

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS  
ESCUELA DE TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Proyecto de Graduación presentado a la Escuela de Tecnología de Alimentos  
para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos

**Efecto de los compuestos sustitutos de grasa sobre la  
percepción del sabor salado en sopas**

Elaborado por:

Greivin Villarreal Fonseca

A13969

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

2014

## Tribunal Examinador

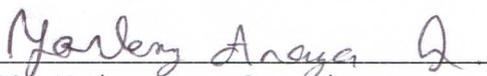
Proyecto de graduación presentado a la Escuela de Tecnología de Alimentos como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Tecnología de Alimentos.

Elaborado por: Greivin Villarreal Fonseca



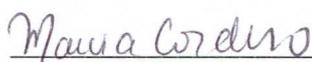
Ph.D. Elba Cubero Castillo

Directora del proyecto



MGA. Yorleny Araya Quesada

Asesora del proyecto



Licda. Marcia Cordero García

Asesora del proyecto



Ph.D. Nadiarid Jiménez Elizondo

Presidenta del tribunal



Ph.D. Jessie Usaga Barrientos Profesora designada

## **Derechos de propiedad intelectual**

La información que se genere en este proyecto sobre las condiciones de procesos se considera público.

## **Agradecimientos**

A la profesora Elba Cubero por la confianza brindada para el desarrollo del tema de investigación, igualmente por todo el soporte y orientación a lo largo de este trabajo final de graduación.

A las profesoras Yorleny Araya y Marcia Cordero, por su dedicación, consejos y apoyo en general como asesoras en este proyecto.

A Giovanni González por toda la ayuda y consejos tanto en laboratorio como a nivel personal.

A mis padres, soporte incondicional en todo momento.

A mi panel entrenado, por su valiosa/invaluable colaboración: Ariela Piedra, Adriana Lezama, Ana Patricia Sequeira, Carolina Guadamuz, Cristina Azofeifa, Cristina Coto, Daniela Kopper, Federico Cantillo, Juan Ignacio Del Valle, Mariela Sánchez y Ónice García.

A Pamela Castro por toda su ayuda a lo largo de la fase experimental del estudio.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL .....	i
ÍNDICE DE CUADROS .....	vi
ÍNDICE DE APÉNDICES .....	vii
RESUMEN .....	ix
<b>I. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS.....</b>	<b>4</b>
2.1 Objetivo general.....	4
2.2 Objetivos específicos.....	4
<b>III. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>5</b>
3.1 Tendencia a reducir el consumo de sal.....	5
3.2 Alternativas para la sustitución de sal .....	6
3.2.1 Reducir el contenido de sal gradualmente .....	6
3.2.2. Especias.....	6
3.2.2. Cloruro de Potasio.....	7
3.2.3. Otras sales minerales .....	7
3.2.4. Potenciadores del sabor.....	8
3.3. Tendencia a reducir el consumo de grasa.....	9
3.4. Utilización de sustitutos de grasa en alimentos.....	9
3.4.1. Sustitutos de grasa a base de carbohidratos (miméticos de grasa).....	10
3.4.1.1. Gomas .....	10
3.4.1.2. Pectinas .....	11
3.4.1.3. Almidones.....	11
3.4.1.4. Sustitutos de grasa a base de frutas .....	12

3.4.2.	Sustitutos de grasa a base de proteína (miméticos de grasa) .....	12
3.4.2.1.	<i>Simplese®</i> .....	13
3.4.3.	Sustitutos de grasa a base de grasa .....	13
3.4.3.1.	<i>Poliéster de sacarosa (Olestra®)</i> .....	14
3.4.3.2.	<i>Caprenin</i> .....	14
3.4.3.3.	<i>Salatrim</i> .....	14
3.5.	El efecto de las gomas y espesantes sobre la percepción de la intensidad del sabor .....	15
3.5.1.	Efecto específico sobre la percepción de la intensidad del sabor salado.....	16
3.6.	Análisis sensorial .....	17
3.6.1.	Pruebas de consumidores.....	17
3.6.1.1.	<i>Pruebas de agrado general (aceptación)</i> .....	18
3.6.1.2.	<i>Escala "Just About Right" (JAR) o Justo-correcto</i> .....	18
3.6.2.	Análisis descriptivo.....	19
3.6.3.	Análisis de varianza modelo mixto (ANDEVA Mixto) .....	21
<b>IV.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>22</b>
4.1.	Localización del proyecto.....	22
4.2.	Materia prima .....	22
4.3.	Pruebas preliminares .....	24
4.3.1.	Pruebas físicas y químicas aplicadas a las sopas.....	25
4.3.1.1.	<i>Determinación de humedad</i> .....	25
4.3.1.2.	<i>Consistencia</i> .....	25
4.3.1.3.	<i>Viscosidad</i> .....	25
4.3.1.4.	<i>Grasa</i> .....	25
4.3.2.	Formulación de la sopa de brócoli <i>light</i> .....	26

4.3.3. Definición de los porcentajes de sal a utilizar en la preparación de la sopas.....	27
4.3.4. Definición de las materias primas a utilizar como sustitutos de grasa en la sopa <i>light</i> .	28
4.3.5. Determinación de los porcentajes de las materias primas a utilizar como sustitutos de grasa en la sopa <i>light</i> .....	28
4.3.6. Elaboración del puré de chayote como sustituto de grasa en la sopa <i>light</i> .....	30
4.3.7. Elaboración de las sopas regular y <i>light</i> .....	34
4.4 Pruebas definitivas .....	37
4.4.1. Determinación de la cantidad de sal de mayor agrado en diferentes formulaciones de sopa .....	37
4.4.2 Efecto de diferentes sustitutos de grasa y de espesantes sobre la intensidad del sabor salado .....	40
4.5 Métodos de análisis .....	42
4.5.1 Pruebas físicas.....	42
4.5.2 Análisis sensorial .....	42
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>47</b>
5.1. Determinación del nivel de sal de mayor agrado en sopas de brócoli reducidas en grasa con diferentes sustitutos. ....	47
5.2. Comparación de varios sustitutos de grasa en una sopa reducida en grasa respecto al agrado e intensidad del sabor salado .....	56
5.3. Determinación del efecto de la consistencia como medida de la viscosidad sobre la intensidad del sabor salado. ....	68
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>74</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>75</b>
<b>VIII. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>76</b>
<b>IX. APÉNDICES.....</b>	<b>91</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Proceso de elaboración del puré de chayote. ....	33
<b>Figura 2.</b> Proceso de elaboración de la sopa de brócoli ( <i>regular</i> ). ....	35
<b>Figura 3.</b> Proceso de elaboración de la sopa de brócoli ( <i>light</i> ). ....	36
<b>Figura 4.</b> Análisis de conglomerados de los resultados de la prueba de agrado por sopas de brócoli, elaboradas con distintos porcentajes de grasa y sal, con y sin sustitutos de grasa, efectuada por 82 consumidores. ....	47
<b>Figura 5.</b> Comparación de medias de Fisher (LSD) efectuada a los resultados de agrado por las sopas de brócoli obtenidos en los dos grandes grupos en que se segmentaron los consumidores. ....	48
<b>Figura 6.</b> Análisis de conglomerados de los resultados de la prueba JAR (sabor salado) en sopas de brócoli, elaboradas con distintos porcentajes de grasa y sal, con y sin sustitutos de grasa, efectuada por 82 consumidores. ....	49
<b>Figura 7.</b> Valores obtenidos en la prueba JAR correspondiente al sabor salado. ....	50
<b>Figura 8.</b> Análisis de conglomerados de los resultados de la prueba JAR (sabor a sopa) en sopas de brócoli, elaboradas con distintos porcentajes de grasa y sal, con y sin sustitutos de grasa, efectuada por 82 consumidores. ....	51
<b>Figura 9.</b> Valores obtenidos en la prueba JAR correspondiente al sabor a sopa. ....	52
<b>Figura 10.</b> Relación entre agrado general y el gusto por el sabor a sopa/ gusto por el sabor salado, obtenidos mediante la prueba JAR. ....	53
<b>Figura 11.</b> Variación entre la SNR para sabor salado y la escala hedónica. ....	54
<b>Figura 12.</b> Variación entre la SNR para sabor a sopa y la escala hedónica. ....	54
<b>Figura 13.</b> Análisis de conglomerados realizado para comparar los diferentes jueces del panel sensorial cuando evaluaron diferentes sustitutos de grasa y la intensidad del sabor salado en sopas de brócoli. ....	57

<b>Figura 14.</b> Análisis de componentes principales (F1) y (F2) de los jueces participantes del análisis descriptivo al evaluar diferentes sustitutos de grasa y la intensidad del sabor salado en sopas de brócoli. ....	58
<b>Figura 15.</b> Comparación de medias de Fisher (LSD) efectuada a cada uno de los descriptores de apariencia, generados y evaluados por el panel entrenado. ....	59
<b>Figura 16.</b> Comparación de medias de Fisher (LSD) efectuada a cada uno de los descriptores de olor, generados y evaluados por el panel entrenado. ....	61
<b>Figura 17.</b> Comparación de medias de Fisher (LSD) efectuada a cada uno de los descriptores de sabor, generados y evaluados por el panel entrenado. ....	63
<b>Figura 18.</b> Comparación de medias de Fisher (LSD) efectuada a cada uno de los descriptores de sensación en la boca generados y evaluados por el panel entrenado. ....	66
<b>Figura 19.</b> Intensidad del sabor salado respecto al tipo de sopa elaborada. ....	68
<b>Figura 20.</b> Comparación de los valores de consistencia de los diferentes tipos de sopa preparadas. ....	69
<b>Figura 21.</b> Relación entre la intensidad del sabor salado y la consistencia de las 7 sopas. ....	71

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro I.</b> Ingredientes y porcentaje utilizado en la formulación del prototipo de sopa regular.....	24
<b>Cuadro II.</b> Resultados de las pruebas físicas para el prototipo de sopa de brócoli regular y dos cremas de brócoli comerciales.....	26
<b>Cuadro III.</b> Ingredientes y porcentaje utilizado en la formulación del prototipo de sopa " <i>light</i> ". ...	27
<b>Cuadro IV.</b> Resultados de las pruebas de consistencia realizadas al prototipo de sopa de brócoli " <i>light</i> ", utilizando diferentes compuestos como sustitutos de grasa. ....	29
<b>Cuadro V.</b> Porcentajes de las sopas con diferentes materias primas utilizadas como sustitutos de grasa en la sopa " <i>light</i> "......	30
<b>Cuadro VI.</b> Tipo de sopa, sustitutos de grasa y porcentajes de sal utilizados en los diferentes tratamientos evaluados en las pruebas de consumidores. ....	38
<b>Cuadro VIII.</b> Descriptores, definición y patrón de referencia empleados en la evaluación de los atributos sensoriales del análisis descriptivo genérico de las sopas de brócoli. ....	56

## ÍNDICE DE APÉNDICES

<b>Apéndice A.</b> Análisis de varianza para determinar el efecto del tratamiento aplicado a la materia prima así como la mezcla de éstas, sobre la aceptación de los dos segmentos de consumidores. .	91
<b>Apéndice B.</b> Pruebas experimentales realizadas para determinar el porcentaje de pectina necesario para la obtención la consistencia de la sopa regular.....	91
<b>Apéndice C.</b> Consistencia de las sopas finales de las sopas empleadas en la evaluación de los atributos sensoriales del análisis descriptivo genérico de las sopas de brócoli. ....	92
<b>Apéndice D.</b> Cálculo del valor SNR (Signal to Noise Ratio) aplicado a la prueba de consumidores JAR (Just About Right) y valores obtenidos para cada una de las sopas.....	93
<b>Apéndice E.</b> Resultados de SNR el total de sopas probadas por los consumidores. ....	94
<b>Apéndice F.</b> Análisis de varianza mixto para determinar el efecto del sustituto de grasa, sobre los descriptores evaluados en el análisis descriptivo genérico. ....	95
<b>Apéndice G.</b> Hojas de respuestas utilizadas por el panel entrenado para la evaluación del agrado general y prueba Justo-Correcto (JAR) en sopas de brócoli reducidas en grasa con diferentes sustitutos.....	96
<b>Apéndice H.</b> Hoja de respuesta utilizada por el panel entrenado en la etapa de generación de términos, del análisis descriptivo de diferentes sopas de brócoli. ....	97
<b>Apéndice I.</b> Hojas de respuestas utilizadas por el panel entrenado para la evaluación de la intensidad de los atributos del análisis descriptivo, de diferentes tipos de sopa brócoli. ....	98

<b>Apéndice J.</b> Escala de color empleada por el panel entrenado para evaluar el color de distintas sopas de brócoli. ....	102
--	-----

## RESUMEN

El enfoque de la presente investigación fue evaluar el efecto de diferentes compuestos sustitutos de grasa sobre la percepción del sabor salado en sopas de brócoli.

Primeramente utilizando pruebas de consumidores (agrado general y justo correcto (JAR)), con 82 panelistas, se determinó el nivel de sal de mayor agrado en 6 tipos distintos de sopa: una sopa estándar con su contenido de grasa íntegro, una reducida en grasa, y cuatro variaciones de la sopa reducida en grasa, sustituyendo en cada caso con un compuesto diferente: almidón de papa, almidón de maíz, goma xantán y puré de chayote. Se utilizó tres niveles de sal en las preparaciones (0, 1, y 3,5%), de donde se obtuvo que el porcentaje intermedio, 1%, fue el de mayor aceptación por parte del panel. Asimismo, a partir de la misma prueba, se determinó que el almidón de maíz y el almidón de papa fueron sustitutos de grasa que obtuvieron el mayor agrado general por parte de los consumidores.

A partir de este nivel de sal, se efectuó análisis descriptivo con un panel entrenado de 11 jueces, los cuales evaluaron de forma monádica 7 tipos diferentes de sopa: los 6 anteriores y una nueva preparación elaborada a partir de la sopa reducida en grasa más pectina de bajo metoxilo. Se evaluaron en cada una de las sopas atributos de apariencia, olor, sabor y textura o sensación bucal, prestando atención principalmente a la percepción de la intensidad del sabor salado. Los resultados obtenidos se analizaron mediante un análisis de varianza.

Se encontró que todos los sustitutos de grasa empleados desarrollaron un efecto de "enmascaramiento" de los descriptores olor y sabor a mantequilla. En ambos casos se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre la preparación liviana sin sustituir y las preparaciones en las que se había incorporado los diferentes sustituyentes.

No se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en la percepción del sabor salado en las sopas al emplear los diferentes espesantes como sustituyentes de la grasa. No obstante se observó que la intensidad del sabor salado, se percibió más leve cuando se utilizó goma xantán como sustituyente. Es posible que las especias y sabor a queso que se añadieron mantuvieran la sensación salada nivelada.

Finalmente, mediante pruebas de consistencia aplicadas a las sopas, y los resultados del panel entrenado respecto a la percepción del sabor salado, se hizo una correlación entre la intensidad del sabor salado y la consistencia/viscosidad de las sopas. El coeficiente de correlación de Pearson entre estas dos variables fue de 0,404, por lo tanto, la prueba no fue significativa ( $p > 0,05$ ), para una cola, con 5 grados de libertad, lo que indicó que no existe relación entre la percepción de la intensidad del sabor salado y la consistencia/viscosidad de las sopas. Se concluye al respecto que la percepción del sabor salado podría depender de otras variables y no propiamente de la viscosidad de las soluciones ni del ingrediente espesante.

## I. JUSTIFICACIÓN

El vínculo entre la mala alimentación y diversas enfermedades ha sido bien documentado. Uno de los factores más relacionados con enfermedades asociadas a la dieta es el consumo excesivo de grasa (USDA, 1998).

Un alto consumo de grasa se asocia con un mayor riesgo de padecer ciertos tipos de cáncer y, el consumo de grasa saturada, está asociado con la hipercolesterolemia y la enfermedad cardíaca coronaria (Ansorena *et al.*, 2013; Carrillo *et al.*, 2011). También, el consumo de una dieta rica en grasa ha sido identificado como un factor de riesgo para el desarrollo de la obesidad por el consumo de energía en exceso (Ognean *et al.*, 2006).

Por tal motivo, existe una tendencia hacia el consumo de productos con características nutricionales más saludables, es así como las opciones para sustituir ciertos componentes de los alimentos que aportan un alto valor calórico, han tomado gran relevancia en la industria de alimentos (Rojas, 2010).

La grasa como componente en los alimentos, aporta beneficios fisiológicos y sensoriales claves, entre ellos el sabor, el aroma y la sensación en la boca, así como la cremosidad, estabilidad, apariencia y textura de los alimentos. Igualmente, contribuye con características especiales como la estructura cristalina, el comportamiento en la fusión y solidificación, y su interacción con el agua y con otras moléculas no lipídicas (Akoh, 1998; Akoh, 2011; Cordero, 2010).

Los sustitutos de grasa son empleados en la industria alimenticia para brindar algunas de esas propiedades funcionales de la grasa en un producto, e impartir simultáneamente menos calorías que la grasa. Esto representa un reto a la hora de elaborar alimentos alternativos bajos, reducidos o libres de grasa, pues se persigue obtener características de sabor y textura aceptables para los consumidores (ADA, 2005; Akoh, 1998; Akoh, 2011; Cordero, 2010).

Una alternativa adicional de sustitución de grasa son los purés de frutas, que han logrado una gran aceptación de los consumidores, porque tienen la ventaja de ser productos naturales, que al ser empleados como sustitutos de grasa debido a su composición (pectinas, fibras, sorbitol,

oligosacáridos y azúcares reductores), y producen una reducción calórica significativa en los alimentos (Kuntz, 1996). Un producto ideal para elaborar sustitutos de grasa para alimentos procesados es el chayote, puesto que posee pocas calorías y bajo contenido de azúcar, además de que su tenue sabor le permite absorber otros sabores naturales o artificiales (Gajar & Badrie, 2002).

Aunque la adición de reemplazantes de la grasa resulta viable en términos de textura o sensación en la boca, se ha demostrado que la adición de algunos hidrocoloides causa una reducción de la intensidad percibida de diversos sabores en los productos (Gallardo *et al.*, 2007). Se han efectuado estudios incorporando hidrocoloides, como sustitutos de grasa, a sistemas modelo con proteínas de suero (Hegedusic *et al.*, 2000) y en mayonesas (Kostyra & Barylko-Pikielna, 2007), encontrándose una disminución sobre la percepción de aromas y sabores cuando éstos se emplean.

El efecto de la matriz sobre el aroma y el sabor del mismo ha sido investigado en muchos sistemas líquidos, se ha encontrado que mediante la variación de la concentración de hidrocoloides en los sistemas, la viscosidad tiene un efecto importante en el aroma y sabor desarrollado, y la percepción de la intensidad del sabor decrece con el incremento de la viscosidad. Ese mismo efecto se ha logrado observar en sistemas semisólidos y en geles (Clark, 1990; Wilson & Brown, 1997).

En publicaciones recientes (Consumers Report, 2009), se encontró sodio oculto en los alimentos menos imaginados, y se advierte que los alimentos bajos en grasa pueden ser más altos en sodio que sus contrapartes ricos en grasa. Según el mismo estudio algunos alimentos procesados descritos como "bajos en grasa", podrían tener un contenido de sodio no concordante con los niveles de sodio recomendado para las personas.

En múltiples estudios se ha demostrado que un alto consumo de sal tiene como consecuencia el aumento de la presión sanguínea, asimismo, incrementa el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares y enfermedades renales (Adrogué & Madias, 2007; FSAI, 2005; Mitchell *et al.*, 2011). De igual forma una alta ingesta de sal está relacionada con la obesidad, osteoporosis, y es probablemente una de las mayores causas del cáncer de estómago (He & Mac Gregor, 2010).

La mayoría de investigaciones que asocian el efecto de los sustitutos de grasa con la reducción del sabor, se han enfocado en las propiedades reológicas, en lugar de la percepción sensorial de la textura y el sabor. Además, estos estudios se orientan a relacionar la reducción de la grasa con la reducción del sabor salado (Ruusunen *et al.*, 2001; Tobin *et al.*, 2012; Tobin *et al.*, 2013).

De igual forma, en una investigación de Bayarri *et al.* (2006), se explica que al reducir la grasa en un alimento se generan diferencias en la percepción del sabor, primeramente porque hay cambios en la liberación de aroma, y segundo por modificaciones de viscosidad, lo cual puede estimular o variar la liberación de saborizante, afectar la interacción entre el sabor y el aroma, y por lo tanto reducir el sabor percibido.

Es importante determinar si el agregar un sustituto de grasa a un alimento cambia el aroma del mismo, si conlleva a un desbalance de los sabores, o si la sensación del sabor salado se enmascara con el compuesto utilizado para reducir el contenido de grasa. Haciendo referencia a esto último, Ferry *et al.* (2006 b) señalan que las diferencias en la estructura de algunas soluciones espesantes (espesante polimérico o globulares) también pueden influir en los atributos de sensación en la boca y modificar la liberación de estímulos químicos a los receptores de sabores.

La evaluación sensorial es una técnica empleada con éxito para interpretar y analizar las características de los alimentos por medio de los sentidos, pues los instrumentos sólo pueden detectar una porción del total de las características sensoriales y de textura de los alimentos (Gallinger, 1998; Jiménez, 2008).

Con este proyecto se persigue evaluar cómo el uso de diferentes sustitutos de grasa afecta la intensidad y el agrado del sabor salado en sopas de brócoli; empleando para esto las técnicas de análisis sensorial. Se espera también observar la posibilidad de utilizar el chayote, como un sustituto de grasa natural en alimentos procesados, para que se aprovechen los nutrientes y propiedades sensoriales presentes en este vegetal.

## II. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de diferentes sustitutos de grasa sobre la intensidad del sabor salado en sopas.

### 2.2 Objetivos específicos

- Desarrollar una sopa de brócoli y una sopa de brócoli *light* que presenten consistencias similares
- Determinar el nivel de sal de mayor agrado en sopas de brócoli reducidas en grasa con diferentes sustitutos de grasa.
- Comparar varios sustitutos de grasa en una sopa, reducida en grasa, respecto a la intensidad del sabor salado y otros atributos sensoriales.
- Determinar el efecto de la viscosidad sobre la intensidad del sabor salado.

### III. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 Tendencia a reducir el consumo de sal

La principal fuente de sodio en nuestros alimentos es el cloruro de sodio o sal común. La sal se utiliza usualmente para proporcionar sabor salado y para mejorar sabor de los alimentos, aunque también tiene otras propiedades tecnológicas tales como contribuir a la estructuración en la carne y pan, conservación de carne y encurtidos, la prevención del deterioro en margarinas y el pan, y la modificación de la actividad enzimática en el queso (Bush *et al.*, 2013; Ellin, 2011; Taormina, 2010).

Aproximadamente el 98% del sodio que se consume diariamente es absorbido en el intestino y es excretado principalmente por los riñones. En personas saludables el organismo se encarga de mantener los niveles de sodio en el plasma sanguíneo a nivel óptimo, pero con la edad o con el desarrollo de algunas enfermedades crónicas se disminuye la eficiente excreción del exceso de sodio. Esto puede ocasionar un incremento en el volumen del plasma sanguíneo e inducir la hipertensión arterial, y enfermedades cardiovasculares, entre otras complicaciones (Ellin, 2011; Oparil *et al.*, 2003).

La asociación entre una excesiva ingesta de sodio y el desarrollo de la hipertensión ha sido publicada en múltiples estudios (Heikki & Mervaala, 2006; MacGregor & de Wardener, 2002; Misra & Kurana, 2007, Oparil *et al.*, 2003; Radhika *et al.*, 2007), y todos concluyen en la necesidad de reducir el consumo de sal en la alimentación.

En el 2007 la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), se comprometieron a promover la reducción de la ingesta de sal a menos de 5 gramos de sal o 2 gramos de sodio diarios por persona como meta.

Costa Rica se unió al esfuerzo de esta Declaración de la Política comprometiéndose con la OPS (Organización Panamericana de la Salud) a apoyarla y formulando el Plan Nacional de Reducción del Consumo de Sodio y Sal en la Población 2011-2021 (Ministerio de Salud, 2011).

En Costa Rica desde 1970 las enfermedades cardiovasculares constituyen la principal causa de muerte (33%), tanto en hombres como en mujeres mayores de 30 años. El consumo aparente de sal proveniente de todas las fuentes en nuestro país es mayor al valor recomendado por la Organización Mundial de la Salud, debido a que el consumo exclusivamente de sal de mesa es de 7 gramos por persona al día (Ministerio de Salud, 2011).

## **3.2 Alternativas para la sustitución de sal**

Hay una serie de enfoques para la reducción de sal que actualmente se utilizan con éxito los cuales se describen a continuación.

### **3.2.1 Reducir el contenido de sal gradualmente**

La preferencia por la sal tiene una fuerte componente ambiental y no parece ser hereditaria, por lo tanto es determinada por la concentración de sal de los alimentos que se consumen (*Wise et al.*, 2007). Los estudios han demostrado que la preferencia por los alimentos salados es flexible, y que la exposición repetida a los alimentos con cantidades de sal inferiores a las que se consumen regularmente puede cambiar la preferencia hacia estos alimentos (*Girgis*, 2003). De tal modo, la evidencia sugiere que la lenta y gradual reducción de la sal de una formulación puede pasar desapercibido por los consumidores, a medida que el paladar se adapta al perfil sensorial (*Wilson et al.*, 2003).

Este enfoque ya ha sido ampliamente adoptado por la industria alimentaria y reducciones significativas se han alcanzado en muchos casos, además de la modificación de las expectativas y la percepción del sabor (*CTAC*, 2009; *Wilson et al.*, 2003).

### **3.2.2. Especies**

Mediante el uso cuidadoso de las especias altas en sabor es posible reformular producto con niveles bajos de sal. Este es a menudo un enfoque preferido sobre el uso de sales minerales. Una serie de empresas han adoptado este enfoque y es particularmente exitoso en productos como salsas (*Wilson et al.*, 2012).

Este método sólo es adecuado para los productos que se prestan a la condimentación con especias como sopas, salsas y platos preparados, pero no es adecuado para aplicaciones tales como el queso y el pan (Wilson *et al.*, 2012).

### **3.2.2. Cloruro de Potasio**

Este compuesto generalmente sólo puede sustituir hasta 30% de sal en la mayoría de los productos alimenticios, esto es porque a niveles superiores, el cloruro de potasio tiene un sabor metálico notable que algunos consumidores encuentran desagradable (Brandsma, 2007; Desmond, 2006; Gou *et al.*, 1996). El uso de cloruro de potasio para sustituir el sodio es más eficaz en productos con sabores fuertes, como en la elaboración de snacks, cárnicos o algunos tipos de queso. En los alimentos con sabor suave o ligeramente débil, se observó un sabor amargo y metálico, por lo tanto, para ayudar a reducir el sabor residual desagradable generalmente se mezcla con cloruro de sodio u otras sales minerales (Wallis & Chapman, 2012).

### **3.2.3. Otras sales minerales**

Ingredientes que son naturalmente ricos en sales minerales puede ser una opción viable para la reducción de sal en algunos casos. Por ejemplo, se han desarrollado ingredientes basados en una mezcla de minerales producto del fraccionamiento de la leche y contiene hasta cinco veces menos sodio que la sal. Estos ingredientes son granulados de modo que las partículas son equivalentes en tamaño a la sal estándar, y pueden ser etiquetados como concentrado de mineral o sal láctea. No obstante este producto al igual que otros puede ser un alérgeno, por lo tanto su utilización debe de ser reportada en la etiqueta del producto (CTAC, 2009; Wilson *et al.*, 2012).

Otro ingrediente natural rico en minerales es el permeado de suero, que es un subproducto de la fabricación de quesos, del aislado de proteína de suero, o de la producción de leche ultrafiltrada. La composición del permeado secado por pulverización varía pero típicamente contiene un mínimo de 59% de lactosa, máximo de 10% de proteína y 27% de cenizas. Investigadores de la Universidad de Wisconsin del Centro de Investigación Lácteo han evaluado las propiedades de la sal del lactosuero permeado y se concluyó que las sales minerales de las cenizas, calcio, fosfato, magnesio y potasio, funcionan como mejoradores de sal, mientras que los compuestos

nitrogenados no proteicos encontrados en la urea, proteína, creatina, creatinina, ácido úrico y el amoníaco pueden servir como potenciadores de sabor. Reducciones significativas en sodio se han logrado en los pasteles y panecillos formuladas con suero permeado (Minasian, 2011; Wilson *et al.*, 2012)

Una sal mineral, además, que ha atraído algo de atención es el sulfato de magnesio, que proporciona un sabor salado y un poco de amargo, dependiendo de su concentración. A niveles bajos se asocia con un sabor salado y en niveles altos resulta amargo (Lawless *et al.*, 2003).

El sulfato de magnesio se ha descrito en un número de diferentes patentes relacionadas con el reemplazo sal, donde se ha utilizado en conjunción con otras sales para reducir el nivel de sodio presente (Wilson *et al.*, 2012).

### **3.2.4. Potenciadores del sabor**

Los potenciadores de sal son sustancias que no tienen un sabor salado en sí mismos, sino que aumentan un sabor salado cuando se utiliza en combinación con cloruro de sodio. Una gama de ingredientes se informó para actuar como potenciadores de la sal, incluyendo productos tales como aminoácidos, glutamato monosódico, lactatos, productos de levadura y otros aromas (Wilson *et al.*, 2012).

El glutamato monosódico (GMS) es particularmente conocido por impartir el sabor umami, mejor descrito como un sabor salado agradable el cual se está ofreciendo cada vez más en los menús de todo el mundo y tiene un potencial de reducción de la sal. La incorporación el sabor umami en ciertos sabores se ve cada vez más como una forma de compensar la menor contenido de sal en los alimentos procesados (Carter *et al.*, 2011; Wilson *et al.*, 2012).

De acuerdo con la Unión Europea, es totalmente seguro para utilizarlo como un potenciador de sabor, sin embargo, el GMS se ha ganado una mala reputación debido a que su uso es muy controversial (se le atribuye por ejemplo, causar dolores de cabeza o náuseas a las personas con deficiencia de la vitamina B6). Aunque un pequeño número de personas han declarado reacciones al GMS, los estudios científicos sugieren que no existe un vínculo directo entre el glutamato y estos efectos indeseables (CTAC, 2009).

### **3.3. Tendencia a reducir el consumo de grasa**

La ingesta de un alto contenido de grasa se asocia con el riesgo de padecer algunos tipos de cáncer, a su vez se vincula con un aumento de colesterol en sangre y con enfermedades coronarias (Krauss *et al.*, 2000; Ognean *et al.*, 2006). La evidencia científica señala que la ingesta de ácidos grasos puede afectar la tendencia trombótica, el ritmo cardíaco, la función endotelial, la inflamación sistémica, la sensibilidad a la insulina, el estrés oxidativo y en desarrollo de la obesidad (Astrup *et al.*, 2011; Daniel, 2010; Monge & Campos, 2006).

En consecuencia, la reducción del consumo de grasa saturada en la dieta diaria se convierte en una directriz nacional e internacionalmente, con el objetivo de ayudar al público a minimizar los riesgos de enfermedades cardiovasculares; por lo tanto la tendencia hacia un mayor consumo de alimentos bajos en grasa o productos "*light*" ha tomado más fuerza en los últimos años (Mullie *et al.*, 2012; Sadowska *et al.* 2009).

Actualmente, la investigación y el desarrollo de nuevos productos pretenden ofrecer al mercado nuevos alimentos para enfrentar la obesidad, en los que se intenta incorporar una mayor variedad de ingredientes funcionales que además de disminuir el consumo calórico total, pretenden influir en el metabolismo energético así como en la sensación metabólica de saciedad (Daniel, 2010; Serrano & Sánchez, 2008).

### **3.4. Utilización de sustitutos de grasa en alimentos**

Los sustitutos permiten reemplazar las grasas y en algunos casos imitan las propiedades de éstas. La cantidad de calorías que estos productos aportan varía en un rango de cero a nueve calorías por gramo, algunos sustitutos aportan el mismo contenido de calorías que la grasa, pero se requiere una cantidad menor respecto a la de grasa utilizada convencionalmente para fabricar el alimento (Villalobos, 2008).

Los sustitutos de grasa están generalmente divididos en tres categorías: de base lipídica, de base proteica, o con base en carbohidratos (Cordero, 2010; Hahn, 1997).

- **Sustitutos de grasa**

Los sustitutos de grasas son ingredientes que tienen una estructura química cercana a la de grasas y tienen propiedades fisicoquímicas similares (Ognean *et al.*, 2006). Al ser macromoléculas que física y químicamente se asemejan a triglicéridos (grasas y aceites convencionales), teóricamente pueden reemplazar la grasa en los alimentos en una proporción 1:1, base gramo a gramo. Como son sustancias a base de lípidos usualmente son estables a la cocción y a las temperaturas de freído (ADA, 2005, Villalobos, 2008).

- **Miméticos de grasa**

Los miméticos de grasa son los ingredientes que imitan uno o más de las funciones sensoriales o físicas de la grasa en el alimento, se denominan también como sustitutos de grasa a base de proteína o a base de carbohidratos (Akoh, 1998). Proporcionan de 0 a 9 kcal/g y aportan lubricidad, sensación en la boca, y otras características de grasa mediante retención de agua (ADA, 2005). El agua adicional los hace inadecuados para algunas funciones de la grasa, como el freído, sufren caramelización o desnaturalización a altas temperaturas; sin embargo pueden emplearse en alimentos horneados, postres, aderezos y lácteos (Villalobos, 2008).

### **3.4.1. Sustitutos de grasa a base de carbohidratos (miméticos de grasa)**

Este grupo de sustitutos se clasifica como miméticos de grasa debido a su capacidad para imitar algunas de las propiedades que la grasa confiere a los alimentos. Son derivados de carbohidratos, tales como celulosa, dextrina, maltodextrinas, polidextrosa, goma, almidones y fibras (Gebirim, 2009). Proporcionan hasta 4 kcal/g, o pueden estar exentos de valor calórico, debido a que no se metabolizan, como es el caso de la celulosa (Monteiro *et al.*, 2006).

#### **3.4.1.1. Gomas**

Las gomas o hidrocoloides solubles son polímeros de cadenas largas que se encuentran en semillas, algas y exudados de plantas. Las gomas pueden usarse en concentraciones que van de 0,1 a 0,5 %, mostrando propiedades espesantes, emulsionantes, estabilizadoras y texturales, que a

menudo se asemejan a las de las grasas y aceites. Las más utilizadas en alimentos con bajo contenido de grasa son la goma xantán, la goma guar y el carragenato (Yañez & Biolley, 1999).

#### **3.4.1.1.1 Goma xantán**

La goma xantán posee gran capacidad pseudoplástica, característica muy importante en la estabilización de suspensiones y emulsiones. Tiene excelente estabilidad en un rango amplio de pH y temperatura, es resistente a la degradación enzimática, exhibe una interacción sinérgica con la goma guar, la locus bean gum, y la konjac manan (Ospina *et al.*, 2012)

#### **3.4.1.1.2. Goma Guar**

Este tipo de goma se hidrata en agua fría y genera soluciones de alta viscosidad con comportamiento tixotrópico. Se utiliza básicamente para ligar agua, aumentar la viscosidad y como estabilizante. No puede utilizarse en productos sometidos a fritura porque la temperatura provoca degradación de la goma, pero es estable a la acidez, la congelación y descongelación (Villalobos, 2008).

#### **3.4.1.2. Pectinas**

Las pectinas son hidrocoloides formados por ésteres metílicos del ácido poligalacturónico. Se encuentran en las frutas y verduras y se obtienen por extracción acuosa de cáscaras de manzanas y cítricos. Los geles a base de pectina pueden usarse para reemplazar la grasa en postres congelados, productos horneados, untables, sopas, salsas y aliños (Yañez & Biolley, 1999).

#### **3.4.1.3. Almidones**

Los almidones se han usado extensamente en la producción de los sustitutos de grasa que se hallan en el mercado. Son atractivos por su bajo contenido calórico de 4 kcal/g. Se usan en bajas concentraciones y no requieren la aprobación de la FDA. Se obtienen de cereales (como trigo, maíz, arroz y avena), tapioca, papas y otras especies (Yañez & Biolley, 1999).

#### **3.4.1.4. Sustitutos de grasa a base de frutas**

Como respuesta a la tendencia de reducir el consumo de grasa, y ante la demanda por alimentos reducidos en calorías, algunos purés de frutas o vegetales han sido utilizados para sustituir parcialmente la grasa en varias formulaciones de alimentos con resultados muy positivos (Rankin *et al.*, 2000; Wiese & Duffrin, 2003).

Los purés de fruta se encuentran en forma hidratada o como polvos secos (Villalobos, 2008), las frutas más utilizadas son la ciruela y la manzana (Landis & Altman; Mitzel *et al.*, 1996; Swanson & Munsayac, 1999). No obstante se han utilizado purés de leguminosas como es el caso de frijoles blancos (Rankin *et al.*, 2000), y de aguacate (Wekwete & Navder, 2008).

Los sustitutos de grasa a base de purés de frutas o vegetales son ricos en nutrientes (Wang & Sullivan, 2010), además poseen polisacáridos como las pectinas y fibras, componentes que permiten aumentar la retención de agua en el alimento y mejoran la textura del mismo (Villalobos, 2008).

##### **3.4.1.4.1. Puré de chayote como sustituto de grasa**

En el estudio de Cordero (2010), se comparó la composición de tres variedades de chayote con el fin de relacionarla con su funcionalidad como sustituto de grasa. Los constituyentes químicos encontrados en mayor proporción fueron el almidón seguido por la celulosa y la pectina soluble, y además se determinó que las variedades de chayote blanco y quelite son las más aptas para elaborar el puré de chayote pues presentaron, respecto a la variedad verde, mayor proporción de compuestos con funcionalidad como sustitutos de grasa.

Otro estudio realizado por Jiménez (2008) probó la funcionalidad del puré de chayote como sustituto de grasa en quequitos (hasta un 40%) y en aderezo (hasta un 90%), sin causar grandes cambios en su textura ni en su sabor.

#### **3.4.2. Sustitutos de grasa a base de proteína (miméticos de grasa)**

Los sustitutos de grasa a base de proteínas, se obtienen a base de proteínas de huevo, leche o soya en forma microparticulada (Cordero, 2010; Yañez & Bioley, 1999). El resultado de ese proceso

es la agregación física de moléculas proteína en lugar de interacciones químicas, lo que permite el mantenimiento de la estructura y la secuencia de aminoácidos, conservando las características nutricionales de las proteínas (Gebrim, 2009).

El proceso de microparticulación permite que las proteínas adquieran una forma microscópica tal que pueden girar fácilmente unas sobre otras, esto genera una mejor sensación en el paladar que la desarrollada por los sustitutos a base de carbohidratos, ya que las partículas pequeñas producen una sensación más cremosa (Villalobos, 2008).

Son ingredientes con aplicación limitada, porque no pueden ser utilizados para productos de panadería y alimentos fritos, debido a las altas temperaturas alcanzadas en estos procesos; el calentamiento provoca la coagulación y desnaturalización de proteínas, causando la pérdida de cremosidad y textura (Fani, 2013).

#### **3.4.2.1. *Simplesse*<sup>®</sup>**

Proteína microparticulada (*Simplesse*<sup>®</sup>) con poco valor calórico (1-2 kcal/g), se obtuvo a partir de suero de leche o leche y huevos (Monteiro *et al.*, 2006), es adecuado para utilizarlo en productos que no requieran fritura tales como productos horneados, salsas, aderezos para ensaladas, mayonesa, margarina, salsas, y sopas (Akoh, 2008).

Algunas limitaciones del producto es que mantiene las características antigénicas o alergénicas de la proteína, no se puede usar en frituras y puede enmascarar el sabor del alimento (Villalobos, 2008).

#### **3.4.3. Sustitutos de grasa a base de grasa**

Son compuestos de base lipídica cuya estructura ha sido químicamente modificada para reducir o eliminar el aporte calórico, por ejemplo ácidos grasos esterificados con carbohidratos o polialcoholes que, al ser consumidos, limitan la digestión y la absorción de la grasa, aportando menos o ninguna caloría (Sandrou & Arvanitoyannis, 2000, Villalobos, 2008).

### **3.4.3.1. Poliéster de sacarosa (Olestra®)**

Olestra® es una mezcla de hexa, hepta y octaésteres de sacarosa y ácidos grasos, preparados por transesterificación o interesterificación química de la sacarosa (Ognean *et al.*, 2006).

Las propiedades físicas de poliésteres de sacarosa son similares a las de la grasa convencional y dependen de los ácidos grasos utilizados en su síntesis. Proporcionan sabor, la textura y la sensación en la boca, similar a la de la grasa convencional. Son estables durante el calentamiento, incluso altas temperaturas, Su uso principal es en la fritura de "chips" y "snacks" (Akoh, 1998; Fani, 2013; Villalobos, 2008).

### **3.4.3.2. Caprenin**

Caprenin es fabricado a partir de glicerol por esterificación con ácido caprílico (C8:0), ácido cáprico (C10: 0), y ácido behénico (C22: 0) (Sandrou & Arvanitoyannis, 2000). Puesto que el ácido behénico es absorbido sólo parcialmente, y los ácidos cáprico y caprílico son metabolizados más fácilmente que otros ácidos grasos de cadena más larga, Caprenin proporciona sólo 5 kcal/g (Akoh, 1998, Ognean *et al.*, 2006).

El comportamiento de este sustituto es similar al de la manteca de cacao con la misma textura y palatabilidad, por tanto se utiliza en coberturas de chocolate y confitería con la aprobación de la FDA (Yañez & Biolley, 1999).

### **3.4.3.3. Salatrim**

Es una mezcla de ácidos grasos que contiene al menos un ácido graso de cadena corta (2-4 carbonos) y uno de cadena larga (generalmente el ácido oleico o esteárico), unidos a una molécula de glicerol (Villalobos, 2008).

Aporta sólo 5 kcal/g y generalmente son mezclas de triglicéridos de ácidos grasos de cadena larga mediana y corta, diseñados para obtener beneficios específicos de salud, junto con características de funcionalidad para ser usados en productos horneados y de confitería. A diferencia de otros

sustitutos de grasa, los triglicéridos que constituyen el Salatrim son hidrolizados durante la digestión, liberando los ácidos grasos y el glicerol (Ognean *et al.*, 2006).

### **3.5. El efecto de las gomas y espesantes sobre la percepción de la intensidad del sabor**

La grasa tiende a enmascarar algunos sabores de bajo nivel y sabores desagradables y mitiga las interacciones desfavorables entre las notas del flavor. El flavor de acuerdo al British Standard Institution se define como la combinación del sabor y el olor, puede estar influenciada por las sensaciones de dolor, calor, frío y sensaciones táctiles (Jarkin, 2004).

Los productos no reducidos en grasa se caracterizan por una percepción de la intensidad del sabor menos intensa pero más duradera. Por el contrario, algunos productos bajos en grasa tienen un sabor inicial más intenso, pero un desvanecimiento del flavor más rápido (Ma & Boye, 2013).

Cuando se agregan espesantes para productos bajos en grasa (aderezos), pueden ocurrir uniones reversibles o irreversibles de ciertos compuestos aromáticos (Mc Clements & Demetriades, 1998; Mc Clements, 2005), las macromoléculas en los espesantes afectan la movilidad y la liberación dinámica del flavor en los alimentos (de Roos, 1997).

Comúnmente son utilizados sustitutos de grasa en muchos productos, por sus propiedades espesantes y baja concentración, que tienen un profundo efecto en la textura y el sabor de los alimentos (Hollowood *et al.*, 2002).

Algunas desventajas de este tipo de ingredientes es que no disuelven ni contienen compuestos lipofílicos que contribuyen al aroma. Además, el incremento en la humedad del sistema afecta la estabilidad microbiológica y puede incrementar la percepción de la acidez, la dulzura, la salinidad y el amargo (Villalobos, 2008).

Los hidrocoloides son comúnmente utilizados en muchos productos alimenticios por sus propiedades espesantes, a una baja concentración (Hollowood *et al.*, 2002). Son moléculas altamente hidrofílicas que actúan en bajas concentraciones reduciendo la movilidad del agua y aumentando la viscosidad. Adicionalmente al efecto en la viscosidad de las disoluciones acuosas o

la formación de geles permite modificar y/o controlar las propiedades de flujo y la textura de alimentos fluidos y bebidas y las propiedades de deformación de alimentos semisólidos (Silva, 2010).

Los carbohidratos se utilizan comúnmente como agentes espesantes. Sin embargo, a menudo inducen una disminución en la percepción de aroma, debido a su efecto sobre la retención de aroma en la matriz. Entre los carbohidratos, el almidón ha sido objeto de numerosos estudios debido a su amplio uso en tecnología de los alimentos. Sus interacciones con compuestos volátiles ya han sido revisados (Escher *et al.*, 2000). La mayoría de estudios hacen énfasis en que el tipo del complejo entre aroma y amilosa puede influir en liberación aroma y, por lo tanto, la percepción del aroma y sabor, muy pocos estudios se ocupan de las interacciones entre la amilopectina y los sabores (Guichard, 2011).

Para las soluciones es frecuentemente reportado en la literatura que la intensidad del sabor disminuye con el aumento de la viscosidad (Hollowood *et al.*, 2002, Walker & Prescott, 2000). Algunos estudios reconocen que un incremento en la viscosidad en polisacáridos como las gomas, carragenina, hidroxpropilmetilcelulosa, etc., reduce la percepción de aroma y sabor (Baines & Morris, 1989; Cook *et al.*, 2002).

Por otro lado, los estudios realizados por Hollowood *et al.* (2002), Cook *et al.* (2002), Cook *et al.* (2003 a) y Cook *et al.* (2003 b), explican que la percepción del sabor en los alimentos no depende necesariamente de la viscosidad. De la misma forma otros estudios han llegado a la conclusión de que un aumento en la viscosidad de soluciones de hidrocoloides no influye en la liberación de compuestos aromáticos a partir de las matrices en virtud de la difusión molecular (Bylaite *et al.*, 2003; Bylaite *et al.*, 2004; Darling *et al.*, 1986).

### **3.5.1. Efecto específico sobre la percepción de la intensidad del sabor salado**

Los primeros estudios en el campo informan que un aumento en la viscosidad de una solución, se acompaña de un aumento de los valores de umbral para la percepción de sal y sacarosa (Gady *et al.*, 2008).

La interacción del ión sodio ( $\text{Na}^+$ ) con los otros componentes de los alimentos y su efecto en la percepción del sabor salado también ha sido considerada cuando se modifican formulaciones para elaborar productos bajos en sodio.

En un estudio de Rosett *et al.* (1994), y con base en investigaciones anteriores, surgió la hipótesis de que la asociación de los cationes  $\text{Na}^+$  con moléculas aniónicas en los sistemas de los alimentos podrían afectar la percepción del sabor salado. Se comprobó mediante la utilización de espectroscopia de resonancia magnética nuclear (RMN), que la movilidad de los iones  $\text{Na}^+$  era menor en sistemas iónicos que en no-iónicos, y la intensidad del sabor salado fue inferior al utilizar gomas aniónicas como la kappa carragenina o la xantán, en relación a una goma no iónica como la guar o la locust bean.

Posteriormente también, mediante espectroscopia RMN y un panel sensorial, se investigó el efecto de agentes espesantes (goma xantán, almidón de maíz, entre otros) sobre el enlazamiento con el ión sodio, y sobre la calidad del sabor en sopas. Entre los resultados del estudio destacan que la goma xantán suprime el sabor salado como resultado del enlace con el ión sodio, mientras que el almidón no muestra ese efecto (Rosett *et al.*, 1996).

### **3.6. Análisis sensorial**

Se pueden emplear pruebas de consumidores para determinar el agrado por los productos y se puede hacer una descripción detallada de los alimentos con panelistas entrenados mediante un Análisis Cuantitativo Descriptivo (QDA). Es una herramienta empleada para identificar y cuantificar las características sensoriales de un producto a través de un grupo de panelistas entrenados, se considera la única metodología que proporciona una percepción completa de un producto (Jiménez, 2008; Murillo, 2008; Stone & Sidel, 2004).

#### **3.6.1. Pruebas de consumidores**

Los análisis sensoriales con consumidores se pueden clasificar en pruebas de preferencia y pruebas de aceptación. El objetivo de las pruebas de preferencia es conocer si los jueces escogen una muestra sobre otra, y en las pruebas de aceptación es posible conocer el nivel de agrado de

una serie de muestras. Los resultados en ambas pruebas son de fácil interpretación y permiten tener conocimiento del potencial de dicho producto (Anzaldúa, 1994; Jiménez, 2008; Meilgaard *et al.*, 2006; Rojas, 2010; Wattson, 2010).

#### **3.6.1.1. Pruebas de agrado general (aceptación)**

Son pruebas sensoriales orientadas al consumidor, por lo tanto no se emplean panelistas entrenados o seleccionados por su agudeza sensorial, sin embargo los panelistas deben ser usuarios del producto. Se requiere seleccionar un panel representativo de la población escogida como objetivo, por lo general se utilizan de 100 a 500 panelistas (Espinosa *et al.*, 1998).

Las pruebas de aceptación se emplean para determinar el grado de aceptación de un producto por parte de los consumidores, la aceptabilidad de un producto generalmente indica el uso real del producto (compra y consumo). Esta información en particular, es necesaria antes de invertir en equipos, producción y distribución, publicidad, etc. (Stone & Siedel, 2004; Watts, 1992). Además permite predecir el comportamiento de los consumidores frente a un producto, por lo que es esencial para el desarrollo de un nuevo producto o para mejorar la calidad de uno existente (Pedrero & Pangborn, 1989), también ayudan con la reducción del número de alternativas mediante la eliminación de los productos que tienen un mal desempeño (Stone & Siedel, 2004).

La realización de la prueba de aceptación puede ser llevada a cabo utilizando diversas escalas según sea el objetivo de la prueba. Por ejemplo, al utilizar una escala hedónica se logra determinar la intensidad en el agrado de un producto, mientras que el uso de una escala tipo "justo, correcto" (JAR: Just About Right) hace un enfoque directo a la medida de la desviación de los niveles ideales para un atributo determinado. Con la prueba JAR, se evalúan directamente las desviaciones del ideal, por lo general en términos de las escalas marcadas con los puntos finales "demasiado débil" a "demasiado fuerte", con el punto medio de la escala etiquetados como "el ideal" (Cadot *et al.*, 2010).

#### **3.6.1.2. Escala "Just About Right" (JAR) o Justo-correcto**

Es una de las escalas más frecuentemente utilizadas en pruebas con consumidores (Gacula, 2006), pueden ser eficaces en la investigación en alimentos y bebidas, donde a los consumidores, además

de su calificación por el gusto del producto, se les pide que evalúen uno o más atributos del producto siguiendo el mismo formato de pregunta (Popper & Kroll, 2005). Estas escalas bipolares, tienen tres o cinco categorías (las tres categorías es por lo general el modo preferido), por lo general están anclada con los enunciados: "demasiado", " muy poco", y "justo el correcto", para cada atributo del producto (Stone & Sidel, 2004).

Las escalas JAR van más directas al punto porque incorporan la evaluación sensorial, con relación a un nivel ideal individual implícito (Gacula *et al.*, 2008).

Con esta medición se intenta cuantificar la preferencia de los sujetos por un producto, midiendo cuánto les gusta o les disgusta, es decir, el grado de satisfacción. La aceptación debe medirse en función del uso normal del producto. La medida de aceptación no garantiza el éxito del producto en el mercado, ya que este depende de otros factores como la presentación, el precio, la publicidad y los segmentos del mercado, sin embargo, provee una idea del potencial del producto en el mercado (Stone & Sidel, 2004).

Una forma adecuada de analizar estadísticamente la escala JAR es mediante el estadístico Signal to Noise Ratio (SNR). Los datos basados en la escala de intensidad JAR están sesgados, en particular cuando los productos se desvían en gran medida de la categoría "justo-correcto" de la escala; por tanto, el estadístico SNR es apropiado, ya que relaciona la escala de agrado general y JAR. El cálculo de SNR incluye todos los datos que caen en cada categoría de la escala JAR, ofreciendo robustez al producto evaluado (Gacula *et al.*, 2008).

### **3.6.2. Análisis descriptivo**

Los análisis sensoriales descriptivos son las más sofisticadas herramientas en el análisis sensorial. Son un medio efectivo para obtener una descripción sensorial completa de los productos, permitiendo cuantificar las intensidades percibidas, para identificar ingredientes, variables de proceso, y/o para determinar qué atributos sensoriales son importantes para la aceptación (Lawless & Heymann, 1999).

El análisis cuantitativo descriptivo con un panel entrenado de jueces es ampliamente utilizado en investigación y desarrollo de productos, y como una técnica del control de la calidad. Los

principales problemas metodológicos de un análisis sensorial podrán clasificarse en tres diferentes categorías: la forma de presentación de las muestras, el desarrollo del lenguaje descriptivo y su correcto uso por parte de los jueces. Estas complicaciones pueden ser minimizadas controlando el orden de presentación de las muestras, el efecto de acarreamiento, teniendo un cuidadoso desarrollo del lenguaje y empleando buenos métodos estadísticos en la selección, entrenamiento y evaluación de los jueces (Bárceñas *et al.*, 2000).

Son generalmente empleados cuando se necesita la especificación sensorial detallada de los atributos de un solo producto, o cuando se quiera una comparación de las diferencias sensoriales entre varios productos (Lawless & Heymann, 2010).

Se han desarrollado muchos métodos de análisis descriptivo, se presentan los comúnmente utilizados a continuación:

- **Perfil del sabor:** requiere de un análisis del producto por medio de la percepción de las características asociadas con el aroma y el sabor, sus intensidades, y sabor residual, emplea un panel de 4-6 jueces entrenados (Meilgaard *et al.*, 2006).
- **Perfil de textura:** basado en el método de perfil de sabor, con la diferencia de que los panelistas se seleccionan de acuerdo a las habilidades para discriminar diferencias de textura de un determinado producto (Meilgaard *et al.*, 2006).
- **Spectrum®:** la principal característica de este método es que los panelistas califican las intensidades percibidas con referencia a escalas de intensidad absoluta pre-aprendidas, difiere de otros métodos por su perfil más técnico (Meilgaard *et al.*, 2006). Los panelistas no generan un vocabulario para un panel específico para describir los atributos sensoriales de los productos, se utiliza un léxico de términos ya estandarizados (Lawless & Heymann, 2010) una desventaja es que el entrenamiento es muy largo (Villalobos, 2008).
- **Perfil de escogencia libre (FCP):** cada juez utiliza sus propios descriptores, no se define una lista general para todo el panel (Villalobos, 2008).
- **Análisis descriptivo cuantitativo (QDA®):** Los panelistas son seleccionados de un gran número de candidatos en función de su capacidad para discriminar diferencias en las propiedades

sensoriales entre las muestras del tipo de producto específico para el que se van a ser entrenados. La formación de los paneles QDA requiere el uso de referencias de productos e ingredientes, como con otros métodos descriptivos, para estimular la generación de la terminología. El líder del panel actúa como un facilitador, en lugar de como un instructor, y se abstiene de influir en el grupo. La atención se da al desarrollo de una terminología coherente, pero los panelistas son libres de desarrollar su propio enfoque de puntuación, con el uso de la escala lineal de 15 cm (6 pulgadas), que el método proporciona (Meilgaard *et al.*, 2006).

- **Análisis descriptivo genérico:** QDA® y Spectrum® han sido adaptado de muchas maneras diferentes, no obstante las adaptaciones invalidan el uso de los nombres comerciales "QDA" y "Spectrum". Desafortunadamente, a menudo es difícil de evaluar el efecto que las desviaciones de las metodologías estándar tienen sobre la validez de los datos. Los investigadores académicos emplean con frecuencia directrices generales de estas metodologías para evaluar productos (Lawless & Heymann, 2010).

### **3.6.3. Análisis de varianza modelo mixto (ANDEVA Mixto)**

Esta modalidad de análisis de varianza corresponde a un tipo de diseños llamados *mixtos* porque se combinan en el mismo planteamiento muestras independientes y muestras relacionadas. Es un diseño útil cuando tenemos dos (o más) grupos en los que los sujetos son medidos en ocasiones distintas o en variables distintas (Morales, 2009).

Mediante la utilización del ANDEVA mixto, se obtienen valores más bajos en el error de medición, los cuales conllevan a valores más altos al utilizar el estadístico F; esto es deseable cuando se quieren observar diferencias entre productos (Brockhoff, 2001).

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. Localización del proyecto

El proyecto se llevó a cabo en las instalaciones de la Escuela de Tecnología de Alimentos de la Universidad de Costa Rica (UCR), ubicada en la Ciudad Universitaria Rodrigo Facio en San Pedro de Montes de Oca. Se utilizaron los laboratorios de Química y Análisis Sensorial, para realizar los análisis físicos y sensoriales, respectivamente. Además, se trabajó en la planta piloto del Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA), para la elaboración de las sopas y el puré de chayote.

### 4.2. Materia prima

Se utilizaron los materiales que se presentan a continuación para la elaboración de dos tipos de sopa, los mismos se definieron a partir de los ensayos realizados en la etapa de pruebas preliminares.

Se elaboró una sopa de brócoli similar a las que se encuentran en el mercado, y una sopa de brócoli *light* que se utilizó como base para incorporar varios sustitutos de grasa.

#### Sopa de Brócoli Golden Chesse Soup (Regular)

- Caldo de pollo sin grasa
- Leche entera (3,3% grasa)
- Brócoli en trozos
- Zanahoria picada
- Cebolla picada
- Queso cheddar (33% grasa y 1,75% de sal)
- Margarina (78% grasa)
- Apio picado
- Ajo picado
- Sal

### Sopa de Brócoli Golden Chesse Soup (Light)

- Caldo de pollo sin grasa
- Leche descremada (0% grasa)
- Brócoli en trozos
- Zanahoria picada
- Cebolla picada
- Sabor queso cheddar marca ASEAL, Código: 3320AS (0% grasa y máximo 15% de sal)
- Margarina *light* (38% grasa)
- Apio picado
- Ajo picado
- Sal

Materias primas empleadas como sustitutos de grasa:

- Puré de chayote
- Almidón de papa
- Almidón de maíz
- Goma xantán
- Pectina de bajo metoxilo

### 4.3. Pruebas preliminares

Las pruebas preliminares se realizaron antes de iniciar con la fase experimental, para estandarizar la formulación y las condiciones del proceso de elaboración de la sopa regular y de la sopa *light*.

También se ensayó con los sustitutos de grasa que se emplearían en la elaboración de prototipos de sopa baja en grasa, y se determinó el porcentaje de sustitución de cada uno en la composición de las mismas.

Para ello, se preparó un prototipo de sopa de brócoli similar a las presentes en el mercado, y se compararon sus propiedades físicas y químicas con dos sopas comerciales, la sopa Campbell's y la sopa Vigo. Se midió: porcentaje de humedad, consistencia, viscosidad, porcentaje de grasa y porcentaje de sal. Estas pruebas se realizaron con la intención de que las preparaciones fueran sensorial y reológicamente similares a las comerciales.

**Cuadro I.** Ingredientes y porcentaje utilizado en la formulación del prototipo de sopa regular (4,4% de grasa).

<b>Ingrediente</b>	<b>Porcentaje utilizado (%)</b>
Caldo de pollo sin grasa	35,6
Leche entera (3,3%)	19,0
Brócoli en trozos	15,7
Zanahoria picada	12,0
Cebolla picada	6,5
Queso cheddar (33% grasa)	6,6
Margarina (78%)	2,1
Apio picado	2,0
Ajo picado	0,5

### **4.3.1. Pruebas físicas y químicas aplicadas a las sopas**

#### **4.3.1.1. Determinación de humedad**

La medición de humedad de las sopas estuvo a cargo del Laboratorio de Química del CITA y se realizó por la medición de la pérdida de peso por evaporación de agua en una estufa al vacío (P-SA-MQ-002), método acreditado y documentado por el CITA (CITA, 2012 a).

#### **4.3.1.2. Consistencia**

Se realizó la medición instrumental de la consistencia de las sopas empleando el consistómetro de Bostwick, en el cual se colocó la muestra a 22°C y se midió la distancia recorrida por la muestra luego de 30 segundos de haberse liberado la compuerta (Jiménez, 2008).

#### **4.3.1.3. Viscosidad**

Se realizó la medición de la viscosidad de los tres tipos de sopa empleando el viscosímetro de Brookfield, utilizando los husillo No.3 y No.4 a una velocidad de 5,0 rpm (Rojas *et al.*, 2007). Se colocaron las muestras a 22°C en beakers de 600 mL, y se tomaron las mediciones del equipo luego de 30 segundos de haberse encendido.

#### **4.3.1.4. Grasa**

La determinación del contenido de grasa de los tres tipos de sopa estuvo a cargo del Laboratorio de Química del CITA, se realizó según el método acreditado de hidrólisis ácida y extracto etéreo (P-SA-MQ-009) documentado por el CITA (CITA, 2012 b).

#### **4.3.1.5. Sal**

Se determinó según el método Mohr, descrito Kirk *et al.* (1996), el mismo estuvo a cargo del Laboratorio de Química del CITA según el procedimiento P-SA-MQ-021 (CITA, 2010).

#### 4.3.1.6. Resultados de las pruebas

**Cuadro II.** Resultados de las pruebas físicas para el prototipo de sopa de brócoli regular y dos cremas de brócoli comerciales.

<b>Tipos de sopa analizada</b>	<b>Humedad (%)</b>	<b>Consistencia (cm/30s)</b>	<b>Viscosidad (cP)</b>	<b>Grasa (%)</b>	<b>Sal (%)</b>
Crema de brócoli Campbell's	87,2	12,5	2810	1,0	3,65
Crema de brócoli Vigo	84,7	8,96	2840	2,0	4,16
Prototipo de sopa de brócoli (regular)	85,7	9,25	2940	3,0	2,05

A partir de los resultados obtenidos en las pruebas físicas (Cuadro II), se definieron las materias primas y la formulación para la elaboración de la sopa de brócoli *light*, la cual sirvió de base para probar el efecto de los diferentes sustitutos de grasa, respecto al agrado e intensidad del sabor salado.

#### 4.3.2. Formulación de la sopa de brócoli *light*

Con base a los resultados obtenidos en las pruebas físicas (sección 4.3.1), se definieron las materias primas y la formulación para la elaboración de la sopa de brócoli *light*, la cual se utilizó como base para probar el efecto de los diferentes sustitutos de grasa, respecto al agrado e intensidad del sabor salado. Para ello se sustituyeron la leche, la margarina y el queso cheddar, por las correspondientes versiones libres o reducidas en grasa, como se muestra en el Cuadro III.

**Cuadro III.** Ingredientes y porcentaje utilizado en la formulación del prototipo de sopa "light" (0,42% grasa).

<b>Ingrediente</b>	<b>Porcentaje utilizado (%)</b>
Caldo de pollo sin grasa	37,8
Leche descremada (0% grasa)	20,2
Brócoli en trozos	16,7
Zanahoria picada	12,7
Cebolla picada	6,9
Sabor a queso cheddar (0% grasa)	1,7
Margarina <i>light</i> (38% grasa)	1,1
Apio picado	2,4
Ajo picado	0,6

#### **4.3.3. Definición de los porcentajes de sal a utilizar en la preparación de las sopas**

A partir del prototipo de sopa de brócoli desarrollado en la sección 4.3 se prepararon 5 sopas con concentraciones diferentes de sal (0%, 1% y 3,5%), con base en lo reportado en distintas recetas de sopas y en el porcentaje de sal de las sopas comerciales.

Se realizó una prueba informal con 10 consumidores para elegir la de mejor aceptación con relación a la intensidad del sabor salado.

Con base en esta evaluación se eligieron dos niveles de sal adicionales, uno por encima y otro por debajo del porcentaje de sal con mayor agrado de la prueba de aceptación, con el fin de tener tres porcentajes de sal fácilmente distinguibles y que representaran intensidades de sal baja, media y alta.

Como resultado de estas pruebas se escogieron 0%, 1% y 3,5% como los porcentajes de sal a utilizar en la preparación de las sopas. Los porcentajes no son equidistantes ya que según las leyes

psicofísicas para que sea perceptible la cantidad de un sabor añadido, depende de la cantidad de sabor que ya está presente. Con esto lo que se quiere decir es el cambio en la concentración es proporcional a la concentración existente para que se distinga un cambio en la sensación percibida.

#### **4.3.4. Definición de las materias primas a utilizar como sustitutos de grasa en la sopa *light***

Se elaboró un listado descriptivo de las sopas bajas en grasa disponibles en los supermercados del país, con el fin de conocer los sustitutos de grasa mayormente empleados en este tipo de preparaciones (Apéndice L). El mismo se complementó con una revisión bibliográfica en tesis, patentes, artículos de revistas científicas e internet, de diferentes estudios en los que se hayan empleado los sustitutos de grasa. Con base en esta información, se seleccionaron cuatro sustitutos de grasa: almidón de maíz, almidón de papa, goma xantán y puré de chayote.

#### **4.3.5. Determinación de los porcentajes de las materias primas a utilizar como sustitutos de grasa en la sopa *light***

La determinación de los porcentajes de cada sustituto de grasa en la formulación de la sopa *light*, se realizó con base en los resultados obtenidos en pruebas preliminares (sección 4.3.1). A partir de los resultados de consistencia de la sopa regular, se hicieron pruebas modificando el porcentaje de cada uno de los sustitutos de grasa: almidón de maíz, almidón de papa, goma xantán y puré de chayote (Cuadro IV); en la sopa *light*, para lograr asemejar la consistencia de la sopa regular. La prueba de consistencia se hizo por triplicado para cada uno de los porcentajes experimentales, para este parámetro se utilizó el promedio de las tres mediciones.

**Cuadro IV.** Resultados de las pruebas de consistencia realizadas al prototipo de sopa de brócoli "light", utilizando diferentes compuestos como sustitutos de grasa.

<b>Tipos de sustituto de grasa utilizado</b>	<b>Porcentajes experimentales del sustituto de grasa utilizado* (%)</b>	<b>Consistencia (Distancia recorrida) (cm)</b>
Ninguno	---	13,50
Almidón de maíz	0,70	11,50
	5,00	8,50
Almidón de papa	0,70	9,50
	5,00	3,50
Goma xantán	0,25	10,25
Puré de chayote	4,00	12,00

\*Estos porcentajes experimentales se modificaron aumentando o disminuyendo la concentración de cada uno de los compuestos hasta lograr aproximarse a la consistencia de la sopa regular.

Con base en los resultados obtenidos en las pruebas de consistencia del Cuadro IV, se hicieron las modificaciones necesarias de cada uno de los sustitutos de grasa hasta lograr la mayor similitud en consistencia con respecto a la sopa regular, los porcentajes definitivos de cada uno de esos compuestos se presentan en el Cuadro V.

**Cuadro V.** Porcentajes de las sopas con diferentes materias primas utilizadas como sustitutos de grasa en la sopa "light".

Tipos de sustituto de grasa utilizado	Porcentajes experimentales del sustituto de grasa utilizado (%)
Ninguno	---
Almidón de maíz	2,0
Almidón de papa	0,7
Goma xantán	0,3
Puré de chayote	7,0

#### 4.3.6. Elaboración del puré de chayote como sustituto de grasa en la sopa *light*

Se elaboró un puré de chayote para ser utilizado como sustituto de grasa siguiendo la metodología descrita por Jiménez (2008) y Codero (2010), la cual se observa en la Figura 1 y se detalla a continuación; con la variante de haber eliminado la etapa de acidificación, porque afecta negativamente el sabor de la sopa.

- Selección de los chayotes

Los chayotes fueron seleccionados de manera visual, eliminando aquellos con daño físico o microbiano visible.

- Lavado y desinfección

Se lavaron los chayotes con agua a temperatura ambiente para retirar materia orgánica y posteriormente fueron sumergidos en una solución de agua potable con ácido peracético a 60 ppm, durante 3 minutos. (FDA, 2011). Posteriormente, fueron escurridos y secados con papel toalla.

- Troceado

Se realizó utilizando la troceadora Hobbart, consiguiendo cubos de aproximadamente 2 cm de arista.

- Escaldado

Se escaldó por 6 minutos en un escaldador tipo campana con vapor saturado, según fue definido por Jiménez (2008).

- Molienda

Se realizó utilizando el molino de martillos con la malla de 0,1524 cm (0,060 plg).

- Prensado manual

El puré se colocó en una manta previamente desinfectada y se escurrió el agua estrujando con la mano, hasta que saliera una masa de agua tal que se alcanzara una humedad final de aproximadamente un 90%, calculado mediante un balance de masas con la ecuación:

$$m_{\text{puré1}} \times h_{\text{puré1}} + m_{\text{agua1}} \times h_{\text{agua1}} = m_{\text{puré2}} \times h_{\text{puré2}} + m_{\text{agua2}} \times h_{\text{agua2}}$$

Donde:

$m_{\text{puré}}$ : representa la masa del puré de chayote

$h_{\text{puré}}$ : representa la fracción de humedad de la masa del puré de chayote

$m_{\text{agua}}$ : representa la masa de agua extraída del chayote

$h_{\text{agua}}$ : representa la fracción de humedad del agua extraída del puré de chayote, y su valor se toma como 1.

- Tratamiento térmico y empaque

El puré posteriormente se pasteurizó en una olla de acero inoxidable, a baño María, de acuerdo a las condiciones definidas por Jiménez (2008), utilizando un tiempo de 15 min a 62°C. Luego, el puré pasteurizado se empacó en caliente en bolsas de polietileno de alta densidad (HDPE).

- Enfriamiento

El producto empacado se enfrió por inmersión en un baño de agua con hielo, hasta alcanzar la temperatura ambiente.

- Almacenamiento

Los purés de chayote fueron almacenados en refrigeración a 4°C (Alvarez & Canet, 2001).

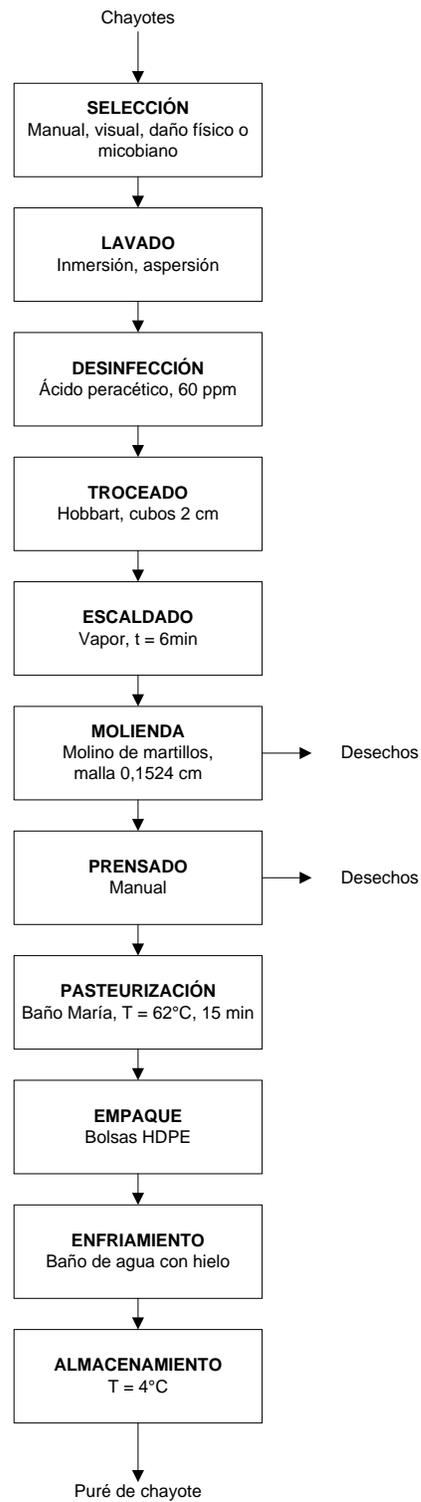


Figura 1. Proceso de elaboración del puré de chayote.

#### **4.3.7. Elaboración de las sopas regular y *light***

A partir de las materias primas y de las pruebas 4.3.1. y 4.3.2., se elaboraron los dos tipos de sopa siguiendo los procedimientos descritos a continuación, y que se ilustran en la Figura 2 y en la Figura 3.

Primeramente los vegetales se lavaron. Y posteriormente se desinfectaron con una disolución ácido peracético (60 ppm) (FDA, 2001).

En la preparación de la sopa regular primeramente se pica la cebolla, el apio, el ajo y la zanahoria. Posteriormente, se saltean los vegetales en margarina hasta ablandarlos un poco y se cocinan por 5 minutos. Luego se incorpora el caldo de pollo lentamente y se cocina la mezcla por 5 minutos más.

La etapa siguiente consiste en añadir el brócoli previamente cocido (escaldado en agua hirviendo por 5 minutos) y cocinar a fuego lento por 5 minutos. Seguidamente, se agrega lentamente la leche entera, asegurándose que la sopa no esté demasiado caliente para evitar que la leche se cuaje, consecutivamente se agrega el queso cheddar, y por último se pasteuriza a 90°C por 10 minutos, se enfría, se homogeniza en la licuadora y por último se le añade la sal.

La preparación de la sopa *light* es similar a la de la sopa regular, la diferencia radica en que un alimento *light* contiene al menos un 25% menos de grasa por porción o por 10 g ó 10 mL, con respecto al alimento de referencia (RTCA, 2010).

De este modo se emplea leche descremada en lugar de leche entera, margarina *light* y sabor a queso cheddar en lugar del queso.

El sustituto de grasa se agrega después de las operaciones de homogenizado y salado, posteriormente se calienta a 65°C y se enfría en un baño de hielo a 21°C.

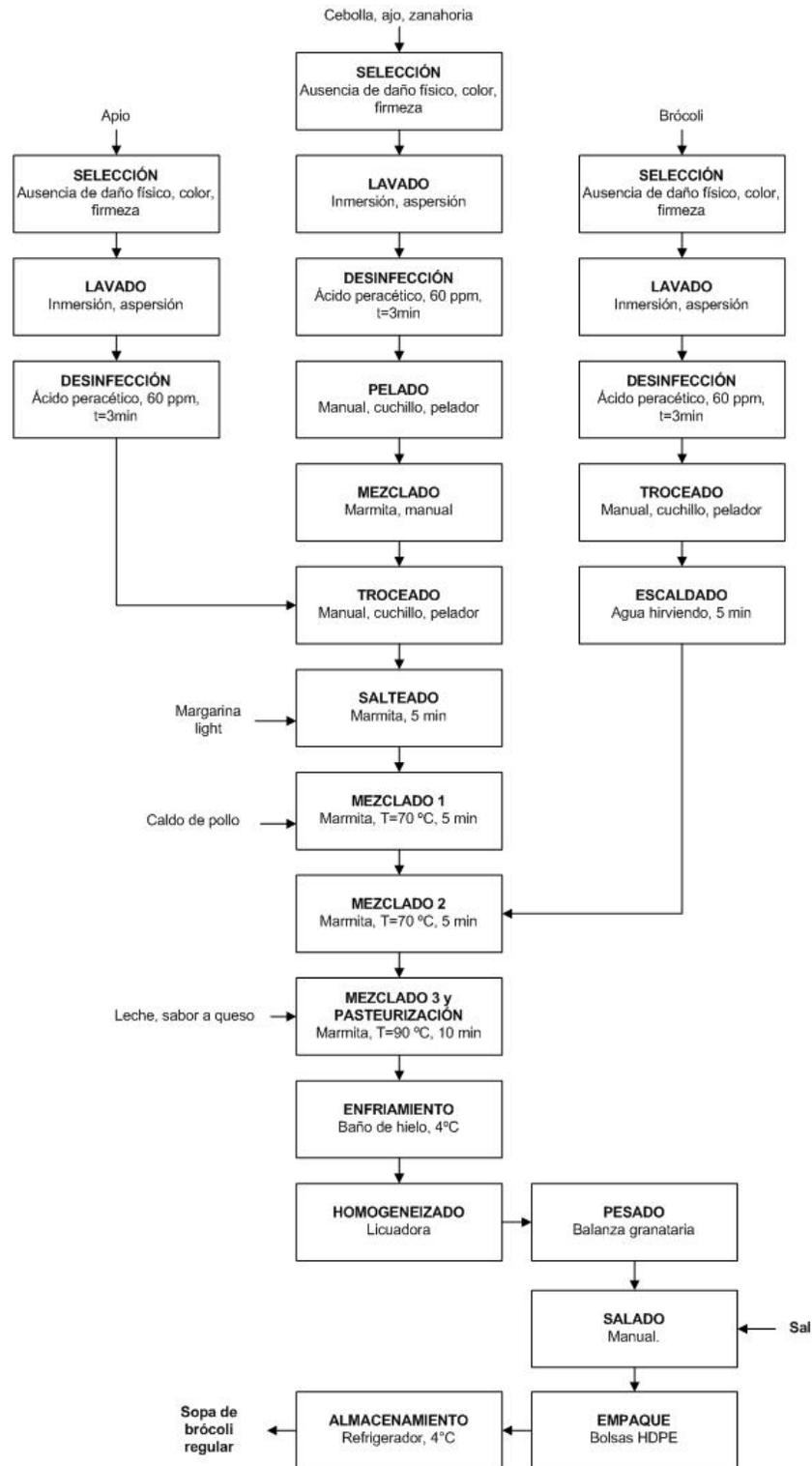


Figura 2. Proceso de elaboración de la sopa de brócoli (regular).



## **4.4 Pruebas definitivas**

### **4.4.1. Determinación de la cantidad de sal de mayor agrado en diferentes formulaciones de sopa**

Para la elaboración de los diferentes tipos de sopa se siguió el mismo proceso descrito en la sección 4.3.7. A partir de la sopa *light* base, se elaboraron distintas variaciones de la sopa, probando en cada una de ellas un sustituto de grasa diferente y con los porcentajes de sal de la sección 4.3.3.

#### **4.4.1.1 *Diseño experimental***

Para las muestras que se presentaron en las pruebas de consumidores (sección 4.5.2.1), se realizó un arreglo factorial de dos factores: tipo de sopa y porcentaje de sal empleado en la formulación. Para el tipo de sopa como se observa en el Cuadro VI se emplearon 6 niveles: sopa regular, sopa *light* sin sustitutos de grasa, sopa *light* sustituida con almidón de maíz, sopa *light* sustituida con almidón de maíz, sopa *light* sustituida con almidón de papa, sopa *light* sustituida con goma xantán y sopa *light* sustituida con puré de chayote. En el caso del porcentaje de sal se utilizaron tres niveles: 0%, 1% y 3,5%.

De este modo se evaluaron 18 sopas correspondientes a 18 diferentes tratamientos, y para cada tratamiento hubo 82 repeticiones, en este caso el número de panelistas equivale al número de repeticiones. Las muestras se presentaron en tres bloques con 6 muestras cada uno, en forma aleatoria y balanceada, con un pequeño descanso entre bloques.

**Cuadro VI.** Tipo de sopa, sustitutos de grasa y porcentajes de sal utilizados en los diferentes tratamientos evaluados en las pruebas de consumidores.

Tipo de sopa	Porcentaje de sal utilizado (m/m)		
	0%	1%	3,5%
Sopa regular (sin sustituto)	Regular baja	Regular media	Regular alta
Sopa liviana (sin sustituto)	Liviana baja	Liviana media	Liviana alta
Sopa liviana - almidón de maíz (2%)*	Maíz baja	Maíz media	Maíz alta
Sopa liviana-almidón de papa (0,7%)*	Papa baja	Papa media	Papa alta
Sopa liviana- goma xantán (0,3%)*	Xantán baja	Xantán media	Xantán alta
Sopa liviana - puré de chayote (7%)*	Chayote baja	Chayote media	Chayote alta

\*Estos porcentajes fueron definidos en función de los resultados obtenidos en la sección 3.3.4.

Las variables respuesta fueron el agrado general y el valor de la escala ideal o "justo-correcto" para las categorías sabor salado y sabor a sopa (la intensidad de los vegetales que componen la sopa).

#### 4.4.1.2 Análisis estadístico

El análisis de datos de la variable respuesta aceptación general se llevó a cabo realizando una prueba de conglomerados o prueba "cluster". El objetivo de este análisis fue buscar que entre los grupos hayan diferencias y dentro de los grupos similitudes (McEwan *et al.*, 1998). Para ello se utilizó el paquete estadístico XLSTAT versión 9. Posteriormente a cada grupo se le realizó un ANDEVA ( $\alpha=0,05$ ) y una comparación de medias de Fisher LSD cuando el valor de F fue significativo, a partir de los resultados obtenidos se determinó cuáles sustitutos tuvieron el mayor agrado, y el nivel de sal a utilizar en las preparaciones finales.

Para los datos de la escala ideal o "justo-correcto" se hizo un análisis de conglomerados y para cada conglomerado se hizo un gráfico de teleraña con las 18 con respecto a la escala ideal para determinar cuáles se acercaban al valor "justo-correcto".

También se realizó un análisis de datos basado en el SNR (Signal to Noise Ratio) para determinar cuál de los porcentajes de sal en las sopas se acercó más al nivel de sal ideal, y determinar cuál o cuáles sustitutos de grasa se acercaron a una sopa con sabor ideal (Gacula *et al.*, 2006).

El análisis de datos SNR (Signal to Noise Ratio) se realizó mediante la ecuación descrita en Gacula *et al.* (2006), para un conjunto de datos con  $n$  panelistas ( $i = 1, 2, \dots, n$ ):

$$SNR = \sum \{-10 \times \log[(Y_i - 3)^2 + k]\} / n;$$

$Y_i$  = variable respuesta de la prueba JAR.

El valor "3" en la fórmula, es el valor intermedio de la categoría escala JAR. En el presente estudio no se utilizó "3" como valor intermedio, sino "2,5", siendo este último el valor que se introdujo en el cálculo (ver Apéndice G).

La constante "k" se inserta en la fórmula para asegurarse de que la fórmula es siempre mayor que 0, debido a que el logaritmo de "0" no está definido. El valor  $k$  puede variar de 0,1 a 1,0, y es arbitraria. En este caso se empleó un  $k=0,25$ .

#### **4.4.2 Efecto de diferentes sustitutos de grasa y de espesantes sobre la intensidad del sabor salado**

En el caso de las muestras que fueron presentadas en el análisis descriptivo para evaluar el efecto de la percepción de la intensidad del sabor salado según el sustituto de grasa empleado, el diseño se redujo en un factor, ya que el nivel de sal en esta fase fue el definido como el preferido por los consumidores según el análisis estadístico 4.4.1.2 realizado a las pruebas de consumidores.

Se escogió un nivel de sal intermedio correspondiente a 1%; sin embargo, los consumidores dieron valores mayores a 2,5 (valor ideal) por lo que se disminuyó un poco más la sal hasta 0,8% del peso de la sopa.

Asimismo se probó un sustituto de grasa adicional a los empleados en la sección 4.4.1, se incorporó pectina de bajo metoxilo al grupo de sustitutos de grasa que ya habían sido definidos en la sección 4.3.4, ya que aportó buena consistencia y tiene una estructura que podría no alterar los sabores y aromas. Se hizo pruebas para determinar el porcentaje de pectina que diera una consistencia similar a la sopa regular (Apéndice B).

**Cuadro VII.** Descripción de los diferentes tratamientos evaluados en las pruebas de consumidores.

<b>Tratamiento</b>	<b>Sopa y sustituto de grasa utilizado</b>
S1	Sopa regular sin sustituto
S2	Sopa <i>light</i> sin sustituto
S3	Sopa <i>light</i> + almidón de maíz (2,0%)
S4	Sopa <i>light</i> + almidón de papa (0,7%)
S5	Sopa <i>light</i> + goma xantán (0,3%)
S6	Sopa <i>light</i> + puré de chayote (7%)
S7	Sopa <i>light</i> + pectina de bajo metoxilo (0,43%)

#### **4.4.2.1 Diseño experimental**

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, donde el bloque fue la repetición de cada una de las sopas para ser probada por el panel entrenado. Se utilizó un solo factor que correspondió al tipo de sopa como se presenta en el Cuadro VII, que tenía 7 niveles.

El número de repeticiones fue 11, correspondiente al número de jueces que conformaron el panel entrenado.

Las variables respuesta fueron cada uno de los atributos desarrollados por el panel entrenado en las categorías de apariencia, aroma, textura o sensación bucal, y sabor, así como la consistencia y la viscosidad instrumental de las sopas.

#### **4.4.2.2 Análisis estadístico de los datos**

Se aplicó a cada uno de los atributos generados por el panel un ANDEVA mixto ( $\alpha=0,05$ ), donde los jueces fueron el efecto aleatorio y los productos el efecto fijo.

Se empleó una comparación de medias de Fisher LSD para cada uno de ellos.

Se comparó los cambios de sabores y aromas en las sopas con sustitutos de grasa contra las que no tenían (*light* y *regular*). Como se encontraron diferencias en la consistencia de las diferentes sopas, se correlacionó la consistencia de las sopas con el valor de la intensidad del sabor salado.

### **4.5 Métodos de análisis**

#### **4.5.1 Pruebas físicas**

##### **4.5.1.1 Consistencia**

Se realizó la medición de la consistencia de las sopas empleando el método descrito en el apartado 4.3.1.2.

#### **4.5.2 Análisis sensorial**

##### **4.5.2.1 Pruebas de consumidores**

Se realizó un estudio de consumidores con un grupo de 82 consumidores con agrado por las sopas para obtener resultados confiables y sin la presencia de jueces entrenados, a este grupo de consumidores se le realizó una prueba de agrado general y una prueba "justo-correcto" (*Just About Right-JAR*), donde se evaluaron los atributos sabor salado y sabor a sopa. El objetivo de emplear JAR fue medir cuál de los porcentajes en las sopas se acercó más al nivel de sal ideal, y determinar cuál o cuáles sustitutos de grasa se acercaron a una sopa con sabor ideal.

Se realizó la evaluación de las muestras en las cabinas del Laboratorio de Análisis Sensorial de la Escuela de Tecnología de Alimentos de forma individual.

#### **4.5.2.1.1. Prueba de agrado general**

Para esta prueba se utilizó, una escala hedónica híbrida de 10 puntos que va de disgusta en extremo (0), ni gusta ni disgusta (5) y gusta en extremo (10) (ver Apéndice G).

Se le presentó a los panelistas las muestras calientes en vasitos de vidrio codificados, las mismas se sirvieron en tres sets de seis muestras cada uno, con un pequeño descanso entre los sets.

#### **4.5.2.1.1. Prueba con la escala "Justo-Correcto" (JAR)**

Con las mismas muestras y panelistas que se utilizaron para evaluar agrado general, se evaluó el agrado por el sabor salado y el agrado por el sabor a sopa.

La metodología "justo-correcto" es un acercamiento directo a la medida de la desviación de los niveles ideales por atributo. Con JAR, los evaluadores directamente evalúan las desviaciones del ideal (Cadot *et al.*, 2010).

Para medir el sabor salado, se les presentó a los panelistas una escala estructurada de 0 a 5, la misma partía de un sabor muy poco salado (0), poco salado (1,25), salado ideal (2,5), muy salado (3,75), y finalmente salado en exceso (5). La misma metodología se empleó para el sabor a sopa (ver apéndice G).

#### **4.5.2.2. Análisis descriptivo**

Se conformó un panel entrenado para definir los términos que describan los atributos sensoriales encontrados en las distintas muestras de sopa, con el fin de establecer diferencias debidas a la utilización de los distintos productos como sustitutos de grasa en las mismas.

#### **4.5.2.2.1. Selección de jueces**

El panel entrenado estuvo conformado por 11 evaluadores estudiantes de la Universidad de Costa Rica. Se seleccionaron por su interés de participar en la investigación y disponibilidad de tiempo (Lawless & Heymann, 2010; Meilgaard *et al.*, 2006).

#### **4.5.2.2.2. Entrenamiento de jueces**

El entrenamiento se llevó a cabo en el Laboratorio de Análisis Sensorial y en la Sala de Profesores de la Escuela de Tecnología de Alimentos. En la primera sesión de entrenamiento se les explicó en qué consistía su trabajo en el panel y se les dieron las recomendaciones a seguir para un adecuado desempeño en el panel.

Para la evaluación de las muestras se desarrolló el siguiente procedimiento basado en Lawless & Heymann (2010) y en Meilgaard *et al.* (2006):

##### ***i. Generación de términos***

Se reunieron todos los jueces a la misma hora en la sala de profesores para la generación de términos. Se les dio a probar cuatro de las siete sopas elaboradas: regular, liviana, liviana-xantán y liviana-almidón de maíz. Seguidamente se le entregó a cada uno una boleta (ver apéndice H), para anotar en la misma las características sensoriales (aroma, sabor, textura, sensación en la boca, etc.) que se puedan detectar entre productos. Posteriormente se les pidió asociar cada una de las características con una palabra o descriptor. Para finalizar esta primera etapa del procedimiento, cada uno de los jueces expresó su evaluación, y con la ayuda del encargado del panel se establecieron y definieron los descriptores para explicar las características encontradas por todo el grupo.

##### ***ii. Alineación de términos***

Los descriptores seleccionados por el panel, se definieron y esclarecieron mejor, mediante la utilización de estándares o muestras de referencia, a las cuales, se les acentuaba la característica relacionada con cada descriptor. Mediante esta técnica el grupo logró escoger las características que mejor describían los atributos de los productos.

Esta etapa también permitió eliminar algunos descriptores por consenso, ya que puede darse el caso de que exista una misma característica, a la cual los jueces se refieran con diferente nombre.

Se realizaron cuatro sesiones de generación y alineación de términos.

### ***iii. Análisis de reproducibilidad de los jueces***

Se llevó a cabo durante cuatro sesiones en el laboratorio de Análisis Sensorial. La evaluación se hizo en cubículos individuales, con luz blanca y extractor de aromas. Las muestras se presentaron en caliente, balanceadas y en orden aleatorio, codificadas con un número de 3 dígitos.

Para cada uno de los descriptores, definiciones y muestras de referencia generados en las dos etapas anteriores, se elaboró una hoja de evaluación. A cada uno de los atributos se les asignó una escala lineal de 10 cm de longitud, sin divisiones y anclada en los extremos con la intensidad del atributo (Purdy *et al.*, 2001).

Además de las muestras, a los jueces se les suministró estándares para que los tuvieran disponibles durante la evaluación.

El análisis de datos recolectados se realizó mediante un ANDEVA y también se elaboró un gráfico para cada atributo (juez contra la calificación dada en la escala para cada producto y repetición) con el fin de observar en cuáles atributos se tenía mayor dificultad para discriminar entre muestras. De acuerdo con los resultados del análisis de cada sesión se le explicó a cada juez los aspectos a mejorar y se les mencionó nuevamente la definición de cada término, cómo probar la muestra y cómo utilizar el estándar, para aquellos donde exista alguna dificultad. También se hizo un análisis de cluster y un análisis de componentes principales (PCA) para determinar la homogeneidad del panel.

Al final de las sesiones se eliminaron los atributos que los jueces no pudieron discriminar y quedó establecida la lista final de términos a utilizar en las pruebas definitivas.

### ***iv. Evaluación final de las sopas con los atributos seleccionados***

Se realizaron 4 sesiones, donde se evaluaron los siete tipos diferentes de sopa del Cuadro VII, por triplicado, para un total de 21 sopas por juez. De este modo se efectuaron tres sesiones con cinco muestras y una sesión con seis.

Las muestras se codificaron mediante números de tres dígitos y se presentaron en caliente, en forma aleatoria y balanceada.

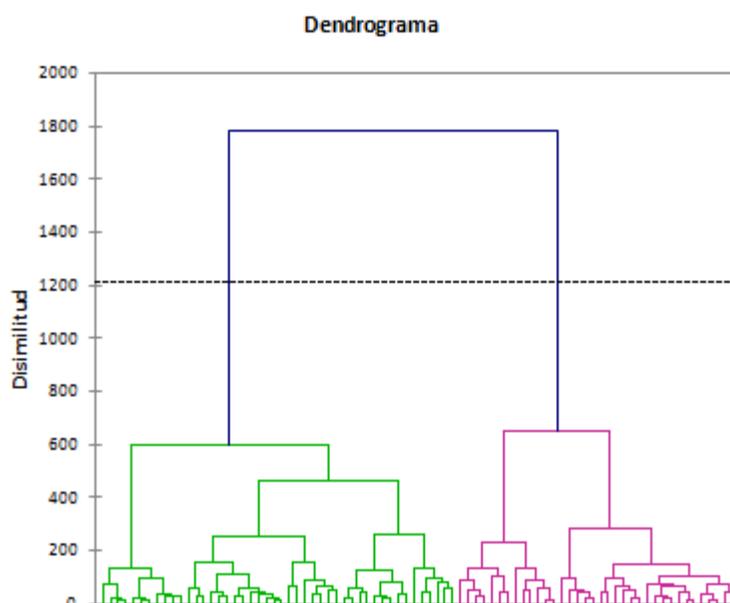
Se evaluaron de forma monádica las muestras de sopa con sustitutos de grasa y la muestra con contenido íntegro de grasa, mediante una escala lineal de 10 centímetros (Purdy *et al.*, 2001; Villalobos, 2008), la cual estaba rotulada en los extremos dependiendo de las características y sus niveles escogidos por los jueces (ver apéndice I). Se enjuagaron con agua entre muestras, la cual fue expectorada.

La valoración se realizó en cubículos individuales con el uso de luz blanca y extractor de aromas.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

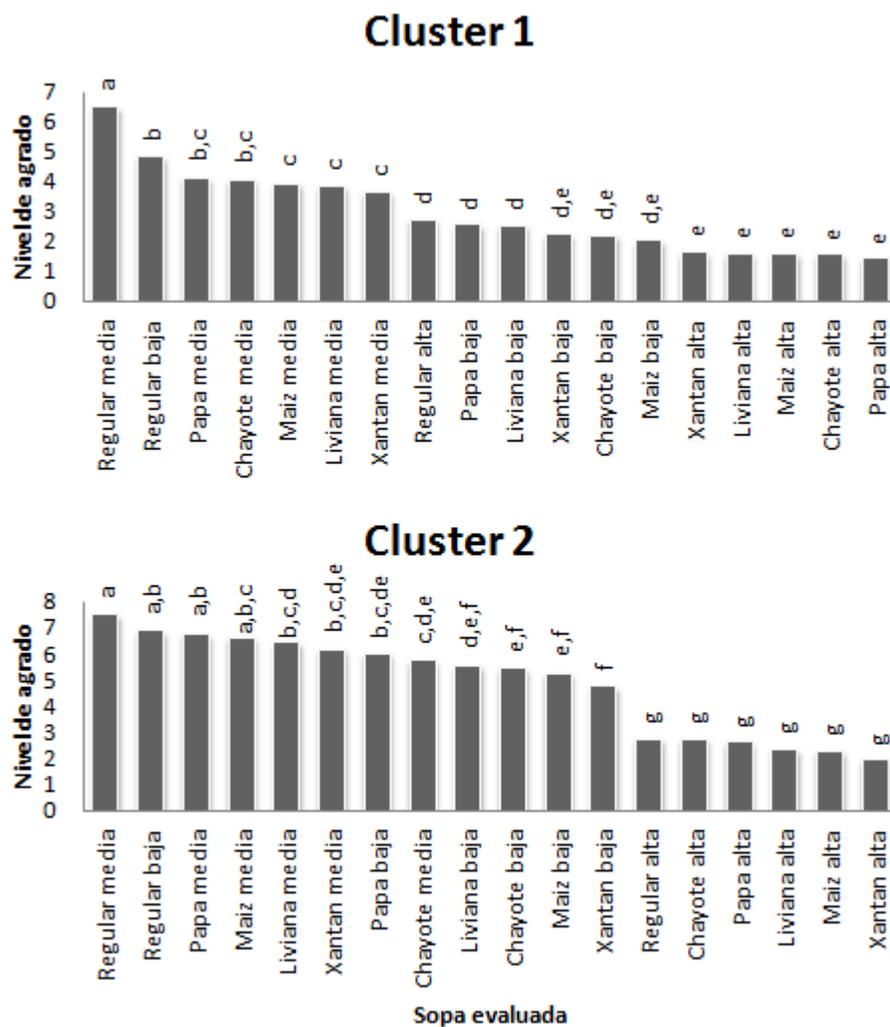
### 5.1. Determinación del nivel de sal de mayor agrado en sopas de brócoli reducidas en grasa con diferentes sustitutos.

Se llevó a cabo un análisis de agrado general de las 18 formulaciones con 82 consumidores. El análisis de conglomerados, para determinar si había segmentos de consumidores con gustos similares, se muestra en la Figura 4. Los consumidores se agruparon en dos grandes grupos o "clusters", según su agrado por las sopas. El grupo 1 abarcó el 54% de los consumidores y el grupo 2 el restante 46%. Para los dos segmentos se efectuó un análisis de varianza y en ambos se obtuvieron diferencias significativas en el agrado hacia los diferentes productos (Apéndice A).



**Figura 4.** Análisis de conglomerados de los resultados de la prueba de agrado por sopas de brócoli, elaboradas con distintos porcentajes de grasa y sal, con y sin sustitutos de grasa, efectuada por 82 consumidores.

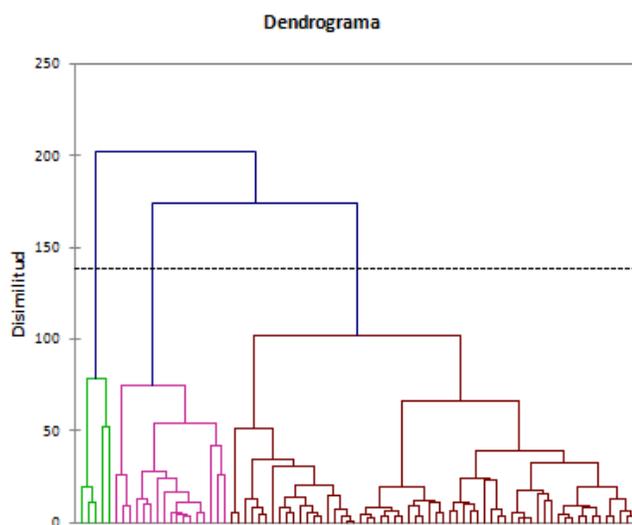
Se realizó un análisis de comparación de medias de Fisher LSD con ambos grupos, para establecer entre cuáles productos hubo diferencias significativas y cuáles fueron los de mayor agrado en cada segmento. Esta comparación se muestra gráficamente en la Figura 5.



**Figura 5.** Comparación de medias de Fisher (LSD) efectuada a los resultados de agrado por las sopas de brócoli obtenidos en los dos grandes grupos en que se segmentaron los consumidores.

Tal como se muestra en la figura 5, ambos grupos tuvieron una mayor aceptación por las preparaciones con un nivel medio de sal (1%). Para ambos grupos es posible observar que la sopa regular con un contenido medio de sal fue la más gustada, seguida por la regular con un contenido bajo de sal.

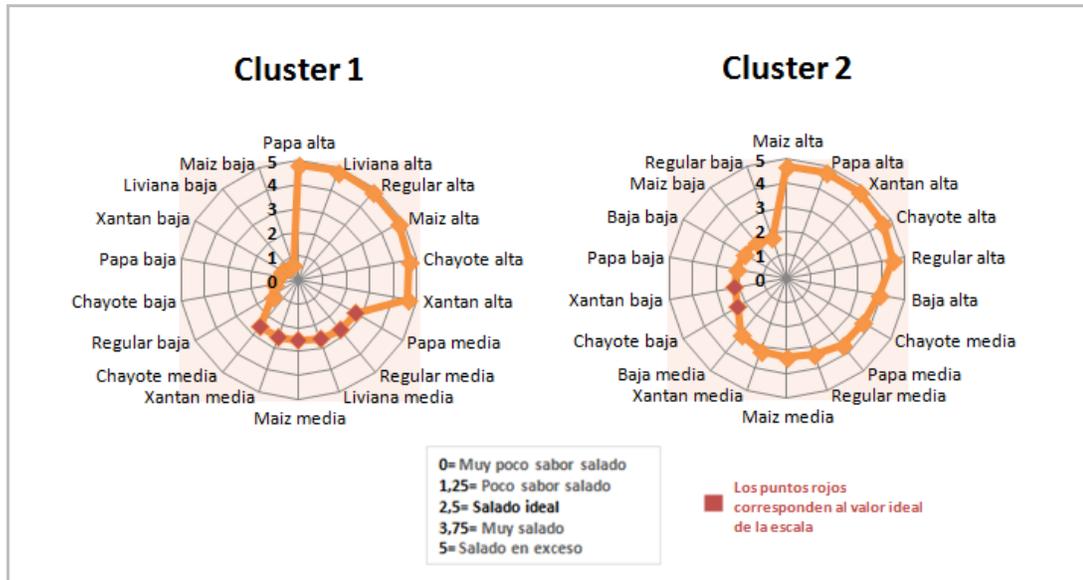
En el primer segmento (54% de los consumidores) la muestra de mayor agrado fue la sopa regular media, y existió una diferencia significativa en el nivel de agrado entre la sopa regular media y la sopa regular baja, mientras que en el segundo grupo (46% de los consumidores) no se encontraron diferencias entre las sopas regular media, regular baja, papa media y maíz media, que obtuvieron las puntuaciones más altas. Las sopas preparadas con alto contenido de sal (3,5%) obtuvieron las calificaciones más bajas en cuanto a agrado en ambos grupos.



**Figura 6.** Análisis de conglomerados de los resultados de la prueba JAR (sabor salado) en sopas de brócoli, elaboradas con distintos porcentajes de grasa y sal, con y sin sustitutos de grasa, efectuada por 82 consumidores.

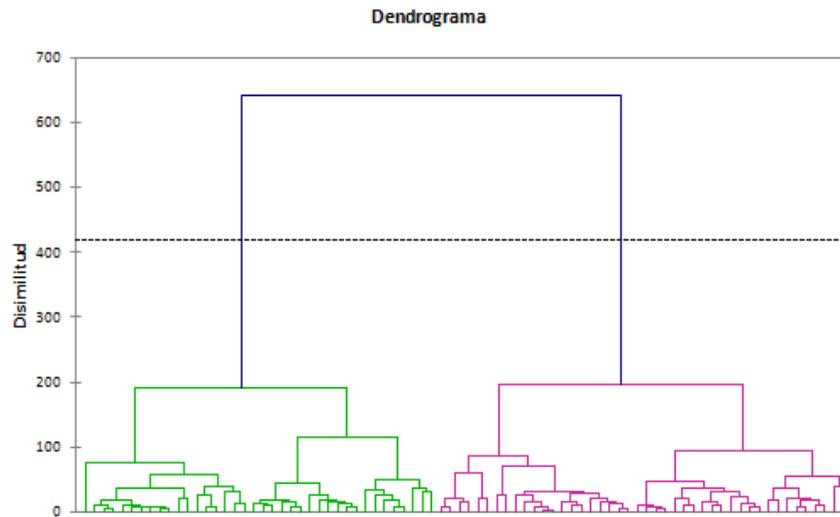
Para la prueba de justo-correcto que evaluaba el agrado por el sabor salado de las sopas, se realizó un análisis de conglomerados. Como se observa en la Figura 6 se obtuvieron tres grupos, no obstante como el primer grupo de la izquierda era muy pequeño (5 personas) no se tomó en cuenta para el análisis, por lo tanto el resto de los consumidores se agruparon en dos grupos. El grupo 1 comprendió el 78% de los consumidores y el grupo 2 el 22% restante. Tal como se aprecia

en la Figura 7, para el grupo 1, las preparaciones chayote media, xantán media, maíz media y baja media, fueron consideradas las sopas con un sabor salado cercano al ideal. Para el grupo 2, fueron las sopas xantán baja y chayote baja. Este grupo tenía mayor sensibilidad a la sal, valoraron en niveles de mayor sensación salada la mayoría de las sopas, y no les gustaban.



**Figura 7.** Valores obtenidos en la prueba JAR correspondiente al sabor salado.

También se le realizó un análisis de "cluster" para la prueba JAR que valoraba el agrado por el sabor a sopa, esta comparación se muestra gráficamente en la Figura 8.

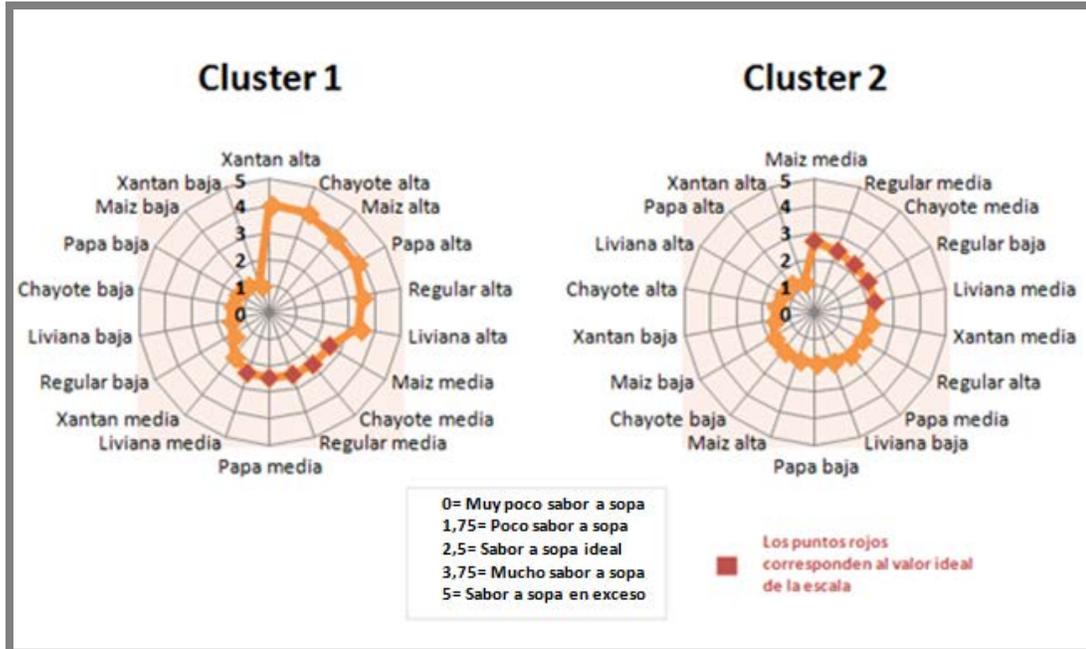


**Figura 8.** Análisis de conglomerados de los resultados de la prueba JAR (sabor a sopa) en sopas de brócoli, elaboradas con distintos porcentajes de grasa y sal, con y sin sustitutos de grasa, efectuada por 82 consumidores.

En este caso el panel de consumidores se distribuyó en dos grupos, en donde el primer grupo lo constituyó el 62% de los panelistas, mientras que el 38% sobrante de los mismos dio lugar el segundo grupo, como se observa en la Figura 8.

En la Figura 9 es posible apreciar que en el primer conjunto las formulaciones con el sabor a sopa más cercano al ideal fueron la regular media, la liviana media, papa media y chayote media.

El segundo conjunto de consumidores coincidió con el primer grupo en las sopas regular media y chayote media, adicional a esas dos sopas escogieron la de maíz media, regular baja y liviana media.

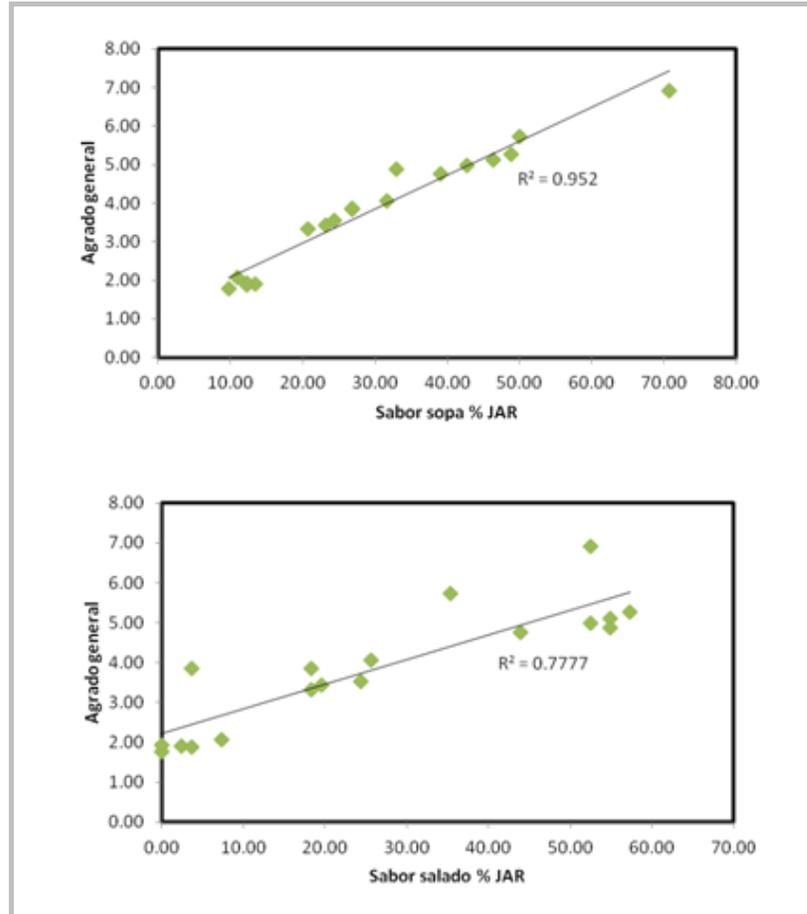


**Figura 9.** Valores obtenidos en la prueba JAR correspondiente al sabor a sopa.

El sabor ideal de sal (cercano a la concentración media) generó un sabor ideal de sopa. Con base en estos resultados, es posible observar una concordancia entre análisis de agrado general, y el análisis de la prueba JAR. Ambos convergen en que las sopas con una intensidad intermedia en el sabor salado fueron las que obtuvieron la calificación más alta de aceptación.

La Figura 10 muestra dos diagramas de dispersión de los valores obtenidos en la prueba de agrado general para los atributos "sabor a sopa" y "sabor salado", correspondiente a las calificaciones obtenidas por los 18 prototipos de sopa, en función del porcentaje de votos JAR. El valor de este porcentaje corresponde al número de veces en las que cada uno de los tipos de sopa fuera elegido como el "ideal" (2,5) por parte del juez, entre el número total de jueces.

Se observa en el gráfico superior de la Figura 10 una fuerte correlación positiva entre el agrado general y el sabor de la sopa y mostró que los productos más gustados según la prueba de agrado general, también mostraron una proporción mayor de votos JAR. En la Figura 10, aunque la correlación positiva fue leve, la tendencia continuó siendo la misma.



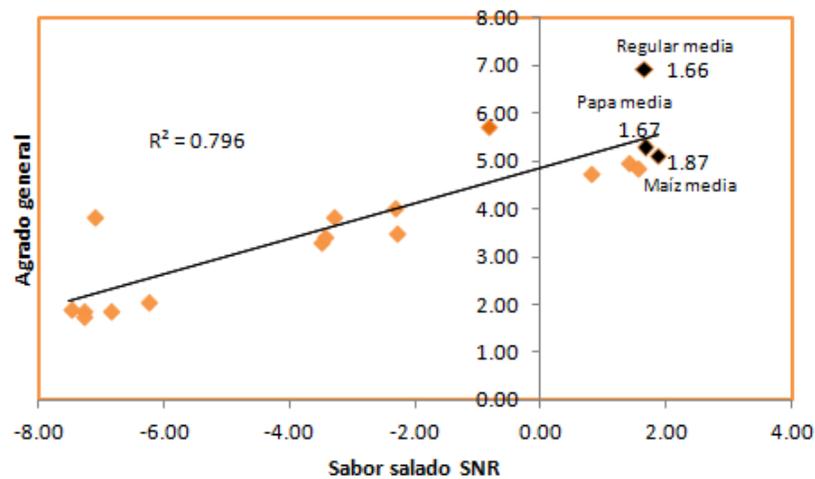
**Figura 10.** Relación entre agrado general y el gusto por el sabor a sopa/ gusto por el sabor salado, obtenidos mediante la prueba JAR.

Se le aplicó la estadística de Signal to Noise (SNR) a la escala de calificación JAR, con el fin de encontrar los valores objetivo SNR para cada una de las sopas evaluadas. En la práctica, hay que buscar las condiciones que generen el valor más alto posible de SNR, que corresponde al punto más cercano a la categoría de 3 en la escala de 5 puntos, en otras palabras el valor "ideal" en una escala JAR (Gacula *et al.*, 2006; Xiong & Meullenet, 2006). En el caso de este estudio el valor ideal fue un valor de 2,5 y no de 3, debido a la escala empleada, según se explicó en la sección 4.5.2.1.1.

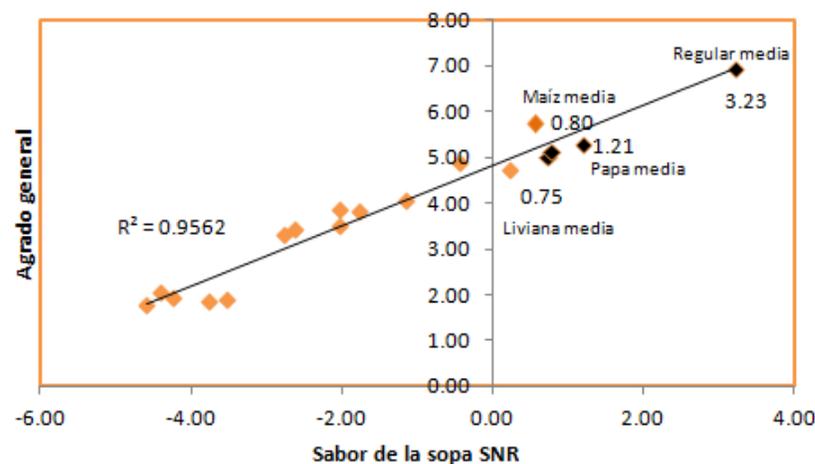
Como el mayor valor de SNR, corresponde al producto más cercano a ser "el justo", se espera que tenga una correlación positiva con la calificación de gusto en una escala hedónica de 9 puntos (agrado general) (Gacula *et al.*, 2006). De esta forma, los valores más altos del estadístico SNR son

los que se encuentran del lado positivo en la escalas de sabor salado y de sabor a sopa (Figura 11 y Figura 12).

Al observar la Figura 11 se observa una leve correlación positiva del agrado frente a las SNR correspondientes al sabor salado, y una relación mucho más positiva, en la Figura 12 correspondiente al agrado general frente a las SNR de la variable sabor a sopa.



**Figura 11.** Variación entre la SNR para sabor salado y la escala hedónica.



**Figura 12.** Variación entre la SNR para sabor a sopa y la escala hedónica.

En las Figuras 11 y 12 se puede observar que las preparaciones con un salado medio fueron las que obtuvieron los mayores valores de SNR, lo cual concuerda con los análisis previos. Con la

particularidad que éste hace posible observar más fácilmente que la sopa regular con un 1% de sal se acerca al más al "ideal" en cuanto a sabor salado y sabor a sopa. También se aprecia en estos gráficos que las sopas que más se le acercaron a este valor óptimo fueron las sustituidas con almidón de papa y almidón de maíz.

## 5.2. Comparación de varios sustitutos de grasa en una sopa reducida en grasa respecto al agrado e intensidad del sabor salado

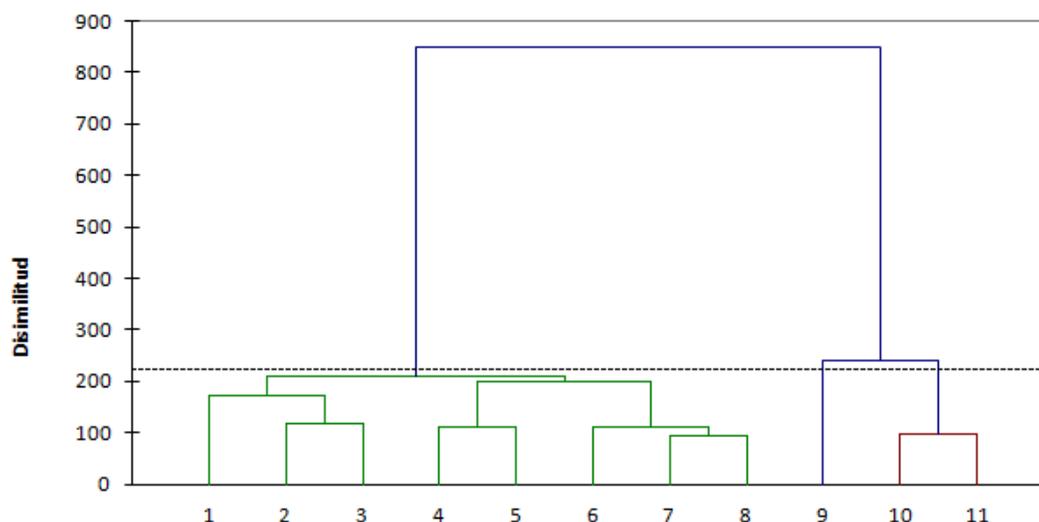
En el Cuadro VIII se indican los atributos generados por los panelistas, así como su definición y los patrones empleados para ejemplificar cada atributo.

**Cuadro VIII.** Descriptores, definición y patrón de referencia empleados en la evaluación de los atributos sensoriales del análisis descriptivo genérico de las sopas de brócoli.

Atributo	Descriptor	Definición	Referencia
Apariencia	Color	Intensidad del color en la muestra. Varía desde amarillo claro hasta mostaza	Escala de colores (ver Apéndice J)
	Apariencia espesa	Que fluye poco	Estándar: sopa base <i>light</i> + puré de chayote (20% adicional a la formulación de la de la sopa)
Olor	Ajo	Intensidad del olor típico del ajo	Estándar: sopa base + ajo (3% adicional a la formulación de la de la sopa)
	Mantequilla	Intensidad del olor a mantequilla, a grasa láctea	Estándar: sopa base <i>light</i> + queso cheddar extra (8% adicional a la formulación de la de la sopa)
Sabor	Brócoli	Intensidad del sabor a brócoli cocinado, sabe más a verdura	Estándar: sopa base <i>light</i> + brócoli (8% adicional a la formulación de la de la sopa)
	Ajo	Intensidad del sabor típico del ajo	Estándar: sopa base <i>light</i> + ajo (3% adicional a la formulación de la de la sopa)
	Mantequilla	Intensidad del sabor a mantequilla, a grasa láctea	Estándar: sopa base <i>light</i> + queso cheddar (8% adicional a la formulación de la de la sopa)
	Dulce	Intensidad del sabor dulce	Estándar: sopa base <i>light</i> + 3% de azúcar
	Salado	Intensidad del sabor salado	Estándar sopa base <i>light</i> + 3% sal
Textura	Grumosa	Presencia de pequeñas partículas suspendidas la escala va desde líquido fluido hasta líquido con partículas	Estándar: sopa base <i>light</i> + puré de chayote (20% adicional a la formulación de la de la sopa)
	Babosa	Sensación resbalosa en la lengua y antes de tragar	Estándar: sopa base <i>light</i> + goma xantán (3% adicional a la formulación de la de la sopa)

De los ANDEVAs de los resultados obtenidos en la evaluación de los descriptores para cada uno de los productos se obtuvieron diferencias significativas entre repeticiones para cuatro atributos, interacciones juez-producto para un atributo e interacción repetición-producto para ocho atributos con un 95% de confianza, según se indica en el Apéndice F.

A pesar del fuerte entrenamiento, parecía que algunos jueces no fueron consistentes en la evaluación de ciertos atributos en las repeticiones. Para determinar si hubo diferencias entre la forma de calificar de los jueces, se realizó un análisis de conglomerados a la evaluación del panel entrenado para observar su comportamiento el cual se muestra en el dendograma en la Figura 13.

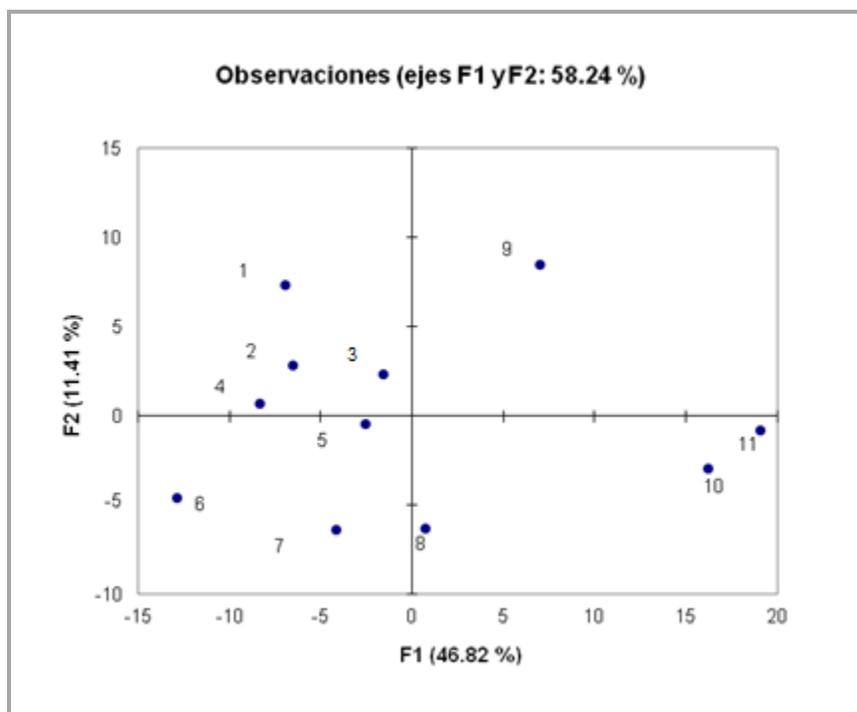


**Figura 13.** Análisis de conglomerados realizado para comparar los diferentes jueces del panel sensorial cuando evaluaron diferentes sustitutos de grasa y la intensidad del sabor salado en sopas de brócoli.

Tal como se observa en el dendograma de la Figura 13, al establecer un nivel bajo para tener una baja disimilitud se obtuvieron tres grupos, el primero de los grupos incluyó a los primeros ocho panelistas, el segundo grupo al noveno, y el tercer grupo está compuesto por los jueces 10 y 11.

Se observa como estos últimos jueces no lograron agruparse con el resto del panel sensorial, su evaluación discrepa con la de la mayoría de los jueces.

Con el fin de explicar mejor la relación entre panelistas, se realizó un análisis de componentes principales (Figura 14).

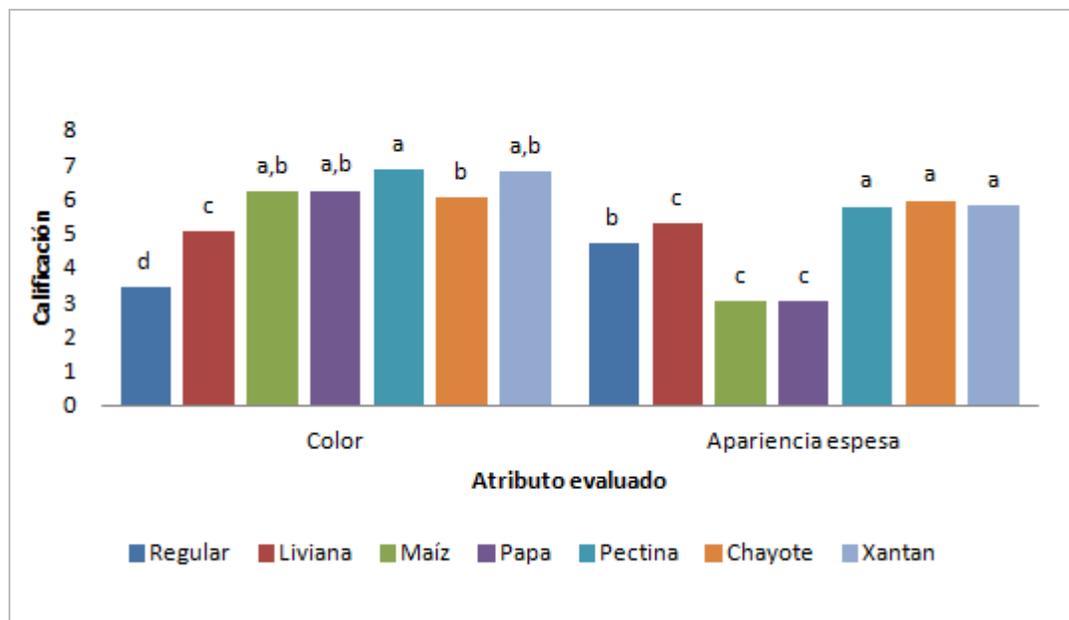


**Figura 14.** Análisis de componentes principales (F1) y (F2) de los jueces participantes del análisis descriptivo al evaluar diferentes sustitutos de grasa y la intensidad del sabor salado en sopas de brócoli.

El componente principal 1 (F1) fue el que explicó un mayor porcentaje de la varianza entre las muestras (48,6%) (Figura 14), mientras que el componente principal 2 (F2) explicó el 11,41%. Al analizar los dos componentes se logró explicar un 58,24% de la varianza entre jueces. En la Figura 14 se observa que los jueces 10 y 11 se encontraron muy cerca del F1, y en el lado positivo (opuesto del resto de jueces que se ubicaron el lado negativo), con esto se explicó que la mayor varianza del componente principal 1 se debió principalmente a la evaluación de estos dos panelistas, por lo tanto se decidió eliminarlos.

Con los datos depurados, se realizó un ANDEVA y una prueba de comparación de medias para establecer cuáles muestras se consideran distintas entre sí (Apéndice F) para cada atributo. Esta comparación de medias se representa gráficamente en las Figura 15, 16, 17 y 18, y muestran los

valores promedio para cada sustituto de grasa utilizado en la preparación de las sopas, en cuanto a los descriptores de apariencia, olor, sabor y textura, respectivamente.



**Figura 15.** Comparación de medias de Fisher (LSD) efectuada a cada uno de los descriptores de apariencia, generados y evaluados por el panel entrenado.

En la figura anterior se aprecia que el color de las preparaciones se vio afectado por la utilización de los diferentes sustitutos de grasa. La mayor calificación hace referencia a un color más acentuado que iba de amarillo claro a mostaza (ver apéndice J). Al trabajar con pectina se obtuvo la coloración más oscura, no obstante sólo se observaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) respecto al color entre la pectina y el chayote. Los resultados reportados por Mazzaracchio *et al.* (2004) y Poiana *et al.* (2013) sugieren que la pectina podría inducir un ligero aumento en el color producto de una interacción hidrófoba entre grupos metoxilo de los pigmentos vegetales presentes en las sopas y grupos metoxilo de cadenas de pectina, lo que resulta en un débil efecto de co-pigmentación.

El color de la sopa regular mostró diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) con el resto de las preparaciones, siendo este, el color amarillo más claro. La principal diferencia de esta preparación con respecto a las demás, fue su contenido de grasa, ya que tanto la leche entera, como el queso cheddar le aportan a la sopa un porcentaje mayor de lípidos.

El color blanco cremoso de la leche se debe al efecto de dispersión de la luz, la misma es causada por partículas de dimensiones moleculares más grandes y con índice de refracción difiere del medio circundante. Estas partículas son las micelas de caseína y los glóbulos grasos (Powell, 2001). En la misma investigación se atribuye el color blanco cremoso de la leche entera al contenido de beta caroteno de los glóbulos grasos, así mismo la membrana del glóbulo de grasa de la leche también tiene micelas de caseínas, proteínas que reflejan la luz y contribuyen al aspecto blanco de la leche.

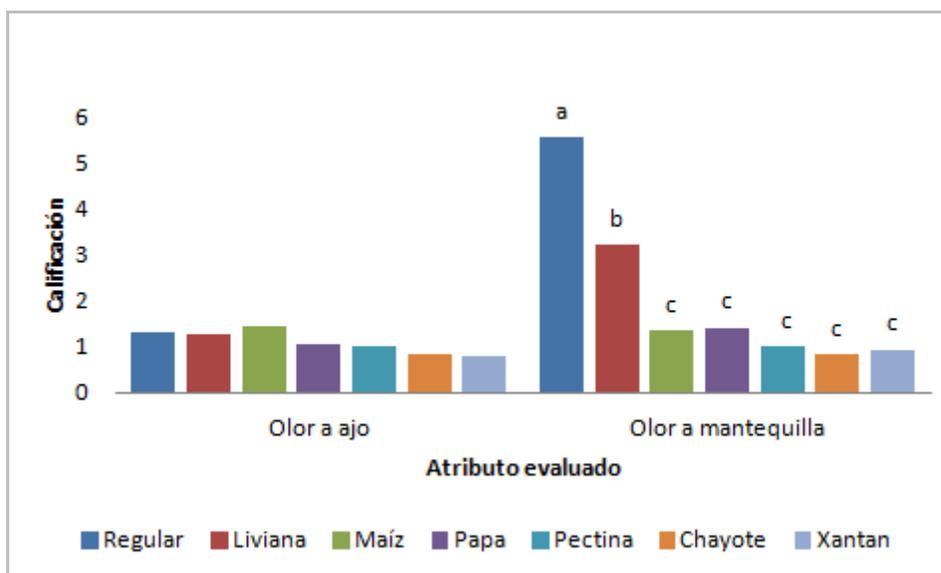
Las sopas preparadas a partir de la sopa liviana, fueron elaboradas con leche descremada y con sustituto de queso cheddar, el cual lleva entre sus componentes colorantes naturales, que le dieron un aspecto más oscuro a las sopas elaboradas con el mismo.

Para el descriptor apariencia espesa, característica que fue definida como la resistencia a fluir, se observa en la Figura 15 que las sopas con más dificultad para fluir fueron las sustituidas con pectina, con goma xantán y con chayote, entre las cuales no hubo diferencias significativas ( $p>0,05$ ).

En el caso de la goma xantán, ese comportamiento pudo deberse al hecho de que la misma presenta en su estructura de hélice un gran número de enlaces de hidrógeno, lo que da lugar a una configuración muy estable, la cual muestra una alta resistencia al flujo (Mohammed *et al.*, 2007; Song *et al.*, 2006; Vaclavik, 2002).

Respecto al puré de chayote, la resistencia a fluir depende de las características reológicas del mismo, y pueden influir el contenido de pulpa, el tamaño de partícula y las interacciones entre partículas y componentes químicos (Cordero, 2010).

Con respecto a los descriptores de olor, en los gráficos de la Figura 16 se aprecia que para el olor a ajo no hubo diferencia significativa ( $p>0,05$ ) entre los sustitutos de grasa utilizados.



**Figura 16.** Comparación de medias de Fisher (LSD) efectuada a cada uno de los descriptores de olor, generados y evaluados por el panel entrenado.

Para el olor a mantequilla hubo diferencias significativas entre productos ( $p < 0,001$ ). Este descriptor se percibió más intenso en la sopa regular, la misma mostró diferencias significativas en relación a la sopa *light* y al resto de las elaboraciones (Figura 16). De las preparaciones evaluadas por los jueces la sopa regular fue la única elaborada con queso cheddar, el cual había sido utilizado para la elaboración del estándar "olor a mantequilla", de tal modo que no hubo problemas para relacionar la característica con el descriptor a la hora de evaluar las muestras, y por la misma razón la percepción del atributo fue más intenso en este tipo de sopa.

A pesar de que la sopa liviana no contenía queso cheddar, se percibió en la misma un olor a mantequilla, posiblemente debido a que otro de los componentes de la preparación, como margarina o sabor a queso cheddar logró simular el descriptor.

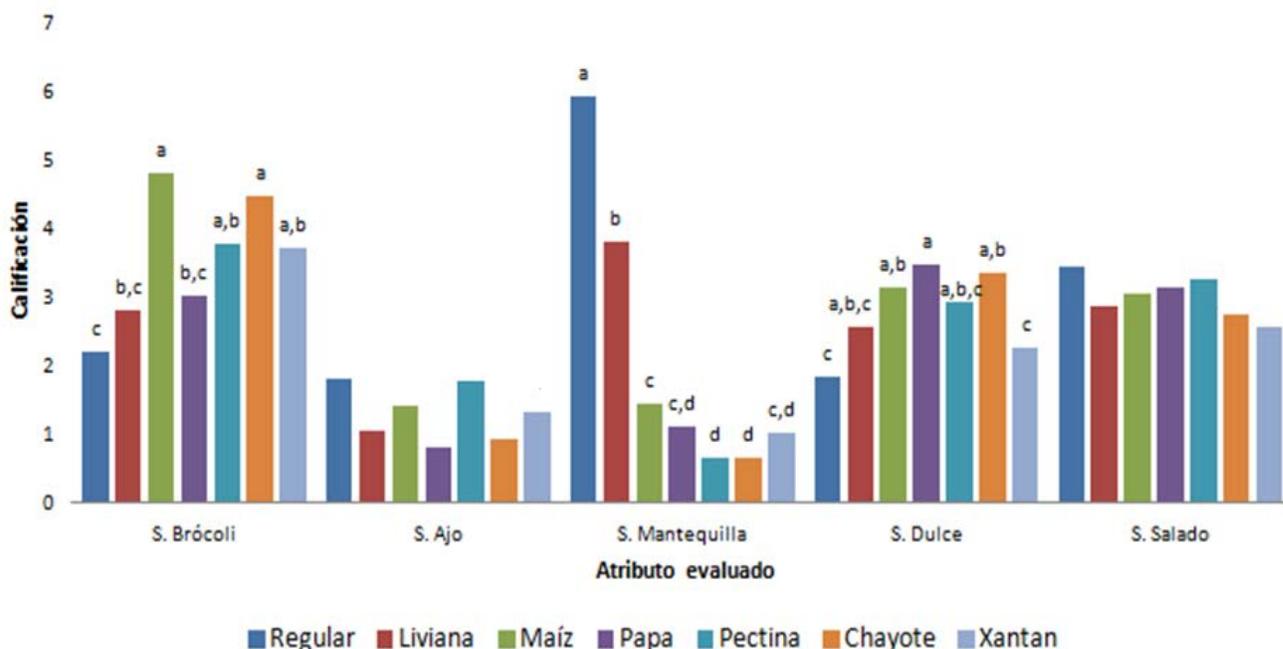
Según Bayarri *et al.* (2006), el efecto de disminución de la grasa en alimentos sobre la percepción del sabor se debe a: (1) cambios en la liberación de aroma, los cuales afectan la percepción del sabor, y (2) cambios en la viscosidad, que pueden actuar como un estímulo por sí solos, o modificar la liberación de saborizante y afectar a la interacción entre el azúcar y aroma, y con esto reducir el sabor percibido en las sopas sustituidas.

Es importante destacar que entre la formulación liviana sin sustituir y las sustituidas, se observaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), lo cual indicó que al adicionar los diferentes sustitutos de grasa se produjo un efecto de enmascaramiento que disminuyó la percepción de la intensidad del olor a mantequilla. Cabe resaltar igualmente que no hubo diferencias significativas ( $p > 0,05$ ), entre los diferentes sustituyentes de grasa en relación a la percepción del aroma a mantequilla. En estas preparaciones con sustitutos se le agregó sabor a queso cheddar y no el queso cheddar real. El aroma a queso pudo ser encapsulado en la estructura de los sustitutos de grasa.

Se ha encontrado que la naturaleza de algunos almidones, tamaño de gránulo, forma, superficie específica, porosidad, carácter cristalino o amorfo, etc., y la composición de matrices almidón polisacáridos desempeñan un papel importante en la unión con sustancias volátiles (Błaszczak *et al.*, 2013; Savary *et al.*, 2007; Zafeiropoulou *et al.*, 2010). La unión de los aromas al almidón que se conoce como complejo de inclusión, se forma mediante los enlaces hidrofóbicos en la hélice de amilosa y/ o la interacción polar que implican uniones de hidrógeno entre los grupos hidroxilo del almidón y el odorante (Błaszczak *et al.*, 2013; Lubbers *et al.*, 2007).

Para la pectina ocurre un efecto similar, Yang *et al.* (2014) explican que el efecto del enmascaramiento de los aromas en la pectina se debe a dos efectos principalmente, el primero debido al atrapamiento del compuesto de aroma dentro de la red de gel, y el segundo obedece a la unión entre el compuesto de aroma y moléculas de pectina a través de enlaces de hidrógeno, fuerzas de van der Waals y de interacción hidrofoba.

Se ha demostrado asimismo que la goma xantán tiene un impacto en la retención del aroma (Jouquand *et al.*, 2008), por interacciones específicas entre el hidrocoloide y los compuestos relacionados con el desarrollo del aroma, independientemente del efecto de la viscosidad (Bylaite *et al.*, 2004; Terta *et al.*, 2005).



**Figura 17.** Comparación de medias de Fisher (LSD) efectuada a cada uno de los descriptores de sabor, generados y evaluados por el panel entrenado.

También se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,01$ ) en la apreciación del sabor a brócoli. La sopa regular fue la preparación en la que la intensidad del sabor fue menor. Por otra parte el sabor a brócoli fue mayor en las sopas sustituidas con almidón de maíz y con puré de chayote. Probablemente estos dos sustitutos aportaron un sabor a vegetal que los jueces no disociaron del brócoli.

No hubo diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre las sopas en cuanto sabor a ajo.

Al igual que con el descriptor olor a mantequilla, hubo diferencias significativas ( $p < 0,01$ ) con el sabor a mantequilla (Ver Figura 17). Esta característica se percibió más fuerte en la sopa regular, seguida por la sopa liviana sin sustitutos de grasa, y fue menos intensa en las preparaciones que incorporaron sustitutos de grasa en su formulación, lo que indicó que si hubo una reducción del olor al utilizar los distintos reemplazantes y, por lo tanto, del aroma (flavor).

En la Figura 17 se puede apreciar a su vez, que las sopas sustituidas con pectina y con puré de chayote fueron las que enmascararon en mayor medida el sabor a mantequilla.

En el caso del sabor dulce se apreciaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre la sopa regular y la sopa sustituida con almidón de papa, en esta última la percepción del sabor dulce fue mayor. El sabor dulce también se percibió más intenso en las preparaciones con almidón de papa y chayote. Una posible forma de explicar este efecto es que a nivel bucal, la dilución salivar producto de la amilasa, es capaz de reducir en gran medida la viscosidad del alimento, en los azúcares, al reducirse la viscosidad se incrementa la percepción del sabor, por lo tanto la intensidad del sabor dulce aumenta (De Wijk *et al.*, 2004; Taylor & Roberts, 2004).

En relación con la percepción del sabor salado que era uno de los objetivos del presente estudio, no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ). Una investigación de Delwiche & O'Mahony (1996) reveló que en la saliva secretada por los seres humanos hay presencia de sodio, y la cantidad es suficiente para alterar el sentido del gusto.

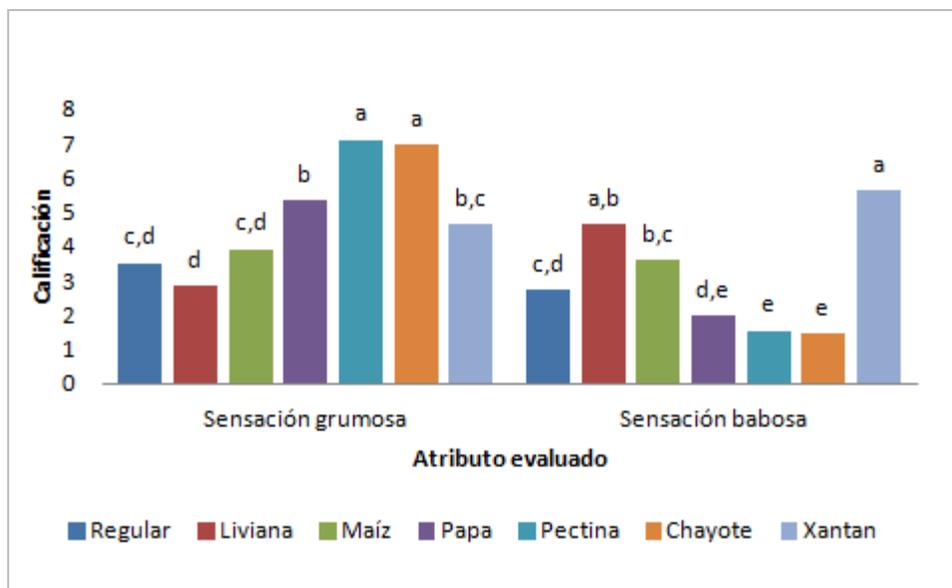
Los receptores de la lengua están usualmente adaptados al entorno salivar, normalmente no se reconoce un sabor en la saliva. Sin embargo, en medio salivar existen iones de sodio y de otros elementos y compuestos. La concentración de sodio fluctúa ampliamente con los cambios del flujo de la saliva y se encuentra en el rango de 5-100 mEq/L. Es bien reconocido que ese sodio salivar afecta la percepción del sabor salado del NaCl, mediante la estimulación de los receptores del sabor (Matsuo, 2010).

Como la concentración de sodio varía de un individuo a otro, el efecto de la concentración de los iones sodio en saliva sobre la percepción del sabor salado va a variar de una persona a otra. Esto provocó un error mayor en la evaluación de la intensidad del sabor salado que no permitió que se encontraran diferencias estadísticas significativas.

Otro factor importante, es la presencia de la enzima alfa-amilasa salival, la cual degrada el almidón, reduciendo la viscosidad de las preparaciones en las que el almidón se encuentre presente. La evidencia microscópica ha mostrado que la enzima puede alterar tales estructuras, y esto se asocia con una disminución de la eficacia de la mezcla con agua y, en consecuencia de un transporte reducido del saborizante (sodio) a la saliva (fase acuosa) y a las papilas gustativas. Esto explica los puntajes más bajos de salinidad en sujetos con una mayor actividad de la amilasa (Ferry *et al.*, 2006 a; Ferry *et al.*, 2006 b).

Una variable adicional que pudo contribuir a no obtener diferencias en la apreciación de la intensidad del sabor salado, es la diferencia entre individuos según su diferente exposición a la sal, según los hábitos de consumo de cada persona. Una alta ingesta de sal disminuye gradualmente la percepción del sabor salado, y, en consecuencia, aumenta la concentración de sodio necesaria para desencadenar la detección y el reconocimiento del sabor salado, es decir, la detección y los umbrales de reconocimiento (De Moura *et al.*, 2013; Kato & Roth, 2012; Malherwe *et al.*, 2003). Esto pudo provocar una baja sensibilidad de los jueces a los cambios de intensidad debidos a las diferentes sopas estudiadas.

También, se ha encontrado que en las sopas bajas en grasa se adiciona especias y otros sabores para compensar la disminución del sabor general de la sopa y, por lo tanto, la disminución de su aceptación. En el presente estudio se agregó sabor a queso cheddar que podría ser un potenciador de sabor, ya que algunos sustitutos de sal están compuestos de proteínas (Gebrim, 2009). Además este sabor a queso posee un alto porcentaje de sal, que aunque se utiliza en pequeños porcentajes puede aportar a las sopas bajas en grasa aproximadamente un exceso de 0,14% más de sal que la sopa regular.



**Figura 18.** Comparación de medias de Fisher (LSD) efectuada a cada uno de los descriptores de sensación en la boca generados y evaluados por el panel entrenado.

En lo que se refiere a la sensación en boca, se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las muestras para la sensación babosa, tal como se aprecia en la Figura 18, siendo la goma xantán la que presentó el valor más alto de esta característica.

Como posible explicación para la sensación babosa de la goma xantán, se puede decir que este hidrocoloide sufre un efecto de fluidificación por cizalla provocado por la compresión entre la lengua y el paladar (Heymann *et al.*, 2013, Nishinari, 2006); presenta una menor viscosidad al aumentar las velocidades de cizallamiento generando una diferencia en la capacidad del polisacárido para recubrir las superficies orales, causando la sensación babosa que percibieron los panelistas.

Asimismo en un estudio realizado por Cook *et al.* (2004), cuando se tenían soluciones de cadenas largas de almidón, la sensación en la boca se describía como viscosa, y se suprimía la percepción del flavor, y como las cadenas de xantán son moléculas largas podría estar ocurriendo lo mismo en este caso.

Finalmente al comparar el atributo sensación grumosa entre las distintas sopas preparadas es posible observar diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las mismas, siendo la sopa liviana la menos grumosa, y las sustituidas con pectina y chayote las más grumosas.

En el caso del puré de chayote, pueden existir una gran cantidad de características físico-químicas y parámetros técnicos, como el tipo de proceso, que afectarán directamente las propiedades funcionales del producto al ser empleado como sustituto de grasa (Cordero, 2010). En el caso de la sopa sustituida con chayote, la percepción de pequeñas partículas en la preparación fue un efecto debido al proceso empleado para la elaboración del puré.

### 5.3. Determinación del efecto de la consistencia como medida de la viscosidad sobre la intensidad del sabor salado.

Del análisis de varianza que se utilizó para analizar el efecto del tipo de espesante o sustituto de grasa utilizado sobre la percepción del sabor salado, no se obtuvo diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre los distintos tratamientos (Apéndice F). También pudo deberse al uso del saborizante a queso cheddar que dio una sensación un poco más salada (0,14% más).

Es posible que la composición de las sopas, y el tipo de sustituyente de grasa empleado, influyeran en la liberación de sodio en la boca y la percepción de la sensación salada, y se requería un porcentaje de sal mayor para obtener diferencias significativas.

Aunque no se encontraron diferencias significativas para el sabor salado en las sopas realizadas, se observa en la Figura 19, que la intensidad del sabor salado, se percibió más leve cuando se utilizó goma xantán como sustituyente. Todas las preparaciones sustituidas con los diferentes compuestos mostraron una percepción menor de la intensidad del sabor salado respecto a la sopa regular. Se esperaba que la sopa regular y la liviana se percibieran como las más saladas ya que al no haber una sustancia espesante, la sal pudiera alcanzar las papilas gustativas más rápidamente y generar una mayor intensidad.

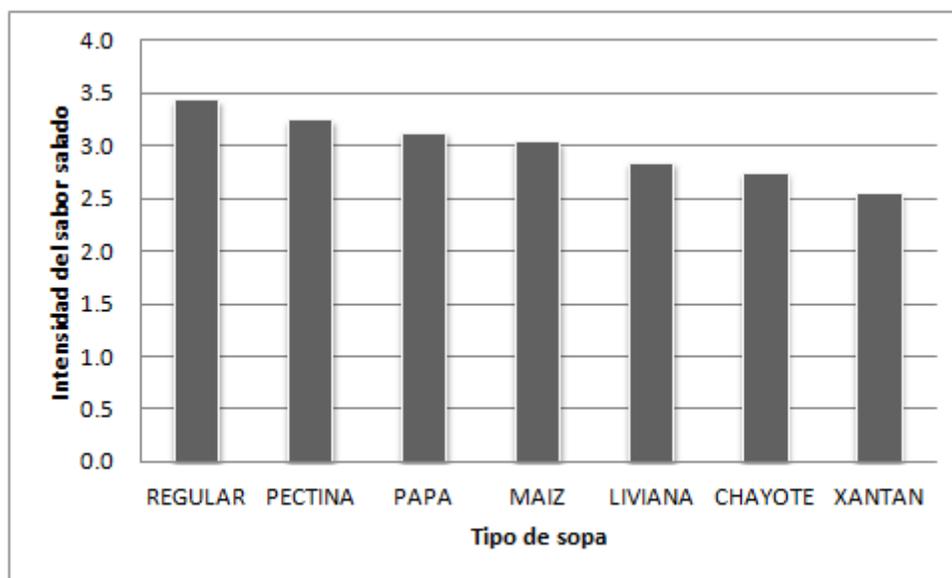
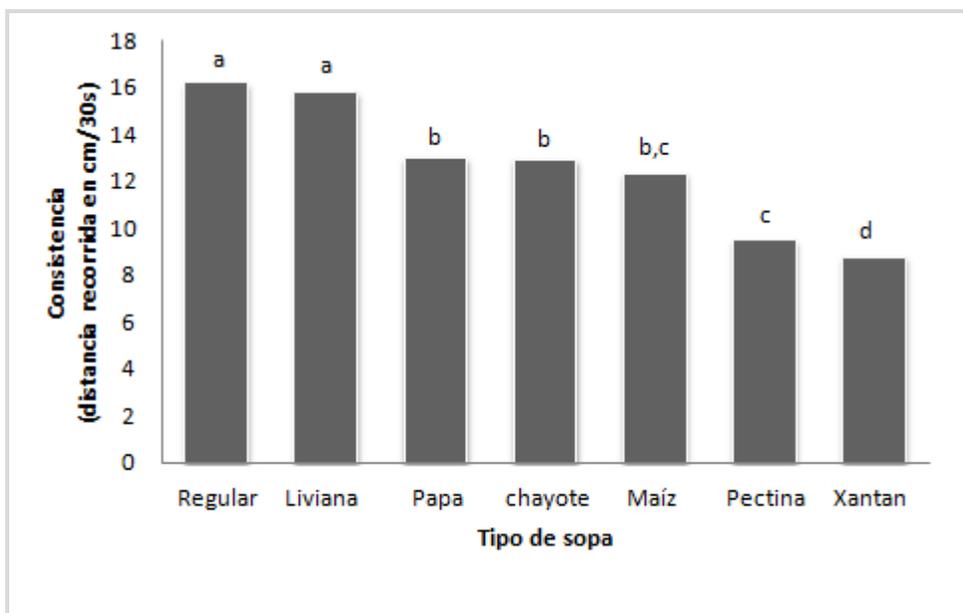


Figura 19. Intensidad del sabor salado respecto al tipo de sopa elaborada.

Se midió la consistencia de las sopas, ya que en varios estudios se utiliza este parámetro como una forma de medir la viscosidad de los alimentos (Jiménez, 2008; Villalobos, 2008). La relación entre la viscosidad y la consistencia ha generado, en algunos estudios, una función geométrica que correlaciona linealmente ambas variables (Mc Carthy & Seymour, 2002; Mc Carthy & Mc Carthy, 2009), por lo tanto en el presente análisis se emplearán ambos términos para referirse a lo mismo.

En la Figura 20 se puede observar la comparación de los valores de consistencia de los diferentes tipos de sopa preparadas. Se puede notar en la figura, que no hubo diferencias significativas entre la sopa regular y sopa liviana; por otro lado si existieron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) al utilizar reemplazantes de grasa respecto a las primeras dos.

Claramente se observan valores menores de distancia recorrida en todas las sopas sustituidas, lo cual era un resultado esperado ya que los almidones, las gomas o las pectinas empleadas en alimentos, tienen el fin de modificar la reología de los sistemas alimentarios, principalmente dos propiedades básicas de los mismos: el comportamiento de flujo (viscosidad) y la textura (Karl & Arslan, 1999; Milani & Maleki, 2012; Shi & BeMiller, 2002). En la sección 4.3.5 se trató de obtener una consistencia similar con todos los sustitutos de grasa, sin embargo al ser la sopa una matriz compleja fue muy difícil controlar la viscosidad.



**Figura 20.** Comparación de los valores de consistencia de los diferentes tipos de sopa preparadas.

Además, estos valores de consistencia se midieron en sopas que fueron congeladas, ya que por logística, no fue posible medirla inmediatamente, lo que pudo afectar la consistencia.

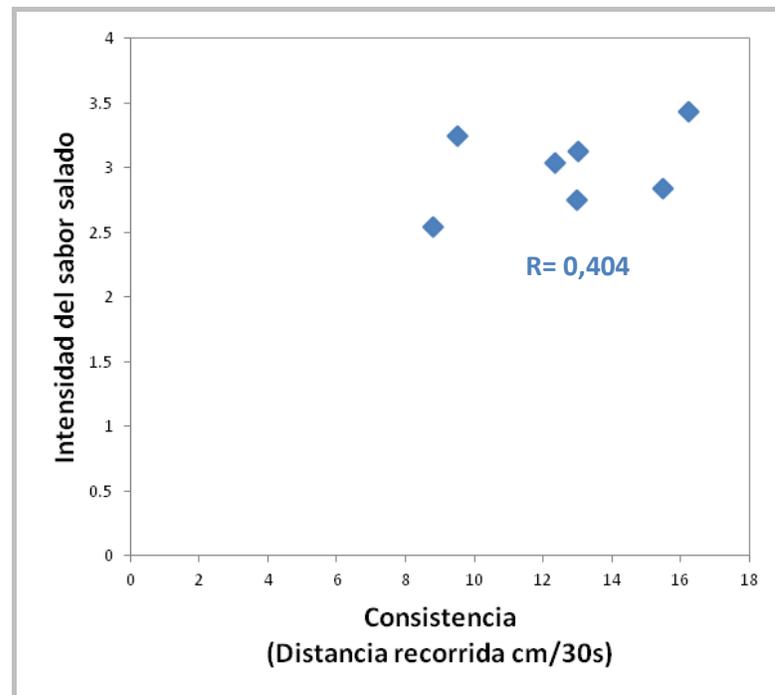
De acuerdo con el gráfico, la pectina fue significativamente más consistente ( $p < 0,05$ ) en relación al almidón de papa, o al puré de chayote. Las diferencias en consistencia o viscosidad obtenidas entre los distintos reemplazantes de grasa, fueron causa de los diferentes mecanismos de espesamiento que experimentaron cada uno de los aditivos.

En el caso de la pectina, la viscosidad se ve afectada por el peso molecular, el grado de metilación, el pH y la presencia de contraiones (Kar & Arslan, 1999; Phatak *et al.*, 1988). En este caso al tratarse de pectina de bajo metoxilo, el incremento en la viscosidad se debe a la formación de geles, producto de la unión entre cadenas pécticas a través de iones de calcio aportados por la leche (Belitz *et al.*, 2009; Vaclavik *et al.*, 2002). Estas uniones iónicas le dan un carácter más viscoso a las preparaciones con pectina con respecto a las sustituidas con almidones o puré de chayote.

La sopa más consistente fue la adicionada con goma xantán, la cual fue significativamente diferente de todas las anteriores. La goma xantán al igual que la mayoría de los hidrocoloides tiene una larga estructura de ramificación, con enlaces relativamente débiles entre los grupos laterales, esta conformación es nombrada en la literatura como "random coil". A bajas concentraciones las cadenas del polisacárido son libres de moverse independientemente a través del solvente, pero a altas concentraciones, se forman enlaces de hidrógeno entre las ramificaciones del polímero, resultando en una red compleja y enredada de moléculas enlazadas, aumentando la viscosidad del medio donde se encuentre (Aquino, 2010; Baird, 2013; Morris, 1990; Pelletier *et al.*, 2001; Sharma *et al.*, 2006).

Sin embargo, las interacciones electrostáticas son débiles, y cuando se aplica un esfuerzo de corte al sistema, las fuerzas de atracción que mantienen unidos a los polímeros se separan, por eso las soluciones se consideran fluidos pseudoplásticos. Cuando se deja de aplicar el esfuerzo de corte, el fluido recupera totalmente su viscosidad original, por lo tanto las soluciones son consideradas tixotrópicas (Morris, 1990; Pelletier *et al.*, 2001; Sharma *et al.*, 2006).

Se calculó el coeficiente de correlación entre la consistencia de las sopas, medida instrumentalmente, y la percepción sensorial de la intensidad del sabor salado, el resultado del mismo se presenta en la Figura 21. El coeficiente de correlación de Pearson entre estas dos variables fue de 0,404. La prueba de correlación no fue significativa para una cola, con 5 grados de libertad y un nivel de significancia de 0,05, lo que indica que hubo ausencia de correlación entre ambas variables, por lo tanto para efectos de esta investigación no existió relación entre la intensidad del sabor salado y la consistencia/viscosidad de las sopas.



**Figura 21.** Relación entre la intensidad del sabor salado y la consistencia de las 7 sopas.

Recientes investigaciones de Ferry *et al.* (2006 a), Ferry *et al.* (2006 b) y Hill *et al.* (2006), concluyen que el sabor percibido en soluciones viscosas depende la eficiencia con la que la solución se mezcla con la saliva en la boca y no propiamente de la viscosidad de las soluciones.

Una solución puede estar espesada a partir de partículas hinchadas (gránulos hinchados) o polímeros en solución (Sikora *et al.*, 2007).

Se ha demostrado que, si el almidón se encuentra en forma de gránulos hinchados, la percepción de sal se mejora sustancialmente a altas viscosidades, al compararlos con sistemas en donde los gránulos ya han implosionado, o en soluciones de polisacáridos (Ferry *et al.*, 2006a).

En las preparaciones con almidón, la estructura granular se conserva en gran medida, por lo tanto se encuentran mezcladas de manera eficiente con la saliva, esto le permite a la sal llegar más rápido a los receptores que se encuentran en la lengua. Con esto se explica que la sensación en la boca sea diferente, y haya un aumento de la percepción del sabor al utilizar almidón, en lugar de polisacáridos no amiláceos como las gomas guar, xantán, la hidroxipropil metilcelulosa (HPMC), entre otras (Ferry *et al.*, 2006b).

De igual forma en la Figura 19 es posible observar que la goma xantán fue el sustituto de grasa con la percepción más baja del sabor salado, aunque no hubo diferencia significativas ( $p > 0,05$ ) en relación al resto de los sustituyentes.

Los espesantes poliméricos o no amiláceos, como la goma xantán, debido a su conformación "random coil", en dispersión diluida, presentan moléculas individuales de hidrocoloides que pueden moverse libremente, mientras que en el sistema concentrado, estas moléculas comienzan a entrar en contacto unas con las otras, restringiendo el movimiento de las mismas. La transición en la cual las moléculas pasan de movimiento libre a una red enmarañada es el proceso de espesamiento (Morris, 1990; Ferry *et al.*, 2006a).

Otro efecto en la percepción del sabor salado en las soluciones espesadas con goma xantán, es que al tratarse de un polisacárido de carácter aniónico (Heymann *et al.*, 2014; Regand & Goff, 2003), el descenso en la sensibilidad del sabor salado puede deberse a interacciones entre el ión sodio y el polímero.

En una investigación pudo determinarse, mediante resonancia magnética nuclear de  $^{23}\text{Na}$  y evaluación sensorial, que la movilidad del sodio era menor en sistemas acuosos que incorporaban gomas iónicas (xantán, kappa carragenina), que en sistemas con gomas no iónicas (locust bean, guar) (Rosett *et al.*, 1994). En la investigación se concluye que al aumentar la concentración de las gomas, aumentan los sitios de enlace para los iones sodio, disminuyendo de esta forma la intensidad en la percepción del sabor salado.

La misma técnica de análisis se utilizó en un estudio cuyo objetivo fue determinar como los agentes espesantes tradicionales (hidrocoloides, almidones y harinas), afectan la percepción de importantes atributos sensoriales, entre ellos el sabor salado, en caldo de pollo bajo en sal. La investigación dio como resultado que la goma xantán suprime el sabor salado debido uniones iónicas del sodio con el agente espesante, además se observó que el almidón de maíz no suprime el sabor salado, y por el contrario potencia el sabor salado a pollo (Rosett *et al.*, 1996).

Así, se tuvieron sopas con consistencias similares y diferentes sensaciones del sabor salado, o similares intensidades del sabor salado en sopas con diferentes consistencias.

Ya que hubo mucha variabilidad entre los jueces al evaluar el sabor salado no fue posible captar las diferencias significativas estadísticas que se observan en la tendencia de la Figura 20; además una concentración de sal mayor pudo ayudar a que se sintiera una disminución más apreciable y causar menos error en la medición que hicieron los panelistas. Sin embargo, el hecho de que no se encontraran diferencias significativas en la percepción del sabor salado utilizando varios sustitutos de grasa hace pensar que el hallazgo encontrado por Consumers Report (2009), donde alimentos reducidos en grasa presentan un mayor contenido de sodio no se justifica. El presente estudio mostró que el uso de especies (ajo y cebolla) y saborizantes (sabor a queso cheddar) permitieron mantener un sensación salada similar a las sopas regulares sin espesantes, sin añadir más sal.

## VI. CONCLUSIONES

- Se determinó que el nivel intermedio en el sabor salado (1%) fue el de mayor agrado en sopas de brócoli reducidas en grasa con diferentes sustitutos. Asimismo el almidón de maíz y el almidón de papa fueron los que obtuvieron el mayor agrado general por parte de los consumidores.
- Los atributos que mostraron diferencias significativas entre la sopa regular y la sopa liviana no sustituida fueron el color, el olor y el sabor a mantequilla y la sensación babosa.
- Al adicionar los distintos sustitutos de grasa a la sopa liviana se encontró un efecto de enmascaramiento del olor y del sabor a mantequilla que era producido por el queso cheddar. Para ambos casos se encontraron diferencias entre la preparación liviana sin sustituir y las preparaciones en las que se había incorporado los diferentes sustituyentes. En el caso específico del olor a mantequilla no se encontraron diferencias significativas entre los diferentes sustitutos empleados.
- No se encontraron diferencias significativas en la percepción del sabor salado en las sopas al emplear los diferentes espesantes como sustituyentes de la grasa. No obstante se observó que la intensidad del sabor salado, se percibió más leve cuando se utilizó goma xantán como sustituyente.
- No existe relación entre la percepción de la intensidad del sabor salado y la consistencia/viscosidad de las sopas. La percepción del sabor podría depender de otras variables y no propiamente de la viscosidad de las soluciones.
- Es posible que el agregar especias y sabor a queso mantuvieran la sensación salada nivelada. Se corrobora los hallazgos de otros estudios donde se sugiere utilizar sabores fuertes para evitar usar más sodio.

## VII. RECOMENDACIONES

En caso de que se quiera repetir el estudio o realizar uno similar, se recomienda aumentar el contenido de sal en las preparaciones, con el fin de que la misma sea más apreciable y se reduzca el error en la medición por parte de los panelistas.

Optimizar el panel sensorial entrenado, con jueces que muestren mayor homogeneidad en la percepción del sabor salado. Se puede complementar la selección de los jueces un test de amilasa salival.

Realizar un estudio del almidón del chayote que incluya un análisis del gránulo, contenido de amilasa y amilopectina, etc., para poder realizar mejores comparaciones con el resto de sustitutos de grasa conocidos.

No agregar sabor a queso cheddar, o agregarlo en menor proporción, para determinar el efecto de potenciadores del sabor salado.

Determinar las condiciones de almacenamiento de la sopa que no afecte sus características.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- ADA (AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION). 2005. Position of the American Dietetic Association: fat replacers. *Journal of the American Dietetic Association* 105(2):266-275.
- ADROGUÉ, H.J. & MADIAS, N.D. 2007. Sodium and potassium in the pathogenesis of hypertension. *The New England Journal of Medicine* 356(19): 1966-1978.
- AKOH, C.C. 1998. Fat replacers. *Food Technology* 52(3): 47-52.
- AKOH, C.C. 2011. Sustitutos de grasa base lípido. *Mundo Alimentario*: 16-22.
- ALVAREZ, T.M. & CANET, W. 2001. Rheological properties of frozen vegetable purees: Effect of freeze-thaw cycles and thawing conditions. *European Food Research and Technology* 213: 30-37.
- ANSORENA, D., ECHARTE, A. , OLLÉ, R., ASTIASARÁN, I. 2013. No trans fatty acids in Spanish bakery products. *Food Chemistry* 138(1): 422-429.
- ANZALDÚA, A. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Acribia, Zaragoza.
- AQUINO, M. A. 2010. Determinación de la eficiencia del viscosificante terraxhan en salmuera cálcica en base a las pruebas reológicas y tixotrópicas. Tesis en Ingeniería Química. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Veracruzana.
- ASTRUP, A., DYERBERG, J., ELWOOD, P., HERMANSEN, K., HU, F.B., JAKOBSEN, M.U. 2011. The role of reducing intakes of saturated fat in the prevention of cardiovascular disease: where does the evidence stand in 2010?. *American Journal of Clinical Nutrition* 93(4): 684-688.
- AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. 1990. Official methods of analysis of AOAC international 935.47 Salt (chlorine as sodium chloride) volumetric method. AOAC International. Maryland.

- BAINES, Z. V., & MORRIS, E. R. 1989. Suppression of perceived flavour and taste by food hydrocolloids. *Food Colloids* 75: 184-192.
- BAIRD, J.K. 2013. Xanthan. *Encyclopedia of polymer science and technology*. Kelco Division of Merck & Co. California.
- BÁRCENAS, P., PÉREZ, F.J. & ALBISU, M. 2000. Selection and screening of a descriptive panel for ewes milk cheese sensory profiling. *Journal of Sensory Studies* 15: 79-99.
- BAYARRI, S., TAYLOR, A.J., & HORT, J. 2006. The role of fat in flavor perception: effect of partition and viscosity in model emulsions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54: 8862-8868.
- BELITZ, H.D., GROSCH, W. & SCHIEBERLE, P. 2009. *Food Chemistry*. 4 ed. Springer, Berlin.
- BŁASZCZAK A,W., MISHARINA, T.A., FESSAS, D., SIGNORELLI, M. & GÓRECKI, A.R. 2013. Retention of aroma compounds by corn, sorghum and amaranth starches. *Food Research International* 54(1): 338-344.
- BRANDSMA, I. 2006. Reducing Sodium- A European Perspective. *Food Technology* 60(3):25-29.
- BROCKHOFF, P.B. 2001. Sensory profile average data: combining mixed model ANOVA with measurement error methodology. *Food Quality and Preference* 12: 413-426.
- BYLAITE, E., MEYER, A. S. & ADLER-NISSEN, J. 2003. Changes in macroscopic viscosity do not affect the release of aroma aldehydes from a pectinaceous food model system of low sucrose content. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 51(27): 8020-8026.
- BYLAITE, E., ILGUJNAITE, Z., MEYER, A. S. & ADLER-NISSEN, J. 2004. Influence of  $\lambda$ -carrageenan on the release of systematic series of volatile flavor compounds from viscous food model systems. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 52(11): 3542-3549.
- CADOT, Y., CAILLÉ, S., SAMSON, A., BARBEAU, G. & CHEYNIER, V. 2010. Sensory dimension of wine typicality related to a terroir by Quantitative Descriptive Analysis, Just About Right analysis and typicality assessment. *Analytica Chimica Acta* 660: 53-62.

- CARRILLO, L., DALMAU, J., MARTÍNEZ, J.R., SOLÁ, R. & PÉREZ, F. 2011. Grasas de la dieta y salud cardiovascular. *Nutrición y Clínica Dietética Hospitalaria* 31(2): 6-25.
- CARTER, B., MONSIVAIS, P. & DREWNOWSKI, A. 2011. The sensory optimum of chicken broths supplemented with calcium di-glutamate: a possibility for reducing sodium while maintaining taste. *Food Quality and Preference* 22(7): 699-703.
- CITA. 2012 a. Método de humedad en estufa de vacío de la AGCITA-M 002. Universidad de Costa Rica, San Pedro.
- CITA, 2012 b. Método de determinación de grasa. Hidrólisis ácida y extracto etéreo P-SA-MQ-009. Universidad de Costa Rica, San Pedro.
- CITA, 2010. Método de determinación de sal P-SA-MQ-021. Universidad de Costa Rica, San Pedro.
- CLARK, R.C. 1990. Flavour and texture factors in model gel systems. *Food Technology International Europe*. Sterling Publications International Ltd. London.
- CONSUMERS REPORT. 2009. Foods with Surprisingly High Levels of Sodium. Internet: <http://pressroom.consumerreports.org/pressroom/2008/12/consumer-reports-identifiesfoods-with-surprisingly-high-levels-of-sodium.html>. Consultada el 19 de febrero de 2013.
- COOK, D. J., HOLLOWOOD, T. A., LINFORTH, R. S. T., & TAYLOR, A. J. 2002. Perception of taste intensity in solutions of random-coil polysaccharides above and below  $c^*$ . *Food Quality and Preference* 13: 473-480.
- COOK, D. J., HOLLOWOOD, T. A., LINFORTH, R. S. T., & TAYLOR, A. J. 2003 a. Oral shear stress predicts flavour perception in viscous solutions. *Chemical Senses* 28(1): 11-23.
- COOK, D.J., LINFORTH, R. & TAYLOR, A. J. 2003 b. Effects of hydrocolloid thickeners on the perception of savory flavors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51(10): 3067-3072.
- CORDERO, M. 2010. Factores que afectan la funcionalidad del puré de chayote (*Sechium edule* Sw.) como sustituto de grasa y determinación del material de empaque idóneo para

asegurar la estabilidad del producto. Tesis de Licenciatura en Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica. San José.

DARLING, D. F.; WILLIAMS, D.; YENDLE, P. 1986. Physico-chemical interactions involved in aroma transport processes from solution. En *Interactions of Food Components*; Birch, G. G., Lindley, M.G., Eds.; Elsevier Applied Science Publishers: New York, pp 165-188.

DANIEL, J.R. 2010. Advances in development of fat replacers and low-fat products. Innovation in Food Engineering: new techniques and products. CRC Press. Florida.

DE MOURA, P., DE LEMOS, K. & GALLANI, M.C. 2013. Association between taste sensitivity and self-reported and objective measures of salt intake among hypertensive and normotensive individuals. ISRN Nutrition 2013: 1-7.

ESCHER, F., NUSSLI, J. & CONDE-PETIT, B. 2000. Interactions of flavor compounds with starch in food processing. In *Flavour Release*, ed. D.D. Roberts, and A.J. Taylor, 230-245. Washington, DC: American Chemical Society.

ESPINOSA, P., VILLACRÉS, E., BAUTISTA, C. & ESPÍN, S. 1998. El uso del análisis sensorial para medir la aceptación de clones promisorios de papa. Abya-Yala. Quito. FANI, M. 2013. Substitutos de gordura. Aditivos e ingredientes 101: 34-40. FDA. 2001. Methods to reduce/eliminate pathogens from fresh and fresh-cut produce. Analysis and evaluation of preventive control measures for the control and reduction/elimination of microbial hazards on fresh and fresh-cut produce. Internet: <http://www.cfsan.fda.gov/~comm/ift3-5.html>. Consultada el 17 de enero de 2015.

FERRY, A.J., HORT, J., MITCHELL, J.R., COOK, D.J., LAGARRIGUE, S. & VALLES, B. 2006 a. Viscosity and flavour perception: Why is starch different from hydrocolloids? *Food Hydrocolloids* 20:855-862.

FERRY, A.L., MITCHELL, J., HORT, J.R., HILL, S.E., TAYLOR, A.J., LAGARRIGUE, S. & VALLÈS-PÀMIÉS, B. 2006 b. In-mouth amylase activity can reduce perception of saltiness in starch-thickened foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54 (23):8869-8873.

- FSAI SCIENTIFIC COMMITTEE. 2005. Salt and health: Review of the scientific evidence and recommendations for public policy in Ireland. Food Safety Authority of Ireland. Dublin. Ireland.
- GACULA, M., RUTENBECK, S., POLLACK, L., RESURRECCION, A. & MOSKOWITZ, H.R. 2006. The just-about-right intensity scale: functional analyses and relation to hedonics. *Journal of Sensory Studies* 22: 194-211.
- GACULA, M., RUTENBECK, S., POLLACK, L., RESURRECCION, A. & MOSKOWITZ, H.R. 2008. Questionnaire practice: what happens when the JAR scale is placed between two "overall" acceptance scales? *Journal of Sensory Studies* 23: 136-147.
- GADY, A.L., MORRIS, C., HORT, J., TAYLOR, A.J. & WOLF, B. 2008. Perception of saltiness in thickened solutions as a function of rheology. *Annual Transactions of the Nordic Rheology Society* 6: 1-6.
- GIRGIS, S., NEAL, B., PRESCOTT J, PRENDERGAST J, DUMBELLS S, TURNER C & WOODWARD M. 2003. A onequarter reduction in the salt content of bread can be made without detection. *European Journal of Clinical Nutrition*. 57(4): 616-20.
- GOU, P., GUERRERO, L., GELABERT, J., & ARNAU, J. 1996. Potassium chloride, potassium lactate and glycine as sodium chloride substitutes in fermented sausages and in dry-cured pork loin. *Meat Science*, 42(1): 37-48.
- GAJAR, A.M. & BADRIE, N. 2002. Processing and quality evaluation of a low-calorie christophene jam (*Sechium edule* (Jacq.) Swartz.). *Journal of Food Science* 67(1): 341-346.
- GALLARDO, F.J., KELLYA, A.L. & DELAHUNTY, C.M. 2007. Mouthfeel and flavour of fermented whey with added hydrocolloids. *International Dairy Journal* 17: 308-315.
- GALLINGER, M. 1998. Análisis Sensorial Análisis Descriptivo: ¿Para qué sirve?. *La Alimentación Latinoamericana* (223): 33-35.

- GARCÍA, E. & TOTOSAUS, A. 2008. Low-fat sodium-reduced sausages: Effect of the interaction between locust bean gum, potato starch and j-carrageenan by a mixture design approach. *Meat Science* 78(4): 406-413.
- GEBRIM, G. 2009. Substitutos de gordura. *Nutrição Brasil* 8(5): 329-334.
- GUICHARD, E. 2011. *Food Flavors: Chemical, Sensory and Technological Properties. Binding and Release of Flavor Compounds.* CRC Press. Boca Raton.
- HAHN, N. I. 1997. Replacing Fat with Food Technology. *Journal of the American Dietetic Association* 3: 15-16.
- HE, F.J. & MAC GREGOR. 2010. Reducing population salt intake worldwide: from evidence to implementation. *Progress in cardiovascular diseases* 52: 363-382.
- HEGEDUSIC, V., ZORAN, H. & RIMAC, S. 2000. Rheological properties of carboxymethyl cellulose and whey model solutions before and after freezing. *Food Technology and Biotechnology* 38: 19-26.
- HEIKKI, K. & MERVAALA, E. 2006. Sodium intake and hypertension. *Progress in Cardiovascular Diseases* 49(2): 59-75.
- HEYMAN, B., DEPYPERE, F., VAN DER MEEREN, P. & DEWETTINCK, K. 2013. Processing of waxy starch/xanthan gum mixtures within the gelatinization temperature range. *Carbohydrate Polymers* 96(2) 560-567.
- HEYMAN, B., DE VOS, W.H., VAN DER MEEREN, P. & DEWETTINCK, K. 2014. Gums tuning the rheological properties of modified maize starch pastes: differences between guar and xanthan. *Food Hydrocolloids* 39: 85-94.
- HILL, S., MITCHELL, J., HORT, J. & FERRY, A.L. 2006. Structure, rheology and organoleptic properties of starch pastes - new developments. *Getreidetechnologie* 60(4): 239-241.
- HOLLOWOOD, T.A., LINFORTH, R.S.T. & TAYLOR, A.J. 2002. The effect of viscosity on the perception of the flavor. *Chemical Senses* 27(7): 583-591.

- JIMÉNEZ, A. 2008. Usos alternativos del chayote (*Sechium edule Sw.*): Elaboración y aplicación de un puré de chayote como sustituto de grasa en los alimentos. Tesis de Licenciatura en Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica. San José.
- JOUQUAND, C., AGUNI, Y., MALHIAC, C. & GRISEL, M. 2008. Food Hydrocolloids 22(6): 1097-1104.
- KAR, F. & ARSLAN, N. 1999. Characterization of orange peel pectin and effect of sugars, L-ascorbic acid, ammonium persulfate, salts on viscosity of orange peel pectin solutions. Carbohydrate Polymers 40(4): 285-291.
- KATO, Y. & ROTH, R. 2012. Relationship between taste sensitivity and eating style in Japanese female university students. Food and Nutrition Sciences (3): 302-309.
- KIRK, R. S., SAWYER R. & EGAN, H. 1996. Composición y análisis de alimentos de Pearson. 2. ed. Compañía Editorial Continental, México, D.F.
- KOSTYRA, E. & BARYŁKO-PIKIELNA, N. 2007. The effect of fat levels and guar gum addition in mayonnaise-type emulsions on the sensory perception of smoke-curing flavour and salty taste. Food Quality and Preference 18: 872-879.
- KRAUSS, R.M., ECKEL, R.H. & HOWARD, B. 2001. A statement for health care professionals from the Nutrition Committee of the American Heart Association (AHA). Journal of Nutrition 131: 132-146.
- KUNTZ, L. 1996. Where is fat reduction going? Food Product Design. Internet: <http://www.foodproductdesign.com/articles/1996/03/where-is-fat-reduction-going.aspx>. Consultada el 17 de febrero de 2013.
- LANDIS, W. & ALTMAN, M.S. 1996. Efficacy of Fruit-Purees as Partial Fat-Replacements in a Chocolate Cake and Cookie Recipe. Journal of Nutrition in Recipe & Menu Development 2(3): 13-28.
- LAWLESS, H.T. & HEYMANN, H. 2010. Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices. Springer. 2da Ed. 619 p.
- LAWLESS H. T., RAPACKI F., HORNE J. & HAYES A. 2003. The taste of calcium and magnesium salts and anionic modifications. Food Quality and Preference 14(4): 319-325.

- LUBBERS, S. ,DECOURCELLE, N.,MARTINEZ, D.,GUICHARD, E.&TROMELIN, A. 2007. Effect of thickeners on aroma compound behavior in a model dairy gel. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 55(12): 4835-4841.
- MA, Z. & BOYE, J. 2013. Advances in the Design and Production of Reduced-Fat and Reduced-Cholesterol Salad Dressing and Mayonnaise: A Review. *Food Bioprocess Technology* 6(3):648-670
- MACGREGOR, G. A., & DE WARDENER, H. E. 2002. Salt, blood pressure and health. *International Journal Epidemiology*, 31(2):320-327.
- MALHERBE, M., WALSH, C. N. & DER MERWE, V. 2003. Consumer acceptability and salt perception of food with a reduced sodium content. *Journal of Family Ecology and Consumer Sciences* (31): 12-20.
- MATSUO, R. 2010. Role of Saliva in the Maintenance of Taste Sensitivity. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine* 11(2): 216-29.
- MAZZARACCHIO P, PIFFERI P, KINDT M, MUNYANEZA A & BARBIROLI G. 2004. Interactions between anthocyanins and organic food molecules in model systems. *International Journal of Food Science and Technology* 39: 53-59.
- MCCARTHY, K.L. & SEYMOUR, J.D. 1992. A fundamental approach for the relationship between the bostwick measurement and newtonian fluid viscosity. *Journal of Texture Studies* 24: 1-10.
- MCCARTHY, K.L. & MCCARTHY, M.J. 2009. Relationship between In-line viscosity and bostwick measurement during ketchup production. *Journal of Food Science* 74(6): 291-297.
- MC CLEMENTS, D.J. & DEMETRIADES, K. 1998. An integrated approach to the development of reduced-fat food emulsions. *Critical Review in Food Science and Nutrition* 38(6):511-36.
- MC CLEMENTS, D. J. 2005. *Emulsion Formation. Food emulsions principles, practices, and techniques*. 2<sup>nd</sup>ed. CRC Press. Boca Raton.

- MC EWAN, J.A., EARTHY, P.J. Y DUCHER, C. 1998. Preference Mapping: A review. Campden & Chorleywood. Food Research Association. Project No. 29742(5): 1-32.
- MEILGAARD, M., CIVILLE, G.V. & CARR, B.T. 2006. Sensory evaluation techniques. 3rd ed.CRC Press. Boca Raton. 387 p.
- MILANI, J. & MALEKI, G. 2012. Hydrocolloids in Food Industry. Food Industrial Processes: Methods and Equipment. INTERNET: <http://www.intechopen.com/books/food-industrial-processes-methods-and-equipment/hydrocolloids-in-food-industry>
- MINASIAN, S. 2011. Permeate can help you reduce sodium while improving flavor. *Dairy Pipeline* 23(2): 3-8.
- MISRA, A. & KHURANA, L. 2007. Salt Intake and Hypertension: Walking the Tight Rope. *Journal of the Association of Physicians* 55: 401-404.
- MITCHELL, M., BRUNTON, N.P. & WILKINSON, M.G. 2011. Impact of salt reduction on the instrumental and sensory flavor profile of vegetable soup. *Food Research International* 44:1036-1043.
- MITZEL, T.M., SWEENEY, C.A., & GEE, D.L. 1996. Semi-moist fruit puree as a fat replacement in gingersnap cookies. *Journal of the American Dietetic Association* 96(9): A43.
- MOHAMMED, Z. H., HAQUE, A., RICHARDSON, R. K., & MORRIS, E. R. 2007. Promotion and inhibition of xanthan 'weak-gel' rheology by calcium ions. *Carbohydrate Polymers* 70(1): 38-45.
- MONTEIRO, C.S., CARPES, S.T., KALLUF, V.H., DYMINSKI, D.S.& CANDIDO, L.M.B. 2006. Evolução dos substitutos de gordura utilizados na tecnologia de alimentos. *Boletim Centro de Pesquisa de Procesamiento de Alimentos* 24(2):347-62.
- MORRIS, E. R. 1987. Flavour /Taste Perception in thickened systems: the effect of guar gum above and below  $c^*$ . *Food Hydrocolloids* 3: 197-205.
- MORRIS, E.R. 1990. Shear thinning of random coil' polysaccharides: characterization by two parameters from a simple linear plot. *Carbohydrate Polymers* 13 (1990): 85-96.

- MILLER, G. 2000. Handbook of Dairy Chemistry. CRC Press Inc. Boca Raton.
- MULLIE, P. GODDERIS, L. & CLARYS, P. 2012. Determinants and nutritional implications associated with low-fat food consumption. *Appetite* 58: 33-38.
- MURILLO, L. 2008. Desarrollo y caracterización sensorial y físico-química de un dulce de leche sin grasa y sin azúcar elaborado a nivel de laboratorio. Tesis Lic. En Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica, Escuela de Tecnología de Alimentos. San José.
- NISHINARI, K. 2006. Polysaccharide rheology and in-mouth perception. In Stephen, A. M., Phillips, G. O., & Williams P. A. *Food polysaccharides and their applications*. Taylor & Francis. Boca Raton FL.
- OGNEAN, C.F., DARIE, N. & OGNEAN, M. 2006. Fat Replacers: review. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies* 12(2): 433-442.
- OPARIL, S., AMIN ZAMAN, M. & CALHOUN, D. 2003. Pathogenesis of hypertension. *Annals of Internal Medicine* 139 (9): 761-776.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. 2007. Reducing salt intake in populations. Internet: [www.who.int/dietphysicalactivity/Salt\\_Report\\_VC\\_april07.pdf](http://www.who.int/dietphysicalactivity/Salt_Report_VC_april07.pdf). Consultado el 25 de julio de 2013.
- OSPINA, M.M., SEPÚLVEDA, J.U., RESTREPO, D., CABRERA, K.R. & SUÁTEZ, H. 2012. Influencia de goma xantán y goma guar sobre las propiedades reológicas de leche saborizada con cocoa. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* 10 (1): 51-59.
- PEDRERO, D. & PANGBORN, R. 1989. Evaluación Sensorial de los Alimentos. Métodos Analíticos. Alhambra. México D.F. 87-97p.
- PELLETIER, E, VIEBKE, C., MEADOWS, J. & WILLIAMS, P. A. 2001. A rheological study of the order disorder conformational transition of xanthan gum. *Biopolymers* 59: 339–346.
- PHATAK, L., CHANG, C.K. & BROWN, G. 1988. Isolation and characterization of pectin in sugar-beet pulp. *Journal of Food Science* 53(3): 830-833.

- PHILLIPS, L., MCGIFF, M.L., BARBANO, D. & LAWLESS, H. 1995. Influence of nonfat dry milk on the sensory properties of viscosity and color of lowfat milks. *Journal of Dairy Science* 78(10): 2113-2118.
- POIANA, M.A., MUNTEANU, M.F., BORDEAN, D.M., GLIGOR, R & ALEXA, E. 2013. Assessing the effects of different pectins addition on color quality and antioxidant properties of blackberry jam. *Chemistry Central Journal* 7: 121.
- POPPER, R. & KROLL, D. 2005. Just-About-Right Scales in Consumer Research. *Chemo Sense* 7(3): 3-6.
- POWELL, J. 2001. The sensory and analytical analyses of nonfat milk formulations: stability to *light* oxidation and pasteurization. MS Diss. Virginia Polytechnic Institute and State University. Blacksburg.
- PURDY, J., AMSTRONG, G.A. & MC ILVEEN, H. 2001. Three scaling methods for consumer rating of salt intensity. *Journal of Sensory Studies* 17: 263-274.
- RADHIKA, G., SATHYA, R.M., SUDHA, V., GANESAN, A. & MOHAN, V. 2007. Dietary salt intake and hypertension in an urban south Indian population. *Journal of the Association of Physicians* 55: 405-411.
- RANKIN, L.L., FADA, R.D. & BINGHAM, M. 2000. Acceptability of oatmeal chocolate chip cookies prepared using pureed white beans as a fat ingredient substitute. *Journal of the American Dietetic Association* 100(7): 831-833.
- ROJAS, W.N., CHACÓN, A. & PINEDA, M. L. 2007. Características del yogurt batido de fresa derivadas de diferentes proporciones de leche de vaca y cabra. *Agronomía Mesoamericana* 18(2): 221-237.
- ROJAS, A. 2010. Caracterización de un puré de papaya (*Carica Papaya L.*) variedad Pococí que influyen en su utilización como sustituto de grasa. Tesis de Licenciatura en Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica. San José.

- ROSETT, T.R., SHIRLEY, L. SCHIMIDT, S.J. & KLEIN, B.P. 1994. Na<sup>+</sup> Binding as Measured by <sup>23</sup>Na Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy Influences the Perception of Saltiness in Gum Solutions. *Journal of Food Science* 59(1): 206-210.
- ROSETT, T.R., KENDREGAN, S.L., GAO, Y., SCHIMIDT, S.J. & KLEIN, B.P. 1996. Thickening Agents Effects on Sodium Binding and Other Taste Qualities of Soup Systems. *Journal of Food Science* 61 (5): 1099-1104.
- RUUSUNEN, M., SIMOLIN, M. & PUOLANNE, E. 2001. The effect of fat content and flavour enhancers on the perceived saltiness of cooked “bologna-type” sausage. *Journal of Muscle Foods* 12: 107-120.
- SADOWSKA, J., BIAŁOBRZEWSKI, I., JELINSKI, T. & MARKOWSKI. 2009. Effect of fat content and storage time on the rheological properties of Dutch-type cheese. *Journal of Food Engineering* 94:254-259.
- SANDROU, D., ARVANITOYANNIS, I. 2000. Low-fat/calorie foods: current state and perspectives. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 40(5): 427-436.
- SAVARY, G., LAFARGE, C., DOUBLIER, J. L., & CAYOT, N. 2007. Distribution of aroma in starch polysaccharide composite gel. *Food Research International*, 40(6): 706-716.
- SHARMA, B.R., NARRES, L., DHULDHOYA, S.U. 2006. Xanthan Gum: A Boon to Food Industry *Food Promotion Chronicle* 1(5): 27-30.
- SHI, X. & BEMILLER, J.N. 2002. Effects of food gums on viscosities of starch suspensions during pasting. *Carbohydrate Polymers* 50(1): 7-18.
- SILVA, C.A. 2010. Caracterización reológica de hidrocoloides alimentarios: goma guar, goma tragacanto, metilcelulosa y sus mezclas. Tesis de Doctorado en Ciencia e Ingeniería de Alimentos. Universidad de Santiago de Compostela. Galicia.
- SIKORA, M., KOWALSKI, S., MASIK, P. & SADY, M. 2007. Rheological and sensory properties of dessert sauces thickened by starch–xanthan gum combination. *Journal of Food Engineering* 79(4): 1144-1151.

- SONG, K.W, KIM, Y.S. & CHANG, G.S. 2006. Rheology of concentrated xanthan gum solutions: steady shear flow behavior. *Fibers and Polymers* 7(2): 129-138.
- STONE, H. & SIDEL, J. L. 2004. *Sensory evaluation practices*. Elsevier Academic Press. California.
- SWANSON, M.B & MUNSAYAC, L.J. 1999. Acceptability of fruit purees in peanut butter, oatmeal, and chocolate chip reduced-fat cookies. *Journal of the American Dietetic Association* 99(3): 343-345.
- TAORMINA, P. J. 2010. Implications of salt and sodium reduction on microbial food safety. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 50: 209-227.
- TAYLOR, A. J. & ROBERTS, D.D. 2004. *Flavour perception*. Blackwell. Iowa.
- TOBIN, B. D., O'SULLIVAN, M. G., HAMILL, R. M. & KERRY, J. P. 2012. Effect of varying salt and fat levels on the sensory quality of beef patties. *Meat Science* 91: 460-465.
- TOBIN, B.D., O'SULLIVAN, M.G., HAMILL, R.M. & KERRY, J.P. 2013. The impact of salt and fat level variation on the physiochemical properties and sensory quality of pork breakfast sausages. *Meat Science* 93: 145-152.
- VACLAVIK, V.A.;CHRISTIAN, E.W.;JAIME, I.2002. *Fundamentos de ciencia de los alimentos*. Acribia. Zaragoza. 485p.
- VILLALOBOS, M. 2008. *Elaboración de un pure de papaya híbrido Pococí para sustituir grasa en quequitos y "cheese cake"*. Tesis Lic. En Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica, Escuela de Tecnología de Alimentos. San José.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). 1998. Is total fat consumption really decreasing? *Nutrition Insight* 5.
- UTRE, R. 2004. Volatile flavours in strawberries: A description of the components, and how to analyse them. *Quality handling and evaluation* 3: 27-53.
- WALKER, S. & PRESCOTT, J. 2000. The influence of solution viscosity and different viscosifying agents on apple juice flavor. *Journal of Sensory Studies* 15(3): 285-307.

- WALLIS, K. & CHAPMAN, S. 2012. Review of current innovations in reducing salt in food products. Food & Health Innovation Service. Campden.
- WATTS, B.M., YLIMAKI, G.L., JEFFERY, L.E. & ELÍAS, L.G. 1992. Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos. International Development Research Centre. Ottawa.
- WATTSON, D.A. 2010. Aprovechamiento de la harina de pejibaye en la elaboración de alimentos enriquecidos con compuestos bioactivos beneficiosos y la evaluación de su aceptación sensorial en consumidores. Tesis Lic. En Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica, Escuela de Tecnología de Alimentos. San José.
- WEKWETE, B. & NAVDER, K. 2008. Effects of avocado puree and oatrim as fat replacers on the physical, textural and sensory properties of oatmeal cookies. *Journal of Food Quality and preference* 31(2): 131-141.
- WIESE, T.D. & DUFFRIN, M.W. 2003. Effects of substituting pawpaw fruit puree for fat on the sensory properties of a plain shortened cake. *Hort Technology* 13: 442-444.
- WILSON, C. E., & BROWN, W. E. 1997. Influence of food matrix structure and oral breakdown during mastication on temporal perception of flavour. *Journal of Sensory Studies* 12: 69-86.
- WILSON, R., KOMITOPOULOU, E. & INCLES, M. 2012. Evaluation of Technological Approaches to Salt Reduction. Leatherhead Food International Limited. England.
- WISE P. M., HANSEN, J. L., REED D. R., & BRESLIN, P. 2007. Twin Study of the heritability of recognition thresholds for sour and salty taste. *Chemical Senses*. 32: 749-754.
- XIONG, R. & MEULLENET, J.F. 2006. A PLS dummy variable approach to assess the impact of jar attributes on liking. *Food Quality and Preference* 17: 188-198.
- YANG, K., YOUNG-SUK, K., SANG-HO, Y. & KWANG-OK, K. 2004. Molecular structural differences between low methoxy pectins induced by pectin methyl esterase II: Effects on texture, release and perception of aroma in gels of similar modulus of elasticity. *Food Chemistry* 145 (15): 950-955.

YAÑEZ, E. & BIOLEY, E. 1999. Sustitutos de grasa en la alimentación humana. Archivos Latinoamericanos de la Alimentación 49 (2): 102-105.

## IX. APÉNDICES

**Apéndice A.** Análisis de varianza para determinar el efecto del tratamiento aplicado a la materia prima así como la mezcla de éstas, sobre la aceptación de los dos segmentos de consumidores.

Grupo	Cantidad de consumidores	Valor de F
1	44	4,700***
2	38	3,394***

\*\*\*significativo a  $p < 0,001$

**Apéndice B.** Pruebas experimentales realizadas para determinar el porcentaje de pectina necesario para la obtención la consistencia de la sopa regular.

Porcentaje de pectina de bajo metoxilo (PBM) agregado (g)	Consistencia (Distancia recorrida cm/30s)
0,30	11,9
0,40	10,5
0,50	7,00
0,44	9,00
0,43	9,50

**Apéndice C.** Consistencia de las sopas finales de las sopas empleadas en la evaluación de los atributos sensoriales del análisis descriptivo genérico de las sopas de brócoli.

<b>Sustituto de grasa empleado</b>	<b>Consistencia (Distancia recorrida cm/30s)</b>
Chayote	13,0
	12,8
	13,1
XantánXantán	8,75
	8,70
	8,90
Pectina	9,50
	10,0
	9,00
Regular	16,3
	16,3
	16,1
Maíz	12,3
	12,3
	12,5
Liviana	16,5
	16,0
	15,0
Papa	12,9
	13,0
	13,2

**Apéndice D.** Cálculo del valor SNR (Signal to Noise Ratio) aplicado a la prueba de consumidores JAR (Just About Right) y valores obtenidos para cada una de las sopas.

El análisis de datos SNR (Signal to Noise Ratio) se realizó mediante la ecuación descrita en Gacula *et al.* (2006), para un conjunto de datos con n panelistas (i = 1, 2, ..., n):

$$SNR = \Sigma\{-10 * \log[(Y_i - 3)^2 + k]\}/n \quad (1)$$

Y<sub>i</sub> = variable respuesta de la prueba JAR.

$$k=0,25 ; n=82$$

En el caso de la sopa regular (con grasa) con nivel medio de sal el valor de la prueba JAR del juez 1 fue de 1,25.

Primeramente se sustituye este valor en la ecuación intermedia

$$-10 * \log [(Y_i - 2,5) * 2 + k \quad (2)$$

$$-10 * \log [(1,25 - 2,5) * 2 + 0,25 = -2.58$$

La sumatoria de este cálculo para todos los jueces fue igual a 135.97

Por lo tanto al sustituir en (1) se obtiene,

$$SNR = \Sigma\{135.97\}/82$$

$$SNR = 1,658 \sim \mathbf{1,66}$$

**Apéndice E.** Resultados de SNR el total de sopas probadas por los consumidores.

<b>Tipo de Sopa</b>	<b>Cantidad sal</b>	<b>SNR</b>
Regular	Baja	-0.83
	Media	1.66
	Alta	-7.14
Baja	Baja	-3.31
	Media	1.39
	Alta	-7.03
Xantán	Baja	-3.51
	Media	0.79
	Alta	-7.32
Papa	Baja	-2.34
	Media	1.67
	Alta	-7.52
Maíz	Baja	-3.47
	Media	1.87
	Alta	-6.87
Chayote	Baja	-2.317
	Media	1.53
	Alta	-6.28

**Apéndice F.** Análisis de varianza mixto para determinar el efecto del sustituto de grasa, sobre los descriptores evaluados en el análisis descriptivo genérico.

Descriptor	Valor de F				
	Variables		Interacciones		
	Repetición (R)	Producto (P)	J x R	J x P	R x P
Color	5,045**	8,382***	2,605**	1,130**	13,523***
Apariencia espesa	30,950***	15,210***	1,877*	0,895	22,509***
Olor a ajo	0,783	1,104	0,569	0,623	1,186
Olor a mantequilla	0,271	25,047***	0,924	0,883	22,906***
Sabor a brócoli	0,005	4,263**	3,811***	1,264	2,269**
Sabor a ajo	0,315	1,255	0,715	0,548	1,598
Sabor a mantequilla	3,627*	47,755***	2,329**	1,301	44,449***
Sabor dulce	0,875	1,441	4,965***	0,789	0,803
Sabor salado	2,005	0,394	0,868	0,879	2,895***
Textura grumosa	1,284	14,404***	0,690	0,890	6,507***
Textura babosa	5,863**	15,707***	0,591	0,738	13,421***

\* Significativo a  $p < 0,05$ ; \*\* significativo a  $p < 0,01$ ; \*\*\*significativo a  $p < 0,001$

**Apéndice G.** Hojas de respuestas utilizadas por el panel entrenado para la evaluación del agrado general y prueba Justo-Correcto (JAR) en sopas de brócoli reducidas en grasa con diferentes sustitutos.

Se le presentan varias sopas, por favor tome la sopa que corresponde al código que aparece a la par de cada escala en la pantalla.

Evalúe cuánto le gusta la cantidad de sal y el sabor general de la sopa. Por ejemplo, si tiene poca sal y poco sabor marca las casillas bajas.

# Muestra

### Sabor salado






Demasiado poco salado

Ideal (justo)

Demasiado salado

# Muestra

### Sabor a sopa



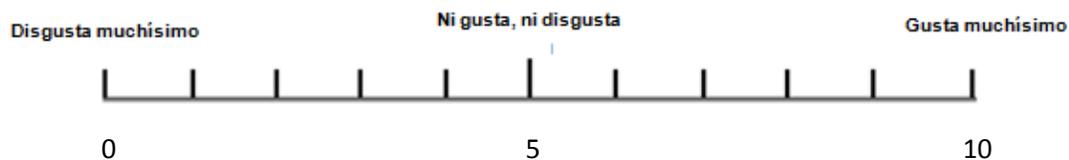



Sin nada de sabor

Ideal (justo)

Con demasiado sabor

Marque en la línea cuánto le gusta en general la sopa, con un click



Por favor enjuáguese dos veces y escupa los enjuagues antes de probar la siguiente muestra.

**Apéndice H.** Hoja de respuesta utilizada por el panel entrenado en la etapa de generación de términos, del análisis descriptivo de diferentes sopas de brócoli.

### **Análisis Descriptivo**

Por favor anote los descriptores que detecta en las muestras que se le presentan, junto con la definición que mejor lo explique.

#### **Descriptor-definición**

##### **Apariencia**

##### **Olor**

##### **Sabor**

##### **Textura o sensación bucal**

**Apéndice I.** Hojas de respuestas utilizadas por el panel entrenado para la evaluación de la intensidad de los atributos del análisis descriptivo, de diferentes tipos de sopa brócoli.

Se le presentan varias muestras. Por favor corrobore que el número de la muestra coincide con el número a la par de la escala. Observa cada muestra y evalúe el atributo que se le presenta.

### APARIENCIA

**Color amarillo**

Amarillo Claro

Amarillo Mostaza

# Muestra



**Apariencia espesa**

Fluido

Espeso

# Muestra





**SABOR**

Se le presentan varias muestras. Por favor corrobore que el número de la muestra coincide con el número a la par de la escala. Pruebe cada muestra y evalúe el atributo que se le presenta.

**Sabor brócoli**

# Muestra Poco Mucho

**Sabor ajo**

# Muestra Poco Mucho

**Sabor mantequilla**

# Muestra Poco Mucho

**Sabor dulce**

# Muestra Poco Mucho

**Sabor salado**

# Muestra Poco Mucho



**TEXTURA O SENSACIÓN BUCAL**

Se le presentan varias muestras. Por favor corrobore que el número de la muestra coincide con el número a la par de la escala. Pruebe cada muestra y evalúe el atributo que se le presenta.

**Textura grumosa**

Sin grumos Con grumos

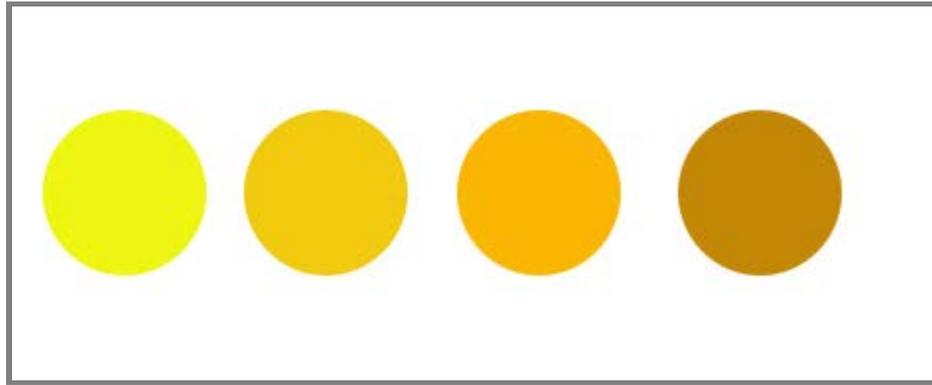
# Muestra \_\_\_\_\_

**Textura babosa**

Poco Mucho

# Muestra \_\_\_\_\_

**Apéndice J.** Escala de color empleada por el panel entrenado para evaluar el color de distintas sopas de brócoli.



**Apéndice K.** Composición del sabor a queso cheddar marca ASEAL (3320AS).

<b>Declaración de ingredientes</b>
Maltodextrina
Sal
Suero de leche
Proteína vegetal hidrolizada (PVH)
Glutamato monosódico
Ácido cítrico
Sabores a queso
Colorantes naturales
Inosinato de sodio y dióxido de silicio, como anti humectantes.

**Apéndice L.** Listado descriptivo de las sopas bajas en grasa disponibles en los supermercados del país.

Producto	Descripción	Ingredientes
	<p>Sopa de brócoli con queso (99% libre de grasa), marca Campbell's®</p>	<p>Agua, brócoli, queso crema pasteurizado (queso Americano, leche, sal, cultivo para quesos, enzimas) suero, fosfato de sodio, concentrado de proteína de suero, leche descremada, grasa láctela, sal, <i>annatto</i> y <i>apocarotenol</i> para el color, almidón modificado, harina de trigo, cebollas, crema. Contiene menos del 2% de: sal, azúcar, queso cheddar enzimas modificadas, oleoresina, paprika, base de salsa de queso, almidón modificado para alimentos, aceite de soya parcialmente modificado, sal, goma xanthan, ácido láctico, suero en polvo, concentrado de proteína de soya, aceite vegetal (maíz, semilla de algodón, canola y/o soya). Glutamato monosódico, cloruro de potasio, ajo deshidratado, extracto de especias, ácido láctico, cloruro de zinc, betacaroteno para el color.</p>
	<p>Sopa instantánea de guisantes libre de grasa, marca Health Valley®</p>	<p>Guisantes, vegetales deshidratados (papas, cebollas, zanahorias, ajo, culantro, cebollas verdes), salsa de soya en polvo (frijoles de soya, trigo, sal), extracto de levadura, harina de arroz, sal, sabores naturales (fuente vegetal no glutamato monosódico), perejil, chile blanco (<i>white pepper</i>), chile cayenne, betacaroteneo natural.</p>
	<p>Sopa instantánea con frijoles negros y arroz, libre de grasa, marca Health Valley®</p>	<p>Frijoles negros, arroz oscuro, vegetales deshidratados (tomates, cebolla, ajo, chiles rojos), almidón de papa, extracto de levadura, salsa de soya en polvo, sal, goma xantán, culantro, comino, chile blanco (<i>White pepper</i>) pimienta cayena, chile jalapeño, beta caroteno natural.</p>

	<p>Sopa de fideos sin pollo, sin grasa, marca Amy's ®</p>	<p>Agua, cebollas, tallarines, zanahorias, tofu, cilantro, puerros.</p>
	<p>Sopa instantánea de pollo y puerros baja en grasa, marca Batchelors ®</p>	<p>Agua, tomate /17%), vegetales (6%) (zanahoria, cebolla, guisantes, puerros). Tallarines (2.5%), croutones (1%), aceite vegetal, sal, levadura, almidón de papa, azúcar, maltodextrina, GMS.</p>
	<p>Sopa instantánea de lentejas, baja en grasa, marca President's choice ®</p>	<p>Hojuelas de lentejas, garbanzos en polvo, tomate en polvo, almidón de papa, vegetales deshidratados (zanahoria, tomate, cebolla) especias, sal, azúcar, jugo de limón en polvo, manzana en polvo, cebolla en polvo, ajo en polvo. Puede contener trazas de trigo.</p>
	<p>Sopa instantánea de espárragos, 0% grasa, marca Knorr ®</p>	<p>Ingredientes: almidón de papa, maltodextrina, sal, espárrago deshidratado, grasa vegetal en polvo (contiene proteínas lácteas), aceite vegetal hidrogenado, espinaca deshidratada, resaltadores del sabor: glutamato monosódico e inosinato disódico, espesante: goma garrofín, aromatizantes idénticos al natural, colorante: riboflavina</p>