



# **UNIVERSIDAD DE CHILE**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

**ESCUELA DE POSTGRADO**

## **TEMPORALIDAD SENSORIAL DE EDULCORANTES EN SOLUCIÓN ACUOSA Y EN UNA MATRIZ LACTEA**

Tesis para optar al Grado de Magíster en Ciencias Agropecuarias

**FELIPE ANDRÉS GONZÁLEZ CASTILLO**

Director de Tesis  
MARCELA MEDEL MARABOLÍ  
CARMEN SAÉNZ HERNANDEZ

Profesores consejeros  
JUAN AGUIRRE GARCIA  
HUGO NUÑEZ KALASIC

SANTIAGO - CHILE  
2020

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE POSTGRADO**

**TEMPORALIDAD SENSORIAL DE EDULCORANTES EN SOLUCIÓN  
ACUOSA Y EN UNA MATRIZ LACTEA**

Tesis presentada como parte de los requisitos para optar al Grado de Magíster en Ciencias  
Agropecuarias

**FELIPE ANDRÉS GONZÁLEZ CASTILLO**

	Calificaciones
<b>DIRECTORES DE TESIS</b>	
Marcela Medel	7,0
Ing. Agrónomo, MS, Ph.D.	
Carmen Sáenz	7,0
Quim. Farm. Dr.	
<b>PROFESORES CONSEJEROS</b>	
Juan Aguirre	6,5
Ing. Alimentos, Dr.	
Hugo Núñez	6,7
Ingeniero Agrónomo, Mg, Sc.	

Santiago, Chile  
2020

## INDICE

### Índice de Contenido

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>HIPÓTESIS .....</b>	<b>3</b>
<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>3</b>
<b>Objetivo General.....</b>	<b>3</b>
<b>Objetivos Específicos .....</b>	<b>3</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>4</b>
<b>Ubicación del estudio.....</b>	<b>4</b>
<b>Materiales .....</b>	<b>4</b>
<b>Equipamiento .....</b>	<b>4</b>
<b>Tratamientos y diseño experimental.....</b>	<b>4</b>
<b>Manejo del experimento.....</b>	<b>5</b>
<b>Etapa I. Selección, evaluación del panel y determinación del dulzor relativo de los             edulcorantes.....</b>	<b>5</b>
<b>Etapa II. Evaluación mediante el método tiempo de intensidad .....</b>	<b>6</b>
<b>Etapa III. Selección y evaluación con consumidores .....</b>	<b>6</b>
<b>Variables sensoriales a medir .....</b>	<b>7</b>
<b>Etapa I. Percepción sensorial del panel .....</b>	<b>7</b>
<b>Etapa II. Tiempo de intensidad .....</b>	<b>8</b>
<b>Etapa III. Dominio temporal de sensaciones y hedonismo .....</b>	<b>8</b>
<b>Análisis estadístico.....</b>	<b>9</b>
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>10</b>
<b>Temporalidad sensorial de diferentes edulcorantes no nutritivos en solución acuosa.....</b>	<b>10</b>
<b>Selección de panelistas.....</b>	<b>10</b>
<b>Dulzor relativo determinado para cada edulcorante.....</b>	<b>10</b>
<b>Evaluación mediante tiempo de intensidad .....</b>	<b>11</b>
<b>Temporalidad sensorial de los edulcorantes no nutritivos en yogur .....</b>	<b>11</b>
<b>Yogur.....</b>	<b>11</b>
<b>Focus group.....</b>	<b>12</b>
<b>Descripción de los consumidores .....</b>	<b>12</b>

Evaluación mediante dominio temporal de sensaciones.....	13
Aceptabilidad de los atributos sensoriales.....	15
Preferencia de los consumidores.....	16
<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>17</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>21</b>
<b>LITERATURA CITADA .....</b>	<b>22</b>
<b>APÉNDICES.....</b>	<b>29</b>
Apéndice 1. Encuesta de caracterización de evaluadores .....	29
Apéndice 2. Método intensidad de tiempo.....	30
Apéndice 3. Pauta de evaluación del <i>focus group</i> .....	30
Apéndice 4. Pauta de preguntas, metodología dominio temporal de sensaciones y ranking.....	31
Apéndice 5. Comparación entre el dulzor de una solución de sacarosa al 5 % y diferentes concentraciones de aspartame. ....	32
Apéndice 6. Comparación entre el dulzor de sacarosa 5 % y diferentes concentraciones de estevia. ....	33
Apéndice 7. Comparación entre una solución de sacarosa al 5 % y diferentes concentraciones de tagatosa .....	33
Apéndice 8. Comparación entre el dulzor de una solución acuosa de sacarosa al 5 % y diferentes concentraciones de sucralosa. ....	34
<b>ANEXOS .....</b>	<b>35</b>
Anexo 1. Ingredientes de la tagatosa .....	35
Anexo 2. Información nutricional de yogur natural quillayes.....	35
Anexo 3. Evaluaciones sensoriales realizadas por los panelistas.....	36
Anexo 4. Test de ranking con dilución medio agua .....	36
Anexo 5. Método de comparación pareada .....	37

## Índice de Cuadros

<b>Cuadro 1. Efecto de la concentración de sacarosa (%), en el orden de percepción de intensidad del panel entrenado .....</b>	<b>10</b>
<b>Cuadro 2. Concentración y poder edulcorante equivalente de sucralosa, estevia, aspartame y tagatosa al 5 % de sacarosa en un medio acuoso .....</b>	<b>10</b>
<b>Cuadro 3. Tiempo de intensidad (s) para el sabor dulce; midiendo tiempo (en que se percibió el dulzor), intensidad máxima (Imax), tiempo de intensidad máxima (Tmax) y tiempo total del estímulo (Tte) .....</b>	<b>11</b>
<b>Cuadro 4. Respuesta de los consumidores (%) sobre cada sección de la encuesta .....</b>	<b>13</b>
<b>Cuadro 5. Tiempo (s) de aparición de los atributos sensoriales en cada tratamiento .....</b>	<b>15</b>
<b>Cuadro 6. Duración (s) de los atributos sensoriales en cada tratamiento.....</b>	<b>15</b>
<b>Cuadro 7. Aceptabilidad temporal de los atributos sensoriales en cada tratamiento .....</b>	<b>16</b>

## Índice de Figuras

<b>Figura 1. Perfiles de DTS de tratamientos evaluados.....</b>	<b>14</b>
<b>Figura 2. Preferencia (ranking) de los consumidores hacia los tratamientos sucralosa, estevia, tagatosa, sacarosa y aspartame. ....</b>	<b>16</b>

## RESUMEN

El edulcorante nutritivo más utilizado es la sacarosa. Sin embargo, su consumo en exceso genera enfermedades como obesidad y diabetes; dado lo anterior, Chile ha impulsado la Ley 20.606 para disminuir su dosis en distintos alimentos, trayendo como consecuencia que la industria alimentaria ha dado un mayor uso a los edulcorantes bajos en calorías. El objetivo de este estudio fue evaluar la temporalidad sensorial de edulcorantes en solución acuosa y yogur. Los edulcorantes evaluados fueron sacarosa, sucralosa, estevia, aspartame y tagatosa. La unidad experimental fue de 20 mL de solución acuosa y 30 g de yogur. La concentración de sacarosa fue de un 5 %, el poder edulcorante de la sucralosa fue 485, estevia 81, aspartame 164 y tagatosa 1,8 veces. La evaluación de los panelistas mediante Tiempo de Intensidad en soluciones acuosas proporcionó que, a excepción de la estevia, los edulcorantes presentaron un perfil temporal similar a la sacarosa. La evaluación de los consumidores del yogur mediante el método Dominio Temporal de Sensaciones, proporcionó que los edulcorantes presentaron tasas de dominio más altas en el atributo de dulzor, con excepción de la sacarosa. Finalmente, mediante aceptabilidad temporal y preferencias, los edulcorantes aspartame y estevia presentaron una mayor aceptabilidad.

Palabras claves: Aceptabilidad, dominancia, dulzor, intensidad, yogur.

## ABSTRACT

The most commonly used nutritive sweetener is sucrose. However, its excessive consumption generates diseases such as obesity and diabetes; given the above, Chile has promoted Law 20,606 to reduce its dose in different foods, bringing as consequence that the food industry has given greater use to low calorie sweeteners. The objective of study was to evaluate the sensory temporality of sweeteners in aqueous solution and yogurt. The sweeteners evaluated were sucrose, sucralose, stevia, aspartame and tagatose. The experimental unit was 20 mL of aqueous solution and 30 g of yogurt. The sucrose concentration was 5 %, the sweetening power of sucralose was 485, stevia 81, aspartame 164 and tagatose 1,8 times. The panelists' evaluation through Time of Intensity in aqueous solution provided that, with the exception of stevia, the sweeteners presented a temporary profile similar to sucrose. The evaluation of yogurt consumers through the Temporary Domain Sensing method, provided that the sweeteners had higher domain rates in the sweetness attribute, with the exception of sucrose. Finally, through temporary acceptability and preferences, aspartame and stevia sweeteners presented greater acceptability.

Keywords: Acceptability, dominance, sweetness, intensity, yogurt.

## INTRODUCCIÓN

Los seres humanos poseen una preferencia por el sabor dulce, debido a su importancia en la palatabilidad de los alimentos y porque el azúcar proporciona aporte energético (Birch, 1999). Tras el avance tecnológico se ha permitido agregar edulcorantes a los alimentos, los cuales interactúan con los receptores gustativos e imparten el dulzor; estos han sido clasificados en nutritivos o calóricos (sacarosa) y no nutritivos o no calóricos (sucralosa y aspartame) (Aragón, 2006; Parra, 2012; Gil *et al.*, 2015).

Una dieta alta en sacarosa y una baja actividad física, son factores que han sido asociados a enfermedades como el sobrepeso, la obesidad y la diabetes (Caballero, 2013; Morenga, Mallard y Mann, 2013, Periche, 2014). Chile pasó del octavo país de la OCDE al segundo país con mayor índice de obesidad (por debajo de Estados Unidos), con un consumo promedio entre 2.500-3.000 kcal/per cápita/día, además, un 39,2 % de la población presenta sobrepeso y 34,4 % es obesa. Además, una de cada once muertes en Chile se atribuye al sobrepeso y a la obesidad (OCDE, 2017a; OCDE, 2017b; MINSAL, 2017; OCDE, 2019).

Dado lo anterior, existe un creciente interés en disminuir el consumo de sacarosa en los alimentos y disminuir las enfermedades relacionadas a la obesidad (Reis *et al.*, 2011), por ello la Ley 20.606 (MINSAL, 2015a) creada con este fin, provocó un reemplazo de la sacarosa por los edulcorantes. Por lo tanto, la industria se ha centrado en el desarrollo de alimentos con edulcorantes que no aporten calorías y no influyan en los niveles de glicemia (García *et al.*, 2013; Bryant *et al.*, 2014; Di Monaco *et al.*, 2016).

Entre los edulcorantes bajos en calorías se encuentran: aspartame, sucralosa, estevia y tagatosa. El aspartame se encuentra formado por la unión química de dos aminoácidos fenilalanina y ácido aspártico. Es 200 veces más dulce que la sacarosa, se limita su uso en alimentos procesados con tratamientos térmicos a 130 °C (productos horneados, entre otros) (Aragón, 2006; Galdámez, 2011) y es estable a pH 3-5 (Hernández, 2004). El aspartame se encuentra aprobado por la Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos (Food and Drug Administration) o FDA desde 1995 y tiene una ingesta diaria admisible (I.D.A) de 0-40 mg/kg de peso corporal (Rubio, 2015; MINSAL, 2015b).

La sucralosa es un aditivo de alto poder edulcorante derivado de la sacarosa (Aragón, 2006), es entre 450-600 veces más dulce que la sacarosa, es altamente soluble en agua y etanol, es inestable a 98°C (Oliveira *et al.*, 2015) y es estable a pH 3-7 (Badui, 2006) tiene un sabor dulce agradable y su perfil de dulzor es similar al de la sacarosa (Aragón, 2006; Parra, 2012; Chattopadhyay *et al.*, 2014). Fue aprobada por la FDA en 1998 (Aragón, 2006) y posee un I.D.A de 0-15 mg/kg de peso corporal (MINSAL, 2015b).

La *Stevia rebaudiana Bertoni* es una planta herbácea perenne originaria de Paraguay que pertenece a la familia *Asteraceae* (Periche, 2014). Se encuentra valorada por su composición de glucósidos de esteviol aislados e identificados como esteviósido, esteviolbiósido, rebaudiósido A, B, C, D, E, F y dulcósido (Periche, 2014). Además, los alimentos procesados que contienen glucósidos de esteviol poseen un dulzor de 100 a 300



veces mayor que la sacarosa, mientras que el rebaudiósido A es 50 a 250 veces superior a la sacarosa (Salvador *et al.*, 2014). La stevia resiste tratamientos térmicos superiores a 230 °C (Muñoz, 2015) y es más estable a pH inferior a 4 (Badui, 2006). La stevia posee un I.D.A de 0-4 mg/kg de peso corporal (MINSAL, 2015b).

La tagatosa es un epímero de la D-fructosa isomerizado en C-4. Se obtiene mediante la adición de hidróxido de calcio a la galactosa (FAO, 2004; Chattopadhyay *et al.*, 2014). Es 0,92 veces el dulzor de la sacarosa, posee un sabor similar a esta y aporta alrededor de 1,5 kcal/gr (Levin, 2002; Oh, 2007; Vastenavod *et al.*, 2012; Rubio, 2015). Es estable a temperaturas inferiores a 130°C y pH mayores a 3 (Bär, 2004; European Commission, 2005; Asins, 2016). Se encuentra reconocida como un producto seguro (GRAS) por la FDA desde el año 2003 (FDA, 2003) y por el *Codex Alimentarius* (Codex Alimentarius, 2003), asimismo, se encuentra dentro de los alimentos/ingredientes autorizados por la Unión Europea (European Commission, 2005).

A pesar de la existencia de diversos edulcorantes, su selección depende tanto del tipo de alimento como el poder edulcorante, por lo que desarrollar un perfil de la temporalidad sensorial de los edulcorantes se vuelve relevante, proporcionando información de uno o más atributos sensoriales, otorgando una comprensión del sabor de un producto (Morais *et al.*, 2014; Oliveira y Bolini, 2015). Este perfil se logra mediante el método Tiempo de Intensidad que proporciona el perfil temporal de un atributo en un producto (Morais *et al.*, 2014) y con el método Dominio Temporal de Sensaciones (DTS) que permite registrar varios atributos sensoriales simultáneamente a lo largo del tiempo y resulta ser relevante para representar el patrón de percepción del producto (Pineau *et al.*, 2009; Labbe *et al.*, 2009). En investigaciones actuales es clave evaluar los perfiles que registra el DTS con la aceptabilidad temporal (hedonismo) en consumidores, sin requerir de un entrenamiento previo, debido a que DTS no realiza evaluación mediante escalas de intensidades (Thomas *et al.*, 2015; Galmarini *et al.*, 2016; Thomas *et al.*, 2016; Thomas *et al.*, 2017; Oliver *et al.*, 2018). Además, Rodríguez *et al.* (2016) y Schlich (2017) reportan que la capacitación no parece mejorar la discriminación de muestras por parte de los panelistas.

Uno de los productos masivo en que se han incluido edulcorantes no nutritivos es el yogur. Un producto lácteo, elaborado a partir de la fermentación láctica de la leche por *Streptococcus termophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*, es un alimento que cumple una amplia gama de requerimientos nutricionales como vitaminas B2, B12, C y D (Babio *et al.*, 2017). Es un producto altamente consumido en Chile con casi 14 litros per cápita al año, posicionándolo como el país número 1 a nivel americano, superando a Estados Unidos (6,1 litros), por el contrario, se encuentra por debajo del consumo de países europeos como Finlandia (40,6 litros) y Suecia (35,4 litros) (ODEPA, 2012).

La Ley 20.606 en su tercera fase contempla una concentración de azúcares totales de 5 g/100 g en alimentos líquido y 10 g/100 g en alimentos sólidos (MINSAL, 2015a), sin embargo, actualmente en el mercado nacional del yogur se presentan concentraciones entre 14-16 g/100 g (Colun, 2018; Soprole, 2018); modificando las formulaciones de estos productos, ocasionando que su sabor se vea afectado. Actualmente, en Chile no existen antecedentes sobre la temporalidad sensorial de los edulcorantes en yogur como sustrato alimenticio, el cual tienen una alta relevancia en el mercado nacional.

## **HIPÓTESIS**

Los edulcorantes bajos en calorías presentan una mayor temporalidad del dulzor en solución acuosa y yogur en comparación con la sacarosa.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Evaluar la temporalidad sensorial de edulcorantes bajos en calorías en solución acuosa y en yogur.

### **Objetivos Específicos**

Determinar la temporalidad sensorial de diferentes edulcorantes bajos en calorías en solución acuosa y en yogur como matriz alimentaria.

Determinar la calidad sensorial hedónica de diferentes edulcorantes bajos en calorías, en un yogur como matriz alimentaria.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Ubicación del estudio**

El trabajo experimental, ensayos y análisis sensorial se llevaron a cabo en el laboratorio de Análisis Sensorial ubicado en el Departamento de Agroindustria y Enología de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

### **Materiales**

Se utilizaron las siguientes materias primas adquiridas en el mercado local: sacarosa 99 % pura (IANSÁ). Sucralosa 99 % pura (Cherrychile). Aspartame 99 % puro (Productos Químicos Chile). Estevia 98 % pura (Natfood). Tagatosa 40% pura (Damhert, Anexo 1). Galletas Cracker, yogur natural de la empresa Quillayes (Anexo 2) y agua (Agua de Vertiente).

### **Equipamiento**

En el análisis sensorial se utilizó el software FIZZ acquisition (Biosystemes, Couternon, Francia), mientras que para la construcción de las gráficas y obtención de los datos de parámetros temporales se utilizó FIZZ calculation. El análisis estadístico de los resultados químicos y sensoriales fueron procesados con el software Infostat (Cordoba, Argentina).

### **Tratamientos y diseño experimental**

Cada tratamiento consistió en la aplicación de una concentración de edulcorante en solución acuosa y en yogur, los tratamientos fueron sacarosa, sucralosa, aspartame, estevia y tagatosa. Las repeticiones fueron conformadas por el número total de panelistas o consumidores por cada tratamiento. La unidad experimental en las soluciones acuosas fue 20 mL y el yogur 30 g para los análisis sensoriales.

Modelo estadístico:  $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$

$i= 1 \dots$ (Tratamientos)

$j=1 \dots$ (Repeticiones)

$\mu$ = Media general

$\tau_i$ = Efecto del tratamiento

$\beta_j$ = Efecto del bloque

$\epsilon_{ij}$ = Error experimental

El diseño correspondió a bloques completamente aleatorizados, siendo cada panelista o consumidor un bloque. La sacarosa se utilizó como testigo y los otros edulcorantes se colocaron en una concentración equivalente.

### **Manejo del experimento**

El experimento se dividió en tres etapas. La Etapa I consistió en la selección, evaluación del panel y determinación del dulzor relativo de los edulcorantes, la Etapa II correspondió a las evaluaciones de los edulcorantes en soluciones acuosas mediante el método Tiempo de Intensidad y la Etapa III consideró la evaluación del yogur por los consumidores mediante el método Dominio Temporal de Sensaciones, aceptabilidad temporal y un Test de preferencia. Tanto las soluciones acuosas y el yogur se almacenaron en refrigeración a  $5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,5$  (Danfoss). En cada etapa el orden de presentación de las muestras fue al azar y se codificaron con número aleatorios de tres dígitos para cada muestra, la actividad presentó la complejidad de ser una prueba monádica. Además, se les pidió a los evaluadores que se enjuagaran la boca con agua entre cada muestra, sólo a los consumidores se les permitió ingerir galletas entre muestras. La sesión de evaluación se llevó a cabo en cabinas sensoriales individuales con un tiempo aproximado 30 minutos. Cada producto se presentó bajo luz blanca y se utilizó un diseño experimental de Cuadro latino de Williams, para equilibrar el orden de presentación y reducir la influencia del sesgo (Bruzzone *et al.*, 2013; Pineau *et al.*, 2009).

#### **Etapa I. Selección, evaluación del panel y determinación del dulzor relativo de los edulcorantes**

En la Etapa I se reunió a los miembros del panel, un total de 9 personas, que tenían experiencia previa en evaluación de alimentos y contaban con un umbral de dulzor con sacarosa entre 0,3-0,4 %; el entrenamiento de los evaluadores consistió en 8 sesiones (Anexo 3). A cada evaluador se le realizó una encuesta (Apéndice 1) con el objetivo de conocer su interés en este estudio, estado de salud y la existencia de restricciones alimentarias.

Dado que la Ley de etiquetado de los alimentos de Chile enfatiza disminuir el contenido de azúcares en los alimentos sólidos hasta 10 g/100 g y en medios líquidos a 5 g/100 mL; se trabajó con una concentración del 5 % de sacarosa en un medio líquido, según la tercera etapa de implementación la Ley 20.606 (MINSAL, 2015a) y a partir de esta concentración se determinó el dulzor relativo de los edulcorantes.

Se evaluó la capacidad de los 9 panelistas en discriminar el dulzor de 5 soluciones de distintas concentraciones de sacarosa mediante el método del Test de Ranking con dilución en agua (Anexo 4). Se preparó concentraciones de sacarosa en 20 mL de agua, las cuales

fueron bebidas por cada panelista. Considerando los 9 panelistas y las 5 concentraciones de sacarosa, se utilizó un total de 45 muestras.

**Determinación de dulzor relativo.** Se determinó el dulzor relativo de los edulcorantes según Cameron (1974), utilizando comparaciones pareadas (Anexo 5) de cada tratamiento en contraste con un 5 % de sacarosa. Las concentraciones de edulcorantes evaluadas fueron seleccionadas en función del dulzor relativo reportado por Chattopadhyay *et al.* (2014) y Gil *et al.* (2015). Cada concentración fue diluida en 20 mL de agua purificada.

Las muestras se prepararon con un día de anticipación a la evaluación y se colocaron en refrigeración ( $5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,5$ ). En la misma línea, el proceso consistió en presentar en una bandeja 5 pares de muestras, cada muestra presentó distintas concentraciones de cada tratamiento y al lado de cada muestra la sacarosa con una concentración del 5 %. Los panelistas eligieron la muestra más dulce de cada par (elección forzada). Considerando los 9 panelistas y que cada uno evaluó un total de 10 muestras para cada tratamiento (sucralosa, aspartame, estevia y tagatosa), se utilizó un total de 360 muestras.

## **Etapa II. Evaluación mediante el método tiempo de intensidad**

En esta etapa se evaluó la temporalidad sensorial del dulzor, mediante el método Tiempo de Intensidad (Apéndice 2); este análisis se efectuó en 2 sesiones. El protocolo fue mezclar la concentración equivalente del edulcorante al 5 % de sacarosa en 20 mL de agua. Cada panelista evaluó los 5 tratamientos y las muestras fueron presentadas al azar.

Las indicaciones a los panelistas para el análisis del atributo de dulzor fueron los siguientes: (1) tiempo de espera del panelista 5 segundos (2) tiempo con muestra en la boca 10 segundos, (3) tiempo después de expectorar: 60 segundos y (4) escala de intensidad de 0-15.

El software muestra una escala continua marcada con 15 puntos (0 a 15). Donde 0 corresponde a ninguna intensidad (extremo izquierdo), 7,5 corresponde a una intensidad moderada (centro) y 15 corresponde a una fuerte intensidad (extremo derecho). El cursor del “mouse” se desliza libremente para que el panelista entrenado pueda indicar continuamente la intensidad percibida en función del tiempo. Se trabajó con 9 panelistas para cada tratamiento (5), es decir, se evaluó un total de 45 muestras.

## **Etapa III. Selección y evaluación con consumidores**

**Focus group.** Se reunió un *Focus group* de 5 personas expertas en la evaluación de alimentos, pertenecientes al Departamento de Agroindustria y Enología. Se les entregó la pauta de evaluación (Apéndice 3), discutieron las preguntas de la encuesta y determinaron los atributos sensoriales relevantes a evaluar en cada tratamiento con yogur. Se preparó la mezcla homogénea de la concentración equivalente del edulcorante al 5 % de sacarosa con

30 g de yogur natural y se almacenó en refrigeración ( $5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,5$ ). Considerando que se trabajó con 5 personas y se evaluó los 5 tratamientos, se utilizó un total de 40 muestras.

**Dominancia temporal de sensaciones.** La etapa de entrenamiento no fue necesaria, ya que, según Rodríguez *et al.* (2016), la capacitación no parece mejorar la discriminación de las muestras por parte de los panelistas (Thomas *et al.*, 2017), siempre que los atributos sean simples y fáciles de entender por los consumidores.

Los consumidores se reclutaron mediante llamados masivos, se reunió un total de 107 consumidores del Campus Antumapu de la Universidad de Chile; sin embargo, se seleccionó 101 consumidores en función del interés en participar de esta actividad. Se les pidió que llenaran una encuesta sobre comportamiento de consumo, que leyeran las indicaciones escritas del método DTS (Apéndice 4) y posteriormente se reforzó de forma oral las indicaciones del protocolo.

Los atributos se establecieron mediante el *Focus group* mencionado. Durante la prueba, debían seleccionar los atributos dominantes, siendo el concepto de dominancia “la sensación que atrae la mayor atención en un momento dado” (Pineau *et al.*, 2009).

Simultáneamente con la tarea TDS, los consumidores realizaron una prueba de aceptabilidad temporal. Antes de la sesión, se les explicó a los consumidores que podían cambiar la puntuación en la escala cada vez que percibieran algún cambio en el gusto hasta que ya no sintieran ninguna sensación después de tragar el producto (Thomas *et al.*, 2015; Thomas *et al.*, 2016; Thomas *et al.*, 2017). Los consumidores indicaron su aceptabilidad por la muestra a lo largo de la degustación en una escala hedónica ordinal de 9 puntos que van desde “No me gusta nada” a “Me gusta mucho”. Finalmente, después de consumir los 5 tratamientos, los consumidores realizaron un ranking de preferencia y ordenaron cada muestra de mayor a menor a preferencia (Apéndice 4). Se trabajó con 101 consumidores y con 5 tratamientos durante esta etapa, es decir, se realizó un total de 505 muestras.

### **Variables sensoriales a medir**

Los datos obtenidos mediante las metodologías TI, DTS y Aceptabilidad temporal se registraron en la versión de software FIZZ (Biosystemes, Couternon, Francia).

#### **Etapa I. Percepción sensorial del panel**

**Capacidad de diferenciar intensidades.** Se determinó la capacidad de diferenciar intensidades por los panelistas mediante la metodología del Test de Ranking con dilución en agua, la que consiste en ordenar las intensidades de menor a mayor

**Determinar dulzor relativo.** El dulzor relativo se determinó mediante la metodología propuesta por Camerón (1974). En el método de Cameron (1974) se utilizó la fórmula:

$$X = G - \left(\frac{P(G-g)}{N}\right).$$

Siendo G la concentración máxima del edulcorante, g la concentración mínima del edulcorante, P es el porcentaje de respuestas favorables total al edulcorante y N es el porcentaje de respuesta de la totalidad de los jueces.

**Poder del edulcorante (Ped).** El poder del edulcorante se determinó mediante la ecuación:  $Ped = Csa/Ced$ .

Siendo Csa la concentración de sacarosa evaluada y Ced la concentración equivalente del edulcorante (Reis *et al.*, 2011).

## Etapa II. Tiempo de intensidad

**Tiempo-Intensidad.** La intensidad del dulzor se evaluó en segundos en la solución acuosa mediante los parámetros:

- Tiempo que se percibió el dulzor.
- Intensidad máxima registrada (Imax). Se utilizó una pauta no estructurada de 15 puntos, donde 0 indica una baja intensidad y 15 una alta intensidad
- Tiempo en que se registró la intensidad máxima (Tmax).
- Tiempo total del estímulo (Tte).

Estos parámetros fueron medidos y registrados mediante el método Tiempo-Intensidad (TI) (Pineau *et al.*, 2009; Palazzo *et al.*, 2011; Freitas *et al.*, 2016).

## Etapa III. Dominio temporal de sensaciones y hedonismo

**Evaluación técnica temporal.** La evaluación técnica temporal de atributos gustativos se evaluó mediante el método Dominio Temporal de Sensaciones (DTS) (Pineau *et al.*, 2009). Donde, se considera el cambio de nivel y nivel de significancia. El cambio de nivel (Po) se entiende como la tasa de dominio que se puede obtener por casualidad. Se obtuvo mediante la fórmula  $Po=1/p$ ; siendo p el número de atributos evaluados (5). El nivel de significancia (Ps) es el mínimo valor más alto que Po, que fue considerado como significativo. Se obtuvo mediante la fórmula  $Ps= Po + 1,645 \sqrt{Po(1 - Po)/n}$ , siendo n el número de consumidores (101).

**Evaluación hedónica temporal.** La evaluación hedónica temporal de los edulcorantes se evaluó en la matriz de yogur, mediante el método de aceptabilidad temporal (Thomas *et al.*, 2015; Thomas *et al.*, 2016; Thomas *et al.*, 2017), los consumidores evaluaron los atributos dominantes y de forma simultánea indicaron cuanto les gustó ese atributo sensorial percibido, en una escala hedónica ordinal de 9 puntos, siendo el punto 1 “No me gusta mucho” y el punto 9 “Me gusta mucho”.

**Test de preferencia.** Se realizó un test de preferencia, donde los consumidores realizaron un ordenamiento (ranking) de muestras que prefirieron más (Lawless, 2010). Se utilizó una escala de 1 a 5 puntos, es decir, 1 refleja una mayor preferencia y 5 una menor preferencia

### **Análisis estadístico**

Los datos obtenidos de la evaluación de los edulcorantes en solución acuosa (Etapa I y II) fueron sometidos a un análisis de Modelos Lineales Mixtos, con un  $p \leq 0,05$ ; y en yogur (Etapa III) también se realizó un análisis de Modelos Lineales Mixtos, con un  $p \leq 0,05$ . En caso de existir diferencias significativas se aplicó la prueba de comparación múltiple de LSD Fisher y en los resultados no paramétricos (Test de Preferencia) se utilizó la Prueba de Friedmann, con el fin de identificar diferencias entre los tratamientos. Todos los análisis se realizaron con el programa Infostat.



## RESULTADOS

### Temporalidad sensorial de diferentes edulcorantes no nutritivos en solución acuosa

#### Selección de panelistas

El Cuadro 1 muestra que el panel entrenado tiene un buen poder de discriminación entre bajas y altas concentraciones de sacarosa. El tratamiento con la concentración del 7 % se percibió más intensa en dulzor con una escala media de 4,78 y la concentración del 3 % fue la menos intensa con una escala media de 1,11.

Cuadro 1. Efecto de la concentración de sacarosa (%), en el orden de percepción de intensidad del panel entrenado

Concentración Sacarosa (%)	Orden de Intensidad
3	1,11 D
4	2,67 C
5	2,56 C
6	3,89 B
7	4,78 A

\*El orden de intensidad fue de 1 a 5, donde 1 indica una baja y 5 alta intensidad. Promedios unidos por letras distintas en sentido vertical, indican diferencias estadísticamente significativas entre el orden de intensidad, según la prueba de LSD Fisher ( $p < 0,05$ ).

#### Dulzor relativo determinado para cada edulcorante

El Cuadro 2 muestra la concentración y el poder edulcorante equivalente de cada edulcorante, para producir la misma sensación de dulzor que la sacarosa en medio acuoso (Apéndices 5-8). La cantidad más baja de edulcorante requerida para producir un dulzor equivalente al 5 % de sacarosa en medio acuoso ocurrió con la sucralosa, con una concentración de 0,002 g, con un poder edulcorante de 485 veces más dulce que la sacarosa. La tagatosa presentó el poder de dulzor más bajo entre todos los edulcorantes probados, necesitando una concentración de 0,55 g, con un poder edulcorante de 1,8 veces más dulce que la sacarosa, por lo tanto, se necesitaría una mayor concentración de tagatosa, para igualar el dulzor con la sacarosa, a diferencia de los otros edulcorantes.

Cuadro 2. Concentración y poder edulcorante equivalente de sucralosa, estevia, aspartame y tagatosa al 5 % de sacarosa en un medio acuoso

Endulzante	Concentración (g) equivalente a la sacarosa	Poder edulcorante equivalente a la sacarosa
Sucralosa	0,002	485
Aspartame	0,006	164
Estevia	0,012	81
Tagatosa	0,550	1,8

## Evaluación mediante tiempo de intensidad

**Parámetros.** El Cuadro 3 muestra los valores medios de los parámetros utilizados, para evaluar el dulzor de los edulcorantes en medio acuoso de acuerdo con el análisis tiempo de intensidad. Se observó diferencias significativas en relación con el tiempo en que se percibió la intensidad, el dulzor que se percibió en un menor tiempo fue la sacarosa, tagatosa y aspartame; con 8,22; 9,22 y 14 segundos en promedio respectivamente, asimismo, los edulcorantes que se percibieron en un mayor tiempo fueron el aspartame, sucralosa y estevia, con 14; 15 y 16,56 segundos en promedio respectivamente.

No se observó diferencias significativas al momento de percibir la intensidad máxima, por lo tanto, todos los edulcorantes serían percibidos de forma semejante, con una intensidad en promedio de 6,7.

Se observó diferencias significativas en el tiempo en alcanzar la máxima intensidad del estímulo (Tmax), donde los panelistas tardaron más con la estevia, alrededor de 23 segundos en promedio, en cambio, se percibió en un menor tiempo la tagatosa, sacarosa, aspartame y sucralosa, con 13,11; 15,11; 16 y 17 segundos en promedio respectivamente. Por el contrario, en tiempo total del estímulo no se observaron diferencias significativas, el tiempo varió de 27,22 (aspartame) segundos a 32 segundos (estevia).

Cuadro 3. Tiempo de intensidad (s) para el sabor dulce; midiendo tiempo (en que se percibió el dulzor), intensidad máxima (Imax), tiempo de intensidad máxima (Tmax) y tiempo total del estímulo (Tte)

Tratamiento	Tiempo	Imax	T max	Tte
Sucralosa	15,00 ab	7,07 a	17,00 b	30,22 a
Estevia	16,56 a	7,93 a	23,00 a	32,00 a
Tagatosa	9,22 bc	5,56 a	13,11 b	29,33 a
Sacarosa	8,22 bc	5,79 a	15,11 b	28,00 a
Aspartame	14,00 abc	7,19 a	16,00 b	27,22 a

Promedios unidos por letras distintas en sentido vertical indican diferencias estadísticamente significativas, según la prueba de LSD Fisher ( $p < 0,05$ ).

## Temporalidad sensorial de los edulcorantes no nutritivos en yogur

### Yogur

El yogur natural posee 3,8 g/100 g azúcares totales (Anexo 2). Dada la densidad del yogur 1,03 g/mL y que se trabajó con una concentración de sacarosa del 5 % en peso/volumen, fue necesario expresar esta concentración en peso/peso para trabajar con la matriz de yogur, es decir, 4,85 %. Por lo tanto, el producto final fue un yogur con 8,65 g/ 100 g de azúcares totales, es decir, un 8,65 %.

### ***Focus group***

El *Focus group* determinó los atributos sensoriales relevantes a evaluar, a partir de los tratamientos de yogur con sucralosa, estevia, aspartame, tagatosa y sacarosa. Los atributos identificados fueron dulzor, amargor, cremosidad, acidez y sabor metálico.

### **Descripción de los consumidores**

En el Cuadro 4 se observa las respuestas de los 101 consumidores a cada sección de la encuesta, con respecto a mirar la etiqueta nutricional de los alimentos, el consumo habitual de yogur, la preferencia de compra y el edulcorante que más consume. De los 101 consumidores, 53 son del sexo masculino, 48 son del sexo femenino y el rango etario es entre los 18 a 39 años de edad. Sobre mirar la etiqueta nutricional un 45,5 % de los consumidores la leen (ambos sexos); 33,7 % de los consumidores no revisan la etiqueta nutricional, de los cuales la mayoría es de sexo masculino; y 20,8 % de los consumidores la miran a veces.

Respecto al consumo habitual de yogur 41,6 % de los consumidores lo hacen semanalmente, 37,6 % de los consumidores de forma diaria, 10,9 % de los consumidores quincenalmente, 5 % de consumidores consume mensualmente y 5 % de consumidores nunca lo consumen. Se observó que el sexo masculino manifestó una mayor tendencia hacia el consumo semanal de yogur. Por otro lado, el sexo femenino mantuvo una alta tendencia tanto al consumo diario como el semanal.

Ante la preferencia en la compra de yogur, 45,5 % de los consumidores lo prefieren con azúcar, 16,8 % de los consumidores lo prefieren con otro edulcorante que no sea azúcar, 17,8 % de consumidores enfatizan la compra de yogur sin lactosa, y 19,8 % consume sin edulcorante (natural). Se observó que el sexo masculino presenta la tendencia a consumir yogur con azúcar.

Finalmente, sobre los edulcorantes que más consumen 48,5 % de los consumidores prefieren el consumo de azúcar, 41,6 % de consumidores prefieren el consumo de estevia, 5,9 % de consumidores prefieren el consumo de sucralosa y 4 % de los consumidores prefieren el consumo de miel. Se observó que el sexo masculino manifestó una mayor tendencia al consumo de azúcar y el sexo femenino tiene una tendencia a evitar el azúcar, prefiriendo el consumo de estevia.

Cuadro 4. Respuesta de los consumidores (%) sobre cada sección de la encuesta

Encuesta	Sexo Femenino (%)	Sexo Masculino (%)	Total (%)
Miran la etiqueta	23,8	21,8	45,5
No miran la etiqueta	12,9	20,8	33,7
Miran la etiqueta a veces	10,9	9,9	20,8
Consumo diario	18,8	18,8	37,6
Consumo semanal	18,8	22,8	41,6
Consumo quincenal	5,9	5,0	10,9
Consumo mensual	2,0	3,0	5,0
No consume yogur	2,0	3,0	5,0
Compra yogur con azúcar	16,8	28,7	45,5
Compra yogur con otro edulcorante	9,9	6,9	16,8
Compra yogur sin lactosa	9,9	7,9	17,8
Compra yogur sin edulcorante	10,9	8,9	19,8
Consumo azúcar	16,8	31,7	48,5
Consumo estevia	24,8	16,8	41,6
Consumo sucralosa	3,0	3,0	5,9
Consumo miel	3,0	1,0	4,0

### Evaluación mediante dominio temporal de sensaciones

**Dominancia de atributos en cada tratamiento.** Se calculó para cada tratamiento el cambio de nivel (casualidad) con un 20 % de dominancia y el nivel de significancia con 26,5 % de dominancia (Pineau *et al.*, 2009).

La Figura 1 muestra la dominancia temporal de los consumidores en los atributos acidez, amargor, cremosidad, dulzor y sabor metálico en el tratamiento de yogur con sucralosa, estevia, tagatosa, sacarosa y aspartame. En el tratamiento de yogur con sacarosa se observó que sólo el atributo cremosidad presentó diferencias estadísticamente significativas con un 28,7 % de dominancia entre 28-30 segundos. En dulzor se observó cambio de nivel con una dominancia del 25-26 % entre los 13-20 segundos, es decir, dominancia casual (no significativo).

Con respecto a la sucralosa se observó que los atributos cremosidad y dulzor presentaron diferencias estadísticas; cremosidad fue significativa con 29,6 % de dominancia a los 13 segundos y dulzor con 30,6 % entre los 23-24 segundos. Además, el atributo acidez sólo se observó cambio de nivel con una dominancia 24,5 % por parte de los consumidores entre los 28-30 segundos, es decir, es una dominancia que se obtendría de forma casual (no significativo).

En el tratamiento de yogur con estevia presentó diferencias estadísticas en los atributos cremosidad y dulzor; cremosidad fue significativa con 27 % de dominancia entre los 15-18 segundos y dulzor presentó dos veces dominancia, con un 30 % entre los 8-10 segundos y 29 % entre los 24-26 segundos. El atributo acidez presentó cambio de nivel con una dominancia entre 21-24 %, en un rango de 20-35 segundos.

En el tratamiento de yogur con tagatosa se observó que los atributos cremosidad y dulzor presentaron diferencias estadísticas; cremosidad fue significativa con 28 % de dominancia a 30 segundos, y dulzor fue significativo con 32 % de dominancia entre los 15-20 segundos.

Finalmente, en el tratamiento de yogur con aspartame los atributos cremosidad y dulzor presentaron diferencias estadísticamente significativas; cremosidad con 32% de dominancia entre 13-16 segundos, y dulzor con 33% de dominancia entre 21-24 segundos.

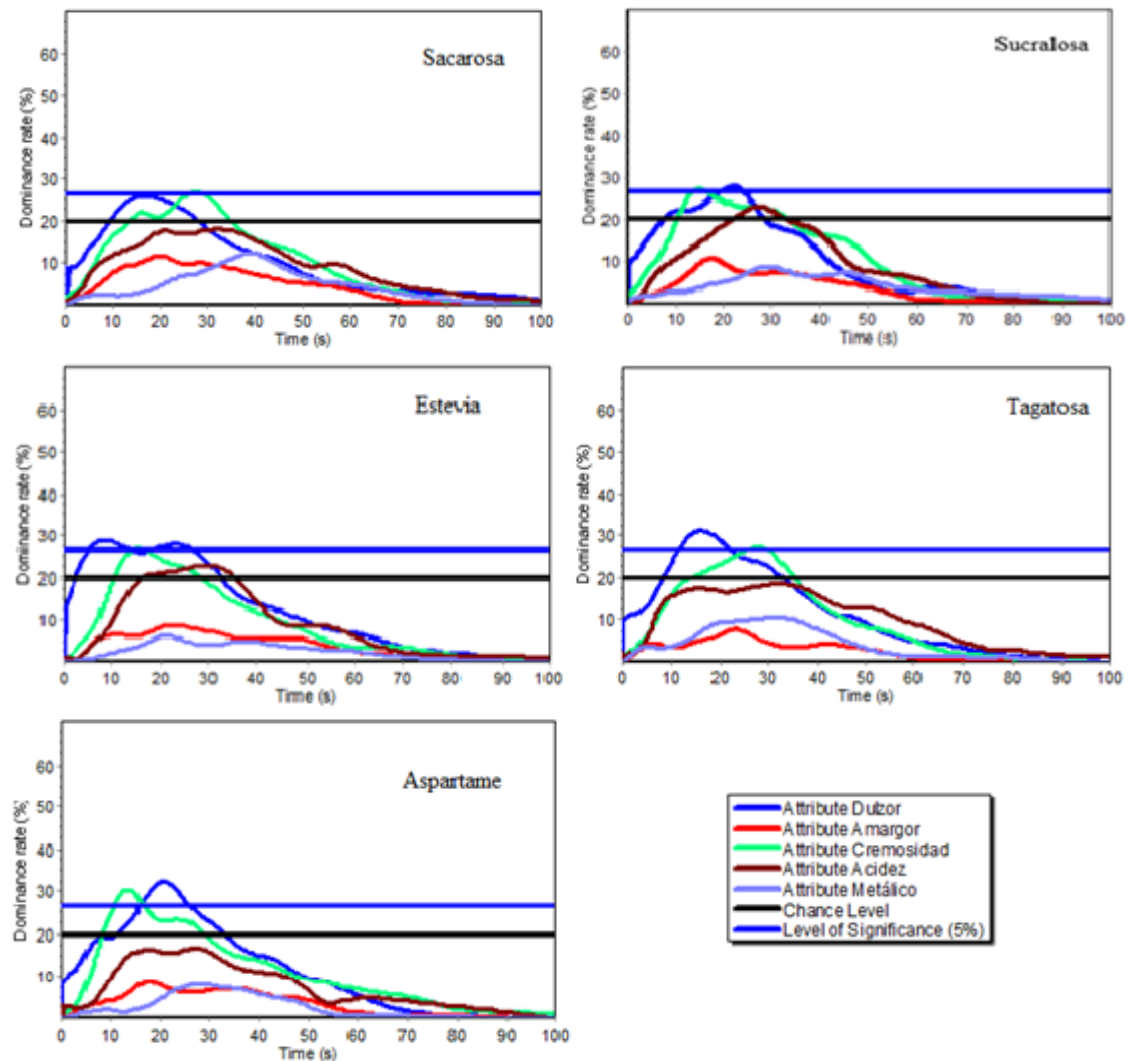


Figura 1. Perfiles de DTS de tratamientos evaluados.

**Temporalidad de los atributos.** El Cuadro 5 muestra el tiempo en que los consumidores percibieron los atributos dulce, amargo, cremosidad, ácido y metálico en los tratamientos sucralosa, estevia, tagatosa, sacarosa y aspartame. No se observó diferencias estadísticamente significativas en el tiempo de percepción del dulce, amargo, cremosidad, acidez y metálico; con un promedio general de 14, 20, 18, 20, y 24 segundos respectivamente. Por lo tanto, el orden de aparición de los atributos.

Cuadro 5. Tiempo (s) de aparición de los atributos sensoriales en cada tratamiento

Tratamientos	Dulzor	Amargor	Cremosidad	Acidez	Metálico
Sucralosa	13,18 a	18,00 a	17,19 a	20,00 a	24,00 a
Estevia	12,49 a	22,37 a	17,47 a	20,25 a	24,17 a
Tagatosa	14,28 a	20,05 a	18,00 a	19,22 a	22,00 a
Sacarosa	15,00 a	21,00 a	19,00 a	21,00 a	29,24 a
Aspartame	15,42 a	20,49 a	17,00 a	22,37 a	23,00 a

\*Promedios unidos por letras distintas en sentido vertical, indica diferencias estadísticamente significativas entre el tiempo de dulzor, tiempo de amargor, tiempo de cremosidad, tiempo acidez, tiempo metálico, según la prueba de LSD Fisher ( $p < 0,05$ ).

El Cuadro 6 muestra la duración de los atributos sensoriales en los tratamientos de sucralosa, estevia, tagatosa, sacarosa y aspartame. No se observó diferencias estadísticamente significativas en la duración del dulzor, amargor, cremosidad, acidez y metálico; con un promedio general de 12, 7, 10, 12 y 10 segundos respectivamente. Por lo tanto, el orden de duración de menor a mayor es amargor, cremosidad-metálico y dulzor-acidez.

Cuadro 6. Duración (s) de los atributos sensoriales en cada tratamiento

Tratamientos	Dulzor	Amargor	Cremosidad	Acidez	Metálico
Sucralosa	10,40 a	7,13 a	10,59 a	12,30 a	11,00 a
Estevia	13,00 a	6,89 a	9,54 a	13,07 a	10,19 a
Tagatosa	11,52 a	5,15 a	10,00 a	11,51 a	8,00 a
Sacarosa	11,53 a	8,00 a	10,53 a	11,08 a	11,00 a
Aspartame	11,45 a	6,55 a	11,00 a	10,00 a	9,08 a

\*Promedios unidos por letras distintas en sentido vertical, indica diferencias estadísticamente significativas entre duración del dulzor, duración del amargor, duración de la cremosidad, duración acidez, duración del sabor metálico, según la prueba de LSD Fisher ( $p < 0,05$ ).

### Aceptabilidad de los atributos sensoriales

El Cuadro 7 muestra la aceptabilidad temporal de los consumidores a los atributos dulzor, amargor, cremosidad, ácido y metálico, en los yogures con sucralosa, estevia, tagatosa, sacarosa y aspartame. En la aceptabilidad temporal del dulzor se observaron diferencias estadísticamente significativas, el yogur con los tratamientos estevia y aspartame presentaron la mayor aceptabilidad con 5,28 y 5,13 puntos respectivamente, a diferencia de los tratamientos con sacarosa, sucralosa y tagatosa los que obtuvieron una menor aceptabilidad con 4,31; 4,46; y 4,62 puntos respectivamente. En la aceptabilidad temporal de cremosidad se observaron diferencias significativas, los tratamientos con una mayor aceptabilidad fueron el aspartame, estevia y tagatosa, con 5,39 y 5,24 puntos respectivamente, no obstante, los tratamientos sucralosa y sacarosa presentaron la menor aceptabilidad con 4,89 y 4,64 puntos respectivamente. No existieron diferencias significativas en la aceptabilidad temporal de los atributos amargor, acidez y sabor metálico.

Cuadro 7. Aceptabilidad temporal de los atributos sensoriales en cada tratamiento

Tratamientos	Dulzor	Amargor	Creemosidad	Acidez	Metálico
Sucralosa	4,46 b	3,70 a	4,89 bc	4,31 a	3,14 a
Estevia	5,28 a	4,09 a	5,24 ab	4,06 a	4,32 a
Tagatosa	4,62 b	4,03 a	5,24 ab	4,12 a	3,47 a
Sacarosa	4,31 b	3,86 a	4,64 c	3,91 a	3,56 a
Aspartame	5,13 a	4,15 a	5,39 a	4,17 a	3,34 a

\*La aceptabilidad temporal va desde no me gusta demasiado (1) a me gusta demasiado (9) \*Promedios unidos por letras distintas en sentido vertical, indica diferencias estadísticamente significativas entre la aceptabilidad del dulzor, amargor, cremosidad, acidez, metálico, según la prueba de LSD Fisher ( $p < 0,05$ ).

### Preferencia de los consumidores

La Figura 2 muestra la preferencia de los consumidores hacia los tratamientos sucralosa, estevia, tagatosa, sacarosa y aspartame. Se observó diferencias estadísticamente significativas, los tratamientos con aspartame y estevia fueron los que obtuvieron una mejor preferencia con 2,5 y 2,9 puntos en promedio respectivamente. Además, los tratamientos con una menor preferencia fueron sacarosa, sucralosa y tagatosa con 3,3; 3,2 y 3,1 puntos en promedio respectivamente.

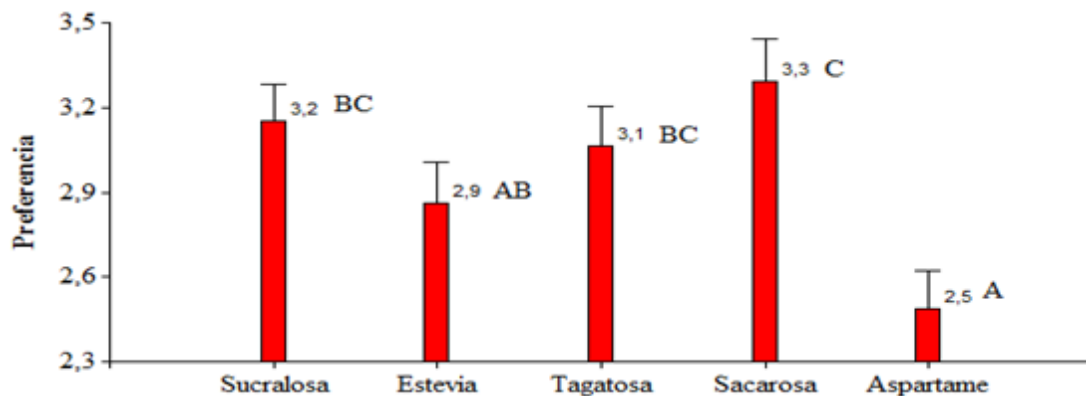


Figura 2. Preferencia (ranking) de los consumidores hacia los tratamientos sucralosa, estevia, tagatosa, sacarosa y aspartame. Promedios con distintas letras en cada barra, indica diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos sucralosa, estevia, tagatosa, sacarosa y aspartame, según prueba de Friedmann ( $p < 0,05$ ).

## DISCUSIÓN

La reducción de la sacarosa en los alimentos es una de las estrategias implementadas para reducir la ingesta de azúcar en la población (Oliveira *et al.*, 2018). El presente trabajo estudió el uso de diferentes edulcorantes en el perfil sensorial temporal del agua purificada y yogur, evaluando en este último el hedonismo en consumidores.

Diversos autores reportan diferentes concentraciones mínimas de sacarosa aceptada por consumidores en distintos tipos de alimentos. En café instantáneo y molido se determinó un 9,5 % y 12,5 % respectivamente de concentración ideal de sacarosa (Moraes y Bolini, 2010; Azevedo *et al.*, 2015), en néctar de durazno 10 % (Cardoso y Bolini, 2007), en néctar de mango 7 % (Cadena y Bolini, 2012), en jugo de maracuyá 9,4-10 % (De Marchi *et al.*, 2009; Oliveira y Bolini 2015), en leche con chocolate 9 % (Rodríguez *et al.*, 2015); en chocolate 8 % (Morais *et al.*, 2014). En yogur se ha reportado tanto un 7 % y 11,5 % (Chollet *et al.*, 2013; Reis *et al.*, 2011). El dulzor ideal de todos los alimentos líquidos mencionados, sobrepasa el límite del contenido de azúcares totales de 5 g/100 mL de la Ley 20.606 de Chile. Por el contrario, en los alimentos sólidos, cumple con el límite de la Legislación Chilena de 10 g/100 g.

**Dulzor relativo.** El análisis de dulzor relativo mostró que, de todos los edulcorantes, la sucralosa presentó el mayor poder de edulcorante, siendo 485 veces más dulce que la sacarosa en la solución acuosa, siendo inferior al valor reportado por Fujimaru *et al.* (2012), quienes indicaron que la sucralosa era 954 veces más dulce en una concentración del 5 % de sacarosa. Por el contrario, este valor difiere con lo reportado por Wiet y Beyts (1992) quienes señalan un rango de 750-500 veces más dulce, con una concentración de sacarosa entre 2 % - 9 % respectivamente en medio acuoso. Sin embargo, según Chattopadhyay *et al.* (2014) y Wiley (2016) la sucralosa presenta rangos de dulzor entre 450-500 comparada con la sacarosa, lo que indica que el valor que se obtuvo se ajustaría al rango esperado.

El aspartame fue 164 veces más dulce que la sacarosa en la solución acuosa, resultado similar al obtenido por Gwak *et al.* (2012), quienes indicaron que el aspartame era 166,7 veces más dulce en una concentración del 5 % de sacarosa. Además, según Wiley (2016) el aspartame presenta rangos de dulzor entre 160-200 comparado con la sacarosa.

La estevia fue 81 veces más dulce que la sacarosa, este dulzor relativo fue superior al reportado por Gwak *et al.* (2012), quienes indicaron que la estevia fue 64,1 veces más dulce a una concentración del 5 % de sacarosa. Sin embargo, estos resultados son inferiores a los reportados por Cardello *et al.* (1999), quienes indicaron que la estevia era 152 veces más potente a una concentración del 3 % de sacarosa y 97 veces más potente a una concentración del 10 % sacarosa. Por su parte, otros autores reportan en jugo de maracuyá que la estevia fue 94,72 veces más dulce que la sacarosa (Oliveira y Bolini, 2015); en néctar de mango la estevia fue 134 veces (Cadena y Bolini, 2012), en café instantáneo la estevia fue 100 veces (Moraes y Bolini, 2010); en café molido la estevia fue 75 veces (Moraes y Bolini, 2010); en néctar de durazno la estevia fue 101 veces (Cardoso y Bolini, 2007).



No obstante, según Wiley (2016) y Lemus *et al.* (2012) el dulzor en promedio de los glicósidos de esteviol es alrededor de 250-300 veces mayor que la sacarosa, asimismo, existen diversos compuestos de glicósidos como: esteviósido (300 veces), esteviolbiósido (100-125 veces), rebaudiósido A (250-450 veces), B (300-350 veces), C (50-120 veces), D (250-450), E (150-300 veces) y dulcósido (50-120 veces) (Lemus *et al.*, 2012; Salvador *et al.*, 2014). Por lo tanto, posiblemente la discrepancia en el dulzor relativo de la estevia, puede deberse a la proporción de glicósidos de esteviol del extracto.

Con respecto a la tagatosa, esta presentó el menor poder edulcorante siendo sólo 1,8 veces más dulce que la sacarosa. Este resultado es superior a lo reportado por Fujimaru *et al.* (2012) y Gwak *et al.* (2012), quienes indicaron que la tagatosa es entre 0,85-0,9 veces el dulzor de la sacarosa a una concentración del 5 %. Esto se debe a que la tagatosa disponible actualmente en el mercado chileno posee un 40 % de pureza.

**Tiempo de intensidad.** No se encontró información sobre el Tiempo de Intensidad de edulcorantes aplicados en soluciones acuosas, además, las investigaciones actuales se han centrado en utilizar esta metodología en matrices alimentarias como néctar y leche con chocolate (Freitas *et al.*, 2016; Morais *et al.*, 2014; Rodrigues *et al.*, 2015).

En el Cuadro 4 se observa, que en el parámetro tiempo, la sucralosa, estevia y aspartame presentaron un inicio de dulzor más lento, a diferencia de los tratamientos con tagatosa, sacarosa y aspartame que presentaron los más rápidos. Sin embargo, en Tmax (tiempo de intensidad máxima) sólo la estevia mantuvo la persistencia del dulzor en la boca; a diferencia de los demás tratamientos que no eran significativos, percibiendo la intensidad máxima entre los 13-17 segundos. Por su parte, Ott *et al.* (1991) y Ketelsen *et al.* (1993) señalaron que en Tmax no encontraron diferencias significativas entre sacarosa (5 % y 10 %), aspartame y sucralosa.

Ott *et al.* (1991) y Ketelsen *et al.* (1993), señalaron que tanto a una concentración del 5 % como 10 %, no se observó diferencias significativas en la intensidad máxima entre los edulcorantes sucralosa, aspartame y sacarosa. En la misma línea, estos resultados son similares a los de esta investigación.

A una concentración del 5 % de sacarosa no se presentaron diferencias significativas en la duración total del estímulo, resultado similar al obtenido por Ketelsen *et al.* (1993). No obstante, Ott *et al.* (1991) y Ketelsen *et al.* (1993) informaron que a partir de una concentración del 10 % de sacarosa, es posible observar diferencias significativas en la duración total entre el aspartame y la sacarosa, esto probablemente a la manifestación del retrogusto.

Con respecto a la estevia, Bolini *et al.* (1999) indicaron que a una concentración de sacarosa del 3 % y 10 %, la estevia presentó tanto un Tmax e Imax estadísticamente inferior y un tiempo total del estímulo mucho más alto que la sacarosa, estos resultados son contrarios a los obtenidos, ya que no se observó diferencias significativas para los parámetros Imax y el tiempo total del estímulo; además, Tmax fue estadísticamente superior, reflejando una mayor persistencia del dulzor en la boca. Según Palazzo *et al.*

(2011) el método Tiempo de Intensidad proporciona importante información para determinar concentraciones de edulcorantes equivalentes. Por lo tanto, la estevia fue estadísticamente similar a la sacarosa en cuanto a la  $I_{max}$ , esto podría significar que la concentración de estevia utilizada fue equivalente a la sacarosa.

**Dominio temporal de sensaciones y aceptabilidad temporal.** Según investigaciones realizadas en jugo de naranja, Zorn *et al.* (2014) señalaron que la sucralosa presentó un perfil de dominancia similar a la sacarosa en el atributo de dulzor. En leche con chocolate, Morais *et al.* (2014) señalaron que tanto la sucralosa como el aspartame presentaron un perfil de dominancia similar a la sacarosa. Por el contrario, en la Figura 2 se observa que la curva de dominancia de dulzor del edulcorante aspartame y sucralosa no es similar a la sacarosa. Es probable que la matriz alimentaria influya en el perfil de dominancia. Por otro lado, la tagatosa se le asemeja en el perfil de dulzor a la sacarosa, en cuanto a curva de dominancia y tiempo de significancia.

Con respecto a la estevia presentó tasas de dominancias significativas en dos intervalos de tiempos (Figura 2), indicando una persistencia de la sensación del dulzor en la boca. La percepción del dulzor en la boca tuvo un comportamiento similar a lo reportado por Zorn *et al.* (2014) en jugo de naranja y a la de Morais *et al.* (2014) en leche con chocolate.

Finalmente, dado que la sacarosa presentó una baja dominancia del atributo dulzor, es probable que este haya influido en su aceptabilidad temporal, con una baja aceptación (Cuadro 7). Dado que los edulcorantes poseen un dulzor relativo similar, se esperaría que todos presentarán una misma aceptabilidad temporal, independiente de que presentaran dominancia significativa, como fue el caso de la sucralosa y tagatosa. Costa *et al.* (2019) señalaron que la sucralosa actúa como un sustituto adecuado a la sacarosa, presentando una aceptabilidad semejante en el parámetro del sabor. Igualmente, la tagatosa presentó igual aceptabilidad temporal que la sacarosa, resultado similar al de Torrico *et al.* (2019) quienes señalaron que la tagatosa no presenta diferencias significativas en cuanto al atributo dulzor.

Por otro lado, la estevia y el aspartame presentaron aceptabilidad significativa del atributo dulzor, debido a que la estevia mantuvo una mayor persistencia del dulzor y un sabor dulce más limpio, ya que, a bajas concentraciones de glicósidos de esteviolo no se manifiestan sensaciones de amargor (Morais *et al.*, 2014; Zorn *et al.*, 2014). De forma similar, el aspartame presenta características de sabor y regusto del dulzor más limpio; sin la presencia del sabor amargo y metálico independiente de la concentración (King *et al.*, 2000; Morais *et al.*, 2014).

Con respecto al atributo cremosidad, pese a que todos los tratamientos presentaron dominancia significativa, sólo los tratamientos aspartame, estevia y tagatosa, presentaron la mejor aceptabilidad temporal por los consumidores (Cuadro 7).

En la investigación realizada por Yaqub *et al.* (2018) señalan que el aspartame contribuye en mejorar atributos sensoriales del yogur como el sabor, la apariencia y textura. También, King *et al.* (2000) señalan que, a una concentración mayor de 200 ppm de aspartame la percepción en cuanto a la cremosidad tiende a ser mayor. Haque and Aryana (2002)

indicaron que el aspartame posee zonas hidrofóbicas e hidrofílicas claramente separadas; en que la zona hidrofóbica juega un rol importante durante la gelificación, causando que las micelas de caseína se dispongan en polímeros longitudinales dobles, lo que indica una mayor tendencia a la polimerización; lo que podría explicar su mayor aceptabilidad.

La estevia presentó una mayor aceptabilidad temporal en el atributo cremosidad, lo que es contradictorio a lo señalado por Yang *et al.* (2014), quienes reportaron que la textura del yogur; tanto en dureza como en consistencia disminuyeron con el aumento de rebaudiósido A. Por el contrario, Costa *et al.* (2019) señalaron que la adición de estevia generó parámetros de textura (firmeza, consistencia e índice de viscosidad) más altos que el yogur con sacarosa; indicando que la estevia podría formar una red del gel más compacta debido a interacciones hidrofóbicas con la proteína de la leche. Probablemente las formaciones de redes de gel más fuertes dependen del porcentaje de rebaudiósidos (Costa *et al.*, 2019).

Con respecto a la tagatosa, el motivo de que presentara una alta aceptabilidad temporal, se podría deber a que la tagatosa utilizada en este estudio, posee dentro de sus ingredientes posee fibras alimentarias como la inulina (Anexo 1), esta modifica la textura del yogur aumentando la cremosidad (Guggisberg *et al.*, 2009).

El gusto por el yogur se ve influenciado por la textura, el aroma y el sabor de este (McCain *et al.*, 2018). La aceptabilidad de la cremosidad y dulzor fueron mejores para las muestras de yogur con aspartame y estevia, viéndose reflejados en una mayor preferencia por los consumidores (Figura 3). Además, Pinheiro *et al.* (2005) señalaron que el yogur con aspartame presenta una mayor preferencia que el yogur con fructosa y sucralosa.

Por el contrario, la sucralosa, sacarosa y tagatosa obtuvieron una menor preferencia. Según Costa *et al.* (2019) la sucralosa durante el almacenamiento se comporta de forma similar a la sacarosa en los parámetros de textura (firmeza, cohesión, consistencia e índice de viscosidad) del yogur. Además, indican que la sucralosa actúa como un sustituto adecuado para reemplazar a la sacarosa, con una aceptabilidad similar tanto en apariencia, aroma, sabor y textura. Finalmente, Torrico *et al.* (2019) señalan que, yogures con tagatosa son similares a los que tienen sacarosa, no presentando diferencias significativas en atributos sensoriales como el dulzor, acidez, consistencia y suavidad.

## CONCLUSIONES

En la matriz acuosa mediante el método Tiempo de Intensidad se observa que los edulcorantes bajos en calorías sucralosa, tagatosa y aspartame presentan un perfil temporal de dulzor similar a la sacarosa, y que la estevia fue el único edulcorante con un perfil distinto.

En la matriz de yogur en cuanto a las mediciones temporales (tiempo y duración) de los atributos sensoriales, no se presentan diferencias entre los edulcorantes, es decir, presentaron un perfil temporal similar en todos los atributos. Por otro lado, mediante Dominio Temporal de Sensaciones sólo los atributos dulzor y cremosidad fueron significativos en todos los edulcorantes, con excepción de la sacarosa, que no presentó significancia el atributo dulzor.

Finalmente, los consumidores de yogur consideraron los tratamientos con aspartame y estevia con una mayor aceptabilidad temporal en los atributos dulzor y cremosidad, reflejándose con una mayor preferencia. Por otro lado, en la matriz de yogur los edulcorantes sucralosa y tagatosa son similares a la sacarosa, tanto en aceptabilidad temporal como preferencias de los consumidores.

**LITERATURA CITADA**

Aragón, S. 2006. Azúcares y edulcorantes en la dieta, características y usos. *Revista Farmacia Professional* 2 (2): 66-70.

Asins, D. 2016. Análisis fisicoquímicos y de azúcares cariogénicos en gominalas con nuevos edulcorantes y extracto acuoso de stevia. 20 p. Master. Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Ciencia e Ingeniería de Alimentos, Valencia, España.

Azevedo, B., and H. Bolini. 2015. High-intensity sweeteners in espresso coffee: ideal and equivalent sweetness and time-intensity analysis. *International Journal of Food Science and Technology* 50:1374–1381

Babio, N., G. Mena, and J. Salas. 2017. Más allá del valor nutricional del yogur: ¿Un indicador de la calidad de la dieta?. *Nutrición Hospitalaria* 34(4):26-30.

Badui, S. 2006. Edulcorantes. p. 530-532. *In*: Quintanar, E. (ed). *Química de los alimentos*. Cuarta Edición. Pearson Education. Ciudad de México, México.

Bär, A. 2004. D- tagatose. Bioresco Food Scientific and Regulatory Services. Suiza.

Birch, L. 1999. Development of food preferences. *Annual Review of Nutrition* 19:41-62.

Bolini, H., M. Da Silva, and M. Damasio. 1999. Time-intensity of sweet and bitter taste of stevia leaves (*Stevia rebaudiana* Bertoni) extract in equi-sweet on sucrose. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 19(2): 163–169.

Bryant, C., L. Wasse, N. Astbury, G. Nandra, and J. McLaughlin. 2014. Non-nutritive sweeteners: no class effect on the glycemic or appetite responses to ingested glucose. *European Journal of Clinical Nutrition* 68(5): 629-631.

Bruzzone, F., G. Ares, and A. Giménez. 2013. Temporal aspects of yoghurt texture perception. *International Dairy Journal* 29: 124-134.

Caballero, B. 2013. Sucrose: dietary sucrose and disease. p. 231-233. *In*: B. Caballero (Ed), *Encyclopedia of human nutrition*. Third Edition. Waltham: Academic Press.

Cadena, R., and H. Bolini. 2012. Ideal and relative sweetness of high intensity sweeteners in mango nectar. *International Journal of Food Science Technology* 47:991-996.

Cameron, A. 1974. The Taste Sense and The Relative Sweetness of Sugar and other Sweet Substances. *Scientific Report Series*; (9) pp. 1-72.

Cardello, H., M. Silva, and M. Damasio. 1999. Measurement of the relative of stevia extract, aspartame and cyclamate/saccharin blend as compared to sucrose at different concentrations. *Plants foods for Human Nutrition* 54: 119-130

Cardoso, J., and H. Bolini. 2007. Different sweeteners in peach nectar: Ideal and equivalent sweetness. *Food Research International* 40:1249-1253.

Chattopadhyay, S., U. Raychaudhuri, and R. Chakraborty. 2014. Artificial sweeteners – a review. *Journal Food Science and Technology* 51(4): 611–621.

Chollet, M., D. Gille, A. Schmid, B. Walther, and P. Piccinali. 2013. Acceptance of sugar reduction in flavored yogurt. *Journal Dairy Science* 96: 5501-5511.

Codex Alimentarius. 2003. Informe de la 35<sup>a</sup> reunión del comité del Codex sobre aditivos alimentarios y contaminantes de los alimentos. Disponible en: <http://www.fao.org/tempref/codex/Reports/Alinorm03/AL0312As.pdf> (Consultado en Mayo de 2018)

Colun. 2018. Yoghurt Colun Frutos Creme Frutilla, tabla información nutricional. Disponible en: <http://www.colun.cl/productos/detalleProducto/116/yoghurt-colun-frutos-creme-frutilla-125g#.W2THd2UVTIU> (Consultado en Agosto de 2018).

Costa, G., M. Paula, C. Barão, S. Klososki, E. Bonaf, J. Visentainer, A. Cruz, and T. Colombo. 2019. Yoghurt added with *Lactobacillus casei* and sweetened with natural sweeteners and/or prebiotics: Implications on quality parameters and probiotic survival. *International Dairy Journal* 97:139-148.

De Marchi, R., M. McDaniel, and H. Bolini. 2009. Formulating a new passion fruit juice beverage with different sweetener systems. *Journal of Sensory Studies* 24:698-711.

European Commission. 2005. Tagatose authorisation letter. Roma. Disponible en: [https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/novel-food\\_authorisation\\_2005\\_auth-letter\\_dtagatose\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/novel-food_authorisation_2005_auth-letter_dtagatose_en.pdf) (Consultado en Mayo de 2018).

FAO. 2004. D-TAGATOSE Chemical and Technical Assessment (CTA) First draft prepared by Yoko Kawamura. Dinamarca. Disponible en: <http://www.fao.org/fileadmin/templates/agns/pdf/jecfa/cta/61/Tagatose.pdf> (Consultado en Mayo de 2018).

Food and Drug Administration. 2003. “Health Claims: Dietary Noncariogenic Carbohydrate Sweeteners and Dental Caries” in: Code of Federal Regulations, U.S. Government Printing Office Sec. 101.80.

Fujimaru, T., J. Park, and J. Lim. 2012. Sensory Characteristics and Relative Sweetness of Tagatose and Other Sweeteners. *Journal of Food Science* 77(9): S323-S328.

- Galdámez, J. 2011. Cuantificación de aspartame en las bebidas carbonatadas de dieta de tres marcas que se expenden en supermercados de la ciudad de Guatemala. 73 p. Tesis. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Ciudad de Guatemala, Guatemala.
- Galmarini, M., A. Loiseau, M. Visalli, and P. Schlich. 2016. Use of Multi-Intake Temporal Dominance of Sensations (TDS) to Evaluate the Influence of Cheese on Wine Perception. *Journal of Food Science* 81: S2566-S2577.
- García, J., G. Casado, and J. García. 2013. Una visión global y actual de los edulcorantes. Aspectos de regulación. *Nutrición Hospitalaria* 28 (4): 17-31.
- Gil, J., M. San José, and J. Díaz. 2015. Uso de azúcares y edulcorantes en la alimentación del niño. Recomendaciones del Comité de Nutrición de la Asociación Española de Pediatría. *Anales de Pediatría* 83 (5): 353.e1-353.e7.
- Gwak, M., S. Chung, Y. Kim, and C. Lim. 2012. Relative sweetness and sensory characteristics of bulk and intense sweeteners. *Food Science and Biotechnology* 21(3):889-894.
- Guggisberg, D., J. Cuthbert-Steven, P. Piccinali, U. Bütikofer, and P. Eberhard. 2009. Rheological microstructural and sensory characterization of low-fat and whole milk set yoghurt as influenced by inulin additions. *International Dairy Journal*, 19: 107-115.
- Haque, Z., and K. Aryana. 2002. Effect of Sweeteners on the Microstructure of Yogurt. *Food Science and Technology* 8(1): 21-23.
- Hernández, A., E. Palomo, and A. Santos. 2004. Dulzura percibida de aspartame y sacarosa en yogur. *Naturaleza y desarrollo* 2(1):47-54.
- Ketelsen, S., C. Keay, and S. Wiet. 1993. Time-Intensity Parameters of Selected Carbohydrate and High Potency Sweeteners. *Journal of Food Science* 58(6): 1418-1421.
- King, S., P. Lawler, and J. Adams. 2000. Effect of Aspartame and Fat on Sweetness Perception in Yogurt. *Journal of Food Science* 65(6): 1056-1059.
- Labbe, D., P. Schlich, N. Pineau, F. Gilbert, and N. Martin. 2009. Temporal dominance of sensations and sensory profiling: A comparative study. *Food Quality and Preference* 20: 216-221.
- Lemus, R., A. Vega, L. Zura, and K. Ah. 2012. Stevia rebaudiana Bertoni, source of a high-potency natural sweetener: A comprehensive review on the biochemical, nutritional and functional aspects. *Food Chemistry* 132: 1121-1132.
- Levin, G. 2002. Tagatose, the New GRAS Sweetener and health product. *Journal of Medicinal Food* 5:1-5.

McCain, H., S. Kaliappan, and M. Drake. 2018. Invited review: Sugar reduction in dairy products. *Journal of Dairy Science* 101: 1-22.

MINSAL. 2015a. Decreto etiquetado de los alimentos. Chile. Disponible en: [http://www.minsal.cl/sites/default/files/decreto\\_etiquetado\\_alimentos\\_2015.pdf](http://www.minsal.cl/sites/default/files/decreto_etiquetado_alimentos_2015.pdf). (Consultado en Mayo de 2018).

MINSAL. 2015b. Reglamento sanitario de los alimentos DTO. N°977/96 (D.OF. 13.05.97). Chile. Disponible en: [http://www.minsal.cl/sites/default/files/files/DECRETO\\_977\\_96%20actualizado%20a%20Enero%202015\(1\).pdf](http://www.minsal.cl/sites/default/files/files/DECRETO_977_96%20actualizado%20a%20Enero%202015(1).pdf) (Consultado en Mayo de 2018).

MINSAL. 2017. Políticas públicas para combatir obesidad en Chile: Ley 20.606 sobre la composición nutricional de los alimentos y su publicidad. Disponible en: <http://sochital.com/wp-content/uploads/2017/01/Rodríguez-POLÍTICAS-PÚBLICAS-PARA-COMBATIR-OBESIDAD-EN-CHILE.pdf> (Consultado en Mayo de 2018).

Morais, E., A. Pinheiro, C. Nunes, and H. Bolini. 2014. Multiple time-intensity analysis and temporal dominance of sensations of chocolate dairy dessert using prebiotic and different high-intensity sweeteners. *Journal of Sensory Studies* 29(5):339-350.

Moraes, P., and H. Bolini. 2010. Different sweeteners in beverages prepared with instant and roasted ground coffee: Ideal and equivalent sweetness. *Journal of Sensory Studies* 25:1-11.

Morenga, L., S. Mallard, and J. Mann. 2013. Dietary sugars and body weight: Systemic review and meta- analyses of randomised controlled trials and cohort studies. *BMJ* 346, e7492.

Muñoz, C. 2015. Proceso de obtención de un nuevo edulcorante a base de Stevia Rebaudiana Bertoni. 467 p. Memoria. Universidad de Cádiz, Facultad de Ciencias, Cádiz, España.

OCDE. 2017a. Estudios de la OCDE sobre salud pública: CHILE hacia un futuro más sano evaluaciones y recomendaciones. Chile. Disponible en: <https://www.oecd.org/health/health-systems/Revisión-OCDE-de-Salud-Pública-Chile-Evaluación-y-recomendaciones.pdf> (Consultado en Mayo de 2018).

OCDE. 2017b. Obesity Update 2017. Disponible en: <https://www.oecd.org/els/health-systems/Obesity-Update-2017.pdf> (Consultado en Mayo de 2018).

OCDE. 2019. Obesity Update. Disponible en: <https://www.oecd.org/els/health-systems/obesity-update.htm> (Consultado en Septiembre de 2019).

ODEPA. 2012. Situación del mercado del yogur en Chile. Chile. Disponible en: <http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/publicaciones/doc/7005.pdf> (Consultado en Junio de 2018).



Oh D-K. 2007. Tagatose: properties, applications, and biotechnological processes. *Appl Microbiol Biotechnol* 76(1):1–8.

Oliveira, I., and H. Bolini. 2015. Passion fruit juice with different sweeteners: sensory profile by descriptive analysis and acceptance. *Food Science & Nutrition*, 3(2): 129-139.

Oliveira, D., M. Menezes, and R. Catharino. 2015. Thermal degradation of sucralose: a combination of analytical methods to determine stability and chlorinated byproducts. *Scientific Reports* 5: 95-98.

Oliveira, D., J. Galhardo, G. Ares, L. Cunhab, and R. Deliza. 2018. Sugar reduction in fruit nectars: Impact on consumers' sensory and hedonic perception. *Food Research International* 107:371-377.

Oliver, P., S. Cicerale, E. Pang, and R. Keast. 2018. A Comparison of Temporal Dominance of Sensation (TDS) and Quantitative Descriptive Analysis (QDATM) to Identify Flavors in Strawberries. *Journal of Food Science* 83: 1094-1102.

Ott, D., C. Edwards, and S. Palmer. 1991. Perceived Taste Intensity and Duration of Nutritive and Non-nutritive Sweeteners in Water using Time-intensity (T-I) Evaluations. *Journal of Food Science* 56(2): 535-542.

Palazzo, A., M. Carvalho, P. Efraim, and H. Bolini. 2011. The determination of isosweetness concentrations of sucralose, rebaudioside and neotame as sucrose substitutes in new diet chocolate formulations using the time-intensity analysis. *Journal of Sensory Studies* 26(4):291-297.

Parra, V. 2012. Desarrollo de endulzantes no calóricos, de alta potencia y funcionales en base a calcio y fibra dietética soluble. 110 p. Memoria para optar al título de Ingeniero en Alimentos. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Santiago, Chile.

Periche, A. 2014. Stevia y otros edulcorantes saludables en la formulación de golosinas funcionales: implicaciones tecnológicas y de calidad. 162 p. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Tecnología de Alimentos, Valencia, España.

Pineau, N., P. Schlich, S. Cordelle, C. Mathonniere, S. Issanchou, A. Imbert, M. Rogeaux, P. Etiévant, and E. Kosterf. 2009. Temporal Dominance of Sensations: Construction of the TDS curves and comparison with time-intensity. *Food Quality and Preference* 20(6):450-455.

Pinheiro, M., M. Oliveira, A. Penna, and A. Tamime. 2005. The effect of different sweeteners in low-calorie yogurts- a review. *International Journal of Dairy Technology* 58:193-199.

- Reis, R, V. Minim, H. Bolini, B. Dias, L. Minim, and E. Ceresino. 2011. Sweetness equivalence of different in strawberry-flavored yogurt. *Journal of Food Quality* 34(3):163-170.
- Rodrigues, J., J. Paixão, A. Cruz, and H. Bolini. 2015. Chocolate Milk with Chia Oil: Ideal sweetness, sweeteners equivalence, and dynamic sensory evaluation using a Time-Intensity Methodology. *Journal of Food Science* 80(12):S2944-S2949
- Rodrigues, J., V. de Souza, R. Lima, J. Carneiro, C. Nunes, and A. Pinheiro. 2016. Temporal dominance of sensations (TDS) panel behavior: A preliminary study with chocolate. *Food Quality and Preference* 54:51-57.
- Rubio, S. 2015. Incorporación de edulcorantes no cariogénicos y con bajo índice glicémico en el procesado de fruta (cítricos y sandía) y monitorización de parámetros a lo largo del almacenamiento. 270 p. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Tecnología de Alimentos, Valencia, España.
- Salvador, R. M. Sotelo, and L. Paucar. 2014. Estudio de la Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) como edulcorante natural y su uso en beneficio de la salud. Artículo de Revisión. *Scientia Agropecuaria* 5:157-163.
- Schlich, P. 2017. Temporal Dominance of Sensations (TDS): a new deal for temporal sensory analysis. *Food Science* 15:38-42.
- Soprole. 2018. Yoghurt Cappucino, información nutricional. Disponible en: <https://www.soprole.cl/es/products/yoghurt/soprole-gold-yoghurt-cappuccino-165g.html> (Consultado en Agosto de 2018).
- Thomas, A., M. Visalli, S. Cordelle, and P. Schlich. 2015. Temporal Drivers of Liking. *Food Quality and Preference* 40: 365–375.
- Thomas, A., A. van der Stelt, J. Prokop, J. Lawlor, and P. Schlich. 2016. Alternating temporal dominance of sensations and liking scales during the intake of a full portion of an oral nutritional supplement. *Food Quality and Preference* 53: 159–167.
- Thomas, A., M. Chambault, L. Dreyfuss, G. Gilbert, A. Hegyi, S. Henneberg, A. Knippertz, E. Kostyra, S. Kremer, A. Silva, and P. Schlich. 2017. Measuring temporal liking simultaneously to Temporal Dominance of Sensations in several intakes. An application to Gouda cheeses in 6 European Countries. *Food Research International* 99: 426-434.
- Torrico, D., J. Tam, S. Fuentes, C. González, and F. Dunshea. 2019. D-Tagatose as a Sucrose Substitute and Its Effect on the Physico-Chemical Properties and Acceptability of Strawberry-Flavored Yogurt. *Foods* 8(256):1-18

Vastenavond, C., H. Bertelsen, S. Hansen, R. Laursen, J. Saunders, and K. Eriknaer. 2012. Tagatose (D-tagatose). In: Nabors L, editor. Alternative sweeteners. Boca Raton, Fla.: CRC Press.

Wiet, S and P. Beyts. Sensory Characteristics of Sucralose and other High Intensity Sweeteners. 1992. *Journal of Food Science* 57:1014-1019.

Wiley, J. 2016. *Chemistry & Technology of Soft Drinks & Fruit Juices*. 3<sup>rd</sup> Edition. River Street, Hoboken, NJ, USA.

Yang, X., Y. Lu, and G. Hu. 2014. Optimization of sweetener formulation in sugar-free yoghurt using response surface methodology. *CyTA-Journal of Food* 12(2): 121-126.

Yaqub, S., H. Sakandar, N. Huma, F. Sadiq, Q. Khan, M. Imran, A. Rehman, R. Perveen, and A. Sameen. 2018. Effects of artificial sweeteners on the quality parameters of yogurt during storage. *Progress in Nutrition* 20: 57-63.

Zorn, S., F. Alcaire, L. Vidal, A. Gimenez, and G. Ares. 2014. Application of multiple-sip temporal dominance of sensations to the evaluation of sweeteners. *Food Quality and Preference* 36:135-143.

## APÉNDICES

### Apéndice 1. Encuesta de caracterización de evaluadores

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Género: Masculino \_\_\_ Femenino \_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_ años

#### Información Médica

Alergias: Si: \_\_\_ No: \_\_\_ Alérgeno: \_\_\_\_\_  
 Resfrío Crónico: Si: \_\_\_ No: \_\_\_ Sinusitis: Si: \_\_\_ No: \_\_\_  
 Afecciones Bucales: Si: \_\_\_ No: \_\_\_ Caries: Si: \_\_\_ No: \_\_\_  
 Infección en papilas: Si: \_\_\_ No: \_\_\_

#### Hábitos de Consumo

Fuma: Si \_\_\_ No \_\_\_ Hace cuanto: \_\_\_\_\_ años N° de cigarros por día: \_\_\_\_\_  
 Te: Si \_\_\_ No: \_\_\_ Tazas al día: \_\_\_\_\_ Café: Si \_\_\_ No: \_\_\_ Tazas al día: \_\_\_\_\_  
 Azúcar: Si \_\_\_ No: \_\_\_\_\_ Numero de cucharadas por taza: \_\_\_\_\_  
 Edulcorantes Artificiales: Si \_\_\_ No: \_\_\_\_\_

#### Información General

¿Le desagrada degustar endulzantes? Si \_\_\_ No: \_\_\_  
 ¿Cuál es su hábito de consumo de endulzantes? \_\_\_: Diario \_\_\_: Semanal  
 \_\_\_: Mensual. ¿Qué  
 tipo de endulzante consumes más? \_\_\_: Líquido \_\_\_: Pastilla  
 ¿Cuánto consumes habitualmente por taza? (Si es líquido) \_\_\_: Menos de 8 gotas \_\_\_: 8  
 gotas \_\_\_: 10 gotas o más. (Si es pastilla) \_\_\_: 1 Pastilla \_\_\_: 2 Pastillas \_\_\_: 3 o más  
 pastillas. ¿Cuál es el endulzante que prefieres más (azúcar, stevia, sucralosa, aspartame,  
 etc.)? \_\_\_\_\_

## Apéndice 2. Método intensidad de tiempo

Nombre: .....

Fecha: .....

Código:.....

Para la evaluación del atributo de dulzor con la metodología de TI, el panelista debe hacer clic en start, posteriormente clicar en el extremo izquierdo de una escala horizontal no estructurada (correspondiente a ninguna sensación) cuando coloca el producto en su boca. Luego, se le pide al panelista que mueva el cursor y haga click a lo largo de la escala a medida que la sensación evoluciona en la boca hasta el final de la percepción (no trague la muestra, escupir). Al finalizar presione en stop.

Importante: Esperar 5 segundos, mantener la muestra en la boca durante 10 segundos. Enjuáguese la boca durante 30 segundos.

## Apéndice 3. Pauta de evaluación del *focus group*

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Preguntas antes de probar el yogur

1. ¿Ve la etiqueta nutricional de los productos que consume?

2. ¿Con que frecuencia consume yogur?

- A) Diariamente
- B) Semanalmente
- C) Quincenalmente
- D) Mensualmente
- E) Nunca

3. Al momento de elegir un yogur prefiere

- A) Que contenga azúcar añadida
- B) Que sea sin lactosa
- C) Que sea light
- D) Que sea sin edulcorante

4. Que endulzante prefiere

- A) Azúcar
- B) Stevia
- C) Sucralosa
- D) Otro

5. Después de probar el producto 1. ¿Qué atributos sensoriales percibió?
6. Después de probar el producto 2. ¿Qué atributos sensoriales percibió?
7. Después de probar el producto 3. ¿Qué atributos sensoriales percibió?
8. Después de probar el producto 4. ¿Qué atributos sensoriales percibió?
9. Después de probar el producto 5. ¿Qué atributos sensoriales percibió?

#### **Apéndice 4. Pauta de preguntas, metodología dominio temporal de sensaciones y ranking**

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_

##### I) Preguntas antes de probar el yogur

10. ¿Mira la etiqueta nutricional de los productos que consume?
11. ¿Con que frecuencia consume yogur?
  - F) Diariamente
  - G) Semanalmente
  - H) Quincenalmente
  - I) Mensualmente
  - J) Nunca
12. Al momento de comprar un yogur prefiere
  - E) Que contenga azúcar añadida
  - F) Que sea sin lactosa
  - G) Que sea con otro edulcorante
  - H) Que sea sin edulcorante
13. Que endulzante prefiere
  - I) Azúcar
  - J) Stevia
  - K) Sucralosa
  - L) Otro

## II) Método Dominio Temporal de Sensaciones

Para la evaluación de los atributos con la metodología de DTS, el consumidor debe colocar el yogur en la boca y hacer clic en el botón “START”, la muestra debe mantenerla en la boca durante 30 segundos, durante este tiempo debe pinchar los atributos que llame la atención en la boca en un momento dado, e indicar su gusto por la muestra en la escala hedónica ordinal, que va de “No me gusta nada” a “Me gusta mucho”, tiene la libertad de pinchar en el atributo las veces que quiera. Después de estos 30 segundos debe tragar la muestra y continuar evaluando hasta que ya no perciba nada. Cuando ya no perciba nada, debe hacer clic en el botón “STOP”

Enjuáguese la boca, coma crackers y vuelva a enjuagarse la boca durante 30 segundos.

## III) Después de probar el yogur

Por favor ordene las muestras según su preferencia

### PREFERENCIA

- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....
- 5.....

Gracias por participar

### Apéndice 5. Comparación entre el dulzor de una solución de sacarosa al 5 % y diferentes concentraciones de aspartame.

Panelista	0,0076g	0,0062g	0,0052g	0,0047g	0,0045g
1	A	A	A	A	A
2	A	A	A	S	S
3	A	A	A	S	S
4	A	A	S	S	S
5	A	S	S	S	S
6	A	S	S	S	S
7	A	A	S	A	S
8	A	A	S	S	A
9	A	A	S	S	S
Juicios favorables al aspartame (%)	100	77,78	33,33	22,22	22,22
Total jueces (%)	100	100	100	100	100

\*Las concentraciones 0,0076 g, 0,0062 g, 0,0053g, 0,0048 g y 0,0045 g equivalente a una potencia de dulzor de 120, 160, 190, 210 y 220 respectivamente, con respecto a la sacarosa. A equivale a los juicios favorables al aspartame y S a los juicios favorables a la sacarosa.

En el Apéndice 5 se observa una comparación entre una solución de sacarosa (5 %) y diferentes concentraciones de aspartame, con el fin de indicar la muestra que es más dulce.

El panel entrenado comenzó a percibir un mayor dulzor proveniente de la sacarosa, cuando disminuyó la concentración de aspartame a partir de los 0,0052 g. Por lo tanto, se determinó su dulzor relativo con una concentración aproximada de 0,006 g de aspartame, es decir, este edulcorante es 164,4 veces más dulce que la sacarosa.

**Apéndice 6. Comparación entre el dulzor de sacarosa 5 % y diferentes concentraciones de estevia.**

Panelista	0,014g	0,005g	0,0032g	0,0027g	0,0023g
1	E	S	S	S	S
2	E	S	S	S	S
3	E	S	S	S	S
4	E	S	S	S	S
5	E	S	S	S	S
6	E	S	S	S	S
7	E	S	S	S	S
8	E	S	S	S	S
9	E	S	S	S	S
Juicios favorables a estevia (%)	100	0	0	0	0
Total jueces (%)	100	100	100	100	100

\*Las concentraciones 0,014 g, 0,005 g, 0,0032g, 0,0027 g y 0,0023 g equivalente a una potencia de dulzor de 70, 200, 310, 370 y 430 respectivamente, con respecto a la sacarosa. Donde E equivale a los juicios favorables a la estevia y S a los juicios favorables a la sacarosa

En el Apéndice 6 se observa una comparación entre una solución de sacarosa (5%) y diferentes concentraciones de estevia, con el fin de indicar que muestra es más dulce. El panel entrenado percibió un mayor dulzor de sacarosa, cuando disminuyó la concentración de estevia a los 0,005 g. Por lo tanto, se determinó su dulzor relativo con una concentración aproximada de 0,012 g, es decir, este edulcorante es 81 veces más dulce que la sacarosa.

**Apéndice 7. Comparación entre una solución de sacarosa al 5 % y diferentes concentraciones de tagatosa.**

Panelista	1,19 g	1,08 g	1 g	0,55 g	0,40 g
1	T	T	T	T	S
2	T	T	T	T	S
3	T	T	T	T	S
4	T	T	T	T	S
5	T	T	T	T	S
6	T	T	T	T	S
7	T	T	T	T	S
8	T	T	T	T	S
9	T	T	T	T	S
Juicios favorables a Tagatosa (%)	100	100	100	100	0
Total jueces (%)	100	100	100	100	100

\*Las concentraciones 1,19 g, 1,087 g, 1 g, 0,556 g y 0,4 g equivalente a una potencia de dulzor de 0,84, 0,92, 1, 1,8 y 2,5 respectivamente, con respecto a la sacarosa. Donde T equivale a los juicios favorables a tagatosa y S a los juicios favorables a la sacarosa



En el Apéndice 7 se observa una comparación entre una solución de sacarosa (5 %) y diferentes concentraciones de tagatosa, con el fin de indicar que muestra es más dulce. El panel entrenado percibió un mayor dulzor proveniente de la sacarosa, cuando la concentración de tagatosa disminuyó a 0,4 g. Por lo tanto, se determinó su dulzor relativo con una concentración aproximada de 0,55 g, es decir, este edulcorante es 1,8 veces más dulce que la sacarosa.

**Apéndice 8. Comparación entre el dulzor de una solución acuosa de sacarosa al 5 % y diferentes concentraciones de sucralosa.**

Panelista	0,0067 g	0,0040g	0,0029g	0,0022g	0,0018g
1	Su	Su	Su	Su	S
2	Su	Su	Su	Su	Su
3	Su	Su	Su	Su	Su
4	Su	Su	Su	Su	S
5	Su	Su	Su	Su	Su
6	Su	Su	Su	Su	Su
7	Su	Su	Su	Su	S
8	Su	Su	Su	Su	Su
9	Su	Su	Su	S	S
Juicios favorables a sucralosa (%)	100	100	100	88,89	55,56
Total jueces (%)	100	100	100	100	100

\*Las concentraciones 0,0067 g, 0,004 g, 0,0029 g, 0,0022 g y 0,0018 g equivalente a una potencia de dulzor de 150, 250, 350, 450 y 550 respectivamente, con respecto a la sacarosa. Donde Su equivale a los juicios favorables a sucralosa y S a los juicios favorables a la sacarosa

En el Apéndice 8 se observa una comparación entre una solución de sacarosa (5 %) y diferentes concentraciones de sucralosa, con el fin de indicar que muestra es más dulce. El panel entrenado percibió un mayor dulzor proveniente de la sacarosa, cuando el contenido de sucralosa disminuyó a 0,0018 g. Por lo tanto, se determinó su dulzor relativo con una concentración aproximada de 0,002 g, es decir, este edulcorante es 485 veces más dulce que la sacarosa.

## ANEXOS

### Anexo 1. Ingredientes de la tagatosa

Ingredientes: Tagatosa (39,9 %), edulcorante (isomalt (39,9 %)), fibras alimentarias (inulina y oligosacáridos), edulcorante (sucralosa (0,02 %)). Un consumo excesivo puede tener efectos laxantes. Contiene solamente 1,75 kcal/gr.

### Anexo 2. Información nutricional de yogur natural quillayes

YOGHURT NATURAL 400g INFORMACIÓN NUTRICIONAL		
Porción:	1 unidad (120 g)	
Porciones por envase:	8 aprox.	
	100 g	1 porción
<b>Energía(Kcal)</b>	67,0	80,0
<b>Proteínas (g)</b>	2,8	3,4
<b>Grasa Total (g)</b>	3,6	4,3
Grasa saturada (g)	2,19	2,63
Grasa monoinsat. (g)	1,22	1,46
Grasa poliinsat. (g)	0,19	0,23
Grasa trans (g)	0,11	0,13
<b>Colesterol (mg)</b>	10,9	13,1
<b>H. de C. disp. (g)</b>	5,9	7,1
Azúcares Totales	3,8	4,2
<b>Sodio (mg)</b>	47	56,0
<b>Calcio (mg)</b>	170,0	26%(*)
* % en relación a la Dosis Diaria Recomendada		

**Anexo 3. Evaluaciones sensoriales realizadas por los panelistas**

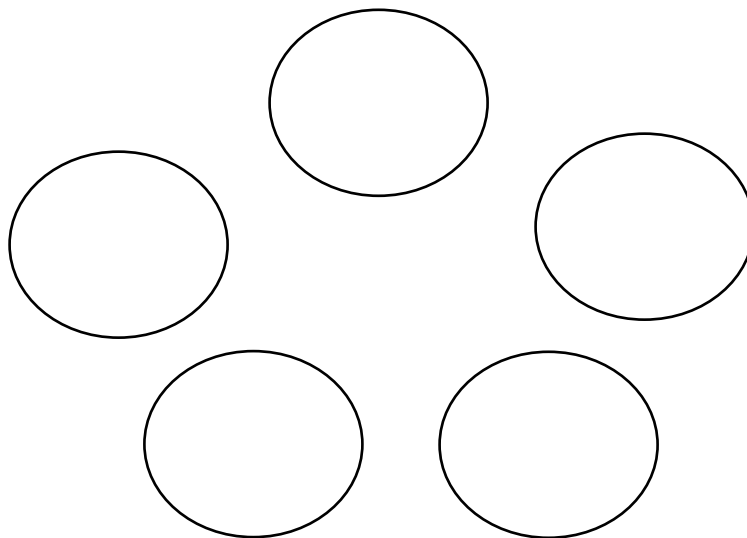
Nombre del test	Fecha
Test de Ranking con dilución en Medio Agua y encuesta	11 de Octubre 2018
Test de Ranking con dilución en Medio Agua	12 de Octubre 2018
Método de Comparación Pareada	25 de Octubre 2018
Método de Comparación Pareada	26 de Octubre 2018
Método de Comparación Pareada	8 de Noviembre 2018
Método de Comparación Pareada	9 de Noviembre 2018
Método Tiempo de Intensidad	29 de Noviembre 2018
Método Tiempo de Intensidad	7 de Diciembre 2018

**Anexo 4. Test de ranking con dilución medio agua**

Nombre: .....

Fecha: .....

Enjuáguese la boca con agua durante 20 segundos, pruebe la muestra que tiene delante y por favor, ordene las muestras de acuerdo a su intensidad de menor a mayor:.....

Orden:.....  
.....Comentarios:.....  
.....

**IMPORTANTE:** Se debe colocar la totalidad de la muestra en la boca y debe mantenerse en ella durante 10 segundos, luego debe expectorar (escupir) el líquido, posteriormente enjuáguese la boca con agua durante 20 segundos y vuelva a expectorar.

**Anexo 5. Método de comparación pareada**

Nombre: .....  
Fecha: .....

Enjuáguese la boca con agua durante 20 segundos. Usted tiene pares de muestra: una más dulce y otra menos dulce. Deguste cuidadosamente e indique la muestra más dulce de cada par.

Pares de  
muestra

<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>

**IMPORTANTE:** Cada muestra debe mantenerse en la boca durante 10 segundos, luego debe expectorar (escupir) el líquido, posteriormente enjuáguese la boca con agua durante 20 segundos y vuelva a expectorar.