



Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas
Departamento de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química

**OBTENCIÓN DE PULPA DE FRAMBUESA LIOFILIZADA Y APLICACIÓN EN
YOGUR COMO COLORANTE Y SABORIZANTE NATURAL**

Memoria para optar al título de Ingeniero en Alimentos

ELIZABETH ODETTE MUÑOZ LATORRE

PROFESOR PATROCINANTE

Andrea Bunger Timmermann
Ingeniero en Alimentos
Universidad de Chile

DIRECTORES DE MEMORIA

Andrea Bunger Timmermann
Ingeniero en Alimentos
Universidad de Chile

María Teresa Comparini Olavarría
Ingeniero en Alimentos
Universidad de Chile

Santiago – Chile

2012

“El hombre que se levanta es aún más grande que el que no ha caído.”

Concepción Arenal

*A mis padres y hermano,
por todo su apoyo y amor incondicional.*

AGRADECIMIENTOS.

Quiero agradecer a todos los que hicieron posible el desarrollo de este trabajo. A María Teresa Comparini y María de la Luz Osses, por confiar en mí para la realización de sus proyectos, entregándome con dedicación todos sus conocimientos y experiencia.

A mi Directora de Tesis y Profesora Patrocinante, Andrea Bungler, que siempre tuvo la mejor disposición para guiarme y aconsejarme, no tan sólo en el desarrollo de esta memoria, si no que cada vez que acudí a ella.

A Alejandra Ahumada, Daniela Araya y Natalia Quezada, por el trabajo conjunto para la selección del panel sensorial. A todos los jueces que participaron con la mejor voluntad para la evaluación sensorial de los productos y a los consumidores.

Quiero agradecer igualmente a todos los que han formado parte importante en el transcurso de mi carrera; a todos los profesores que entregaron muchas veces más que sólo sus conocimientos. También agradecer a Don Carlos y Don Manuel, por la buena disposición ante cualquier necesidad. A la Sra. María Isabel Pino, por su gran contención y apoyo cada vez que fue necesario.

A mis amigos, sin ellos estos años no habrían sido lo mismo; a Paulina, por su gran amistad y compañerismo incondicional; a Pamela, Laura y Alejandra, por las interminables noches de estudios y risas, a Constanza por su amistad. A José Luis, Natalia, Denisse, Alberto, Corahí y Cristian, gracias por cada momento compartido.

Finalmente quiero agradecer a mi familia, sin su apoyo nada de esto sería posible. A mis padres; Jorge y Lorena, por darme los valores que tengo, por estar cada vez que los he necesitado y por nunca dejar de creer en mí. A mi hermano Jorge, gracias por su amor y preocupación. Gracias a los tres por su confianza infinita.

ÍNDICE DE CONTENIDO.

	Página
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS.....	vi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	vii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	viii
RESUMEN.....	x
SUMMARY.....	xii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes Generales.....	3
1.1.1 Liofilización.....	3
1.1.2 Industria Láctea: Escenario Económico.....	6
1.1.3 Materia Prima: Frambuesa.....	7
1.1.4 Análisis Sensorial.....	8
1.2 Objetivos.....	8
1.2.1 Objetivo General.....	8
1.2.2 Objetivos Específicos.....	8
1.3 Hipótesis.....	9
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	10
2.1 Liofilización: Determinación de Protocolo.....	10
2.1.1 Congelación.....	10
2.1.2 Secado Primario y Secundario.....	11
2.2 Humedad y Control de Peso.....	11
2.3 Actividad de Agua.....	11
2.4 Rehidratación.....	12
2.5 Almacenamiento de Muestras.....	12
2.6 Formación del Panel Sensorial.....	12
2.6.1 Reclutamiento y Elección.....	13
2.6.2 Selección.....	13

2.6.3 Entrenamiento.....	15
2.7 Diseño Experimental: Método de Superficie de Respuesta (MSR).	16
2.7.1 Evaluación Sensorial de Corridas del Diseño Experimental.	18
2.7.2 Tratamiento de Resultados de Evaluación de Corridas Experimentales.	19
2.8 Estudio con Consumidores.....	19
2.8.1 Diseño del Cuestionario.....	20
2.8.2 Análisis de Datos.....	21
CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	23
3.1 Protocolo de Liofilización.....	23
3.1.1 Congelación.....	23
3.1.2 Secado Primario y Secundario.....	24
3.2 Humedad y Pérdida de Peso.....	26
3.3 Actividad de Agua.....	27
3.4 Rehidratación.....	27
3.5 Formación de Panel Sensorial.....	28
3.5.1 Reclutamiento y Elección de Panelistas	28
3.5.2 Selección de Panelistas	28
3.5.3 Entrenamiento	29
3.6 Diseño Experimental.....	31
3.6.1 Evaluación Sensorial de las Corridas del Diseño Experimental.....	32
3.6.2 Optimización del Diseño Experimental.....	33
3.7 Estudio con Consumidores.....	43
3.7.1 Características de los Encuestados	43
3.7.2 Evaluación del Agrado General.....	44
3.7.3 Evaluación del Color.....	47
3.7.4 Evaluación de Sabor.....	48
3.7.5 Evaluación de Dulzor	49
3.7.6 Evaluación de la Intensidad de Acidez.....	50
3.7.7 Preferencia de las Muestras.....	51
CONCLUSIONES.....	52
BIBLIOGRAFÍA.....	54

ANEXOS.	60
--------------	----

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. Variación en Elaboración de Productos Lácteos en Chile.....	7
CUADRO 2. Productos y Variaciones para Aplicación de los 10 Test Triangulares.....	15
CUADRO 3. Grados de Calidad, Calificación Verbal y Calificación Numérica.	16
CUADRO 4. Concentraciones Preliminares para Obtención de Rangos de Factores para Diseño Experimental.	17
CUADRO 5. Programación Inicial de Congelación para Pulpa de Frambuesa en Equipo Liofilizador.	23
CUADRO 6. Etapa Secado para Ciclo Final de Liofilización 23,25 h.....	25
CUADRO 7. Tabla con Porcentajes de Humedad y Desviación Estándar para Pulpa de Frambuesa Fresca y Pulpa de Frambuesa Liofilizada.	26
CUADRO 8. Actividad de Agua (a_w) para Frambuesa Fresca y Pulpa de Frambuesa Liofilizada.	27
CUADRO 9. Tiempo de Rehidratación para Muestras de Frambuesa y Pulpa de Frambuesa Liofilizada en Agua y Yogur.....	27
CUADRO 10. Resumen de la Selección de Panel.....	29
CUADRO 11. Características Principales Descritas por Panel de Jueces para Atributos de Yogur con Pulpa de Frambuesa.....	30
CUADRO 12. Evaluación Promedio para Concentraciones Preliminares.....	31
CUADRO 13. Concentraciones de Azúcar y Pulpa de Frambuesa Liofilizada para Modelo Central Rotacional.	31
CUADRO 14. Evaluación Promedio por Atributo para Corridas de Diseño Experimental.	32
CUADRO 15. Concentraciones de Optimización por Atributo y Conjunta para Superficie de Respuesta Estimada.	42
CUADRO 16. Agrupación de Respuestas Espontáneas de Agrado.	46

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURA 1. Diagrama de Cambio de Fase para Sistema de un Componente	4
FIGURA 2. Diseño Central Rotacional Compuesto.....	18
(Myers y Montgomery, 2002).....	18
FIGURA 3. Curva de Congelación para Proceso de Liofilización.	24
FIGURA 4. Ciclo de liofilización final (23,25 h).	25
FIGURA 5. Diagrama de Pareto para Color.....	33
FIGURA 6. Optimización Superficie de Respuesta para Atributo Color.....	34
FIGURA 7. Diagrama de Pareto para Apariencia.	34
FIGURA 8. Optimización Superficie de Respuesta para Atributo Apariencia.	35
FIGURA 9. Diagrama de Pareto para Atributo Aroma	36
FIGURA 10. Optimización Superficie Respuesta para Atributo Aroma.....	37
FIGURA 11. Diagrama de Pareto para Atributo Consistencia (con cuchara).	37
FIGURA 12. Optimización Superficie Respuesta para Atributo Consistencia (con cuchara).	38
FIGURA 13. Diagrama de Pareto para Atributo de Sabor.	39
FIGURA 14. Optimización superficie respuesta para atributo Sabor	39
FIGURA 15. Diagrama de Pareto para Atributo de Textura (bucal).....	40
FIGURA 16. Optimización Superficie de Respuesta para Atributo de Textura (bucal)..	41
FIGURA 17. Optimización Múltiple Superficie de Respuesta Estimada para Yogur con Pulpa de Frambuesa Liofilizada y Azúcar.	42
FIGURA 18. Rango de Edad de los Consumidores Encuestados Expresado en Porcentaje.	43
FIGURA 19. Frecuencia de Consumo Semanal de Yogur para Encuestados.....	44
FIGURA 20. Representación de Consumo de Frambuesas en Estado Natural o en Preparaciones por parte de los Encuestados.....	44
FIGURA 21. Evaluación de Agrado General para Muestras de Yogur con Pulpa de Frambuesa.	45
FIGURA 22. Evaluación de Agrado de Color de las Muestras de Yogur.....	47
FIGURA 23. Evaluación de Sabor para Muestras de Yogur con Pulpa de Frambuesa.	48

FIGURA 24. Evaluación de Agrado de Dulzor de las Muestras de Yogur.	49
FIGURA 25. Evaluación de Agrado de Acidez de las Muestras de Yogur.	50
FIGURA 26. Preferencia de Consumidores Frente a Yogur con Pulpa de Frambuesa Liofilizada frente a Muestra Comercial (Next Trozo Frambuesa).	51

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Tabla de Composición Nutricional de Frambuesa Cruda	60
ANEXO 2. Tabla de programación de Presión para Liofilizador Virtis ® Advantage ™ Plus Personal Freeze Dryers.....	60
ANEXO 3. Metodología para Cálculo de Humedad (NCh841.Of78).....	61
ANEXO 4. Humedad Relativa de Equilibrio de 5 Soluciones Salinas Saturadas entre 15 y 30 °C.....	61
ANEXO 5. Tabla de Diluciones y Claves Usadas para la Identificación de Umbral de Gusto Salado.....	62
ANEXO 6. Ficha de Respuesta para Umbral de Identificación.	62
ANEXO 7. Ordenamiento de Colores, Rojo, Verde y Amarillo.....	63
ANEXO 8. Ficha de Evaluación para Ranking de Color.	64
ANEXO 9. Ficha de Respuesta para Test Triangular	64
ANEXO 10. Test de Karlsruhe para la Valoración de Calidad del Yogur con Pulpa de Frambuesa Liofilizada.	65
ANEXO 11. Cuestionario de Evaluación para Consumidores.....	66
ANEXO 12. Tabla de Ensayo Bilateral.....	68
ANEXO 13. Curva de Congelación Inicial (250 min).....	69
Anexo 13.1 Tabla de Datos Curva de Congelación Inicial.	69
Anexo 13.2 Curva de Congelación Preliminar de Pulpa de Frambuesa	70
ANEXO 14. Tabla de Datos Curva de Congelación Oficial para Curva de Congelación del Ciclo de Liofilización.	70
ANEXO 15. Curva Inicial Ciclo de Liofilización	71
Anexo 15.1 Datos de Variación de Temperatura para Ciclo Inicial de Liofilización (43 h).	71

Anexo 15.2 Ciclo Inicial de Liofilización (43 h)	72
ANEXO 16. Datos Curva de Secado para Ciclo de Liofilización Final (23,25 h).....	73
ANEXO 17. Calculo Humedad para Pulpa Fresca y Liofilizada de Frambuesa.....	74
ANEXO 18. Cálculo de Actividad de Agua para Frambuesa Fresca y Pulpa de Frambuesa Liofilizada por Interpolación Gráfica.....	74
ANEXO 19. Tabla de Datos de Rehidratación de Muestras.	75
ANEXO 20. Fotos Proceso de Rehidratación en Yogur.....	75
ANEXO 21. Tabla de Aciertos para Test de Selección de Panel de Jueces.	76
ANEXO 22. Resultados Evaluación Sensorial de 11 Corridas Experimentales por Cada Juez.....	76
ANEXO 23. Análisis de Varianza ANOVA Multifactorial para agrado general de muestra de yogur comercial y yogur con pulpa liofilizada.....	78
ANEXO 24. . Análisis de Varianza ANOVA Multifactorial para Sabor de muestra de yogur comercial y yogur con pulpa liofilizada.....	79
ANEXO 25. Ingredientes Yogur Next Trozo Frambuesa, Soprole.....	79

RESUMEN.

Chile es un gran productor de frutas y verduras, sin embargo el consumo per cápita no alcanza la ingesta recomendada por la OMS de 400 g diarios. Como respuesta y sumándose al cambio de conciencia mundial por mejorar los hábitos alimenticios, el objetivo de este estudio fue obtener una pulpa liofilizada de frambuesa y utilizarla para reemplazar colorantes y saborizantes en un yogur, ofreciendo una alternativa de producto más natural, con aporte de fruta.

Se determinó un protocolo de liofilización para pulpa de frambuesa cuyo ciclo de congelación alcanza los -40°C en 135 min, seguido por un ciclo de secado primario a -15°C durante 1140 min y un secado secundario a 25°C durante 120 min, ambas temperaturas de secado se realizaron bajo una presión programada de 200 mTorr. La pulpa de frambuesa liofilizada obtenida logró una humedad de $6,9 \pm 1,2 \%$ y una actividad de agua de $0,28 \pm 0,07$.

Para la determinación de la fórmula óptima de yogur con pulpa liofilizada fue necesaria la formación de un panel entrenado, constituido por 10 alumnos de la carrera de Ingeniera de Alimentos de la Universidad de Chile.

Como diseño experimental se aplicó un modelo central rotacional compuesto (2^2 +estrella) con tres puntos centrales, con 11 corridas experimentales, usando como factores la concentración de pulpa (1 a 10 g) y azúcar (5 a 60 g) en una matriz de yogur natural, y seis variables de respuesta de calidad sensorial. La optimización conjunta de los atributos sensoriales: color, aroma, consistencia con cuchara, sabor y textura bucal, arrojó una concentración óptima de 18% de azúcar y 4% de pulpa liofilizada de frambuesa.

Con esta formulación optimizada se realizó una prueba con consumidores (N=48) frente a una marca comercial (Next trozo frambuesa de Soprole), donde la muestra correspondiente al yogur con pulpa de frambuesa liofilizada obtuvo preferencia significativa de 66%, y buenos indicadores de aceptabilidad.

SUMMARY.

Obtention of Lyophilized Raspberry Pulp and Application as Colorant and Natural Flavor in Yogurt.

Chile is a great producer of fruits and vegetables, nevertheless the consumption per capita does not reach the daily intake of 400 g recommended by the World Health Organization. In response and adding up to the change in global awareness to improve eating habits, the purpose of this study was to obtain a freeze-dried raspberry pulp and use it to replace colorants and flavoring in a yogurt, offering an alternative product more natural and more contribution of the fruit itself.

A protocol was determined by lyophilization (freeze - drying) of raspberry pulp which freeze cycle reaches -40°C in 135 min, followed by a primary drying cycle at -15°C for 1140 min and a secondary drying at 25°C for 120 min. Both drying temperatures were performed under a pressure of 200 mTorr. The obtained freeze – dried raspberry pulp achieved moisture of $6.9 \pm 1.2\%$ and a water activity of 0.28 ± 0.07 .

To determine the optimal formula of yogurt with freeze-dried pulp was necessary the constitution of a trained panel, consisting of 10 students from the Food Engineering career imparted by the University of Chile.

As an experimental design, a compound rotational central model was applied ($2^2 + \text{star}$) with three central points, with 11 experimental runs, using pulp concentration (1 to 10 g) and sugar (5 to 60 g) as factors in a natural yogurt matrix and six quality sensory response variables. The joint optimization of the sensory attributes: color, aroma, spoon consistency, taste and mouth texture, displayed an optimal concentration of 18% sugar and 4% freeze-dried raspberry pulp.

With this optimized formulation a test with consumers was made (N= 48) comparing with trademark product (*Next Trozo Frambuesa, Soprole*). The sample of the yogurt with raspberry pulp lyophilized had a significant preference of 66% with good indicators of acceptability.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), ha señalado que la obesidad y sobrepeso han alcanzado caracteres de epidemia a nivel mundial. De los diez factores de riesgo identificados por la OMS como claves para el desarrollo de las enfermedades crónicas, cinco están estrechamente relacionados con la alimentación y el ejercicio físico, destacando el consumo insuficiente de frutas y verduras (EGO – Chile, 2012).

Al igual que en otros países, en Chile el exceso de peso presenta una prevalencia alta y creciente desde los primeros años de vida. La obesidad afecta al 7,4% en los menores de 6 años, aumentando en los años posteriores, llegando a un 25% en adultos y si además se suma el sobrepeso, más de la mitad de la población nacional se encuentra en esta condición (EGO – Chile, 2012).

Ante esta problemática mundial la OMS publica en mayo de 2004 tras la 57ª Asamblea Mundial de la Salud, la “Estrategia Mundial sobre Régimen Alimentario, Actividad Física y Salud”, donde se hace un llamado, entre otras partes, al sector privado a la promoción de productos alimenticios acordes con una dieta saludable (OMS, 2004).

Chile es un gran productor y exportador de frutas y hortalizas (ASOEX, 2012). Sin embargo, el consumo de la población nacional no alcanza la ingesta recomendada por la OMS, que corresponde a 400 g diarios, equivalente a cinco porciones de fruta y hortalizas (WHO, 2003).

Frente a estos antecedentes se han implementado campañas a nivel mundial que promueven el consumo de frutas y verduras, como es el caso del programa “5 al día” el cual se inicia en California, EE.UU., en el año 1991 como una iniciativa para promover la salud y prevenir las enfermedades crónicas relacionadas con la alimentación. En la

actualidad existe el programa en más de 40 países en los 5 continentes, incluyendo a Chile, ya que a través del INTA (en su calidad de centro colaborador de la OMS) se asumió el compromiso de implementar el programa a nivel nacional desde el 2004 a la fecha (INTA, 2011).

Estudios del INTA han demostrado que el consumo de frutas y verduras, dependen en gran medida de las oportunidades que se ofrezcan para lograr los cambios de conducta. Ello significa contar con la participación de actores de los sectores público y privado, que entre otras cosas, aporten con el desarrollo de nuevos productos procesados en base a frutas y verduras; que manteniendo su valor nutricional sean ofrecidos de manera atractiva, en formato individual, cumpliendo los requisitos de inocuidad, permitiendo a los consumidores chilenos alcanzar los beneficios que se logran al comer al menos cinco porciones al día (Olivares y cols, 2008).

La presente memoria busca entregar una alternativa que aporte a la solución de esta problemática social mediante la liofilización, la cual es una tecnología de avanzada que permite mantener los atributos originales del producto, permitiendo incorporar al mercado distintas propuestas de alimentos que incluyan tanto frutas como verduras con sus propiedades inalteradas.

Particularmente en el desarrollo de este trabajo se propone incorporar fruta liofilizada en lácteos, específicamente pulpa liofilizada de frambuesa en un yogur natural, reemplazando el uso de colorantes y saborizantes.

La idea original surge como una potencial línea investigativa de la empresa KORAYEN Ltda., la cual tiene como eje principal incorporar productos liofilizados en el mercado nacional.

1.1 Antecedentes Generales.

1.1.1 Liofilización.

La liofilización, llamada en inglés *freeze – drying*, es una operación unitaria por la cual el agua congelada de un alimento pasa directamente del estado sólido al estado vapor, bajo una presión de alto vacío (Rodríguez, 1986), de donde se obtiene un producto de rápida rehidratación (Galán, 2011).

Los primeros antecedentes conocidos de la preservación de alimentos mediante la liofilización provienen de la cultura Inca en el altiplano andino a 4000 m sobre el nivel del mar, allí los pobladores realizaban un producto denominado Chuño, resultado de la deshidratación de la papa a temperatura ambiente, la cual de acuerdo a las condiciones de presión y temperatura propiciaron el escenario perfecto para liofilizar (Ramírez, 2006).

El proceso se empezó a aplicar a escala industrial durante la Segunda Guerra Mundial. Sin embargo, fue a inicios del siglo XIX (1813), cuando Wollaston da a conocer con el término Cryochem – preserved, un aparato para la sublimación del hielo llamado Cryophorus. El gran impulso de la aplicación industrial lo protagonizan productos para uso clínico, produciéndose a gran escala sueros y plasma humano, gracias a los trabajos de E.W. Flosdorf y S. Mudd (Tico, 1987).

Si bien Flosdorf y Mudd introdujeron el término liofilizar (1935), no fue sino hasta 1943 que el profesor Alexander Fleming, propuso formalmente el término liofilización, cuando la aplicó a gran escala en la producción de penicilina (Ramírez, 2006).

En 1958 se aplicó al sector alimentario y por ser una técnica costosa se enfocó a pocos alimentos, como la leche, las sopas, los huevos, la levadura, los zumos de frutas y el café (Ramírez, 2006).

La primera compañía en Latinoamérica que desarrolla esta tecnología es Liotécnica Ltda. en San Pablo, Brasil, construyendo sus propios liofilizadores a partir de 1970 (Ramírez, 2006).

En los últimos años ha crecido la cantidad de países que liofilizan alimentos. Particularmente en Latinoamérica se encuentran, además de Brasil; Ecuador, Colombia, Bolivia y Argentina. Chile por su parte posee sólo una planta de liofilización perteneciente a la empresa South-Am, cuya producción, que comienza el 2008, va destinada un 95% a exportación y la diferencia corresponde a producción para marcas propias de otras empresas (SouthAm, 2012).

1.1.1.1 Fundamentos de la Liofilización.

La liofilización es una modalidad de secado que consiste en la eliminación de agua por sublimación de la misma. Se debe trabajar a una presión y temperatura por debajo del punto triple (4,58 Torr y 0,008°C para el agua pura), ya que por debajo de éste no existe la fase líquida (Parzanese, 2012).

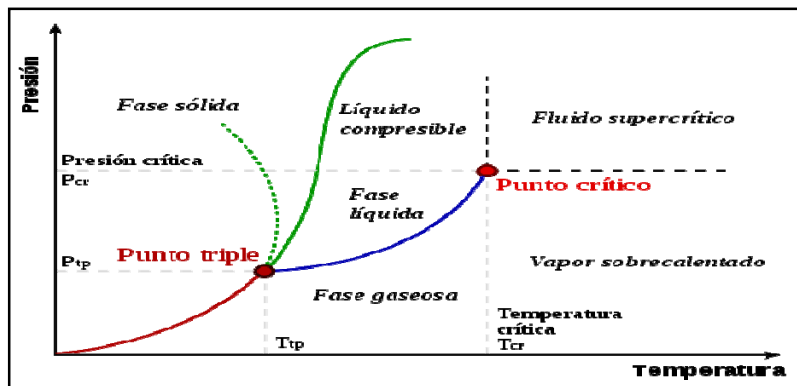


FIGURA 1. Diagrama de Cambio de Fase para Sistema de un Componente (UAM, 2009).

En la liofilización de alimentos, se comienza con el congelamiento de los mismos, para posteriormente, proceder al secado, siguiendo con un programa de aplicación de

temperaturas, a fin de establecer un equilibrio de la temperatura del alimento con la presión circulante (Rodríguez, 1986).

La liofilización consta de cuatro etapas principales:

- 1. Pretratamiento:** Esta etapa va a depender del material a liofilizar, hay algunos materiales biológicos que necesitan películas protectoras (crio protector) o bien simplemente, para maximizar superficie de contacto y así optimizar el proceso de liofilización, permitiendo que en la etapa de sublimación las moléculas de agua salgan rápidamente del producto (Galán, 2011).
- 2. Congelación:** La etapa de congelación es de extrema importancia, ya que ésta condiciona todas las etapas sucesivas. En el proceso de liofilización, cada núcleo cristalino formado durante el curso de la congelación inicial se vuelve un centro donde las moléculas de agua convergen de los alrededores. El número y tamaño de los cristales de hielo dependerán de la velocidad de congelación (Barreto, 1966). Si bien es cierto, una rápida velocidad de congelación permite conservar en mejores condiciones un alimento (Parzanese, 2012), cabe señalar que los congelamientos rápidos al producir cristales pequeños dificultan la retirada del vapor de agua (Terroni, 2012). Por lo que resulta indispensable controlar el crecimiento de núcleos de la congelación.
- 3. Secado Primario (Sublimación):** Es la etapa en la que la mayor parte del agua libre pasa a vapor. Los parámetros temperatura, presión y tiempo pueden ser modificados independientemente, pero están íntimamente relacionados, no es posible modificar sin que se afecten los otros, por lo que en todo momento deben ser considerados conjuntamente y analizados sus efectos (Navarro, 1998).

4. Secado Secundario (Desorción): En esta etapa se eliminan las últimas trazas de vapor de agua, evaporando el agua no congelada ligada al producto. Se lleva a cabo a una temperatura inferior a la de desnaturalización del producto y se logra una humedad final hasta valores inferiores al 1% (Navarro, 1998). Cabe señalar que para los alimentos liofilizados, logrando una humedad del 7 al 10% se considera como un proceso exitoso (Galán, 2011).

1.1.2 Industria Láctea: Escenario Económico.

El consumo mundial de leche y productos lácteos mantiene una tendencia creciente los últimos años. El crecimiento del consumo de productos lácteos, en América Latina y Asia, obedece al rápido crecimiento de la población urbana con mejor capacidad de gasto. Los consumidores de todo el mundo tienen una amplia gama de productos lácteos para escoger (FAO, 2004).

El consumo medio de productos lácteos en países desarrollados bordea los 205 kg p.c. anual; en cambio, en los países en desarrollo, el consumo medio sólo alcanza a 37 kg; en estos países la demanda continúa aumentando, pero queda todavía una enorme brecha por llenar (Gamarra, 2001). Chile responde a esta demanda internacional, según información publicada por ODEPA (2011). El comercio exterior del sector lechero en los primeros cuatro meses del año 2011 mostró un aumento significativo de las exportaciones, que alcanzaron los US\$ 75,5 millones, lo que representa un 46% de crecimiento respecto a lo registrado en igual período de 2010. En el Cuadro 1 se presenta la variación a nivel de producción en lácteos.

CUADRO 1. Variación en Elaboración de Productos Lácteos en Chile.

ELABORACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS						
Producto	Unidad	2009	Ene – Feb. 2010	2011	Valoración (%) 2010/2009	Variación (%) 2011/2010
Leche Fluida	L	56.431.802	55.688.803	55.870.690	-1,3%	0,3%
Quesillo	kg	1.241.530	1.336.822	1.445.223	7,7%	8,1%
Yogur	kg	27.727.116	30.100.864	32.905.846	8,6%	9,3%
Leche cultivada o Fermentada	kg	2.053.943	1.782.269	1.843.732	-13,2%	3,4%

FUENTE: FEDELECHE, con información ODEPA (FEDELECHE, 2011).

Se observa entonces que la industria de consumo lácteo está en crecimiento en Chile y el mundo, convirtiéndola en una buena plataforma para introducir la fruta liofilizada y así contribuir a la tendencia mundial por mejorar la alimentación del hombre.

1.1.3 Materia Prima: Frambuesa.

El rubro berries ha incrementado su importancia nacional en la última década, debido a un aumento de superficies cultivadas y de la demanda de los mercados internacionales por estos productos (Morales y cols, 2009).

La frambuesa (*Rubus idaeus L.*) es un berry destacado. Los primeros registros de su presencia en Chile datan del siglo XIX por parte de grupos de alemanes instalados en el sur del país. Su producción se concentra en las regiones del Maule y Bío – Bío. Según cifras del censo agropecuario (2007) existen en Chile 7.550 ha de las cuales el 60% se concentra en la región del Maule (Morales y cols, 2009).

Respecto a la valoración nutricional (Anexo 1), la frambuesa destaca por su alto contenido en fibra (fundamentalmente insoluble); así mismo, contiene importantes cantidades de vitamina C; también destaca por su contenido de niacina, ácido fólico y vitamina E; en cuanto a minerales destacan, magnesio, hierro y fósforo (FEN, 2012).

La frambuesa es conocida como un alimento de gran capacidad antioxidante, ya que junto a las vitaminas antes señaladas presenta alto contenido de compuestos fenólicos (monofenoles, polifenoles y flavonoides) entre los que se encuentran las antocianinas, claudinas, elagitaninos, ácido eláxico e hidroxicinamatos (FEN, 2012).

1.1.4 Análisis Sensorial.

La evaluación sensorial existe desde que el hombre ha probado las bondades y defectos de los alimentos. Con el tiempo los científicos han estructurado y desarrollado técnicas de evaluación sensorial que permiten determinar desde la aceptabilidad de un producto hasta establecer su valor económico (Meilgaard y cols, 2007). De allí la importancia de incluirlo en el desarrollo de un nuevo producto, ya que a través de los resultados de un estudio sensorial se puede determinar la viabilidad del producto alimenticio fuera del laboratorio, previendo la aceptación y preferencia por parte de los consumidores ante una nueva propuesta alimenticia en el mercado.

1.2 Objetivos.

1.2.1 Objetivo General.

Elaborar pulpa de frambuesa liofilizada y estudiar su aplicación en un yogur natural como reemplazo de colorantes y saborizantes.

1.2.2 Objetivos Específicos.

- Obtener curvas de congelación y secado de pulpa de frambuesa, para establecer un protocolo de liofilización.
- Obtener muestras de pulpa liofilizada de frambuesa con evaluación de humedad, control de peso y actividad de agua.

- Estudiar la rehidratación de pulpa liofilizada de frambuesa obtenida experimentalmente, y comparación con muestra comercial.
- Entrenar un panel de jueces para evaluar sensorialmente yogur con pulpa de frambuesa liofilizada.
- Definir un diseño experimental para formulación de yogur natural con pulpa liofilizada de frambuesa y azúcar, y aplicarlo a través de la elaboración de corridas experimentales para evaluación sensorial con panel de jueces entrenados.
- Optimizar la formulación de yogur con pulpa de frambuesa liofilizada y azúcar a través de la metodología de superficie de respuesta.
- Evaluar aceptabilidad y preferencia de la formulación optimizada de yogur con pulpa de frambuesa liofilizada con consumidores, en comparación con una muestra comercial de yogur con trozos de frambuesa.

1.3 Hipótesis.

Es posible usar pulpa liofilizada de frambuesa, en reemplazo de colorantes y saborizantes en un yogur natural, obteniendo un producto con buenas características sensoriales.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.

2.1 Liofilización: Determinación de Protocolo.

El proceso de liofilización se realizó en las dependencias de SAGU Ltda, ubicado en Parque Industrial de La Reina, quienes facilitaron el equipo marca Virtis® Advantage™ Plus Personal Freeze Dryers. Este liofilizador permite hacer mediciones a escala de laboratorio, donde se puede programar las etapas que conforman el protocolo de liofilización dependiendo del producto; ingresando variables de presión, temperatura y tiempo.

El registro del avance del proceso se realizó en forma manual en intervalos de tiempo de 5 a 10 min dependiendo de la etapa que se estudió, posteriormente se transcribió en planilla de Microsoft Office Excel 2007 para poder elaborar los gráficos correspondientes.

Para la determinación del protocolo de liofilización se utilizó de referencia temperaturas y tiempos de procesos de liofilización de frutilla y mora, ya que pertenecen a la misma familia y poseen características similares en su composición (Cabral y López, 2010).

2.1.1 Congelación

De acuerdo a la información recopilada respecto a la liofilización de frutillas y mora, se estimó un ciclo inicial de congelación que llegara a -40°C (Viteri y Cornejo, 2010); (Amrani y Brigui, 2007), con una duración de 250 min de manera de tener una apreciación general del tiempo límite máximo en que tardara en llegar la pulpa a la temperatura programada. De acuerdo a la curva obtenida se acotó el tiempo al mínimo donde alcanzara la temperatura antes señalada.

El control de la temperatura se llevó a cabo por medio de termocuplas integradas en el equipo. La programación de la presión estuvo dada por una tabla entregada por el fabricante del equipo, la cual de acuerdo a la temperatura con la que se desea trabajar entrega la presión que se debe programar (Anexo 2).

2.1.2 Secado Primario y Secundario.

Para la determinación de las curvas de secado se procedió de igual forma que en el punto anterior, basándose en la lectura de artículos científicos, se estimó como punto de partida una escala de temperatura para programar un período de tiempo inicial de 2580 min (43 h), período que se fue acortando en diferentes pruebas hasta optimizar tiempo en función al producto final, el cual debía cumplir con baja actividad de agua y bajo contenido de humedad.

Respecto a la programación de presión, al igual que el punto anterior se utilizó la tabla entregada por el fabricante (Anexo 2).

2.2 Humedad y Control de Peso.

La humedad fue determinada de acuerdo a NCh84.Of78 (Anexo 3), en duplicado de manera de verificar que el producto obtenido tuviera como máximo entre un 7% y 10% de humedad que es lo que se espera en alimentos liofilizados (Galán, 2011). Además se registró peso inicial y final de la pulpa de frambuesa, de manera de determinar la diferencia de masa que representa la pérdida de agua.

2.3 Actividad de Agua.

Para controlar la actividad de agua (a_w) se utilizó el método de interpolación gráfica, el cual se basa en la variación que experimenta un alimento al ponerlo en contacto con diferentes ambientes, dados por las diversas humedades relativas que entregan las sales cuando están como soluciones saturadas (Gómez, 1998).

Se dispuso un set de 5 cámaras herméticas construidas especialmente para el desarrollo de esta memoria. En cada una de ellas se introdujo una solución saturada de sales (Anexo 4).

2.4 Rehidratación.

La rehidratación se realizó en forma comparativa con las muestras obtenidas del laboratorio y con muestras comerciales de pulpa liofilizada sin semilla, “Red Raspberry Powder”, marca Nutri Fruit y frambuesas enteras liofilizadas, “Raspberries Fruits, Premium Freeze Dried”, marca Thrive. Ambas importadas desde Estados Unidos.

Se eligió dos medios de hidratación, correspondientes a agua potable y yogur natural. En un recipiente transparente de masa conocida, se pesó un gramo del producto liofilizado y se agregó 5 mL del medio hidratante, se midió el tiempo de rehidratación con cronómetro y mediante control visual se definió si el producto logró hidratarse, en ese punto se quitó el exceso del medio hidratante y se pesó posteriormente (Arriola y cols, 2006).

2.5 Almacenamiento de Muestras.

Las muestras obtenidas se guardaron en bolsas Bag 22 de PE alta barrera, y fueron selladas en un empacador al vacío Foodsaver™ Oster™ modelo V 2240 y luego almacenadas en lugar sin luz, seco y a temperatura ambiente.

2.6 Formación del Panel Sensorial.

Para la formación de un panel entrenado se utilizó las dependencias del laboratorio de Evaluación Sensorial de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la Universidad de Chile.

2.6.1 Reclutamiento y Elección.

El reclutamiento fue dirigido a alumnos y egresados de la carrera de Ingeniería en Alimentos de la Universidad de Chile, que estuviesen cursando o hayan aprobado la asignatura de Evaluación Sensorial. Los requisitos adicionales fueron la disponibilidad de tiempo y motivación por participar.

2.6.2 Selección.

Para la selección se aplicaron las pruebas descritas a continuación:

2.6.2.1 Umbral de Identificación para Gusto Salado.

Se preparó una solución madre pesando 25 g de NaCl en balanza con precisión 0,1 g, luego se disolvió en un vaso de precipitado y se llevó a un matraz aforado de 250 mL. Se prepararon 10 diluciones y se guardaron en botellas de vidrio codificadas con las claves señaladas en Anexo 5. Se usaron por persona 10 vasos plásticos desechables marcados del 1 al 10 (Jellinek, 1985).

Se pidió a los jueces que degustaran cuidadosamente la serie de 10 muestras entregadas en orden creciente de concentración, correspondiente al gusto salado. La tarea del juez consistió en describir las sensaciones percibidas y traspasarlas a la ficha de respuesta, la cual indicaba la nomenclatura a utilizar (Anexo 6).

Como umbral de identificación se consideró la concentración a la cual el juez reconoció correctamente el gusto salado y no volvió a equivocarse en las concentraciones posteriores. Se le asignó un 100% de acierto hasta la identificación de umbral salado a una concentración de 0,06 g/100mL; un 70% de acierto hasta la identificación de umbral salado a una concentración de 0,1 g/100 mL y un 30% acierto hasta la identificación de umbral salado a una concentración de 0,2 g/100mL.

Para aprobar este test, el juez debió identificar el gusto salado a una concentración a lo más de 0,1 g/100 mL, que equivale a un 70% de acierto (Jellinek, 1985). Para la realización de este test, se ocupó 1 sesión.

2.6.2.2 Test Ordenamiento de Colores: Rojo, Verde y Amarillo.

Se le presentó a cada juez una serie de 10 tubos del mismo color en distintas concentraciones (Anexo 7) y se les pidió que los ordenaran de manera creciente según su intensidad de color, de izquierda a derecha, con un descanso de 20 min entre cada evaluación (Jellinek, 1985). Para la preparación de la solución madre se utilizó colorantes artificiales marca Gourmet: para el color verde; azul brillante, tartrazina y amarillo crepúsculo; para el color rojo, ponceau 4R y para el color amarillo, tartrazina y amarillo crepúsculo. El panelista debió anotar la respuesta en la hoja de evaluación adjunta en Anexo 8.

Para la aceptación o rechazo de los jueces se calculó el porcentaje de aciertos en base a las tres series de colores evaluadas. Fueron aceptados y pasaron a la siguiente etapa de entrenamiento aquellos participantes que obtuvieron un porcentaje mayor al 50% de aciertos (Jellinek, 1985). Para la realización de este test fue necesaria una sesión.

2.6.2.3 Test Triangular.

Se presentaron tríos de muestras, en cada trío hubo dos muestras iguales y una distinta, se pidió identificar la muestra distinta e indicar la razón para su elección. La ficha de respuesta se encuentra en Anexo 9.

Se aplicaron test triangulares con productos hechos en el laboratorio: pan y sopaipillas, y con productos comerciales: arroz con espárragos (Marca Tucapel), yogur con trozos de frambuesa (Marca Next de Soprole) y pulpa de frambuesa fresca. Los productos usados se detallan en el Cuadro 2, con sus respectivas variaciones.

CUADRO 2. Productos y Variaciones para Aplicación de los 10 Test Triangulares.

Producto	Cambio introducido
Hallulla	Tiempo de fermentación (0 min-20 min), lo demás igual para ambos
Hallulla	Temperatura de horneado (180°C-200°C), lo demás igual para ambos
Sopaipilla	Cantidad zapallo (100 g-20g), a 170°C, por 4 min
Sopaipilla	Temperatura de fritura (150°C-170°C), 60 g de zapallo
Arroz	Tiempo de cocción de arroz preparado (20 min-30 min)
Arroz	Adición de sal a un paquete de arroz preparado de 210 g (0 g-1,5 g)
Arroz	Marcas de arroz preparado: Líder con espárragos/Tucapel con espárragos
Pulpa	Natural y liofilizada
Yogur	Next con trozos de fruta y Next con pulpa natural
Yogur	Next con pulpa natural y Next con pulpa liofilizada

Para la aceptación o rechazo de los jueces se contabilizaron los resultados de los 10 test triangulares a través del porcentaje de aciertos. Fueron aceptados y pasaron a la siguiente etapa de entrenamiento aquellos participantes que obtuvieron un porcentaje mayor al 50% de aciertos como mínimo en los 10 tríos (Meilgaard y cols, 2007). Cinco sesiones fueron necesarias para realizar esta etapa.

2.6.3 Entrenamiento.

Los participantes que pasaron la etapa de selección, es decir, que tuvieron 50% o más aciertos en ordenamiento de colores; 50% o más aciertos en el test triangular; 70% o más en la identificación de umbrales para gusto salado; y además una asistencia mínima de 80%, fueron entrenados para la evaluación de yogur con pulpa liofilizada de frambuesa.

Para ello se procedió a la evaluación descriptiva de yogur con pulpa de frambuesa. En una primera sesión (Mesa redonda), se presentaron distintas marcas comerciales de yogur con trozos de frambuesa, yogur batido sabor frambuesa, yogur natural y frambuesas frescas. La idea fue conversar con los jueces sobre que esperaban ellos al consumir un yogur con pulpa de frambuesa en relación a lo que existe en el mercado y mezclando los ingredientes puros, para que de esa manera tuvieran una visión clara del concepto de un yogur con pulpa de frambuesa en cuanto a color, aroma y sabor.

Una vez que se discutió grupalmente, se les pidió escribir las características principales por atributo para un yogur natural con pulpa de frambuesa (color, apariencia, aroma, consistencia con cuchara, sabor y textura bucal) de acuerdo a la experiencia realizada, tanto las positivas como las que consideraran negativas frente al producto, y que le asignaran una calificación numérica de 1 a 9.

Con los resultados se procedió a construir la Tabla de Valoración de Calidad de Karlsruhe específica para Yogur con Pulpa de Frambuesa. La tabla consta de nueve puntos, los cuales se agrupan en tres grados de calidad y ellos a su vez se subdividen en tres subgrupos tal como se señala en el Cuadro 3.

CUADRO 3. Grados de Calidad, Calificación Verbal y Calificación Numérica.

GRADOS	CALIFICACIÓN VERBAL	CALIFICACIÓN NUMÉRICA
Grado 1. Características Típicas	Excelente	9
	Muy buena	8
	Buena	7
Grado 2. Deterioro Tolerable	Satisfactoria	6
	Regular	5
	Suficiente	4
Grado 3. Deterioro Indeseable	Defectuosa	3
	Mala	2
	Muy mala	1

Posterior a esta sesión se pre-diseñó la tabla, de manera que en una segunda sesión de entrenamiento se presentaron dos muestras de yogur con pulpa de frambuesa liofilizada, esta vez se evaluó en cabinas individuales y se les pidió a los jueces corregir la tabla de valoración agregando o eliminando características si así lo estimaban conveniente, de acuerdo a lo discutido en la sesión anterior, de manera de establecer una versión final de la Tabla de Valoración de Calidad para Yogur con Pulpa de Frambuesa (Anexo 10).

2.7 Diseño Experimental: Método de Superficie de Respuesta (MSR).

Se diseñó una superficie de respuesta con 2 factores y 6 variables de respuesta en el programa estadístico Statgraphics Centurion XV.II.

Los factores (X_1 , X_2) correspondieron a la concentración de pulpa liofilizada y concentración de azúcar en una matriz de yogur natural marca Tinguiririca. Para la determinación de niveles (máximo y mínimo) de ambos factores, se realizó una sesión de evaluación con cuatro formulaciones preliminares (cuadro 4), abarcando distintos límites de concentración, de manera de ver la reacción por parte de los jueces y de acuerdo a los resultados obtenidos fijar los rangos de formulación para el diseño experimental.

CUADRO 4. Concentraciones Preliminares para Obtención de Rangos de Factores para Diseño Experimental.

Concentración Azúcar (g)	Concentración Pulpa Liofilizada de Frambuesa (g)
20	1
20	6
50	3
50	8

NOTA: Concentración respecto a 200 g de yogur.

Respecto a las variables de respuesta (Y) se consideraron los atributos señalados en el punto 2.6.3 correspondientes a: color, apariencia, aroma, consistencia (con cuchara), sabor y textura (bucal).

Se aplicó un modelo central rotacional compuesto (2^2 +estrella) con tres puntos centrales para determinar el error experimental (Figura 2), para lo cual se obtuvo 11 corridas experimentales.

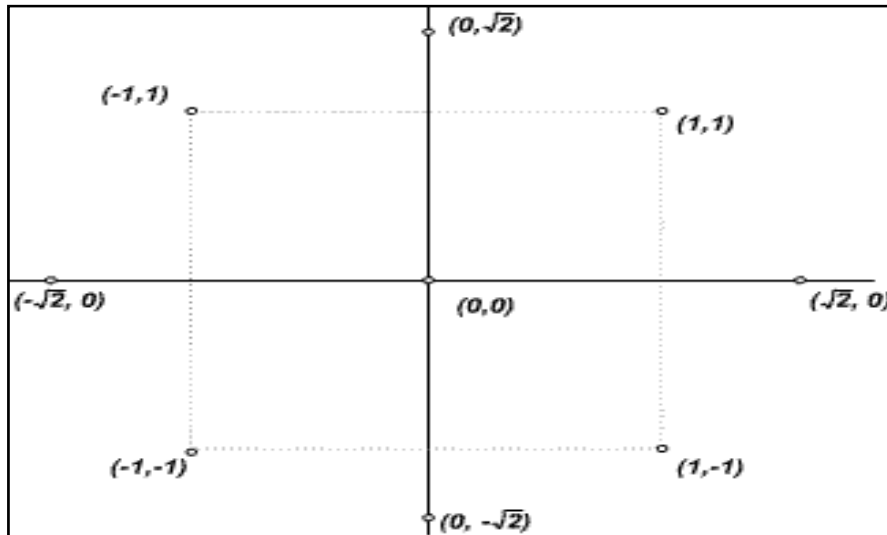


FIGURA 2. Diseño Central Rotacional Compuesto (Myers y Montgomery, 2002)

2.7.1 Evaluación Sensorial de Corridas del Diseño Experimental.

Una vez obtenidas las 11 corridas del diseño, se citó a los panelistas a una sesión semanal durante un mes (4 sesiones en total) en las que evaluaron las corridas experimentales en el orden aleatorio que otorgó el programa. Se evaluaron tres corridas en las tres primeras sesiones, y dos corridas en la última sesión. La elaboración de las muestras correspondientes a las corridas se hizo el mismo día en que fueron evaluadas.

Se presentó una bandeja a cada juez que contenía: la tabla de valoración de la calidad de Karlsruhe para yogur con pulpa de frambuesa; ficha de evaluación; muestra en vaso plástico codificado con 3 dígitos al azar; vaso de agua; cuchara plástica y lápiz. Las muestras se presentaron en forma monádica (una a la vez).

2.7.2 Tratamiento de Resultados de Evaluación de Corridas Experimentales.

Se realizó un análisis ANOVA de dos factores (muestras y jueces), en el programa estadístico Statgraphics Centurion XV.II., para cada uno de los atributos evaluados (color, apariencia, aroma, consistencia, sabor y textura) de las 11 corridas. Los atributos a optimizar no debían presentar diferencias entre jueces ($p \geq 0,05$), pero sí entre muestras ($p \leq 0,05$).

La optimización por ajuste de ecuaciones de regresión cuadráticas se realizó para cada atributo que presentó diferencias entre muestras y no entre jueces. Se eliminaron los factores no significativos del modelo, hasta llegar a la ecuación final. Como criterio para un buen ajuste del modelo, se consideró un coeficiente de determinación (R^2) lo más cercano a 1, aceptando valores mayores o iguales a 0,70. La optimización se realizó a través de superficies de respuesta con el criterio de maximización de calidad.

Con el fin de maximizar la respuesta para todos los atributos que pudieron ser optimizados por separado, se realizó una optimización múltiple, en la que se graficó la superficie de respuesta estimada y los factores óptimos para lograr la deseabilidad del producto. Se obtuvo una función de deseabilidad en escala de 0 a 1, que maximiza las variables de respuesta, en donde se busca una deseabilidad cercana a 1 para un buen ajuste del modelo.

2.8 Estudio con Consumidores.

Se realizaron dos pruebas cuantitativas: test de aceptabilidad y preferencia con consumidores, cuya finalidad fue validar los resultados del panel de evaluación sensorial, para determinar si la fórmula optimizada presenta aceptabilidad y también ver si existe preferencia frente a un yogur comercial. Luego de hacer una exhaustiva evaluación visual en distintos supermercados de la ciudad de Santiago y comparando

las distintas marcas del mercado, se concluyó que el producto más parecido a las muestras a evaluar correspondía al yogur Next Trozos de Frambuesa, marca Soprole.

Para tener representatividad de la población objetivo, el tamaño muestral debe estar en un rango de 50 a 400 consumidores, por lo que, considerando además el alto costo de producción de las muestras, se optó por el límite de 50 que cumplieran con el requisito de ser consumidores de yogur (Meilgaard y cols, 2007).

2.8.1 Diseño del Cuestionario.

La primera parte del cuestionario se diseñó para establecer el único filtro del estudio, el cual correspondía al consumo de yogur, por tanto quienes respondieron afirmativamente esta pregunta aprobaron el filtro para continuar la encuesta. Además se realizaron preguntas para la caracterización general de los encuestados: rango de edad, frecuencia de consumo y si era consumidor de frambuesa (sola o en preparaciones).

La segunda parte se diseñó para que los consumidores pudieran evaluar cada una de las muestras en forma monádica, entregando las muestras en forma aleatoria, (ver cuestionario en Anexo 11).

Los parámetros a evaluar fueron los siguientes:

1. Agrado General: evaluada en escala hedónica de 7 puntos, donde 1 correspondía a “me disgusta mucho” y 7 a “me gusta mucho”.

Luego se realizaron las siguientes preguntas abiertas:

- ¿Hay algo que le gustó especialmente?, Si contestó que sí, ¿qué le gustó especialmente?
- ¿Hay algo que le desagradó especialmente?, Si contestó que sí, ¿qué le desagradó especialmente?

2. **Color:** evaluada en una escala balanceada de justo agrado, de -2 a +2, en que -2 correspondía al color “mucho más claro de lo que me gusta” y +2 al “mucho más oscuro de lo que me gusta”.
3. **Sabor:** evaluada en escala hedónica de 7 puntos, donde 1 correspondía a “me disgusta mucho” y 7 a “me gusta mucho”.
4. **Dulzor:** evaluada en una escala balanceada de justo agrado, de -2 a +2, en que -2 correspondía al dulzor “mucho menos dulce de lo que me gusta” y +2 al “mucho más dulce de lo que me gusta”.
5. **Acidez:** evaluada en una escala balanceada de justo agrado, de -2 a +2, en que -2 correspondía a la acidez “mucho menos ácido de lo que me gusta” y +2 al “mucho más ácido de lo que me gusta”.

Una vez finalizada la evaluación de la primera muestra, el consumidor debió dar aviso para que se cambiara la muestra y seguir el mismo procedimiento con la segunda, y al terminar debió pedir que le devolvieran la primera muestra evaluada con la finalidad de comparar, e indicar cuál fue la muestra preferida y por qué.

2.8.2 Análisis de Datos.

2.8.2.1 Evaluación de Respuestas Escala Hedónica.

Con el programa estadístico Statgraphics Centurion XV.II., se realizó un análisis de varianza de dos vías entre consumidores y muestras ($p \leq 0,05$).

Se contabilizó el porcentaje de agrado y desagrado de las muestras. Los puntajes 6 y 7 se consideraron de agrado, los puntajes de 1 a 4 se consideraron de desagrado y los puntajes equivalentes a 5 no se usaron por considerarse neutros.

2.8.2.2 Preguntas Abiertas de Agrado y Desagrado.

Recopilación de respuestas positivas y negativas. Expresión en porcentajes del total de consumidores encuestados.

2.8.2.3 Evaluación de Respuestas Escala Balanceada.

Se contabilizó el porcentaje de consumidores que consideró que el atributo está justo como le gusta (puntaje 0), menos intenso de lo que le gusta (puntaje -2 y -1) o más intenso de lo que le gusta (puntaje 1 y 2).

2.8.2.4 Evaluación de Preferencia.

Se realizó una prueba de comparación por parejas. Para ello los consumidores al finalizar las pruebas individuales de cada muestra debían comparar ambas simultáneamente e indicar cuál de ellas era su preferida, señalando las razones de su elección (AENOR, 1992).

Luego se procedió a la recopilación de preferencias para cada muestra. El mayor de los dos totales se comparó con los valores de la tabla basada en la distribución binomial (Anexo 12) de manera de determinar si existe una preferencia significativa entre las muestras con un nivel de significación del 5% (AENOR, 1992).

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

3.1 Protocolo de Liofilización.

Para establecer el protocolo de liofilización en primera instancia se determinó la curva de congelación óptima y posteriormente se programaron distintos ciclos de secado hasta llegar a un tiempo mínimo que en conjunción a las variables de presión y temperatura permitieran obtener un producto final de bajo porcentaje de humedad y actividad de agua.

3.1.1 Congelación.

En primer lugar se programó el liofilizador para un ciclo de congelación que llevara la pulpa de frambuesa a 10 grados bajo su temperatura de congelación, es decir a -40°C (Amrani y Brigui, 2007), al no conocer en cuanto tiempo se llegaría a esta temperatura, se registró cada 5 min completando un ciclo de 250 min (Anexo 13), obteniéndose una curva que permitió conocer el comportamiento de la pulpa de frambuesa en su proceso de congelación, estableciéndose 3 escalones de tiempo para el descenso controlado de la temperatura (Cuadro 5) y así poder tener mayor intervención sobre la formación de núcleos de cristalización (Galán, 2011).

CUADRO 5. Programación Inicial de Congelación para Pulpa de Frambuesa en Equipo Liofilizador.

Paso	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Tiempo (min)
1	$t_0 - 0$	35
2	$0 - (-20)$	25
3	$(-20) \text{ a } (-40)$	65

NOTA: t_0 : indica la temperatura inicial de la muestra, correspondiente a temperatura ambiente.

Una vez terminado estos escalones de temperatura, el equipo otorga una etapa de estabilización de la temperatura de congelación a -40°C , que duró 10 min, dando un

tiempo total de congelación de 135 min (Anexo 14). La curva obtenida aparece en la Figura 3.

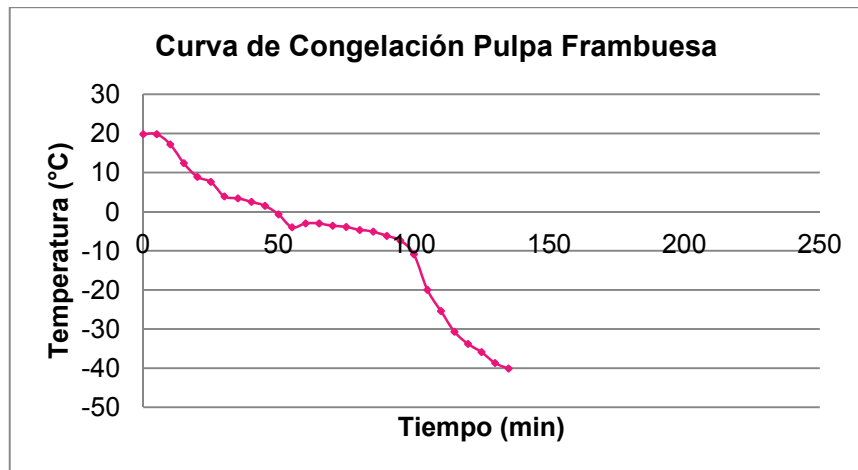


FIGURA 3. Curva de Congelación para Proceso de Liofilización.

La congelación define la estructura cristalina del producto procesado, es un factor determinante para la fase de secado y de rehidratación, de ahí la importancia de hacer una congelación programada en etapas, variando tiempo y temperatura de manera de controlar el tamaño del cristal que se forma (Galán, 2011).

3.1.2 Secado Primario y Secundario.

Se realizó un ciclo inicial de larga duración (Anexo 15), con la finalidad de ver en qué punto la pulpa de frambuesa igualaba el comportamiento de temperatura de las bandejas del liofilizador, ya que son éstas las guías en cuanto a la variación de temperatura del producto (Galán, 2011). Una vez determinada la intersección de las curvas y comprobado que los valores de humedad y actividad de agua cumplieran con los valores recomendados (Navarro, 1998), se procedió a acotar el proceso manteniendo las variables de temperatura y presión.

Cabe señalar que en todo el proceso existen vacíos de registro, ya que al ser éste manual y considerando el largo tiempo de proceso, éste continuó en las noches donde no se podía monitorear.

De esta manera se llegó a un ciclo final de 23,25 h:

CUADRO 6. Etapa Secado para Ciclo Final de Liofilización 23,25 h.

Secado Primario				
Paso	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Mantención/rampa	Presión (mTorr)
1	-15	1140	M	200
Secado Secundario				
*Secondary Set Point (°C)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Presión (mTorr)	
35	25	120	200	

* Secondary Set Point, es la temperatura recomendada por el fabricante (10°C sobre la temperatura de secado secundario), para controlar que la muestra no sobrepase ese punto.

Con este ciclo (Figura 4, Anexo 16) se logró un tiempo menor manteniendo los rangos permitidos de a_w y humedad (Navarro, 1998). Cabe señalar que este ciclo aún se puede optimizar en cuanto a densidad de carga de la materia prima y variación de presión, sin embargo no fue posible realizar un estudio más acabado por disponibilidad del equipo de liofilización.

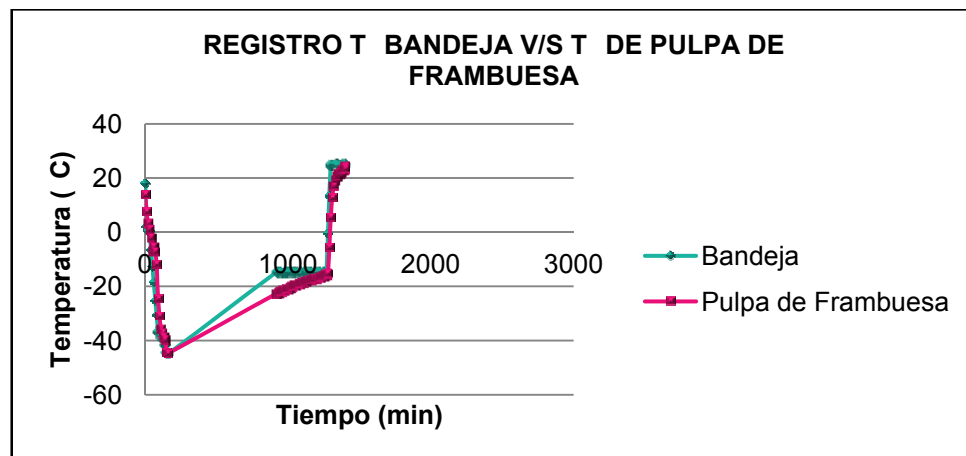


FIGURA 4. Ciclo de liofilización final (23,25 h).

La desventaja más grande que presenta la liofilización es su costo elevado en gasto eléctrico, de allí la importancia de reducir tiempos optimizando las variables. Como se mencionó anteriormente, en esta oportunidad sólo se pudo reducir tiempo, por lo que queda en manifiesto que para futuras investigaciones este ciclo se puede reducir aún más en tiempo; logrando disminuir en consecuencia, los gastos asociados a electricidad, lo que finalmente se ve reflejado en el precio final del producto (Ramírez, 2006).

3.2 Humedad y Pérdida de Peso.

La humedad de pulpa fresca de frambuesa y de pulpa liofilizada se presenta a continuación (Anexo 17):

CUADRO 7. Tabla con Porcentajes de Humedad y Desviación Estándar para Pulpa de Frambuesa Fresca y Pulpa de Frambuesa Liofilizada.

Muestra	%Humedad \pm DS
Pulpa de frambuesa	83,5 \pm 0,6
Pulpa de frambuesa liofilizada	6,9 \pm 1,2

NOTA: DS = Desviación Estándar.

Se puede apreciar de acuerdo a los resultados que se produce una considerable pérdida de humedad durante la liofilización, además la humedad bajo el 7% de la pulpa liofilizada, indica que el ciclo de liofilización fue adecuado ya que cumple con los parámetros establecidos para alimentos liofilizados (Galán, 2011).

Respecto al control de peso dentro del proceso de liofilización, se registró el valor inicial y final de la muestra, obteniéndose un 83,7 \pm 0,2% de pérdida de peso, lo que reafirma que se logró un exitoso ciclo de liofilización, aunque éste no fue optimizado (Galán, 2011).

Si se considera la composición nutricional de frambuesa fresca (FEN, 2012), donde se indica que un 87% corresponde a agua, se puede predecir que, optimizando

el proceso, la pérdida de peso aumentaría y por cierto los porcentajes de humedad disminuirían (Parzanese, 2012).

3.3 Actividad de Agua.

La actividad de agua (a_w) obtenida para frambuesa fresca y para pulpa de frambuesa liofilizada se muestra en el cuadro siguiente (Anexo 18):

CUADRO 8. Actividad de Agua (a_w) para Frambuesa Fresca y Pulpa de Frambuesa Liofilizada.

Muestra	$a_w \pm DS$
Frambuesa Fresca	0,92 \pm 0,05
Pulpa de Frambuesa liofilizada	0,28 \pm 0,07

NOTA: DS = Desviación Estándar.

Para el ciclo descrito, la a_w disminuyó aproximadamente en un 60%, dejando el producto dentro de los rangos requeridos para su conservación como alimento liofilizado (Ramírez, 2006).

3.4 Rehidratación.

CUADRO 9. Tiempo de Rehidratación para Muestras de Frambuesa y Pulpa de Frambuesa Liofilizada en Agua y Yogur.

MUESTRA	MEDIO HIDRATANTE	
	AGUA POTABLE	YOGUR NATURAL
	Tiempo (s) \pm DS	Tiempo (s) \pm DS
Pulpa sin Semilla ¹	8 \pm 1,4	5,5 \pm 0,7
Fruta Entera ¹	15,5 \pm 0,7	289,2 \pm 20,5
Pulpa con Semilla²	23,5 \pm 2,1	224,1 \pm 24

¹ Superíndice indica muestra comercial. ² Superíndice indica muestra de laboratorio. DS = Desviación Estándar. (Detalle Anexo 19).

Se puede apreciar que la rehidratación en agua es prácticamente instantánea para los 3 casos, destacando en primer lugar la pulpa sin semilla, lo cual se debe a que hay mayor superficie de contacto con el agua, no así en la fruta entera o pulpa con semilla, donde parte de la superficie va conectada con las semillas retardando por su

hidratación. Pese a presentar un tiempo mayor que la primera muestra indicada en el Cuadro 9, las tres muestras cumplen con hidratar en agua en un tiempo menor o igual a 30 s, que es lo que se espera en un producto liofilizado (Galán, 2011).

Respecto a la rehidratación en yogur, sólo la muestra comercial sin semillas logra hidratarse instantáneamente, coloreando el medio hidratante en 5,5 s promedio (Anexo 20), lo cual se explica igualmente por la superficie expuesta que presenta y la dispersión de las partículas de la muestra. La muestra obtenida en el laboratorio queda en segundo lugar con 4 min, mientras que para la frambuesa entera se observa el mayor tiempo (4,6 min). Si ambas muestras fuesen tratadas por un proceso de molienda y tamizado, probablemente reducirían su tiempo de rehidratación, acercándose al valor otorgado por la muestra comercial sin semillas.

3.5 Formación de Panel Sensorial

3.5.1 Reclutamiento y Elección de Panelistas

Se reunió a 14 alumnos y egresados de la carrera de Ingeniería en Alimentos de la Universidad de Chile, que estuviesen cursando o hayan cursado la asignatura de Evaluación Sensorial como requisito inicial, además de contar con disponibilidad y motivación para formar parte del panel de jueces evaluadores.

3.5.2 Selección de Panelistas

3.5.2.1 Resumen Selección: Identificación de Umbral Gusto Salado, Ordenamiento de Colores y Test Triangular.

En el Cuadro 10 se presentan los porcentajes de acierto por juez en cada test realizado.

CUADRO 10. Resumen de la Selección de Panel.

Juez	% Acierto Identificación Umbral Salado	% Acierto de Test de Ordenamiento de Colores	% Acierto de Test Triangulares
I	70	40	43
II	100	63	100
III	100	53	67
IV	100	43	67
V	100	67	80
VI	70	50	50
VII	100	50	80
VIII	100	73	56
IX	100	50	50
X	100	73	50
XI	70	70	86
XII	100	87	83
XIII	70	47	70
XIV	100	70	71

NOTA: 1. Las filas destacadas corresponden a los jueces eliminados del proceso por bajo aciertos.
2. El detalle de estos resultados se encuentra en anexo 21.

De acuerdo a lo indicado en el punto 2.6.2.1, para el umbral de identificación de gusto salado, todos aquellos jueces que tuvieron un porcentaje de acierto igual o superior al 70% fueron aprobados, por lo tanto, como se puede ver en el Cuadro 10, el 100% de los jueces aprobó este test. Respecto al test de ordenamiento de color, se obtuvo que el 79% de los jueces logró el porcentaje de aciertos admitidos. Finalmente para la aplicación de test triangular, el 93% de los jueces cumplió con el criterio de aceptación.

Por lo tanto, y tal como se detalla en el Cuadro 10, un 79% de los panelistas evaluados (equivalente a 11 jueces) cumplen con los requisitos para seguir el proceso de entrenamiento. Cabe señalar, sin embargo, que uno de los seleccionados por motivos personales no pudo continuar como miembro del panel, quedando finalmente un total de 10 jueces evaluadores para la etapa de entrenamiento.

3.5.3 Entrenamiento

La primera sesión de entrenamiento se realizó alrededor de una mesa redonda, con una duración aproximada de una hora. Tal como se describió en el punto 2.6.3.,

consistió en la discusión abierta sobre el concepto y sobre qué se espera al consumir un yogur con pulpa de frambuesa, determinando de esta manera en forma preliminar los atributos característicos (color, apariencia, aroma, consistencia con cuchara, sabor y textura bucal) y sus límites tanto positivos como negativos en cuanto a calidad.

Se agruparon los descriptores tanto positivos como negativos para cada atributo, los cuales se indican en el Cuadro 11.

CUADRO 11. Características Principales Descritas por Panel de Jueces para Atributos de Yogur con Pulpa de Frambuesa.

Atributo	Características Principales Positivas	Características Principales Negativas
Color	Intenso y natural a frambuesa, buen brillo	Pálido, poco brillo
Apariencia	Natural a pulpa de frambuesa, buena distribución de semilla	Ausencia de semillas, predomina la matriz de yogur
Aroma	Intenso a frambuesa, bien equilibrado con yogur	Poco específico a frambuesa
Consistencia (cuchara)	Buen cuerpo, característico de yogur, buena uniformidad.	Consistencia líquida
Sabor	Específico a frambuesa, bien equilibrado yogur - frambuesa y dulzor - acidez	Sin sabor a frambuesa, desequilibrio dulzor – acidez
Textura (bucal)	Muy cremoso, con alta identificación de pulpa con semillas características de frambuesa.	Poco cremoso, exceso o ausencia de semillas de pulpa de frambuesa. Poco suave.

Considerando los extremos positivos y negativos de la escala de valoración de la calidad se diseñó la tabla de evaluación de calidad para yogur con pulpa de frambuesa según el esquema de Karlsruhe. En una segunda sesión, donde los panelistas evaluaron muestras de yogur con pulpa de frambuesa liofilizada en forma individual, se ajustó la tabla de acuerdo al criterio de los jueces, dando como resultado una tabla final de valoración (Anexo 10).

3.6 Diseño Experimental

Para determinar los niveles de los factores en el diseño experimental, se evaluaron cuatro concentraciones preliminares, las que se presentan en el Cuadro 12.

CUADRO 12. Evaluación Promedio para Concentraciones Preliminares.

CONCENTRACIÓN (g)		VALORACIÓN PROMEDIO					
Azúcar	Pulpa Liofilizada de Frambuesa	Color	Apariencia	Aroma	Consistencia (c/cuchara)	Sabor	Textura (bucal)
20	1	3,4	3,9	4,8	4,8	4,6	4,4
20	6	8,1	7,5	6,7	5,9	6	5,8
50	3	5,5	4,8	6,2	5,5	5,5	5,9
50	8	8,6	7,7	7,1	5,7	6,9	6,1

NOTA: 1. Evaluación [7-9]: Grado 1 (Características Típicas); Evaluación [4-6]: Grado 2 (Deterioro Tolerable) y Evaluación [1-3]: Grado 3 (Deterioro Indeseable).

2. Concentración respecto a 200 g de yogur.

Se determinó que el límite superior de concentración de pulpa de frambuesa liofilizada estaría dado por el costo de esta materia prima y no por la evaluación de los jueces, ya que éstos presentaron tendencia de evaluar mejor la muestra mientras mayor concentración de pulpa presentaba. Respecto a la determinación de los niveles de azúcar, se optó por dar un rango amplio (5 a 60 g/ 200 g yogur), teniendo como referencia central la composición de un yogur tradicional (15g azúcar/100g yogur), puesto que de la evaluación preliminar no se pudo observar una tendencia clara para definir los niveles mínimo y máximo de este factor.

De acuerdo al análisis de estos rangos preliminares se determinaron los puntos para el modelo central rotacional compuesto indicados en Cuadro 13.

CUADRO 13. Concentraciones de Azúcar y Pulpa de Frambuesa Liofilizada para Modelo Central Rotacional.

	-√2	-1	0	1	√2
Concentración de Azúcar (g)	5	13	30	52	60
Concentración de Pulpa de Frambuesa Liofilizada (g)	1	2,3	5	8,7	10

NOTA: Concentración respecto a 200 g de yogur.

3.6.1 Evaluación Sensorial de las Corridas del Diseño Experimental.

En el Cuadro 14 se presentan las corridas obtenidas del diseño experimental, junto a la evaluación promediada de los jueces (detalle Anexo 22). Estos resultados fueron sometidos a un análisis ANOVA multifactorial entre muestras y jueces de acuerdo a cada atributo, los cuales se señalan en el mismo cuadro.

CUADRO 14. Evaluación Promedio por Atributo para Corridas de Diseño Experimental.

CORRIDA	CONCENTRACIÓN (g)		VALORACIÓN PROMEDIO POR ATRIBUTO					
	Azúcar	Pulpa Liofilizada	Color	Apariencia	Aroma	Consistencia (c/ cuchara)	Sabor	Textura (bucal)
A	4,9	5,5	6,9	6,8	5,8	7,3	4,8	6,5
B	13,0	2,3	4,0	4,3	4,8	4,5	4,2	5,1
C	13,0	8,7	8,0	8,2	6,8	7,9	6,4	7,2
D	32,5	1,0	2,9	2,9	4,5	4,3	4,7	4,4
E	32,5	10,0	8,7	8,8	7,3	8,5	8,4	7,9
F	52,0	2,3	4,0	3,5	4,6	6,0	5,4	5,2
G	52,0	8,7	8,7	8,9	7,2	8,3	7,8	8,0
H	60,1	5,5	6,8	7,1	5,8	7,2	5,9	6,9
I	32,5	5,5	6,9	7,2	6,2	7,1	5,4	6,4
J	32,5	5,5	6,9	7,0	6,2	7,4	6,8	6,6
K	32,5	5,5	6,7	6,4	6,3	6,8	6,3	6,3
Nivel de significancia para muestras			0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
Nivel de significancia para jueces			0,3484	0,1671	0,1739	0,0844	0,1768	0,2894

NOTA: 1. Evaluación [7-9]: Grado 1 (Características Típicas); Evaluación [4-6]: Grado 2 (Deterioro Tolerable) y Evaluación [1-3]: Grado 3 (Deterioro Indeseable).

2.* Asterisco indica que existen diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

3. Concentración respecto a 200 g de yogur.

De acuerdo a los resultados expresado en el Cuadro 14, se observa que para muestras hubo diferencia significativa para todos los atributos, mientras que entre jueces no hubo diferencias significativas en ningún atributo, lo que permite optimizar cada característica a través de la metodología superficie de respuesta.

3.6.2 Optimización del Diseño Experimental.

A continuación se presenta la optimización individual de cada atributo, donde sólo se dejaron expresadas las interacciones que presentaban diferencias significativas (Diagrama de Pareto). Se consideró un coeficiente de determinación (R^2) de ajuste mayor o igual a 0,7; lo cual como se apreciará en los puntos siguientes, se cumplió para cada atributo.

3.6.2.1 Color

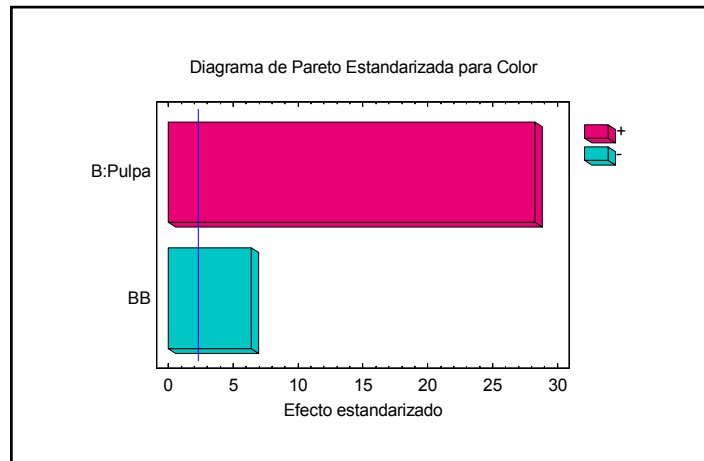


FIGURA 5. Diagrama de Pareto para Color

Como era de esperar, para la intensidad de color, el único factor que influye significativamente es la concentración de pulpa liofilizada de frambuesa con un nivel de confianza del 95%, presentando un coeficiente de determinación ajustado de 98,8%. La ecuación que describe el comportamiento del atributo de color es la siguiente:

$$\text{Color} = 1,54 + 1,25 \cdot \text{Pulpa} - 0,05 \cdot \text{Pulpa}^2$$

La superficie respuesta para color se aprecia en la Figura N°6.

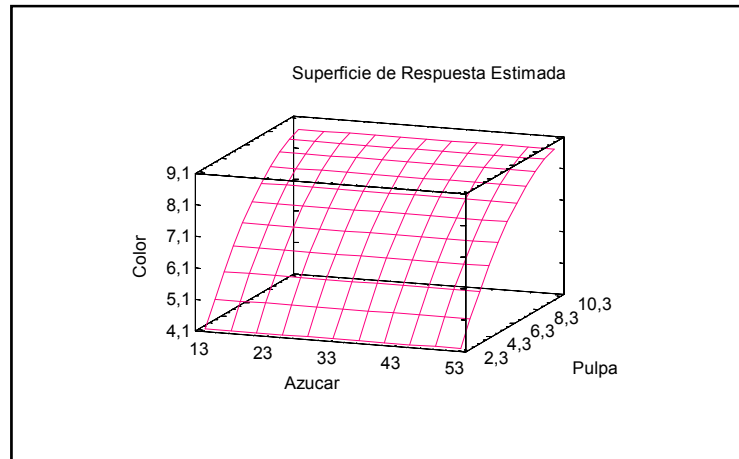


FIGURA 6. Optimización Superficie de Respuesta para Atributo Color.

El valor óptimo obtenido para el atributo de color corresponde a 8,7 en escala de 9 puntos; la combinación de los niveles de los factores que maximizan el color corresponde a un óptimo de 32,5 g de azúcar y 10 g de pulpa liofilizada. Ya que 10 g fue el nivel máximo del diseño experimental y considerando que la pulpa otorga el color a la muestra, se explica que éste sea el factor relevante para maximización de calidad de color.

3.6.2.2 Apariencia

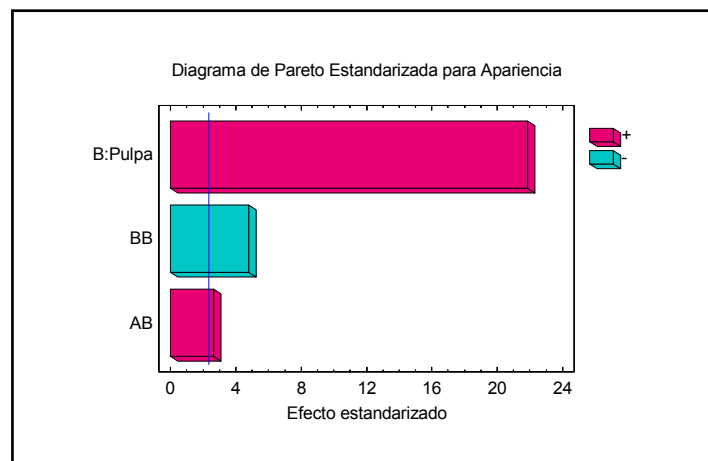


FIGURA 7. Diagrama de Pareto para Apariencia.

Para el atributo de apariencia se aprecia el efecto de la pulpa influye significativamente con un nivel de confianza del 95%, y en una menor proporción la interacción de azúcar (A) y pulpa (B).

La ecuación que describe el modelo ajustado se presenta a continuación, presentando un coeficiente de determinación ajustado de 98,1%.

$$\text{Apariencia} = 2,50 - 0,03 \cdot \text{Azúcar} + 1,09 \cdot \text{Pulpa} + 0,01 \cdot \text{Azúcar} \cdot \text{Pulpa} - 0,05 \cdot \text{Pulpa}^2$$

La gráfica de superficie de respuesta que corresponde al atributo de apariencia se presenta en la Figura 8.

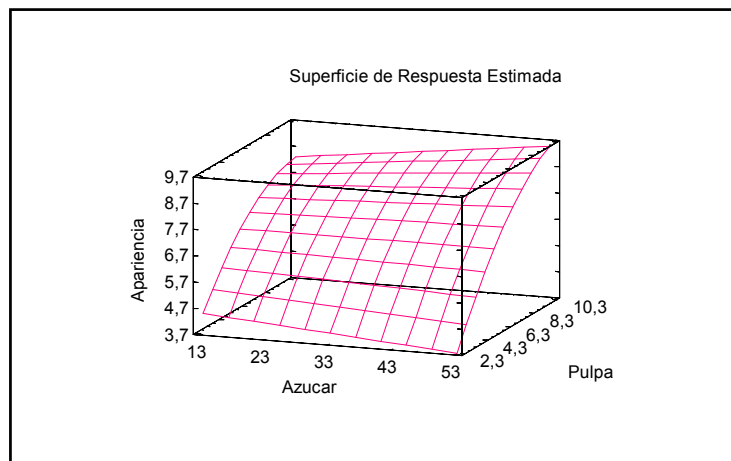


FIGURA 8. Optimización Superficie de Respuesta para Atributo Apariencia.

De esta superficie se obtuvo un valor óptimo para el atributo de apariencia de 9,6, quedando fuera del rango de la escala de 9 puntos. Los factores que maximizan la apariencia están dados por las concentraciones máximas que otorgó el diseño experimental, vale decir 60 g para azúcar y 10 g de pulpa.

3.6.2.3 Aroma

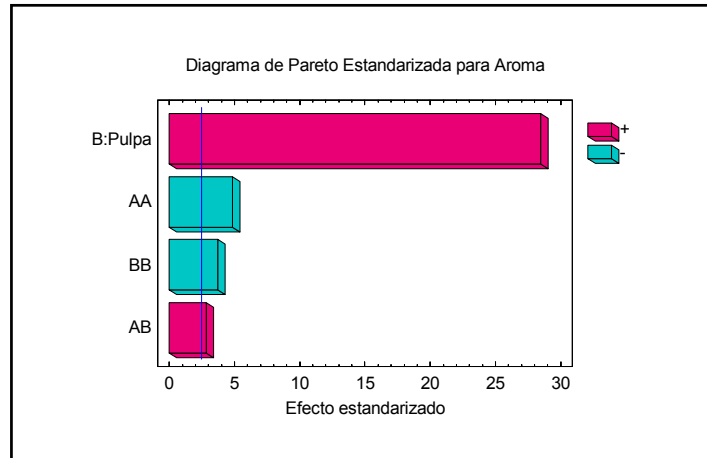


FIGURA 9. Diagrama de Pareto para Atributo Aroma

De acuerdo al diagrama presentado en la Figura 9, se aprecia que el atributo aroma se ve influenciado mayormente por la presencia de la pulpa (B), sin embargo, también en forma significativa se ve influenciado por la interacción cuadrática de azúcar (AA), pulpa (BB) y la interacción entre azúcar y pulpa (AB). Que el efecto de pulpa sea considerablemente mayor a las demás interacciones se puede atribuir a que la pulpa liofilizada mantiene intacta las condiciones naturales de la fruta, entre ellas los ésteres que proporcionan su aroma característico.

La ecuación que se ajusta al modelo, cuyo coeficiente de determinación es de 98,8% es:

$$\text{Aroma} = 3,72 + 0,02 \cdot \text{Azúcar} + 0,44 \cdot \text{Pulpa} - 0,0006 \cdot \text{Azúcar}^2 + 0,002 \cdot \text{Azúcar} \cdot \text{Pulpa} - 0,02 \cdot \text{Pulpa}^2$$

El modelo de superficie de respuesta para este atributo viene dado en la Figura 10.

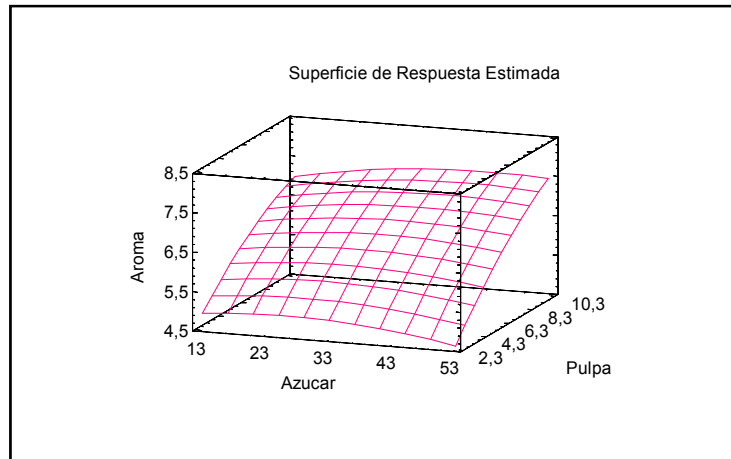


FIGURA 10. Optimización Superficie Respuesta para Atributo Aroma.

El valor óptimo que se puede apreciar en la Figura 10 es de 7,5 en escala de 9 puntos, con combinación de niveles de los factores correspondientes a 42 g de azúcar y 10 g de pulpa de frambuesa liofilizada.

3.6.2.4 Consistencia con cuchara

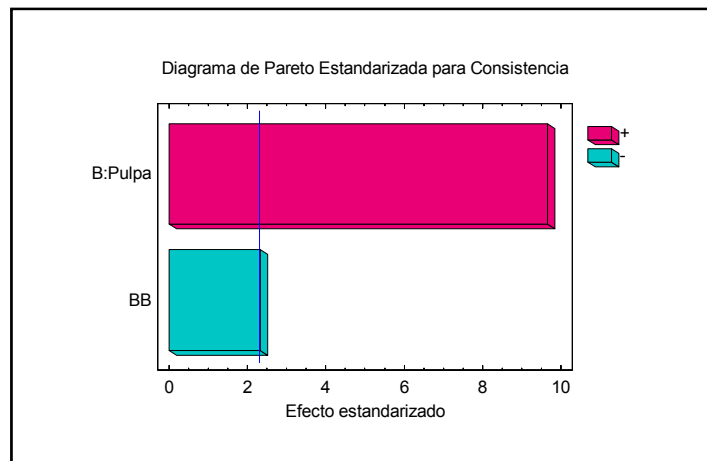


FIGURA 11. Diagrama de Pareto para Atributo Consistencia (con cuchara).

Para este atributo, tanto el efecto de pulpa (B) como el efecto cuadrático de pulpa (BB) fueron significativos a un nivel de confianza del 95%, lo cual se puede atribuir a que la pulpa liofilizada, al hidratarse en el yogur, afecta la consistencia de éste

haciéndolo más espeso. La ecuación que describe el comportamiento del atributo de consistencia con cuchara está dada por la siguiente ecuación, donde el coeficiente de determinación tiene un valor de 90,6%.

$$\text{Consistencia} = 3,44 + 0,89 \cdot \text{Pulpa} - 0,04 \cdot \text{Pulpa}^2$$

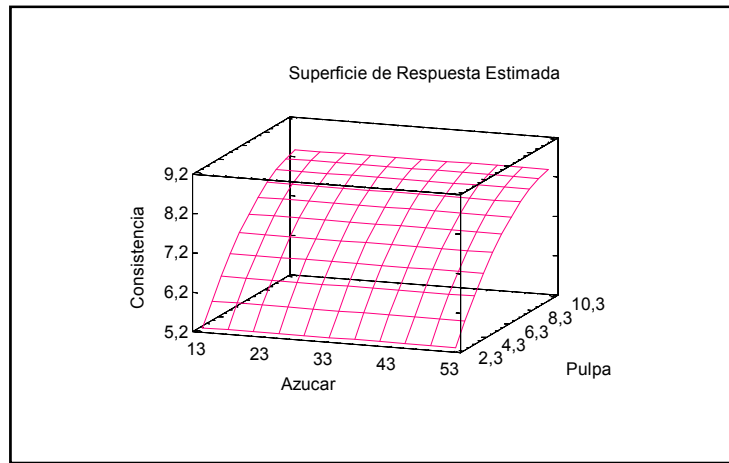


FIGURA 12. Optimización Superficie Respuesta para Atributo Consistencia (con cuchara).

El valor optimizado que se obtiene de la superficie de respuesta de la Figura 12 es de 8,4, en escala de 9 puntos, con la respectiva combinación de niveles de los factores equivalentes a 32,5 g de azúcar y 10 g de pulpa.

3.6.2.5 Sabor

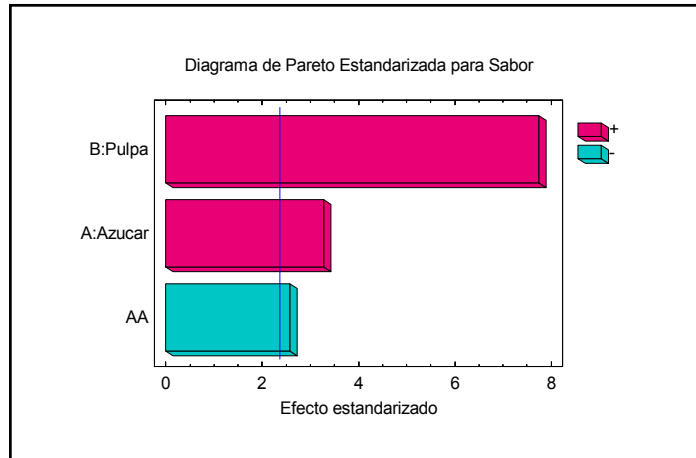


FIGURA 13. Diagrama de Pareto para Atributo de Sabor.

La presencia tanto de azúcar (A) como de pulpa (B) afectan en el atributo de sabor a un nivel de confianza del 95%, donde mayormente es la presencia de pulpa quien logra mayor significancia, no obstante la presencia de azúcar tiene influencia tanto sola como en interacción cuadrática.

Para la ecuación ajustada del modelo se obtuvo un coeficiente de determinación ajustado de 88,1%.

$$\text{Sabor} = 2,07 + 0,11 \cdot \text{Azúcar} + 0,38 \cdot \text{Pulpa} - 0,001 \cdot \text{Azúcar}^2$$

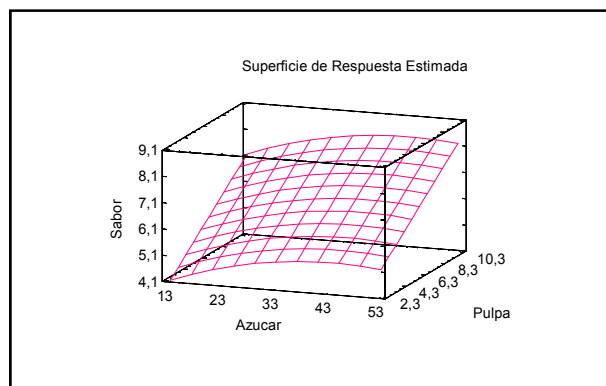


FIGURA 14. Optimización superficie respuesta para atributo Sabor

El valor óptimo para la superficie presentada es de 8,2 , donde la combinación de los factores que maximizan este atributo corresponde a 43,4 g de azúcar y 10 g de pulpa.

3.6.2.6 Textura (bucal)

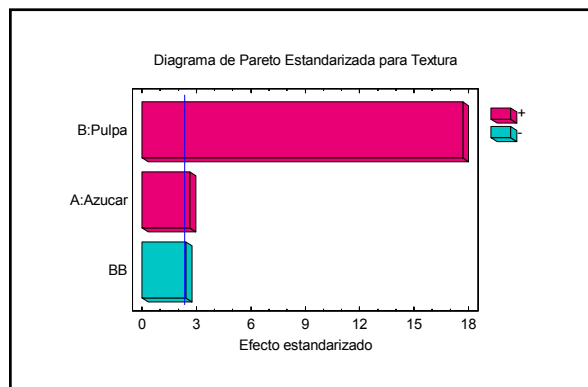


FIGURA 15. Diagrama de Pareto para Atributo de Textura (bucal)

La concentración de pulpa es la que tiene mayor influencia en el atributo de textura, esto es esperable considerando que la pulpa otorga a la matriz la presencia de semillas y trazas de frambuesa, lo cual evidentemente afecta la textura final del yogur haciéndola más espesa.

El coeficiente de determinación ajustado es de 96,9% y la ecuación que describe el comportamiento del atributo es la que se presenta a continuación:

$$\text{Textura} = 3,56 + 0,01 \cdot \text{Azúcar} + 0,59 \cdot \text{Pulpa} - 0,02 \cdot \text{Pulpa}^2$$

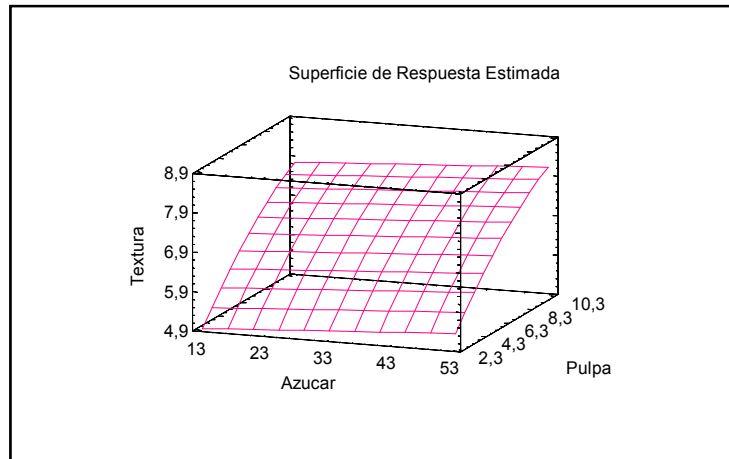


FIGURA 16 Optimización Superficie de Respuesta para Atributo de Textura (bucal)

De la superficie estimada se obtuvo un valor óptimo de 8,2, en escala de 9 puntos, con 60 g para azúcar y 10 g para pulpa como combinación de niveles que maximizan el atributo de textura.

3.6.2.7 Optimización Múltiple

Se realizó una optimización conjunta de los atributos, cuyo objetivo fue optimizar la deseabilidad del producto. El atributo de apariencia se excluyó por optimizarse fuera del rango estudiado, por lo que se consideraron los atributos de: color, aroma, consistencia (c/cuchara), sabor y textura (bucal), obteniéndose la superficie de respuesta ilustrada en la Figura 17.

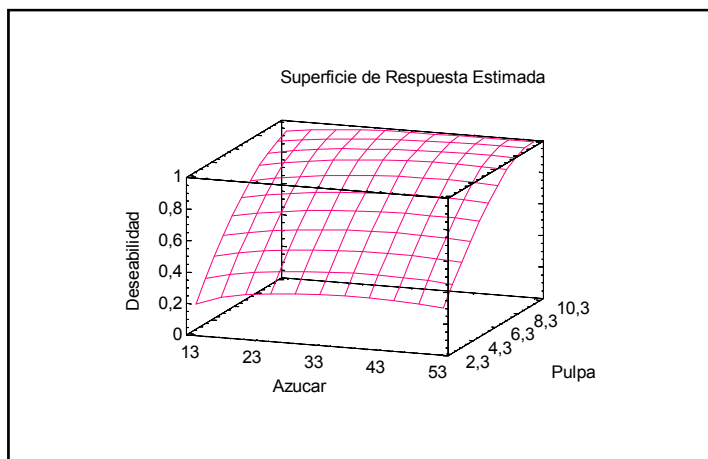


FIGURA 17. Optimización Múltiple Superficie de Respuesta Estimada para Yogur con Pulpa de Frambuesa Liofilizada y Azúcar.

Las concentraciones para la optimización conjunta se presentan en el siguiente cuadro:

CUADRO 15. Concentraciones de Optimización por Atributo y Conjunta para Superficie de Respuesta Estimada.

Optimización por Atributo	Concentración Azúcar (g)		Concentración Pulpa (g)	
	Mínimo: 5	Máximo: 60	Mínimo: 1	Máximo: 10
	Óptimo		Óptimo	
Color	32,5		10	
Aroma	42,0		10	
Consistencia (c/cuchara)	32,5		10	
Sabor	43,4		10	
Textura (bucal)	60		10	
Optimización Conjunta	47		10	

NOTA: Concentración respecto a 200 g de yogur.

De las concentraciones obtenidas como óptimas, la concentración de pulpa es la máxima propuesta (10 g), esto se debe principalmente, y de acuerdo a lo discutido con los mismos jueces, a que el consumidor siempre tiende a escoger al momento de elegir un yogur con frutas aquel que contenga mayor cantidad. En cuanto a la concentración de azúcar, el óptimo es alto pero no alcanza el máximo propuesto, ya que el dulzor tiene un límite de saturación para el consumidor.

Los óptimos para los atributos de color y sabor, para pulpa de frambuesa liofilizada corresponden al máximo indicado por el diseño experimental, por lo que efectivamente la pulpa liofilizada sirve como colorante y saborizante natural para un yogur, sin necesidad de incluir la alternativa química distinta a frambuesa, que en la actualidad se utiliza para este tipo de productos.

3.7 Estudio con Consumidores.

3.7.1 Características de los Encuestados

Se encuestó a 50 personas que debían cumplir con el requisito de ser consumidores de yogur, sin embargo, al momento de registrar los resultados hubo dos fichas de respuestas que indicaban no ser consumidores, por lo que se debieron eliminar del estudio para no afectar los resultados finales.

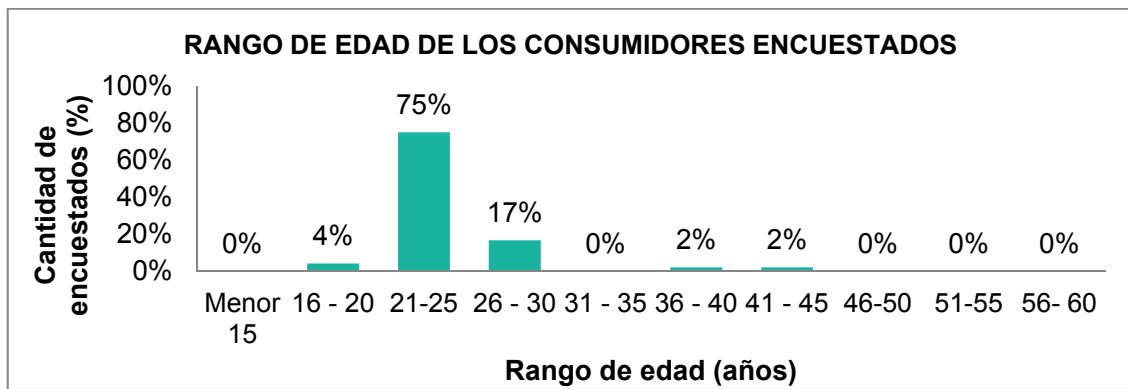


FIGURA 18. Rango de Edad de los Consumidores Encuestados Expresado en Porcentaje.

Según indica la Figura 18, el 75% de los encuestados tenía entre 21 y 25 años, lo cual es producto del lugar físico donde se realizó el estudio de consumidores.

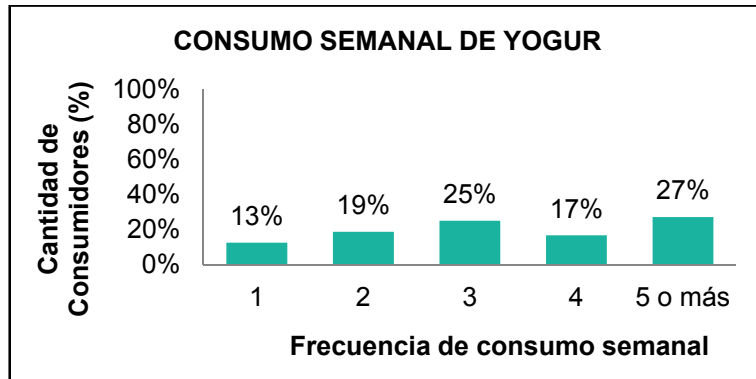


FIGURA 19. Frecuencia de Consumo Semanal de Yogur para Encuestados.

De acuerdo a la Figura 19, se aprecia que sobre el 50% de los encuestados consume yogur con una frecuencia igual o superior a 3 veces por semana, lo que resulta adecuado para la finalidad del estudio, ya que corresponde a consumidores frecuentes.

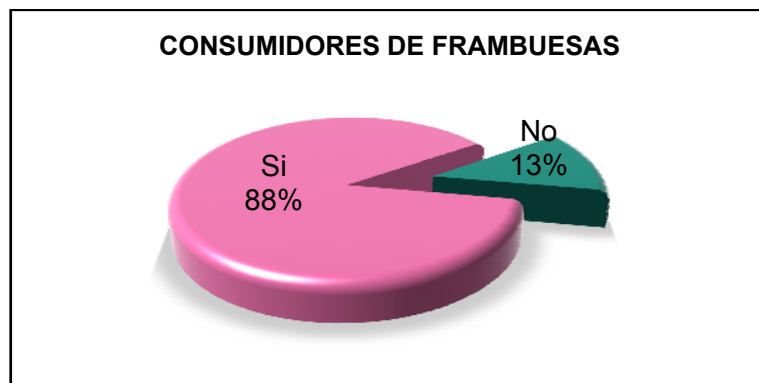
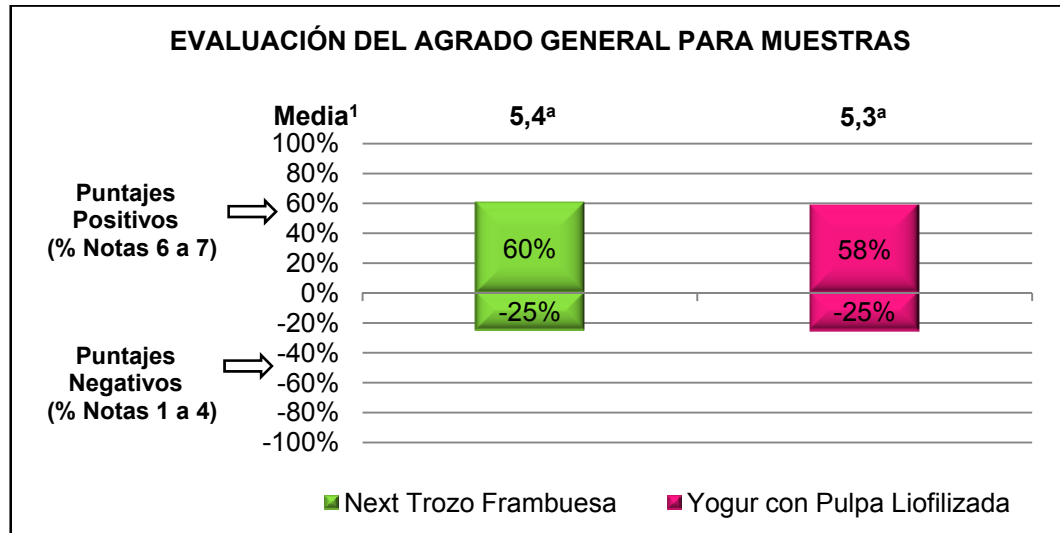


FIGURA 20. Representación de Consumo de Frambuesas en Estado Natural o en Preparaciones por parte de los Encuestados.

El 87% de los encuestados son consumidores de frambuesa, ya sea fresca o en preparaciones, antecedente que resulta relevante para este estudio en particular.

3.7.2 Evaluación del Agrado General.

Los resultados expresados como medias y porcentajes de agrado y desagrado se presentan en la Figura 21.



¹ Superíndice iguales indican que no existen diferencias significativas entre las muestras ($p \geq 0,05$).

FIGURA 21. Evaluación de Agrado General para Muestras de Yogur con Pulpa de Frambuesa.

Para agrado general no existen diferencias estadísticamente significativas (Anexo 23). El reemplazo de colorantes por fruta liofilizada, por tanto, no afecta el agrado general del producto, por lo que el yogur constituye una buena plataforma para la inserción de pulpa liofilizada en el mercado, considerando además que el yogur tiene una participación cercana al 30% del mercado de lácteos a nivel nacional (SISA, 2006).

3.7.2.1 Evaluación de las Respuestas Espontáneas de Agrado y Desagrado.

Luego de evaluar el agrado general de las muestras, los consumidores debieron responder las preguntas abiertas, indicando si algo les gustaba o disgustaba de las muestras, mencionando específicamente las razones. En el Cuadro 26 se presentan las respuestas espontáneas de los consumidores, en la parte superior del cuadro se agrupan los comentarios positivos y en la parte inferior los comentarios negativos, ambos con sus respectiva frecuencia de acuerdo a la muestra evaluada.

CUADRO 16. Agrupación de Respuestas Espontáneas de Agrado.

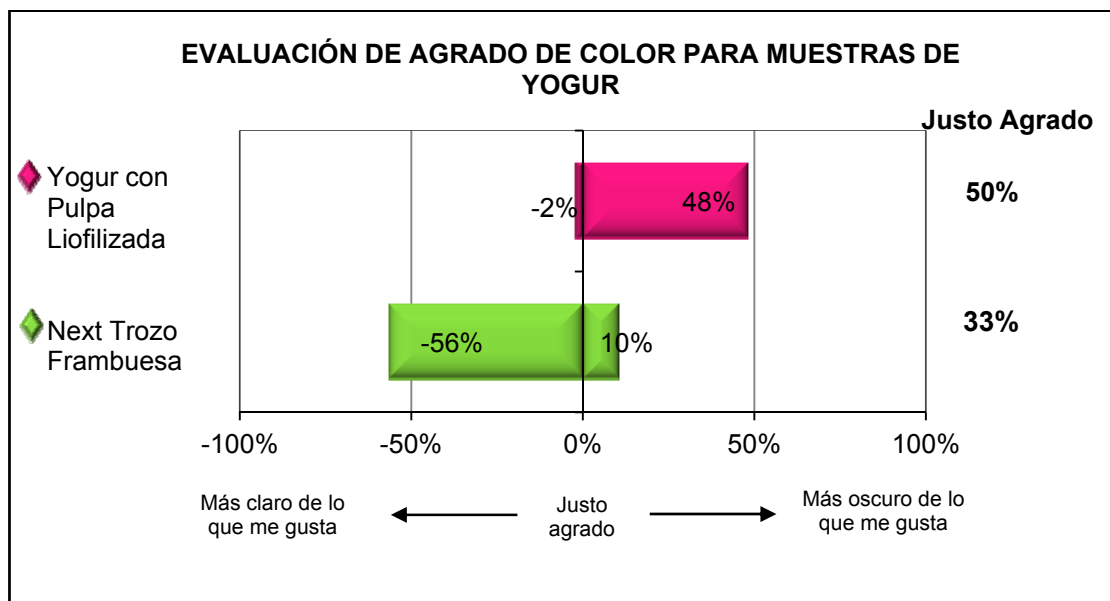
MUESTRA	NEXT TROZO FRAMBUESA	YOGUR CON PULPA LIOFILIZADA DE FRAMBUESA
Consumidores que expresan que algo les gustó.	38%	92%
Comentarios Positivos (N=48)		
SABOR		
Intensidad sabor frambuesa	4%	2%
Sabor	0%	4%
Dulzura	4%	6%
Acidez	4%	4%
Balance Dulzor – Acidez	4%	2%
TEXTURA/CONSISTENCIA		
Textura	2%	4%
Consistencia Espesa	2%	6%
Cremosidad	0%	10%
Suavidad	2%	4%
APARIENCIA		
Aspecto	0%	4%
Trozos de Frambuesa / Presencia de semillas	10%	27%
Color intenso a Frambuesa	0%	8%
Naturalidad	0%	6%
OTROS		
Fácil de Consumir	2%	0%
Sensación bucal	2%	0%
Sabor a linaza	0%	2%
Consumidores que expresan que algo no les gustó.	50%	27%
Comentarios Negativos (N=48)		
SABOR		
Baja intensidad sabor a frambuesa	0%	2%
Acidez	2%	0%
Alta acidez	8%	0%
Baja acidez	2%	0%
Dulzor	2%	2%
Sabor a Leche	0%	2%
TEXTURA/CONSISTENCIA		
Textura	4%	2%
Consistencia Líquida	10%	0%
Viscosidad	0%	2%
Áspero	0%	2%
APARIENCIA		
Apariencia	2%	0%
Apariencia Artificial	0%	2%
Poco Homogéneo	2%	0%
Abundante presencia de semillas	0%	6%
Presencia de trazas de frambuesa	0%	2%
Ausencia de Frambuesa	4%	0
Baja intensidad de color (Palidez)	8%	0
OTROS		
Desabrido	2%	0%
Similar a un yogur normal	2%	0%
Sabor grueso	0%	2%
Sensación Bucal	0%	2%

NOTA: Datos destacados corresponden a porcentajes $\geq 10\%$

Del Cuadro 16 destaca que para atributo de textura un 10% de consumidores expresó que les gustó la cremosidad del yogur con pulpa liofilizada, esto se atribuye a la hidratación producida por la pulpa, que otorga una consistencia más espesa, contribuyendo a la cremosidad del producto, argumento que se complementa con el 10% de comentarios negativos que presentó la muestra comercial para textura, indicando consistencia líquida.

Para atributo de apariencia, el yogur con pulpa liofilizada obtiene un 27% de comentarios positivos frente a un 10% para la muestra comercial respecto a la presencia de trozos de frambuesa y semillas, esto ya que la pulpa liofilizada conserva las propiedades originales de la fruta destacándose frente a un producto comercial donde si bien posee fruta, ésta no mantiene sus características intactas, siendo necesario adicionar colorantes y saborizantes, dando como resultado un producto de apariencia artificial.

3.7.3 Evaluación del Color.

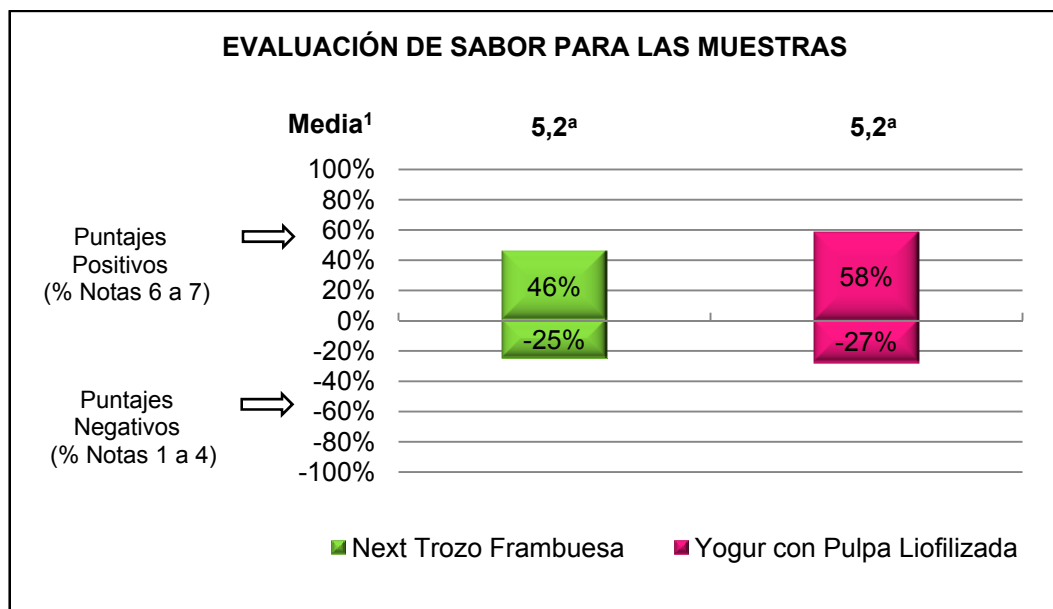


NOTA: Los resultados iguales a -2 y -1 se contabilizaron como “más claro de lo que me gusta”, los resultados iguales a +1 y +2 se contabilizaron como “más oscuro de lo que me gusta” y los resultados iguales a 0 no se graficaron por corresponder a un justo agrado.

FIGURA 22. Evaluación de Agrado de Color de las Muestras de Yogur.

Para la evaluación de color, tal como se puede ver en la Figura 22, un 50% de justo agrado se alcanzó para la muestras de yogur con pulpa liofilizada de frambuesa, superando en un 17% la muestra comercial. Un 48% de los consumidores indicó que la muestra es “más oscura de lo que me gusta”, lo cual manifiesta que la pulpa liofilizada cumple el rol de reemplazo de colorantes; sin embargo se podría reducir levemente la cantidad de pulpa para obtener un mejor agrado para color.

3.7.4 Evaluación de Sabor.

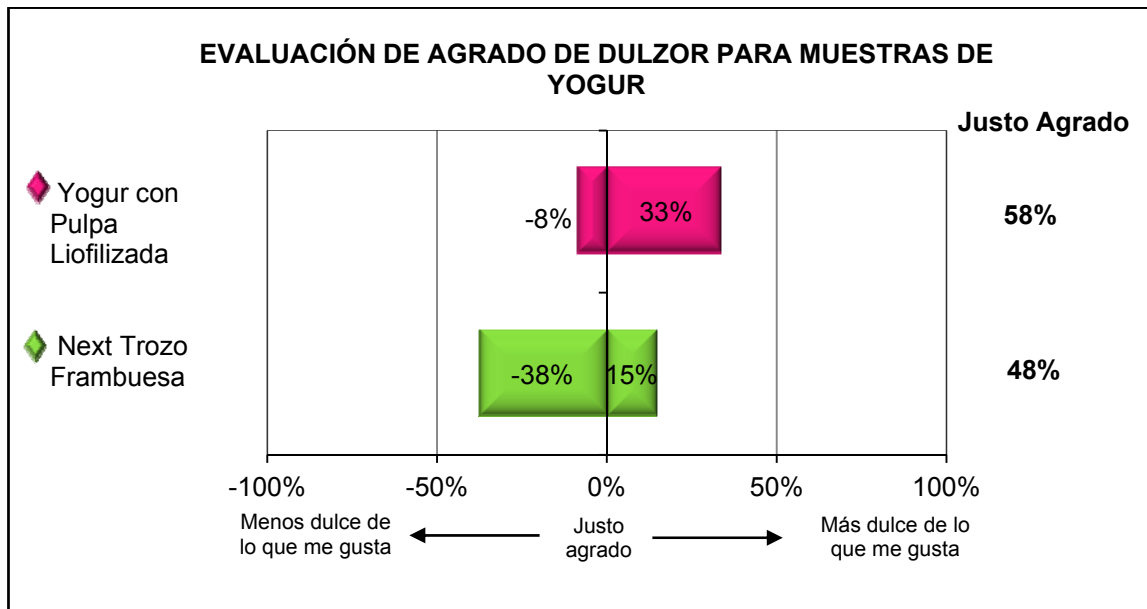


¹ Superíndice iguales indican que no existen diferencias significativas entre las muestras ($p \geq 0,05$).

FIGURA 23. Evaluación de Sabor para Muestras de Yogur con Pulpa de Frambuesa.

Para el atributo de sabor no existen diferencias estadísticamente significativas (Anexo 24). Sin embargo, hay una tendencia donde resulta mejor evaluada la muestra de yogur con pulpa de frambuesa liofilizada con un 58% de puntajes positivos, mientras que la muestra comercial obtuvo sólo un 46%. Esto se atribuye a que la pulpa liofilizada mantiene intactas las características naturales de la frambuesa; a diferencia de la muestra comercial que si bien, de acuerdo a su etiquetado (Anexo 25) contiene frambuesas, contiene también una serie de ingredientes adicionales, entre ellos saborizantes artificiales.

3.7.5 Evaluación de Dulzor

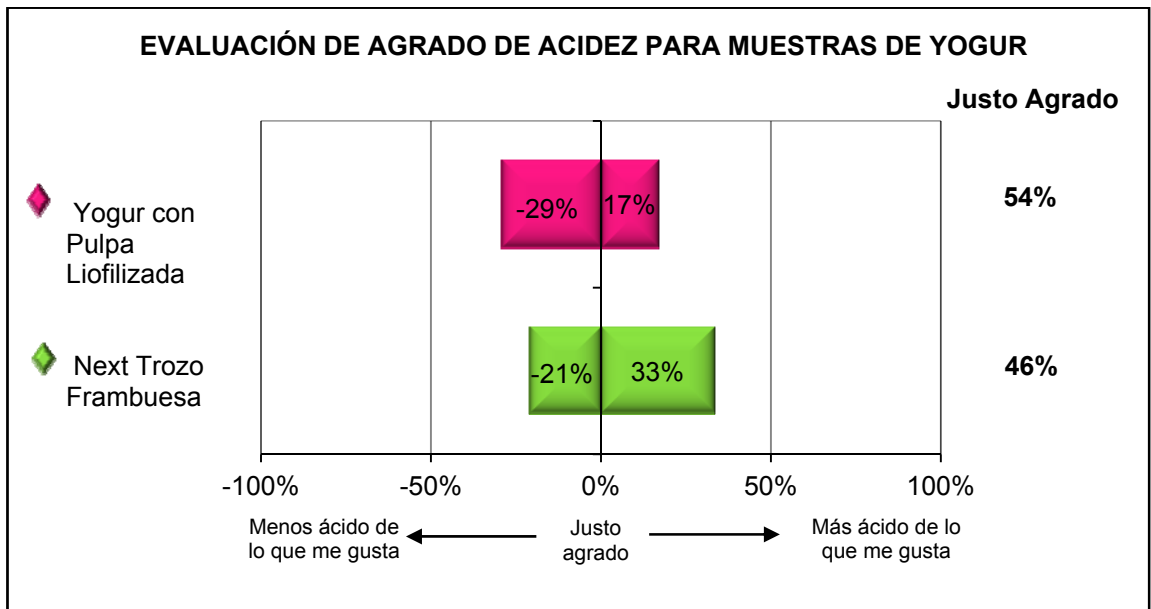


NOTA: Los resultados iguales a -2 y -1 se contabilizaron como “menos dulce de lo que me gusta”, los resultados iguales a +1 y +2 se contabilizaron como “más dulce de lo que me gusta” y los resultados iguales a 0 no se graficaron por corresponder a un justo agrado.

FIGURA 24. Evaluación de Agrado de Dulzor de las Muestras de Yogur.

La evaluación de dulzor, considerando que la muestra comercial está endulzada con sucralosa y la muestra de laboratorio con azúcar (sacarosa), resulta difícil de comparar, sin embargo el justo agrado para el yogur con pulpa de frambuesa (sacarosa) es 10% mayor que para la muestra comercial (sucralosa). Se podría optimizar el dulzor del producto disminuyendo levemente la concentración de azúcar.

3.7.6 Evaluación de la Intensidad de Acidez



NOTA: Los resultados iguales a -2 y -1 se contabilizaron como “menos ácido de lo que me gusta”, los resultados iguales a +1 y +2 se contabilizaron como “más ácido de lo que me gusta” y los resultados iguales a 0 no se graficaron por corresponder a un justo agrado.

FIGURA 25. Evaluación de Agrado de Acidez de las Muestras de Yogur.

De acuerdo a la Figura 25 se puede deducir que si se aumenta levemente la acidez de la muestra de yogur con pulpa liofilizada, cuidando el balance dulzor - acidez, se podría llegar a un mejor justo agrado.

3.7.7 Preferencia de las Muestras.

Una vez evaluada las muestras individualmente, se les entregó a los consumidores ambas muestras y se les solicitó indicar su preferencia, cuyos resultados se presentan en la Figura 26.

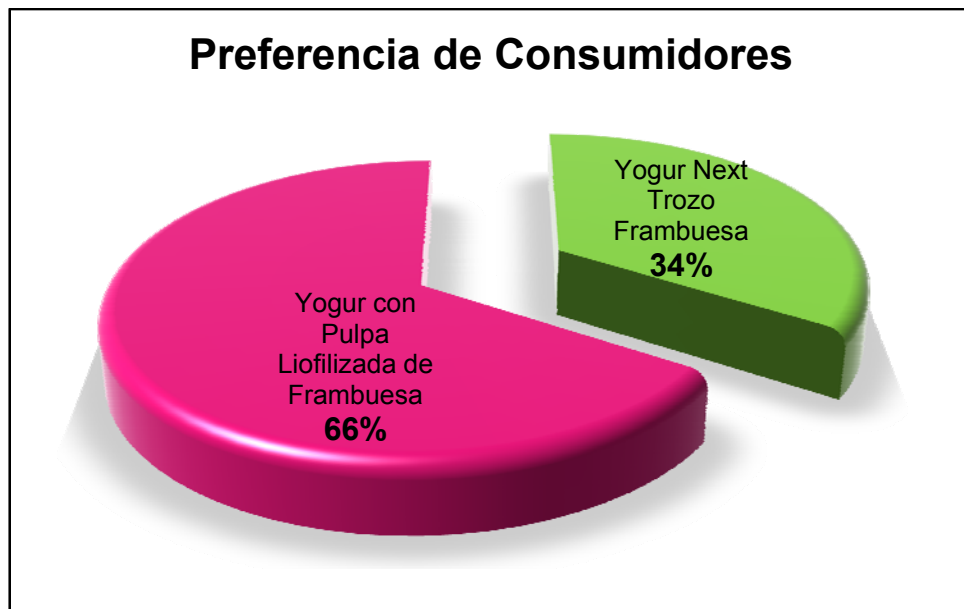


FIGURA 26. Preferencia de Consumidores Frente a Yogur con Pulpa de Frambuesa Liofilizada frente a Muestra Comercial (Next Trozo Frambuesa).

El 66% de los consumidores, equivalente a 33 personas, prefirió significativamente la muestra de yogur con pulpa de fresas liofilizada de acuerdo a la tabla de mínimos juicios (Anexo 12) con un nivel de significación del 5% (AENOR, 1992).

Se puede pronosticar que el lanzamiento de esta nueva propuesta al mercado puede tener una buena acogida en consumidores de yogur, ofreciendo una alternativa más natural y con menos aditivos. Además se estaría aportando un producto que permite aumentar la ingesta de frutas diaria, como es recomendado por la Organización Mundial de la Salud.

CONCLUSIONES.

- Se obtuvo un protocolo de liofilización donde la curva de congelación se programó en tres pasos de 0°C, -20°C y -40°C en un tiempo de 140 min. El secado primario se determinó con un tiempo de 1140 min a -15°C y 200 mTorr y el secado secundario de 120 min a 25°C con la misma presión de vacío. El tiempo total del ciclo de liofilización fue de 23,25 h.
- Se obtuvo pulpa de frambuesa liofilizada con: $83,7 \pm 0,2\%$ de pérdida de peso, $6,9 \pm 1,2\%$ de humedad y $0,28 \pm 0,07$ de actividad de agua (a_w).
- La pulpa de frambuesa liofilizada obtenida tuvo un tiempo de rehidratación en agua de $23,5 \pm 2,1$ s y un tiempo de rehidratación en yogur natural de $3,7 \pm 0,4$ min.
- Un 79% de los panelistas reclutados cumplieron con los requisitos de aciertos para los test de selección, quedando 10 jueces finales para entrenamiento.
- Del proceso de entrenamiento, se obtuvo la elaboración de la tabla de valoración de calidad para yogur con pulpa de frambuesa, según esquema de Karlsruhe para la evaluación de 11 corridas obtenidas de un modelo rotacional compuesto (2^2 +estrella) con tres puntos centrales.
- Se realizó una optimización conjunta de los atributos de: color, aroma, consistencia con cuchara, sabor y textura bucal. No se consideró el atributo de apariencia por salir del rango evaluado, obteniéndose una concentración óptima de 18% de azúcar y 4% de pulpa liofilizada de frambuesa.

- Se realizó un estudio con 48 consumidores de yogur, comparando la muestra optimizada con pulpa de frambuesa liofilizada con una muestra comercial de yogur Next trozo frambuesa, obteniendo un 66% de preferencias frente a la muestra comercial.
- Se concluye finalmente que es posible reemplazar el uso de colorantes y saborizantes por pulpa de frambuesa liofilizada en un yogur, con buenas características sensoriales y una favorable proyección comercial.

BIBLIOGRAFÍA.

AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). Metodología y Pruebas: Análisis Sensorial. Pruebas de Comparación por pareja. Norma UNE 87-005 – 1992. p.75

AMRANI, Mahacine, BRIGUI, Jamal. Impact du procédé de lyophilisation sur la qualite des fraises. Impacto del proceso de Liofilización en la Calidad de las Fresas. [En línea] Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. Ingeniería e Investigación. 2007 v.27 n.002 p.51-55 < <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/643/64327208.pdf> > [consulta: 2 abril 2011]

ARRIOLA Guevara, E., GARCIA Herrera, T., GUATEMALA Morales, G.M., NUNGARAY Arellano, J., GONZALEZ Reynoso, O., RUIZ Gómez, J.C. Comportamiento del Aguacate Hass Liofilizado durante la Operación de Rehidratación. [En línea] Revista Mexicana de Ingeniería Química. Noviembre 2006 v.5 n. su 1 p.51-56 < <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/620/62009910.pdf> > [consulta: 11 marzo 2012]

ASOEX (Asociación de Exportadores de Fruta de Chile). La Temporada: Chile en la feria Fruit Logística en Berlín. Revista del Campo, El Mercurio (N° 1859): p. 14, Febrero 2012.

BARRETO Baggio, Hernán F. 1966. Liofilización: Un método de secado para alimentos. En: Primer Congreso Nacional de Ingenieros Químicos: Agosto 1966. Instituto Interamericano de ciencias agrícolas de la OEA Zona Andina. Lima, Perú. 52 h. [En línea] < <http://books.google.com.mx/books?id=uBMPAQAAIAAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false> > [consulta: 20 febrero 2012]

CABRAL, Elsa L., LÓPEZ, Elena S. Documentos Departamento de Biología. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura. Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes – Argentina. [En línea] Core Eudicotiledóneas Clado Rosides. Biotaxonomía de Spermatófita, Diversidad Vegetal 2010 < <http://exa.unne.edu.ar/biologia/diversidadv/descripcion-angiospermas-rosideas.htm>> [Consulta: 11 marzo 2012]

EGO – Chile (Estrategia Global contra la Obesidad). Documentos Técnicos. Ministerio de Salud, Gobierno de Chile. [En línea] Propuesta de Trabajo EGO < http://www.ego-chile.cl/paginas/documentos_2.htm > [consulta: 08 marzo 2012]

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Perspectivas a Plazo Medio de los Productos Básicos Agrícolas (Proyecciones al año 2010). Roma, 2004. [En línea] < <http://www.fao.org/docrep/007/y5143s/y5143s00.htm>> [consulta: 10 septiembre 2011].

FEDELECHE (Federación Nacional de Productores de Leche). Noticias. [En línea] <http://www.fedeleche.cl/pub/index.php?option=com_content&task=view&id=2391&Itemid=40> [consulta: 15 junio 2011]

FEN (Fundación Española de la Nutrición). [En línea] Mercado de los Alimentos: Frambuesa < <http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/frambuesa.pdf> > [consulta: 14 marzo 2012]

GALÁN, Gina. 2011. Liofilización: Introducción, Principios y Teoría. En: SEMINARIO SAGU Ltda y SP Industries: 10 y 11 de mayo de 2011. La Reina, SAGU Ltda y representadas SP Industries y Genevac. Chile

GAMARRA, Máximo. Situación Actual y Perspectivas de la Ganadería Lechera en la Cuenca de Lima. [En línea] Revistas de Investigaciones Veterinarias del

Perú. 12(2):1-13, 2001. <<http://www.scielo.org.pe/pdf/rivep/v12n2/a02v12n2.pdf>> [consulta: 10 noviembre 2011]

GÓMEZ Díaz, Rafael. Actividad del Agua de los Alimentos. Métodos de determinación. Alimentaria. Enero / Febrero 92/77. 1992

INN (Instituto Nacional de Normalización). Alimentos. Determinación de Humedad. Norma Chilena 841. Chile, 1978.

INTA (Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos). Corporación 5 al día. [En línea] < <http://www.5aldia.cl/quienes-somos/> > [consulta: 05 septiembre 2011]

JELLINEK, Gisela. Sensory Evaluation of Food: Theory and Practice. Chichester, Englad. Ellis Horwood Ltd. 1985

MEILGAARD, Morten, Civille, Gail Vance, Carr, B. Thomas. Sensory Evaluation Techniques. 4^a ed. Boca Raton, CRC Press; Taylor and Francis 2007, 354p.

MORALES A., Carmen Gloria, GONZALEZ A., María Inés, HIRZEL C., Juan, RIQUELME S., Jorge, HERRERA M., Guido, MADARIAGA V., Mónica, FRANCE I., Andrés, DEVOTTO M., Luis, GERDING P., Marcos, PEDREROS L., Alberto, URIBE C.,Hamil, SAN MARTÍN A., José. Aspectos Relevantes en la Producción de Frambuesa (*Rubus idaeus L.*). [En línea] Boletín INIA – N° 192. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. Villa Alegre, 2009. < <http://www.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR36501.pdf> > [Consulta: 14 marzo 2012]

MYERS, Raymond H. y Montgomery, Douglas C. Response Surface Methodology: Process and Product Optimization Using Designed Experiments. 2^a ed. New York, Wiley-Interscience, 2002. 793p.

NAVARRO Alfano, Marisell. Liofilización de Productos Farmacéuticos. [En línea]. SINTEFARMA enero - junio, 1998 v.4 n.1, Cuba < <http://bvs.sld.cu/revistas/sint/indice.html> > [consulta: 20 febrero 2012]

ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias). Noticias ODEPA. [En línea] < <http://www.odepa.cl/servlet/articulos.ServletMostrarDetalle?idcla=14&idcat=1&idn=2794>.> [consulta: 17 mayo 2011].

OIML (International Organization of Legal Metrology) OIML R 121: International Recommendations. The Scale of Relative humidity of air certifies against saturated salt solutions. [En línea] Edition 1996, Paris, France < <http://igs.nigc.ir/IGS/OIML/R121.PDF> > [consulta: 2 abril 2012]

OLIVARES C., Sonia; LERA M., Lydia; BUSTOS Z., Nelly. Etapas del Cambio, Beneficios y Barreras en Actividad Física y Consumo de Frutas y Verduras en Estudiantes Universitarios de Santiago de Chile. [En línea] Revista Chilena de Nutrición, versión On-line ISSN 0717-7518. Marzo 2008 v.35 n.1 < http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_issuetoc&pid=0717-751820080001&lng=es&nrm=iso > [consulta: 01 marzo 2012]

OMS (Organización Mundial de la Salud). Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud 2004. [En línea] <http://www.who.int/dietphysicalactivity/strategy/eb11344/strategy_spanish_web.pdf.> [consulta: 20 junio 2011]

PARZANESE, Magali. Tecnología para la Industria Alimentaria, Dirección Nacional de Transformación y Comercialización de productos Agrícolas y Forestales, Argentina. [En línea] LIOFILIZACIÓN DE ALIMENTOS Ficha N°3 < <http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/sectores.php?secc=tecnologia> > [consulta: 20 febrero 2012].

RAMÍREZ Navas, Juan S. Liofilización de Alimentos. RECITEIA: Revisiones de la Ciencia, Tecnología e Ingeniería de los Alimentos. 6(2):1-31, 2006.

RODRIGUEZ Asca, Juan Celestino. Tecnología de la Liofilización de Productos Vegetales. Tesis (Ingeniero Químico). Lima, Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Química e Ingeniería Química, 1986. 5p.

SISA (Soprole Inversiones S.A) Consulta Pública para Honorable Tribunal de Defensa de la Libre Competencia 2006. [En Línea] < <http://www.tdlc.cl/DocumentosMultiples/Consulta%20P%C3%BAblica.pdf> > [consulta: 01 marzo 2012]

SOUTH AM Freeze Dry. Who We Are?. [En línea] < <http://www.southam.cl/about-us.html> > [consulta: 20 febrero 2012].

SP Scientific. Vapor Pressure Over Ice – Chart. [En línea] < <http://spscientific.com/getdoc/a7466c0f-7507-4888-8ce3-fb0aa8c466c4/Vapor-Pressure-Over-Ice-Chart.aspx> > [consulta: abril 2011].

TERRONI Equipamentos Ltda. Manual Básico de Liofilización. [En línea] Rua Rio Paraná, São Carlos/SP – Brasil. < <http://api.ning.com/files/r36cjGKKUjHiYZQH-NMo80UEkCPVAiYsidNyl15yUYIQDCH8ViroxVYM2-kcxgYLQI1ef39s4YBgbVCytr-kKVgvtRESq2U/ManualdeliofilizacinEsp..pdf> > [consulta: 20 febrero 2012]

TICO Grau, José R. Estudio de Procedimientos de Obtención de Antibióticos Betalactámicos Solubles Mediante el Proceso de la Liofilización. Tesis (Grado de Doctor en Farmacia). Barcelona, España. Universidad de Barcelona. Facultad de Farmacia, 1987. 15h.

UAM (Universidad Autónoma de Madrid). Aplicación Nuevas Tecnologías de la Comunicación como Herramienta de Apoyo a Estudiantes y Profesores de “Fundamentos de Termodinámica”, Curso 2009. [En línea] < <http://joule.qfa.uam.es/beta-2.0/temario/tema5/tema5.php> > [consulta: 13 marzo 2012]

VITERI, P., CORNEJO, F. Estudio de Estabilidad de la Pulpa de Mora sometida a un Proceso de Liofilización. [En línea] Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador. Febrero 2010 < <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/8936> > [consulta: 2 abril 2011]

WHO (World Health Organization). Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases. Report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation. WHO Technical Report Series 916. Genova, 2003. 24 p.

ANEXOS.

ANEXO 1. Tabla de Composición Nutricional de Frambuesa Cruda

	Por 100 g de porción comestible	Por cucharada (13 g)
Energía (Kcal)	27	4
Proteínas (g)	1,4	0,2
Lípidos totales (g)	0,3	0
AG saturados (g)	0,1	0,013
AG monoinsaturados (g)	0,1	0,013
AG poliinsaturados (g)	0,1	0,013
Colesterol (mg)	0	0
Hidratos de Carbono (g)	4,6	0,6
Fibra (g)	6,7	0,9
Agua (g)	87	11,3
Calcio (mg)	25	3,3
Hierro (mg)	0,7	0,1
Magnesio (mg)	19	2,5
Zinc (mg)	0,3	0
Sodio (mg)	3	0,4
Potasio (mg)	170	22,1
Fósforo (mg)	31	4
Selenio (mg)	1,3	0,2
Tiamina (mg)	0,03	0
Riboflavina (mg)	0,05	0,01
Equivalentes niacina (mg)	0,8	0,1
Vitamina B6 (mg)	0,06	0,01
Ácido Fólico (mg)	33	4,3
Vitamina B12 (mg)	0	0
Vitamina C (mg)	32	4,2
Vitamina A: Eq. Retinol (mg)	1	0,1
Vitamina D (mg)	0	0
Vitamina E (mg)	0,48	0,1

FUENTE: Fundación Española de la Nutrición (FEN, 2012)

ANEXO 2. Tabla de programación de Presión para Liofilizador Virtis® Advantage

™ Plus Personal Freeze Dryers

T (°C)	P (mTorr)	T (°C)	P (mTorr)	T (°C)	P (mTorr)	T (°C)	P (mTorr)	T (°C)	P (mTorr)
0	4584,000	-20	774,400	-40	96,300	-60	8,100	-80	0,410
-2	3883,000	-22	638,200	-42	76,700	-62	6,160	-82	0,290
-4	3281,000	-24	524,300	-44	60,800	-64	4,660	-84	0,210
-6	2765,000	-26	429,400	-46	48,000	-66	3,510	-86	0,150
-8	2325,000	-28	350,500	-48	37,700	-68	2,630	-88	0,100
-10	1949,000	-30	285,100	-50	29,500	-70	1,960	-90	0,072
-12	1630,000	-32	231,200	-52	23,000	-72	1,450	-92	0,049
-14	1359,000	-34	186,800	-54	17,900	-74	1,060	-94	0,034
-16	1130,000	-36	150,300	-56	13,800	-76	0,780	-96	0,023
-18	936,800	-38	120,600	-58	10,600	-78	0,570	-98	0,015

FUENTE: SP Scientific, 2011.

ANEXO 3. Metodología para Cálculo de Humedad (NCh841.Of78).

Materiales y Equipo:

- Balanza analítica, sensibilidad 0.1 mg
- Cápsulas de vidrio, porcelana o metálica, con tapa
- Desecador con deshidratante adecuado
- Estufa regulada a 103 ± 2 °C
- Material usual de laboratorio

Procedimiento (Efectuar el análisis en duplicado)

- Colocar la cápsula destapada y la tapa durante al menos 1 hora en la estufa a la temperatura de secado del producto.
- Empleando pinzas, trasladar la cápsula tapada al desecador y dejar enfriar durante 30 a 45 min. Pesar la cápsula con tapa con una aproximación de 0.1 mg. Registrar (m_1).
- Pesar 5 g de muestra previamente homogeneizada. Registrar (m_2).
- Colocar la muestra con cápsula destapada y la tapa en la estufa a la temperatura y tiempo recomendado 105 °C x 5 horas.
- Tapar la cápsula con la muestra, sacarla de la estufa, enfriar en desecador durante 30 a 45 min.

Repetir el procedimiento de secado por una hora adicional, hasta que las variaciones entre dos pesadas sucesivas no excedan de 5 mg (m_3).

Cálculo y Expresión de Resultados.

La humedad del producto expresada en porcentaje, es igual a:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100$$

Dónde:

m_1 : masa de la cápsula vacía y de su tapa, en g

m_2 : masa de la cápsula tapada con la muestra antes del secado, en g

m_3 : masa de la cápsula con tapa más la muestra desecada, en g

Promediar los valores obtenidos y expresar el resultado con dos decimales.

La diferencia de los resultados no debe ser superior al 5% del promedio.

ANEXO 4. Humedad Relativa de Equilibrio de 5 Soluciones Salinas Saturadas entre 15 y 30 °C.

SAL	Humedad Relativa %				
	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C
Hidróxido de Sodio	-	9,6	8,9	8,2	7,6
Cloruro de Sodio	76,0	75,5	75,5	75,5	75,5
Sulfato de Amonio	81,0	80,5	80,5	80,0	80,0
Cloruro de Potasio	87,0	86,0	85,0	84,5	84,0
Nitrato de Potasio	95,5	95,0	94,0	93,0	92,0

FUENTE: The scale of relative humidity of air certified against saturated salt solution (OIML, 1996).

ANEXO 5. Tabla de Diluciones y Claves Usadas para la Identificación de Umbral de Gusto Salado.

Compuesto	Diluciones(mL) (llevar a 1000 mL)	Concentración (g/100mL)	Clave	Asignación de aciertos %
NaCl (pro análisis)	0	0,00	S1	100
	2	0,02	S2	100
	4	0,04	S3	100
	6	0,06	S4	100
	8	0,08	S5	70
	10	0,10	S6	70
	13	0,13	S7	30
	15	0,15	S8	30
	18	0,18	S9	30
	20	0,20	S10	30

FUENTE: Jellinek, 1985.

ANEXO 6. Ficha de Respuesta para Umbral de Identificación.

FICHA DE RESPUESTA

UMBRAL DE IDENTIFICACIÓN

Nombre: _____ Fecha: _____
Set : _____

Deguste cuidadosamente la serie de 10 muestras entregadas; corresponden a concentraciones crecientes de **uno de los gustos básicos** (dulce, ácido, salado o amargo).

No está permitido volver atrás en la degustación. Enjuague con agua entre muestras. **No trague las muestras.** Describa el gusto y factores que Ud. perciba de cada muestra (por ejemplo: astringente, áspero, seco, etc.) e informe acerca de la intensidad según la escala siguiente:

0 = Igual a agua.

? = Diferente del agua, pero el gusto no es identificable.

) (= Se reconoce de qué gusto se trata. Corresponde al umbral de identificación.

1 = Débil

2 = Medio

3 = Intenso, marcado

4 = Muy intenso, muy marcado

5 = Extremadamente intenso, extremadamente marcado.

Solución N°	Descripción del gusto y factores percibidos	Intensidad (en escala 0 a 5, o símbolos) (o ?)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

ANEXO 7. Ordenamiento de Colores, Rojo, Verde y Amarillo.

Ordenamiento Color:					
Rojo		Verde		Amarillo	
Concentración (mL solución madre/mL de solución)	Código	Concentración (mL solución madre/mL de solución)	Código	Concentración (mL solución madre/mL de solución)	Código
0	O	0	R	0	Z
10	F	10	L	10	K
20	L	20	S	20	W
25	A	25	W	25	R
30	W	30	Z	30	M
35	K	35	F	35	S
40	P	40	K	40	A
45	S	45	M	45	P
50	R	50	P	50	F
55	M	55	A	55	L

FUENTE: Jellinek, 1985

ANEXO 8. Ficha de Evaluación para Ranking de Color.

FICHA DE RESPUESTA

RANKING DE COLOR

Nombre: _____ Fecha: _____

Set: (Verde, Amarillo o Naranja)

Test: Ordenamiento

Por favor ordene los tubos que contienen las soluciones coloreadas de acuerdo al aumento de intensidad de color.

Anote en la línea inferior la letra de cada tubo en el orden que haya establecido.

(Más débil)

(Más intenso)

ANEXO 9. Ficha de Respuesta para Test Triangular

FICHA DE RESPUESTA

Test Triangular:

Nombre:

Set

Se presentan dos muestras iguales y una distinta. Determinar qué muestra del trío es distinta.

A qué atribuye lo distinto en la muestra que escogió.

ANEXO 10. Test de Karlsruhe para la Valoración de Calidad del Yogur con Pulpa de Frambuesa Liofilizada.

Características	Calidad Grado 1: Características Típicas			Calidad Grado 2: Deterioro Tolerable			Calidad Grado 3: Deterioro Indeseable		
	Excelente 9	Muy Buena 8	Buena 7	Satisfactoria 6	Regular 5	Suficiente 4	Defectuosa 3	Mala 2	Muy Mala 1
Color	Intenso, muy típico y natural a frambuesa. Muy buen brillo	Menos intenso, típico y natural a frambuesa. Buen brillo	Poco intenso, pero aún típico a frambuesa. Menos Brillo	Ligeramente pálido. Leve Brillo. No tan típico a frambuesa	Pálido. Levemente opaco. Poco típico a frambuesa	Muy pálido. Opaco. Muy poco típico a frambuesa	Coloración atípica a frambuesa. Presencia de manchas blancas	Muy desteñido, y atípico a frambuesa. Muy opaco	Sin color, totalmente opaco, muy atípico y nada natural a frambuesa
Apariencia	Muy natural a pulpa de frambuesa, Muy buena distribución de semillas de frambuesa.	Natural a pulpa de frambuesa, buena distribución de semillas de frambuesa	Menor presencia de semillas de frambuesa, menos natural a pulpa.	Poca presencia de semillas de frambuesa, poco natural a pulpa de frambuesa.	Muy poca presencia de semillas, nada natural a pulpa de frambuesa.	Casi nada de presencia de semillas de frambuesa y con trazas de frambuesa.	Sin presencia de semillas de frambuesa, predomina la matriz del yogur y pocas trazas de frambuesa.	Sin presencia de semilla, con muy pocas trazas de frambuesa.	Sin presencia de semillas ni de trazas de frambuesa.
Aroma	Muy intenso y muy específico a frambuesa, muy equilibrado con el yogur	Intenso y específico a frambuesa, equilibrado con el yogur.	Menos intenso, pero aún específico a frambuesa, menos equilibrado con el yogur	Poco intenso y menos específico a frambuesa, levemente alterado y poco equilibrado con el yogur.	Algo alterado, muy poco específico a frambuesa, no equilibrado con el yogur.	Alterado, nada específico a frambuesa ni a yogur	Muy alterado, distinto a frambuesa y a yogur.	Anormal y atípico a yogur con frambuesa	Muy anormal, totalmente distinto a yogur con frambuesa.
Consistencia (con cuchara)	Muy buen cuerpo. Consistencia característica de yogur. Muy buena uniformidad	Buen cuerpo. Buena uniformidad. Buena consistencia	Uniforme, consistencia aún típica	Menor consistencia, algo más líquida (o espesa), pero aún característico a yogur, poco uniforme.	Consistencia líquida (o espesa), poco característico a yogur, muy poco uniforme	Consistencia muy líquida (o espesa), no característico de yogur. Desuniforme.	Claramente alterada, nada típico a yogur. Uniformidad alterada, gran parte líquido (o espeso)	Totalmente alterada. Mala consistencia totalmente líquida (o espesa).	Totalmente alterada. Muy desuniforme (completamente líquido o espeso)
Sabor	Muy específico de frambuesa y muy buen equilibrio fruta-yogur. Muy buen equilibrio dulzor-acidez (acidez propia de la frambuesa y del yogur)	Específico de frambuesa, buen equilibrio fruta-yogur y buen equilibrio dulzor-acidez	Aún específico a frambuesa, aún equilibrado en dulzor y acidez	Menos específico de frambuesa, levemente ácido o levemente dulce, poco equilibrado.	Poco sabor a frambuesa, pérdida de equilibrio entre dulzor y acidez, ácido o dulce.	Sabor algo alterado, no recuerda a frambuesa, muy ácido o muy Dulce.	Presencia de sabores extraños a yogur o a frambuesa. Acidez muy desequilibrada. Dulzor desequilibrado.	Acidez pronunciada, sabores extraños, notablemente insípido a fruta.	Acidez intolerable. Insípido a fruta, dulzor (muy elevado o presencia no detectable)
Textura (bucal)	Muy cremoso y suave (típico yogur), con alta identificación de la pulpa con semillas característica de frambuesa.	Cremoso y suave, identificación de la pulpa de frambuesa, incluyendo sus semillas.	Aún cremoso y suave, con presencia de pulpa y semillas de frambuesa	Algo alterada. Poco cremosa, exceso o ausencia de semillas de la pulpa de frambuesa	Alterada, muy poca cremosidad, algo áspero. Poco suave	Más Alterada, Áspero y no cremoso, presencia o ausencia de semillas no tolerable	Claramente alterada, Muy áspero, nada cremoso, cero presencia de pulpa.	Muy alterada, alta presencia de granulosidad atípica del yogur con pulpa	Completamente alterada. Nada típico al yogur con pulpa de frambuesa.

ANEXO 11. Cuestionario de Evaluación para Consumidores.

ENCUESTA EVALUACIÓN YOGUR CON PULPA DE FRAMBUESA.
--

Mi nombre es Elizabeth Muñoz, estoy realizando mi memoria para optar al título de Ingeniero en Alimentos de la Universidad de Chile. Esta encuesta forma parte importante de mi tesis, ya que me permitirá evaluar la aceptación y preferencia del producto desarrollado.

A continuación se describe la encuesta:

- i. Se le entregaran dos muestras de yogur codificados con tres números, para ser evaluadas individualmente.
- ii. Una vez realizada la evaluación individual, se le entregará ambas muestras para que indique su preferencia.
- iii. Las preguntas las debe responder marcando con un círculo el puntaje otorgado a cada muestra de yogur.
- iv. Tiempo estimado para responder la encuesta: 10 min.

Nombre del encuestado:

Rango de edad en años:

Menor 15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-55	56-60	Mayor 60
----------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	----------

¿Es usted consumidor de yogur? SI NO

¿Cuántas veces a la semana consume yogur? 1 2 3 4 5 o más

¿Es usted consumidor de frambuesas, ya sea solas o en preparaciones como yogur y postres?
 SI NO

Primera evaluación

Por favor tome un sorbo de agua y después pruebe la muestra.



1. ¿Qué le parece el agrado general de esta muestra de yogur?

Me disgusta mucho	Me disgusta	Me disgusta levemente	No me gusta ni me disgusta	Me gusta levemente	Me gusta	Me gusta mucho
1	2	3	4	5	6	7

¿Hay algo que le gustó especialmente? Si No

Si contestó que sí, ¿qué le gustó especialmente?

¿Hay algo que le desagradó especialmente? Si No

Si contestó que sí, ¿qué le desagradó especialmente?

2. ¿Qué opina del color de la muestra, respecto a lo que espera en un yogur con frambuesa?

Mucho más claro de lo que me gusta	Más claro de lo que me gusta	Justo como me gusta	Más oscuro de lo que me gusta	Mucho más oscuro de lo que me gusta
-2	-1	0	1	2

3. ¿Qué le parece el sabor de la muestra?

Me disgusta mucho	Me disgusta	Me disgusta levemente	No me gusta ni me disgusta	Me gusta levemente	Me gusta	Me gusta mucho
1	2	3	4	5	6	7

4. ¿Qué opina del dulzor de la muestra?

Mucho menos dulce de lo que me gusta	Menos dulce de lo que me gusta	Justo como me gusta	Más dulce de lo que me gusta	Mucho más dulce de lo que me gusta
-2	-1	0	1	2

5. ¿Qué opina de la intensidad de acidez de la muestra?

Mucho menos ácido de lo que me gusta	Menos ácido de lo que me gusta	Justo como me gusta	Más ácido de lo que me gusta	Mucho más ácido de lo que me gusta
-2	-1	0	1	2

 Por favor pida la segunda muestra

Segunda Evaluación



Por favor tome un sorbo de agua y después pruebe la muestra.

1. ¿Qué le parece el agrado general de esta muestra de yogur?

Me disgusta mucho	Me disgusta	Me disgusta levemente	No me gusta ni me disgusta	Me gusta levemente	Me gusta	Me gusta mucho
1	2	3	4	5	6	7

¿Hay algo que le gustó especialmente? ___Si ___No
 Si contestó que sí, ¿qué le gustó especialmente?

¿Hay algo que le desagradó especialmente? ___Si ___No
 Si contestó que sí, ¿qué le desagradó especialmente?

2. ¿Qué opina del color de la muestra, respecto a lo que espera en un yogur con frambuesa?

Mucho más claro de lo que me gusta	Más claro de lo que me gusta	Justo como me gusta	Más oscuro de lo que me gusta	Mucho más oscuro de lo que me gusta
-2	-1	0	1	2

3. ¿Qué le parece el sabor de la muestra?

Me disgusta mucho	Me disgusta	Me disgusta levemente	No me gusta ni me disgusta	Me gusta levemente	Me gusta	Me gusta mucho
1	2	3	4	5	6	7

4. ¿Qué opina del dulzor de la muestra?

Mucho menos dulce de lo que me gusta	Menos dulce de lo que me gusta	Justo como me gusta	Más dulce de lo que me gusta	Mucho más dulce de lo que me gusta
-2	-1	0	1	2

5. ¿Qué opina de la intensidad de acidez de la muestra?

Mucho menos ácido de lo que me gusta	Menos ácido de lo que me gusta	Justo como me gusta	Más ácido de lo que me gusta	Mucho más ácido de lo que me gusta
-2	-1	0	1	2

 Por favor pida que le entreguen la primera muestra evaluada.

1. Favor indique la muestra que prefiere, marcando el código. Si desea las puede probar de nuevo.

Muestra Preferida

Mt N° _____

Mt N° _____

Indique las razones de preferencia por la muestra.....:

Indique las razones por las cuales colocó la muestra... como menos preferida:

*Muchas gracias por su tiempo
 y colaboración.*

ANEXO 12. Tabla de Ensayo Bilateral.

Número de Respuestas n	Numero min. de respuestas necesarias para alcanzar un nivel de significación		
	$\alpha \leq 0,05$	$\alpha \leq 0,01$	$\alpha \leq 0,001$
7	7	-	-
8	8	8	-
9	8	9	-
10	9	10	-
11	10	11	11
12	10	11	12
13	11	12	13
14	12	13	14
15	12	13	14
16	13	14	15
17	13	15	16
18	14	15	17
19	15	16	17
20	15	17	18
21	16	17	19
22	17	18	19
23	17	19	20

24	18	19	21
25	18	20	21
26	19	20	22
27	20	21	23
28	20	22	23
29	21	22	24
30	21	23	25
31	22	24	25
32	23	24	26
33	23	25	27
34	24	25	27
35	24	26	28
36	25	27	29
37	25	27	29
38	26	28	30
39	27	28	31
40	27	29	31
41	28	30	32
42	28	30	32
43	29	31	33
44	29	31	34
45	30	32	34
46	31	33	35
47	31	33	36
48	32	34	36
49	32	34	37
50	33	35	37
60	39	41	44
70	44	47	50
80	50	52	56
90	55	58	61
100	61	64	67

NOTA: estos valores se han calculado a partir de la fórmula exacta: ley binomial de parámetros $p=0,50$ con n repeticiones (replicados). **FUENTE:** UNE 87-005-92 (AENOR, 1992).

ANEXO 13. Curva de Congelación Inicial (250 min)

Anexo 13.1 Tabla de Datos Curva de Congelación Inicial.

Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)
0	21,1	85	-14,4	170	-46,6
5	19,5	90	-19,5	175	-46,8
10	17,5	95	-27,8	180	-47,1
15	14,3	100	-31,5	185	-47,5
20	10,7	105	-34,6	190	-47,7
25	6,6	110	-36,9	195	-47,9
30	2,5	115	-39,2	200	-48,2
35	-1	120	-40,6	205	-48,3

40	-2,9	125	-41,4	210	-48,6
45	-2,7	130	-42,4	215	-48,8
50	-3	135	-43,1	220	-49,2
55	-3,3	140	-43,6	225	-49,3
60	-3,5	145	-44,3	230	-49,4
65	-4,3	150	-45	235	-49,5
70	-5,5	155	-45,3	240	-49,6
75	-8,9	160	-45,9	245	-49,7
80	-12	165	-46,3	250	-49,7

Anexo 13.2 Curva de Congelación Preliminar de Pulpa de Frambuesa

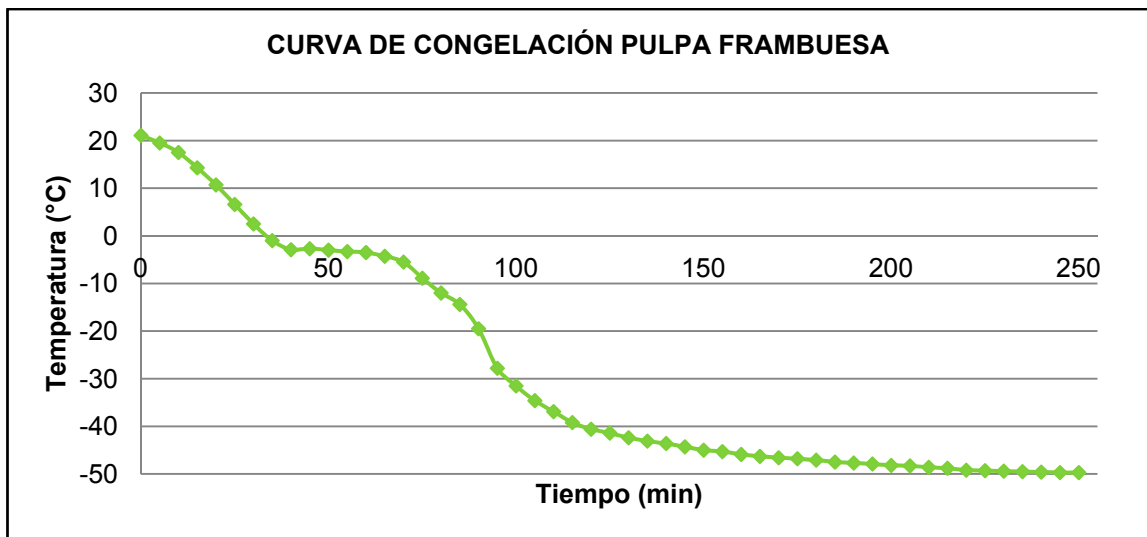


FIGURA ANEXO 13.2.Gráfico ciclo preliminar de congelación

ANEXO 14. Tabla de Datos Curva de Congelación Oficial para Curva de Congelación del Ciclo de Liofilización.

Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)
0	19,8	75	-3,9
5	19,8	80	-4,7
10	17,2	85	-5,1
15	12,4	90	-6,2
20	8,9	95	-7,4
25	7,6	100	-10,9
30	3,9	105	-20

35	3,4	110	-25,4
40	2,5	115	-30,7
45	1,5	120	-33,8
50	-0,7	125	-35,9
55	-4	130	-38,7
60	-3	135	-40,1
65	-3		
70	-3,6		

ANEXO 15. Curva Inicial Ciclo de Liofilización

Tabla de programación inicial.

Secado Primario				
Paso	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Mantenimiento/rampa	Presión (mtorr)
1	-25	1250	M	200
2	-25	1015	R	200
3	15	60	M	200
Secado Secundario				
*Secondary Set Point (°C)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Presión (mtorr)	
35	25	120	200	

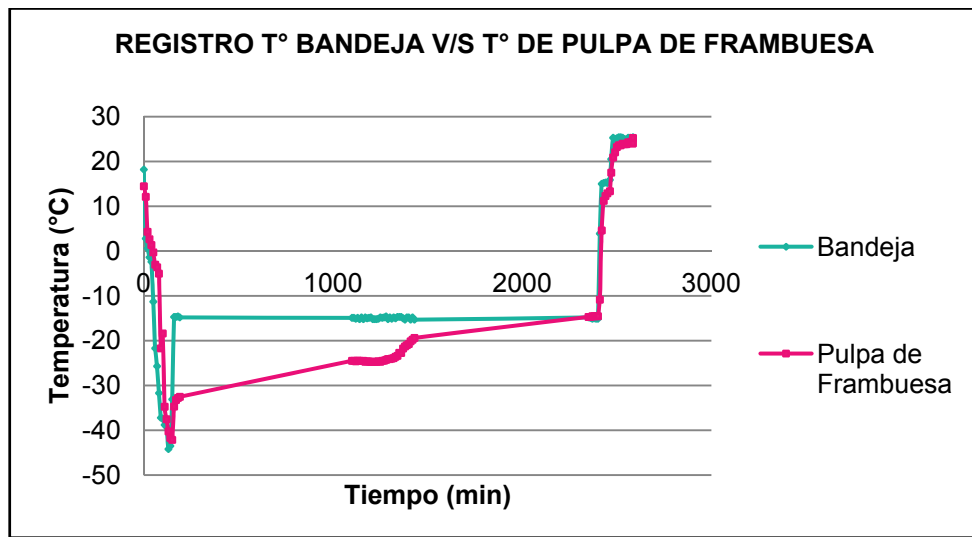
* Secondary Set Point, es la temperatura recomendada por el fabricante (10°C sobre la temperatura de secado secundario), para controlar que la muestra no sobrepase ese punto.

Anexo 15.1 Datos de Variación de Temperatura para Ciclo Inicial de Liofilización (43 h).

Tiempo (min)	T (°C) Pulpa	T (°C) Bandeja	T (°C) Condensador	Presión (Torr)	Tiempo (min)	T (°C) Pulpa	T (°C) Bandeja	T (°C) Condensador	Presión (Torr)
0	14,45	18,2	18,4	414	1300	-24,1	-14,8	-69,7	0,602
10	12,1	2,8	17,3	377	1310	-24	-15,1	-70,3	0,603
20	4,3	0,6	-69,7	340	1320	-23,9	-14,8	-69,8	0,603
30	2,65	-1,4	-68,3	338	1330	-23,6	-15	-70,6	0,606
40	1,35	-2,4	-46,5	336	1340	-23,4	-14,7	-70,2	0,601
50	-0,3	-11,3	-38,6	330	1350	-22,7	-14,7	-70,4	0,605
60	-3,05	-21,7	-21,5	325	1360	-22,75	-14,7	-70	0,606
70	-3,6	-25,7	-5,7	324	1370	-21,75	-15	-68,6	0,611
80	-5,05	-31,7	1,4	316	1380	-21,3	-15,3	-69,5	0,614
90	-21,7	-37,2	-50,3	305	1390	-21	-14,8	-71,3	0,611
100	-18,4	-37,4	-57,9	302	1400	-20,75	-14,8	-69,7	0,61
110	-34,75	-38,8	-44,8	298	1410	-20,15	-15,3	-69,7	0,61
120	-37,55	-39,2	-23,2	298	1420	-19,8	-14,8	-71,2	0,611
130	-40,25	-44,2	-3,6	292	1430	-19,4	-15,3	-69,5	0,609

140	-41,7	-43,5	-63,3	15,3	2350	-14,7	-14,8	-70	0,617
150	-42,15	-33,1	-73,3	0,206	2360	-14,7	-14,9	-69,7	0,614
160	-34,7	-14,7	-76	0,204	2370	-14,55	-15,1	-70,2	0,618
170	-33,25	-14,7	-71,9	0,208	2380	-14,55	-15	-71,4	0,618
180	-32,8	-14,6	-70,8	0,207	2390	-14,55	-15,1	-70	0,621
190	-32,55	-14,8	-70,2	0,228	2400	-14,55	-15,1	-69,8	0,626
1100	-24,5	-14,9	-69,7	0,57	2410	-10,85	3,9	-78	0,615
1110	-24,5	-14,9	-71,8	0,571	2420	4,6	15	-78	0,67
1120	-24,6	-15,1	-69,7	0,576	2430	11,2	15,2	-78	0,67
1130	-24,45	-14,9	-70,8	0,578	2440	12,3	15,3	-73	0,54
1140	-24,5	-15,2	-69,7	0,582	2450	12,9	15,2	-75,6	0,496
1150	-24,55	-14,8	-69,9	0,588	2463	13,35	15,9	-76,6	0,488
1160	-24,5	-15,2	-69,7	0,589	2470	17,5	20,5	-76,9	0,486
1170	-24,7	-14,8	-70,2	0,586	2480	20,9	25,3	-77,1	0,484
1180	-24,6	-15	-70,9	0,586	2490	22,05	25	-77	0,478
1190	-24,65	-14,9	-69,2	0,588	2500	23,2	25,2	-75,5	0,472
1200	-24,75	-14,8	-71,2	0,596	2510	23,6	25,4	-73,4	0,471
1210	-24,7	-15,2	-70,2	0,6	2520	23,6	25,4	-73,4	0,471
1220	-24,7	-15,2	-70	0,6	2530	23,95	25,3	-73,5	0,474
1230	-24,7	-15,2	-68,9	0,6	2540	23,85	25	-76,6	0,471
1240	-24,6	-15,1	-68,7	0,6	2550	23,85	24,9	-76,8	0,466
1250	-24,7	-14,8	-70,3	0,596	2560	24,3	25,3	-72,5	0,471
1260	-24,5	-14,9	-70,2	0,6	2570	24,25	25,3	-74,9	0,469
1270	-24,45	-14,8	-71,6	0,609	2580	24,5	25,1	-72,2	0,468
1280	-24,3	-14,6	-70,4	0,605	2583	24,05	24,8	-76,9	0,465
1290	-24,1	-15,2	-69,6	0,607	2584	24,05	24,9	-77	0,464
					2585	25,25	25,4	-53,8	706

Anexo 15.2 Ciclo Inicial de Liofilización (43 h).



ANEXO 16. Datos Curva de Secado para Ciclo de Liofilización Final (23,25 h)

Tiempo (min)	T (°C) Pulpa	T(°C) Bandeja	T(°C) Condensador	Presión (Torr)	Tiempo (min)	T (°C) Pulpa	T(°C) Bandeja	T(°C) Condensador	Presión (Torr)
0	13,9	18,1	-21	456	1080	-18,925	-15,2	-70,1	0,247
10	7,65	2,1	-14,1	428	1090	-18,725	-14,9	-70,4	0,248
20	3,325	0,5	-90,2	398	1100	-18,55	-15,2	-69,9	0,252
30	0,975	0,4	-91,5	389	1110	-18,3	-14,8	-71,7	0,24
40	-2,05	-6,4	-6,4	388	1120	-18,15	-14,6	-70,4	0,227
50	-7,05	-12,6	-80,3	386	1130	-17,825	-14,9	-69,8	0,231
60	-5,6	-18,3	-85,1	380	1140	-17,65	-14,7	-71,4	0,221
70	-7,25	-25,2	-38,7	376	1150	-17,6	-14,9	-69,9	0,233
80	-11,75	-30,5	-28,3	370	1160	-17,325	-14,8	-71,6	0,223
90	-24,53	-36,5	-23,8	360	1170	-17,275	-15,2	-70	0,241
100	-30,88	-37,2	-74,2	354	1180	-17,05	-15,1	-70,2	0,229
110	-35,6	-38,3	-58,5	345	1190	-16,975	-14,8	-70,5	0,225
120	-37,1	-38,5	-48	344	1208	-16,825	-14,8	-70,4	0,235
130	-39,58	-40,4	-35,2	342	1223	-16,525	-14,7	-71,7	0,239
140	-40,78	-41,5	-27	344	1232	-16,425	-15,1	-70,3	0,23
150	-44,38	-44,5	-88	4,983	1240	-16,175	-15,1	-70,1	0,232
160	-44,7	-44,9	-88,7	0,233	1250	-15,9	-14,8	-70,4	0,243
920	-22,6	-14,7	-72,6	0,211	1260	-15,725	-15	-71,1	0,239
930	-22,38	-15	-69,9	0,236	1270	-15,675	-14,6	-70,3	0,227
940	-22	-14,7	-70,5	0,242	1280	-15,15	-0,4	-77,2	0,22
950	-21,73	-15	-71,3	0,249	1290	-5,575	13,5	-77,8	0,276
960	-21,73	-15	-71,3	0,249	1300	5,5	25,1	-77,6	0,252
970	-21,38	-15	-70,9	0,228	1310	12,8	25	-77,4	0,258
980	-21,1	-14,7	-72,6	0,208	1320	17,25	25,1	-77,2	0,236
990	-20,78	-15,1	-70,5	0,238	1330	19,425	25,2	-75,4	0,215
1000	-20,7	-14,7	-71,6	0,239	1340	20,75	25,3	-73,6	0,236
1010	-20,53	-15,1	-70,4	0,231	1350	21,825	25,3	-71,8	0,227
1020	-20,2	-14,8	-70,3	0,238	1360	21,775	25	-77,2	0,23
1030	-19,85	-14,9	-71,4	0,227	1370	22,275	25	-75,6	0,222
1040	-19,58	-14,8	-71,4	0,241	1380	23,1	25,3	-73,2	0,244
1050	-19,5	-14,7	-72,3	0,219	1390	23,375	24,9	-71,4	0,249
1060	-19,2	-15,1	-71,2	0,224	1396	23,575	25,1	-72,7	0,244
1070	-19,08	-15,1	-69,9	0,237	1398	24,425	25	-60,6	0,582
					1399	23,625	25,6	-44,2	630

ANEXO 17. Calculo Humedad para Pulpa Fresca y Liofilizada de Frambuesa.

	m1	m2	m3	mh20	%Humedad = (m2-m3)/(m2-m1)*100	Promedio
Pulpa Fresca 1	51,2516	56,4618	52,0889	-4,3729	83,9296	83,5323
Pulpa Fresca 2	50,9451	56,2407	51,8382	-4,4025	83,1351	
Pulpa Liofilizada 1	51,2492	55,3309	55,0139	-0,317	7,7664	6,8802
Pulpa Liofilizada 2	50,9434	55,9868	55,6845	-0,3023	5,9940	

ANEXO 18. Cálculo de Actividad de Agua para Frambuesa Fresca y Pulpa de Frambuesa Liofilizada por Interpolación Gráfica.

Δ Peso =		Masa final - Masa inicial			
m =		Muestra			
		Frambuesa Fresca		Pulpa Liofilizada	
SAL	HR (25°C)	Δ Peso m1	Δ Peso m2	Δ Peso m1	Δ Peso m2
Hidróxido de Sodio	8,2	-0,6	-0,39	-0,06	-0,05
Cloruro de Sodio	75,5	-0,06	-0,07	0,11	0,18
Sulfato de Amonio	80	-0,32	-0,05	0,17	0,13
Cloruro de Potasio	84,5	-0,05	0,02	0,11	0,18
Nitrato de Potasio	93	-0,11	0,04	0,17	0,17

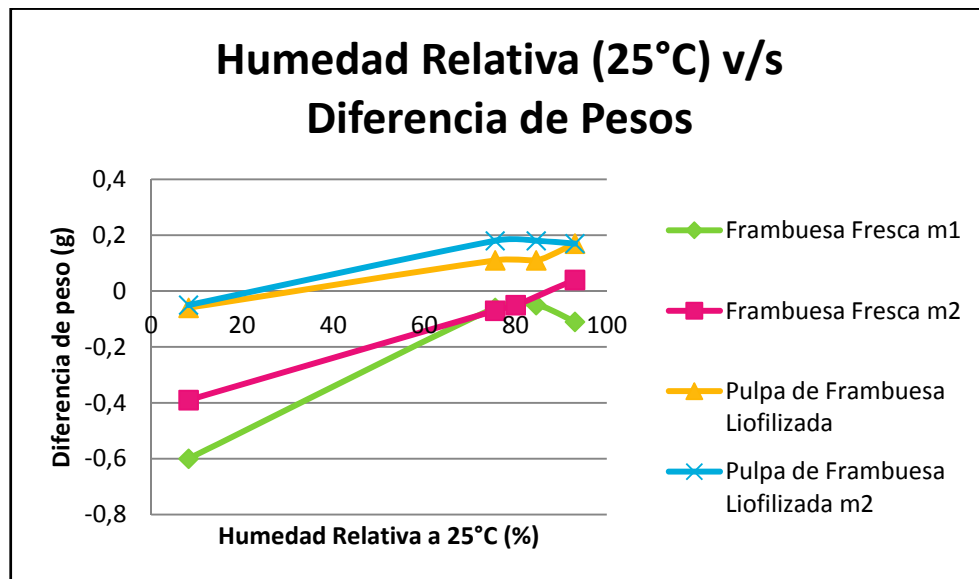


Gráfico de Humedad Relativa a 25°C versus Diferencia de Pesos.

	Ecuación		Hreq (%)	aw	Promedio
Frambuesa Fresca	$y = 0,0066x - 0,6351$	$R^2 = 0,9292$	96,23	0,96	0,9237
Frambuesa Fresca	$y = 0,0049x - 0,4337$	$R^2 = 0,9959$	88,51	0,89	
Pulpa de Frambuesa Liofilizada	$y = 0,0025x - 0,0825$	$R^2 = 0,9744$	33,00	0,33	0,2796
Pulpa de Frambuesa Liofilizada	$y = 0,0029x - 0,0665$	$R^2 = 0,9514$	22,93	0,23	

ANEXO 19. Tabla de Datos de Rehidratación de Muestras.

Muestra	Agua		Yogur	
	Tiempo (s)	Promedio (s)	Tiempo (s)	Promedio (s)
Pulpa sin semilla	9	8	5	5,5
Pulpa sin semilla	7		6	
Fruta entera	16	15,5	274,8	289,2
Fruta entera	15		303,6	
Pulpa con semilla	25	23,5	207	224,1
Pulpa con semilla	22		241,2	

ANEXO 20. Fotos Proceso de Rehidratación en Yogur.



Imagen 1: Rehidratación con pulpa de frambuesa liofilizada sin semilla.

Imagen 2: Rehidratación con frambuesa entera liofilizada.

Imagen 3: Rehidratación con pulpa liofilizada con semilla (muestra laboratorio).

Medio de Rehidratación: Yogur Natural

ANEXO 21. Tabla de Aciertos para Test de Selección de Panel de Jueces.

Test Aplicado	Identificación de umbral de gusto salado		Ordenamiento de Colores				Test Triangulares			
	Umbral de Identificación (g NaCl /100 mL)	% Aciertos	Aciertos (%)				Aciertos	Ausencias	Total tríos evaluados por juez	Aciertos Totales
Rojo			Verde	Amarillo	Promedio					
1	0,08	70	10	80	30	40	3	3	7	43
2	0,06	100	60	80	50	63	10	0	10	100
3	0,06	100	50	60	50	53	6	1	9	67
4	0,06	100	50	50	30	43	4	4	6	67
5	0,06	100	80	80	40	67	8	0	10	80
6	0,1	70	30	80	40	50	5	0	10	50
7	0,04	100	50	50	50	50	8	0	10	80
8	0,04	100	80	100	40	73	5	1	9	56
9	0,06	100	50	60	40	50	5	0	10	50
10	0,06	100	60	80	80	73	5	0	10	50
11	0,08	70	80	80	50	70	6	3	7	86
12	0,06	100	100	80	80	87	5	4	6	83
13	0,08	70	60	60	20	47	7	0	10	70
14	0,04	100	80	80	50	70	5	3	7	71

ANEXO 22. Resultados Evaluación Sensorial de 11 Corridas Experimentales por Cada Juez.

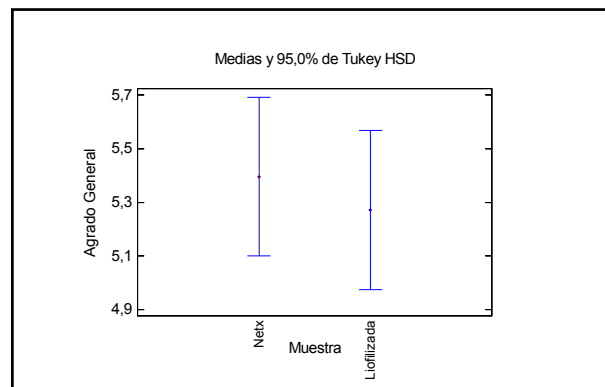
Las letras corresponden a las siguientes concentraciones, las cuales se evaluaron en forma aleatoria en el orden que sigue:

Muestra	Azúcar	Pulpa	Muestra	Azúcar	Pulpa
A	4,9	5,5	G	32,5	5,5
B	60,1	5,5	H	32,5	10,0
C	52,0	2,3	I	13,0	8,7
D	32,5	5,5	J	32,5	5,5
E	32,5	1,0	K	13,0	2,3
F	52,0	8,7			

Juez	Muestra	Color	Apariencia	Aroma	Consistencia (c/cuchara)	Sabor	Textura (bucal)	Muestra	Color	Apariencia	Aroma	Consistencia (c/cuchara)	Sabor	Textura (bucal)
1	A	7	7	6	8	6	7	G	8	8	7	8	7	7
2	A	8	8	6	8	5	6	G	5	7	6	8	5	6
3	A	7	6	6	7	4	6	G	7	6	6	8	5	7
4	A	6	6	6	7	5	7	G	6	7	6	8	8	6
5	A	5	6	6	7	5	6	G	7	7	6	6	8	6
6	A	7	6	5	6	5	5	G	8	7	6	7	6	7
7	A	8	7	5	8	4	7	G	7	7	6	7	8	7
8	A	6	7	6	7	5	7	G	6	6	6	8	7	7
9	A	7	7	6	8	5	8	G	7	7	6	7	8	7
10	A	8	8	6	7	4	6	G	8	8	7	7	6	6
\bar{X}		6,9	6,8	5,8	7,3	4,8	6,5		6,9	7	6,2	7,4	6,8	6,6
1	B	8	7	6	7	5	7	H	9	9	8	9	9	9
2	B	6	8	6	7	5	6	H	9	9	7	9	8	7
3	B	7	7	6	8	6	6	H	9	9	7	8	8	8
4	B	6	6	5	6	6	8	H	9	9	7	9	9	9
5	B	8	6	6	7	8	8	H	8	9	7	8	8	7
6	B	7	7	6	7	6	7	H	8	8	7	8	8	7
7	B	7	7	5	6	5	5	H	8	8	7	8	7	8
8	B	5	8	6	8	5	7	H	9	9	8	9	9	8
9	B	6	8	6	8	5	7	H	9	9	7	8	9	7
10	B	8	7	6	8	8	8	H	9	9	8	9	9	9
\bar{X}		6,8	7,1	5,8	7,2	5,9	6,9		8,7	8,8	7,3	8,5	8,4	7,9
1	C	4	4	4	7	6	5	I	8	9	7	7	6	8
2	C	4	3	5	6	6	6	I	8	8	7	8	6	6
3	C	5	4	5	6	4	5	I	8	7	6	8	5	7
4	C	4	4	5	6	7	6	I	9	8	7	8	6	8
5	C	3	2	4	5	6	5	I	7	8	6	7	6	7
6	C	4	4	5	6	6	6	I	8	8	7	8	6	7
7	C	5	4	5	6	4	5	I	9	9	7	9	5	7
8	C	4	3	5	5	6	5	I	8	8	7	8	7	6
9	C	3	3	4	7	7	5	I	7	8	7	8	9	8
10	C	4	4	4	6	2	4	I	8	9	7	8	8	8
\bar{X}		4	3,5	4,6	6	5,4	5,2		8	8,2	6,8	7,9	6,4	7,2
1	D	8	8	6	7	5	7	J	7	7	6	7	8	6
2	D	7	6	6	7	5	6	J	7	7	7	8	8	7
3	D	5	7	6	6	5	7	J	7	6	6	7	5	6
4	D	7	8	7	8	6	6	J	8	6	6	6	5	7
5	D	7	7	7	6	6	6	J	7	7	6	6	7	6
6	D	7	7	6	7	5	7	J	6	5	6	7	5	6
7	D	6	8	6	8	7	7	J	5	7	6	7	7	7
8	D	6	7	6	7	5	5	J	6	7	6	6	7	6
9	D	8	7	6	7	4	7	J	8	6	7	7	5	5
10	D	8	7	6	8	6	6	J	6	6	7	7	6	7
\bar{X}		6,9	7,2	6,2	7,1	5,4	6,4		6,7	6,4	6,3	6,8	6,3	6,3
1	E	4	4	5	4	4	5	K	4	3	5	4	3	5
2	E	2	2	4	4	5	5	K	3	5	5	4	3	5

3	E	2	3	4	5	4	5	K	3	4	4	5	3	5
4	E	3	3	4	4	5	4	K	4	5	5	5	6	6
5	E	3	3	4	4	4	4	K	5	5	5	5	6	6
6	E	4	3	5	5	6	4	K	4	4	5	4	4	5
7	E	1	2	4	4	5	3	K	5	4	5	5	5	5
8	E	3	3	5	4	5	5	K	3	5	5	4	3	4
9	E	5	3	5	4	5	5	K	5	4	5	5	5	5
10	E	2	3	5	5	4	4	K	4	4	4	4	4	5
\bar{X}		2,9	2,9	4,5	4,3	4,7	4,4		4	4,3	4,8	4,5	4,2	5,1
1	F	9	9	8	9	7	8							
2	F	9	9	7	8	7	8							
3	F	9	9	7	9	8	8							
4	F	9	9	7	8	8	8							
5	F	9	9	7	8	7	9							
6	F	8	8	7	8	7	7							
7	F	9	9	7	9	9	7							
8	F	9	9	7	8	8	8							
9	F	8	9	8	8	8	9							
10	F	8	9	7	8	9	8							
\bar{X}		8,7	8,9	7,2	8,3	7,8	8							

ANEXO 23. Análisis de Varianza ANOVA Multifactorial para agrado general de muestra de yogur comercial y yogur con pulpa liofilizada.

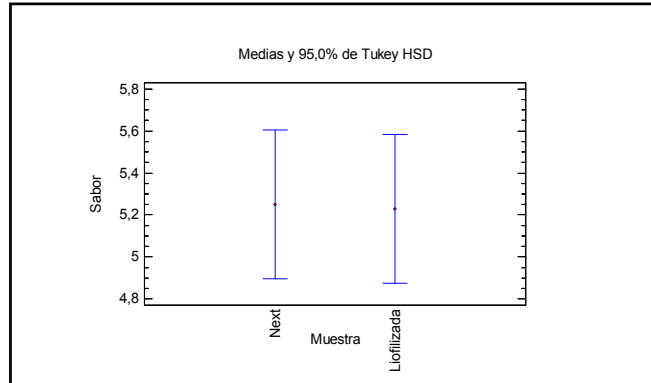


Análisis de Varianza para Agrado General - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Consumidor	73,3333	47	1,56028	0,75	0,8350
B:Muestra	0,375	1	0,375	0,18	0,6729
RESIDUOS					
TOTAL (CORREGIDO)	171,333	95			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

ANEXO 24. . Análisis de Varianza ANOVA Multifactorial para Sabor de muestra de yogur comercial y yogur con pulpa liofilizada.



Análisis de Varianza para Sabor - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Muestra	0,0104167	1	0,0104167	0,00	0,9532
B:Consumidor	90,9896	47	1,93595	0,65	0,9299
RESIDUOS	140,49	47	2,98914		
TOTAL (CORREGIDO)	231,49	95			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

ANEXO 25. Ingredientes Yogur Next Trozo Frambuesa, Soprole.

INGREDIENTES

Leche fluida descremada, frambuesas, agua, fructosa, leche en polvo descremada, almidón modificado, inulina, concentrado de proteína de leche, povidona, gelatina, pectina, saborizante idéntico al natural, sorbato de potasio, cepa de yoghurt, Bifidobacterium (10^7 UFC/g) y Sucralosa.

FUENTE: SOPROLE