analizar en el día.

Pesar la cantidad de masa necesaria y trasvasijar en un matraz de volumen apropiado con tapa, disolver con PBS previamente mantenida a 37°C, homogeneizar agitando.

Solución Stock Estándar Trolox (Duración de dos días en ausencia de luz)

Pesar exactamente 25 mg de estándar Trolox en un matraz aforado ámbar de 50 mL, disolver directamente con un volumen de buffer mantenido a 37°C, aforar luego con solución PBS.

| Punto | Alícuota | Vol. matraz | Concentración (uM) | Solución |
|-------|---------------------|-------------|--------------------|----------|
| 1 | 0,5 mL (Sol. Stock) | 10 mL | 100 | 1 |
| 2 | 5,0 mL (Sol. 1) | 10 mL | 50 | 2 |
| 3 | 5,0 mL (Sol. 2) | 10 mL | 25 | 3 |
| 4 | 5,0 mL (Sol. 3) | 10 mL | 12.5 | 4 |

Preparación muestra (Duración un día a temperatura ambiente y luz)

Previo a tratar la muestra si es necesario llevar a cabo una centrifugación por 10 min. y filtrar por una membrana Whatman 40 o similar.

Realizar una disolución de 50 µL a partir de la muestra original en un matraz aforado de 50 mL, enrazar con solución PBS. Tomar una alícuota de 50 µL y depositarla en un matraz de 20 mL y aforar con solución PBS.

Preparación pocillo para lecturas

En cada pocillo colocar 150 μL de fluoresceína y 25 μL de AAPH, agregar 25 μL de blanco muestra y estándar, agitar suavemente por algunos segundos. Volver a colocar la placa en el instrumento e iniciar el programa seleccionado.

Cálculo

La fluoresceína fue medida inmediatamente después de la adición de AAPH hasta que la intensidad fue menor al 5% del valor de lectura inicial. Los valores ORAC, expresados en μmoles equivalentes de Trolox, calculados mediante la siguiente fórmula:

$$\text{ORAC} = (\text{AUC Muestra} - \text{AUC blanco}) / (\text{AUC Trolox} - \text{AUC blanco}) * \text{C Trolox} * \text{K}$$

Donde:

AUC: Área bajo la curva
 C: Concentración estándar Trolox
 K: Factor de dilución de las muestras (K x 0.001 x 0.025)

ANEXO III

HPLC

La identificación de betalaínas se realizó de acuerdo al método de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) propuesto por Fernández-López y Almela (2001).

Se utilizó una bomba Agilent acoplado a un software Millenium 32; se empleó una columna C18 (5µm de tamaño de partícula y 25cm x 4,6mm d.i., YMC). La fase móvil estaba compuesta por un solvente A (1 % de ácido acético en agua) y un solvente B (1 % de ácido acético en acetonitrilo), se empleó un gradiente lineal en un tiempo de 30 minutos con elusión del solvente A, desde un 100% a un 88% y el solvente B desde un 0 % a un 12 %, con un flujo de 1 mL min⁻¹. El volumen de inyección fue de 20 µL. Las betalaínas se detectaron simultáneamente a longitudes de onda de 484 y 535 nm para betaxantinas y betacianinas, respectivamente.

ANEXO IV

Características químicas y parámetros de color de la pulpa de tuna anaranjada (PA) y de la pulpa de tuna púrpura (PP)*.

| Parámetro | Pulpa de tuna anaranjada | Pulpa de tuna púrpura |
|------------------|---------------------------------|------------------------------|
| Color | | |
| L | 55,9± 0,34 | 13,7± 0,25 |
| a* | 48,8± 0,13 | 45,1± 0,04 |
| b* | 92,9± 0,52 | 23,1± 0,10 |
| C* | 104,9± 0,52 | 50,6± 0,08 |
| h° | 62,3± 0,07 | 27,2± 0,08 |

Comunicación personal. Datos no publicados. Sáenz, C. y Fabry, A.M. Depto. Agroindustria y Enología. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile.

Determinación de la capacidad antioxidante para la tuna púrpura y tuna anaranjada (n=3).

| Muestra | Capacidad antioxidante (μmoles Eq TROLOX/100 mL) |
|-----------------|---|
| Tuna Púrpura | 1.240±95 |
| Tuna Anaranjada | 1.139±94 |

Comunicación personal. Datos no publicados. Sáenz, C. y Fabry, A.M. Depto. Agroindustria y Enología. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile.

ANEXO V

Caracterización del color

Los atributos del color son el tono (h°), la claridad (L) y la saturación (C^*), estos elementos pueden combinarse para crear el sólido de color tridimensional.

Coordenadas rectangulares: L^* indica luminosidad, a^* y b^* cromaticidad. Donde $+a^*$ es la dirección del rojo, $-a^*$ es la dirección del verde, $+b^*$ es la dirección del amarillo y $-b^*$ es la dirección del azul.

Coordenadas cilíndricas: C^* es el cromatismo y h° es el ángulo del tono. El valor del cromatismo C^* es cero en el centro y aumenta de acuerdo con la distancia respecto al centro. El ángulo del tono h° se define comenzando en el eje $+a^*$ y se expresa en grados: 0° sería $+a^*$ (rojo), 90° sería $+b^*$ (amarillo), 180° sería $-a^*$ (verde) y 270° sería $-b^*$ (azul), (Konica, 2003).

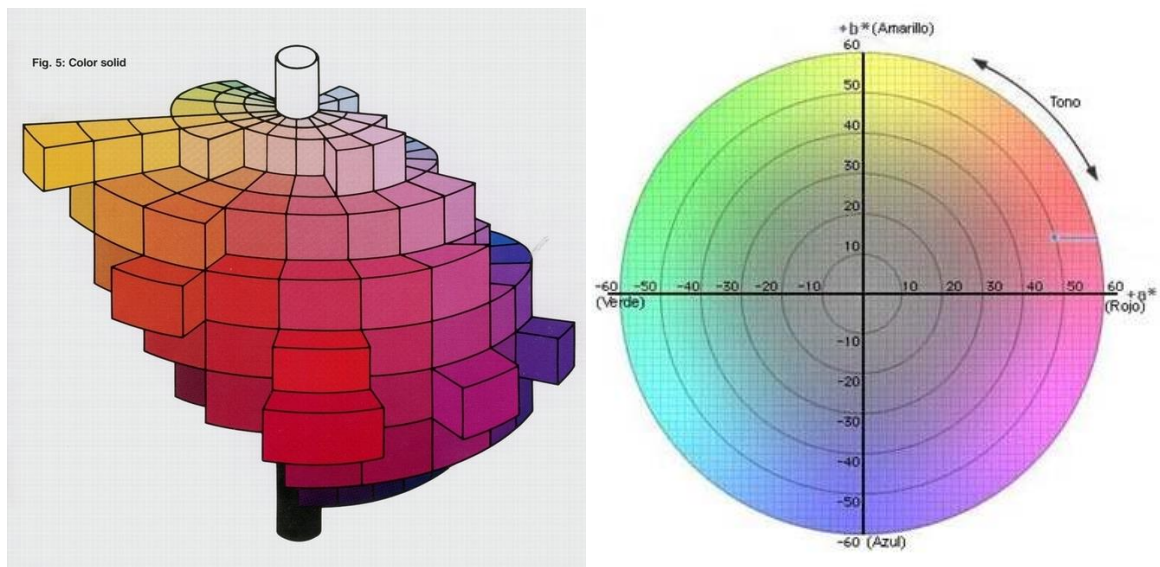


Figura 15. La figura de la izquierda representa el sólido de color y la figura de la derecha es una vista de este sólido de colores cortado horizontalmente en un valor constante de L^* .

APÉNDICES

APENDICE I



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPTO. DE AGROINDUSTRIA Y ENOLOGÍA

Focus group para sorbetes y helados artesanales de tunas de colores

Nombre:

En el siguiente *Focus group* se desean determinar las características sensoriales más importantes de sorbetes de tuna, las que posteriormente serán consideradas en una pauta final de evaluación.

Características visuales:

Características olfativas:

Características Gustativas:

Otras:

APENDICE III



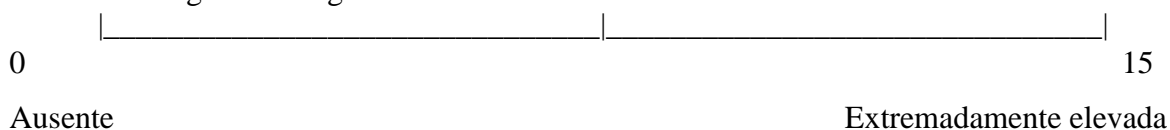
UNIVERSIDAD DE CHILE
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
 DEPTO. DE AGROINDUSTRIA Y ENOLOGÍA

PAUTA DE ANÁLISIS DE CALIDAD DE HELADOS DE TUNAS DE COLORES

Nombre:

Muestra N° _____

Por favor indique con una **línea vertical** sobre la escala horizontal que va de 0 a 15cm, el punto que mejor describa la intensidad de cada uno de los atributos de la muestra, como se indica en el siguiente diagrama:



VISTA

INTENSIDAD DE COLOR



AROMA

INTENSIDAD AROMÁTICA



BOCA

DULZOR



CREMOSIDAD



GRADO DE CRISTALIZACIÓN



SABOR A LECHE



SABOR A TUNA



PERSISTENCIA DEL SABOR



ORDENE LAS MUESTRAS SEGÚN PREFERENCIA:

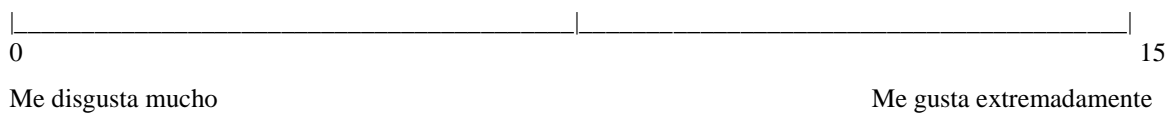
APENDICE IV

UNIVERSIDAD DE CHILE
 FACULTAD DE CIENCIAS
 AGRONÓMICAS
 DEPTO. DE AGROINDUSTRIA Y

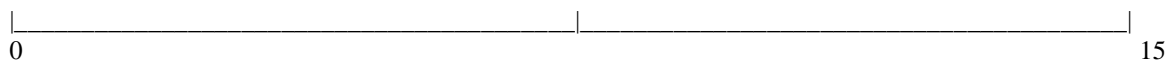
**PAUTA DE ACEPTABILIDAD DE HELADOS Y SORBETES ARTESANALES DE
 TUNAS DE COLORES**

Nombre:

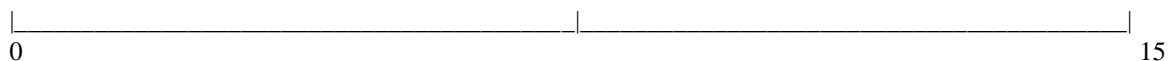
Por favor indique con una línea vertical, la intensidad de su aceptabilidad para cada una de las muestras, basándose en el siguiente diagrama



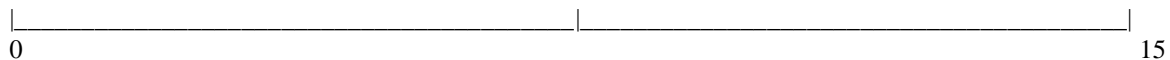
Nº



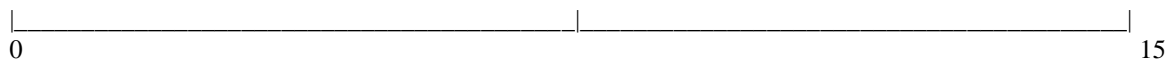
Nº



Nº



Nº



ORDENE LAS MUESTRAS SEGÚN PREFERENCIA:

APÉNDICE V

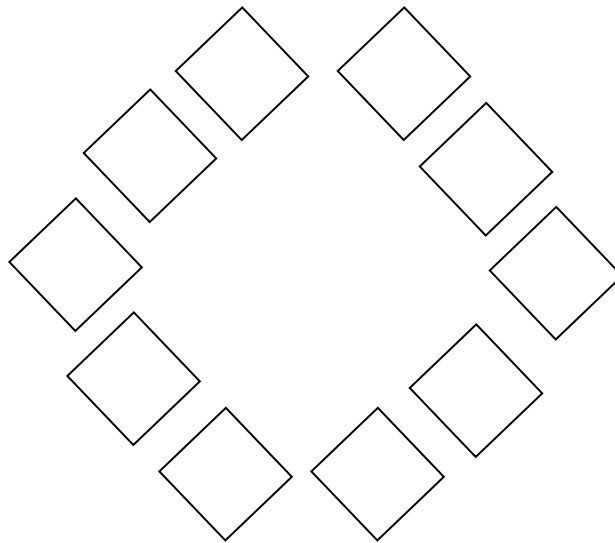
Pauta test de preferencia de helados y sorbetes de tunas de colores

TEST DE PREFERENCIA DE HELADOS Y SORBETES DE TUNAS DE COLORES

Nombre:.....

Instrucciones:

A continuación se presentan cuatro muestras correspondientes a helados y sorbetes de tunas de colores. Por favor ordene cronológicamente muestras según su preferencia, desde el más preferido al que menos prefiere.



PREFERENCIA

- 1°
- 2°
- 3°
- 4°

COMENTARIOS:.....
.....

Muchas Gracias.

