



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

“DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN DE UN ALIMENTO EN BASE A
QUINUA (*Chenopodium quinoa Willd.*), SÍMIL DE YOGUR”

Memoria para optar al título de Ingeniera en Alimentos

PATROCINANTE

Eduardo Castro Montero
Ingeniero Civil Químico (PUC)
Magister en Ciencias de los Alimentos (UCh)

DIRECTORES DE MEMORIA

Eduardo Castro Montero
Ingeniero Civil Químico (PUC)
Magister en Ciencias de los Alimentos (UCh)

Luis Puente Díaz
Ingeniero en Alimentos (UTEM)
Doctor en Tecnología en Alimentos (UPV)

CAMILA PAZ GARATE VARGAS

Santiago – Chile

Septiembre, 2015

... Amados hermanos, pocos de ustedes eran sabios a los ojos del mundo o poderosos o ricos cuando Dios los llamó. En cambio, Dios eligió lo que el mundo considera ridículo para avergonzar a los que se creen sabios. Y escogió cosas que no tienen poder para avergonzar a los poderosos. Dios escogió lo despreciado por el mundo—lo que se considera como nada— y lo usó para convertir en nada lo que el mundo considera importante...

1 Cor 1:26-28, NTV

<<El Dios todopoderoso, fundador y creador de todas las Galaxias, constelaciones, planetas y el Universo completo es mi Papá>>

DEDICATORIA

Dedico esta memoria al Dios todopoderoso, fundador y creador de todas la Galaxias, constelaciones, planetas y el Universo completo, mi Papá, mi amado favorito. Quien cada vez que me sentí “derribada” me dijo “ que NO estaba destruida” (2° Cor 4:9). Quien ha consolado mi vida, me ha valorado y apreciado más que nadie en el Universo, dando su vida por mi. Para que hoy yo disfrute de todos sus atributos, pues el hoy VIVE en mi. Gracias por levantar mis brazos y atraer mi corazón al amor más dulce, que nunca antes experimenté, gracias Jesús, toda mi vida es para ti.

A mi familia, mi esposo Eduardo Rivas quien con cada palabra y gesto de amor, me alentó a que esto fuera cosechado. Por siempre conducirme a Cristo y por ser el mejor sacerdote en nuestro hogar, te amo Rivitas.

A mi mamá Ximena Vargas quien desde muy pequeña, fue la motivadora de este proyecto profesional y mi más ferviente admiradora de mis logros. Gracias por insistir a que estudiará una carrera y porque pese a las adversidades, fuiste, eres y seras una guerrera que saco a toda una familia adelante. Agradezco su trabajo, esmero y amor como mamá y jefa de hogar, te amo mamita.

A mis hermanas Claudia y Constanza quienes fueron mis compañeras y amigas durante la vida y me animaron y abrazaron cuando fue necesario, las amo con todo mi corazón.

A mi Iglesia local, a todo el cuerpo de Cristo quienes han edificado mi vida y la de mi familia, y han sido canales de Dios a mi vida, para ser alimentada de lo más delicioso que jamás disfrute, mi Cristo amado.

A todos mis familiares tíos, tías, primos, suegros, cuñados y sobrinos por su amor y sus palabras en cada bendición que Dios me ha permitido experimentar.

A cada uno los amo con amor infinito y les bendigo por su esfuerzo y dedicación conmigo y mi esposo. Bendecidos.

AGRADECIMIENTOS

A mis profesores guía y directores de este trabajo, porque en ellos fue visible la vocación y pasión por el conocimiento de la Ciencia de los Alimentos. Gracias al profesor Eduardo Castro, quien además fue mi patrocinante. Y al profesor Luis Puente por tener la disposición de acoger mis peticiones, preguntas, etc. Les agradezco por estar cada vez que los necesite con la mejor disposición para resolver y despejar obstáculos del camino y así realizar todas las mediciones presupuestadas desde un inicio. Pese a que no fueron pocos los obstáculos, nunca tuve una respuesta negativa y/o crítica de parte de ustedes, muy por el contrario sus palabras y acciones fueron en apoyo y sincera ayuda. Gracias por sus ideas y consejos.

Quiero agradecer a quienes desinteresadamente patrocinaron parte de este trabajo:

- Don Ricardo Valdebenito reconocido empresario de quinua orgánica, quien aportó con el total de quinua utilizada en el desarrollo de este producto.
- Profesor Jorge Guzmán de Hela Chile, quien donó todos los aditivos necesarios para el producto. Gracias por su apoyo y consejos profesionales.

Además debo agradecer a la profesora Loreto Muñoz de la Pontificia Universidad Católica de Chile y su tesista Henry Lazaro quienes amablemente tuvieron la disposición de facilitar su reómetro, para las mediciones físicas. Fueron una respuesta a esta necesidad, sin ningún interés por medio.

Agradezco también y muy sinceramente a la profesora Andrea Bunger quien nunca tuvo un no como respuesta cuando solicité su colaboración.

Y agradezco a Don Carlos y Don Sergio por su disposición cuando les necesité, fueron grandes colaboradores y compañeros de laboratorio.

Y a todos lo que han sido parte o se han sentido parte de este trabajo, muchas gracia.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
RESUMEN	ix
SUMMARY	x
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. QUINUA (<i>CHENOPODIUM QUINOA WILLD.</i>).....	3
2.1.1. Origen	3
2.1.2. Morfología.....	3
2.1.3. Descripción botánica y taxonómica	5
2.1.4. Composición Química y Nutricional.....	5
2.1.5. Producción mundial y nacional de quinua (<i>Chenopodium quinoa Willd.</i>)	9
2.1.6. Productos derivados y potencial industrial de la quinua	10
2.2. YOGUR	12
2.2.1. Yogur de soya.....	12
2.2.2. Bacterias lácticas	14
2.2.3. Aditivos	14
2.3. Mercado objetivo: consumidores de un símil de yogur en base a quinua	15
3. HIPÓTESIS	17
4. OBJETIVOS	17
4.1. Objetivo General	17
4.2. Objetivos Específicos	17

4.2.1.	Desarrollar un proceso de obtención y elaboración de un símil de yogur a partir.	17
4.2.2.	Realizar la formulación del producto final. Justificando el uso de aditivos y	17
4.2.3.	Estudiar la cinética de crecimiento del inóculo (<i>Streptococcus thermophilus</i> y <i>Lactobacillus bulgaricus</i>) durante la fermentación de la leche de quinua.....	17
4.2.4.	Caracterizar física, química y sensorialmente la formulación del símil de yogur ..	17
4.2.5.	Comparar física, química y sensorialmente la formulación del símil de yogur en base a quinua con yogures comerciales.....	17
4.2.6.	Determinar la vida útil del símil de yogur en base a quinua mediante análisis fisicoquímicos, y microbiológicos.	17
5.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
5.1.	MATERIALES.....	18
5.1.1.	Materia prima.....	18
5.1.2.	Aditivos	18
5.1.3.	Reactivos químicos.....	18
5.1.4.	Materiales	18
5.1.5.	Equipos.....	18
5.2.	MÉTODOS	19
5.2.1.	Obtención y elaboración de un símil de yogur, a partir de leche de quinua	19
5.2.2.	Formulación del símil de yogur en base a quinua	23
5.2.3.	Obtención del símil de yogur en base a quinua: Cinética de crecimiento del inóculo (<i>Streptococcus thermophilus</i> y <i>Lactobacillus bulgaricus</i>) durante la fermentación de la leche de....	24
5.2.4.	Caracterización física, química y sensorial del símil de yogur en base a quinua. .	24
5.2.5.	Comparación física, química y sensorial entre el símil de yogur en base a quinua con yogures comerciales.....	29
5.2.6.	Determinación de la vida útil del símil de yogur en base a quinua mediante análisis fisicoquímicos, y microbiológicos.	29
6.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	30
6.1.	Obtención del símil de yogur en base a quinua y su cinética fermentativa.	30
6.1.1.	Cinética de crecimiento	30
6.1.2.	Curva de pH.....	32
6.1.3.	Curva de acidez.....	34

6.2.	Caracterización física, química y sensorial del símil de yogur en base a quinua.....	35
6.2.1.	Análisis fisicoquímicos.....	35
6.2.2.	Análisis físicos	40
6.2.3.	Análisis sensorial	44
6.2.4.	Vida útil	50
7.	CONCLUSIONES.....	53
8.	REFERENCIAS.....	55
9.	ANEXOS	60

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de los aminoácidos esenciales de la quinua, cebada, soya y trigo con los requerimientos sugeridos por la FAO.....	6
Tabla 2. Composición de carbohidratos de las semillas de quinua, arroz y cebada (% en base seca).....	7
Tabla 3. Composición de ácidos grasos de la grasa cruda a partir de semillas de quinua, maíz y soya.	9
Tabla 4. Análisis químico comparativo (%) de la leche de soya y leche de vaca.	13
Tabla 5. Propiedades fisicoquímicas de leche y yogur de quinua; leche y yogur de soya; y leche y yogur de vaca.	35
Tabla 6. Información nutricional de símil de yogur en base a quinua (YQ), Yogur Griego (G) y Yogur Next firme (N).	36
Tabla 7. Test de aceptabilidad del símil de yogur en base a quinua (YQ), Yogur Griego (G) y Yogur Next firme (N) (Anexo 14).	46

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. (a) Frutos de la <i>Chenopodium quinoa Willd.</i>	4
Figura 2. <i>Chenopodium quinoa Willd.</i>	5
Figura 3. Principales productores de quinua en el mundo.....	10
Figura 4. Distribución mundial de Intolerancia a la lactosa.....	16
Figura 5. Diagrama de Bloques elaboración de leche de quinua (Barahona, 2010).	19
Figura 6. Diagrama de Bloques elaboración de un símil de yogur en base a quinua (Flores, 2002).	21
Figura 7. Símil de yogur en base a quinua	23
Figura 8. Cinética de crecimiento de bacterias lácticas, en producción del símil de yogur en base a quinua a $44 \pm 1^\circ\text{C}$. 1.....	30
Figura 9. Curva de pH. Cinética de fermentación en leche de quinua, a una temperatura.....	32
Figura 10. Curva de % Ácido láctico. Cinética de fermentación en leche de quinua, a una temperatura $44 \pm 1^\circ\text{C}$	34
Figura 11. Reograma de Esfuerzo versus Velocidad de deformación, para tres muestras. YQ: símil de yogur en base a quinua. G: Yogur Griego natural. N: Yogur Next firme sabor vainilla.	40
Figura 12. Reograma de Viscosidad versus Deformación, para tres muestras. YQ: símil de yogur en base a quinua. G: Yogur Griego natural. N: Yogur Next firme sabor vainilla.....	41
Figura 13. Reograma de Barrido de deformación del símil de yogur de quinua.	42
Figura 14. Reograma de Barrido de deformación, para tres muestras. YQ: símil de yogur en base a quinua. G: Yogur Griego natural. N: Yogur Next firme sabor vainilla (Anexo 7).....	42
Figura 15. Reograma de barrido de frecuencia de símil de yogur en base a quinua.	43
Figura 16. Reograma de barrido de frecuencia, para tres muestras. YQ: símil de yogur en base a quinua. G: Yogur Griego natural. N: Yogur Next firme sabor vainilla (Anexo 8).....	43
Figura 17. Perfilograma analítico sensorial (análisis descriptivo) para YQ (símil de yogur de quinua), G (yogur Griego), N (yogur Next Firme) (Anexo 10).	44
Figura 18. Gráfico de porcentajes de preferencia de consumidores para las muestras de símil de yogur en base a quinua (YQ), yogur Griego (G) y yogur Next firme sabor vainilla (N) (Anexo 15). .	47
Figura 19. Gráfico de los resultados a la pregunta abierta N°1, en el test de preferencia con consumidores “¿Por qué le GUSTÓ más la muestra que puso en PRIMER lugar?” (Anexo 16).	48
Figura 20. Gráfico de los resultados a la pregunta abierta N°2, en el test de preferencia con consumidores “¿Por qué NO le gustó la muestra que puso en ULTIMO LUGAR?” (Anexo 16).	49
Figura 21. Gráficos de Sinéresis (a), cambios en el pH (b), acidez titulable (c) y recuento de hongos y levaduras (d).....	50

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica cultivos lácticos.	60
Anexo 2. Análisis Descriptivo, Test con Panel entrenado	61
Anexo 3. Imágenes de evaluación sensorial del Test descriptivo.	62
Anexo 4. Ficha de evaluación del test de aceptabilidad y preferencia con consumidores.....	63
Anexo 5. Azúcares utilizados como sustrato, para Bacterias Ácido-lácticas.....	65
Anexo 6. ANOVA simple para los resultados de esfuerzo de corte y viscosidad.....	66
Anexo 7. Reogramas de Barrido de deformación para las tres muestras.	68
Anexo 8. Reogramas de Barrido de frecuencia para las tres muestras.	69
Anexo 9. Investigaciones de análisis proximal en diferentes variedades de yogures.....	70
Anexo 10. ANOVA Multifactorial, para el test descriptivo con panel entrenado.....	70
Anexo 11. Comparación de muestras de yogur, de izquierda a derecha: . Yogur Griego (G), símil de yogur en base a quinua (YQ), y yogur Next Firme sabor vainilla.....	74
Anexo 12. Edulcorantes artificiales adicionados y analizados en yogur.....	74
Anexo 13. Test con consumidores, hoja maestra.	75
Anexo 14. ANOVA multifactorial para los parámetros de aceptabilidad.....	76
Anexo 15. Test de preferencia, tabla resumen, resultado de preferencia entre 20 consumidores. ...	80
Anexo 16. Preguntas abiertas.	81

RESUMEN

En el siguiente trabajo se desarrolló una metodología para la elaboración de un símil de yogur en base a quinua. Fermentando leche de quinua mediante el uso de bacterias lácticas (*Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*).

La formulación del símil se compone: de un 6 % de sacarosa, 0,3 % de gelatina, 0,2 % de pectina y un 0,05 % de saborizante de vainilla en polvo.

Según pruebas reológicas, el símil de yogur en base a quinua se ajustó adecuadamente al modelo de Herschel-Bulkley, al igual que el yogur Griego (R^2 : 0,99 en ambos casos). Mientras que el yogur Next sabor vainilla perdió su estructura casi al iniciar el ensayo. Los tres productos mostraron un comportamiento pseudoplástico ($n < 1$). Y la viscosidad aparente para el símil de yogur en base a quinua fue de 26 cP, para el yogur Griego natural 11 cP, y para el yogur Next firme 29 cP ($p > 0,05$). Por otro lado las tres muestras mostraron un G' por sobre G'' , es decir, las muestras son más sólidas (elásticas) que líquidas (viscosas).

Los análisis fisicoquímicos mostraron que el símil tiene: un $4,3 \pm 0,1$ de pH, $0,15 \pm 0,1$ % de ácido láctico, $12,20 \pm 0,17$ °Brix y $1,041 \pm 0,003$ (g/mL) de peso específico.

Las características nutricionales dadas por el análisis proximal son: 2,2 % de materia grasa, 1,1 % de proteínas, 9,7 % de carbohidratos, 0,1 % de cenizas, 86,9 % de humedad y 62,7 kcal/100g.

Se realizó un análisis descriptivo con 8 jueces entrenados. Donde los parámetros de afluencia, consistencia y sabor residual no presentaron diferencias significativas entre las tres muestras ($p > 0,05$). Mientras que el símil presentó el menor valor para sinéresis.

Además se realizó un análisis con consumidores. Donde el símil obtuvo los valores más bajos en aceptabilidad. No obstante, en consistencia no tuvo diferencias significativas con las otras dos muestras comerciales ($p > 0,05$). Para preferencias, Next obtuvo el primer lugar por su buen sabor (39 %), buen dulzor (29 %) y buenas consistencia (16 %). Mientras que el símil de yogur el tercer lugar por su bajo o sin dulzor (33 %) y por ser bajo o sin sabor (27 %).

Al estudiar la vida útil del símil se determinó un total de 5 días a 5°C, según la limitante microbiológica (recuento de hongos y levaduras).

SUMMARY

“Development and Characterization of food based on quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) yogurt similar”

In the following work, was a methodology for elaborating a quinoa-based yogurt. Quinoa milk was fermented by using lactic bacterias (*Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*).

The product formulation is composed by: 6% of saccharose, 0,3% of gelatin, 0,2% of pectin, and 0,05% of vanilla flavor powder.

Rheological tests demonstrated that quinoa-based yogurt properly adjusted to the Herschel-Bulkley model, as well as Griego yogurt (R^2 : 0,99 in both cases), while vanilla flavored Next yogurt lost its structure at the beginning of the trial. The three products showed a pseudo plastic behavior. In terms of viscosity, quinoa yogurt had 26cP, natural Griego yogurt had 11 cP, and firm Next yogurt had 29 cP ($p > 0,05$). On the other hand, the samples revealed a $G' > G''$, that is to say, samples were more solid than liquid.

Physicochemical analysis showed that quinoa product has $4,3 \pm 0,1$ of pH, $0,15 \pm 0,1$ % of lactic acid, $12,20 \pm 0,17$ °Brix and $1,041 \pm 0,003$ (g/mL) of specific weight.

Nutritional characteristics of the studied sample given by the proximal analysis were: 2,2 % of fat, 1,1 % of proteins, 9,7 % of carbohydrates, 0,1 % of ashes, 86,9 % of moisture and 62,7 kcal/100g.

A descriptive analysis was applied by 8 trained judges in which flan-texture, consistency, and residual flavor parameters did not indicate significant differences among the samples ($p > 0,05$). Moreover quinoa sample presented the minor value for syneresis.

Furthermore, tests were applied on consumers where quinoa yogurt was the less accepted product. However, its consistency was as well-rated as the other commercial samples ($p > 0,05$). In terms of preference, Next got the first place in flavor (39%), sweetness (29%), and consistency (16%). While quinoa yogurt was rated in the third place for its low/lack of sweetness (33%) and low/lack of flavor (27%).

According to the microbiological limiting factor (fungus and yeast count), the shelf life of the developed product was 5 d at 5°C.

1. INTRODUCCIÓN

La alimentación es una necesidad biológica primaria del hombre, un proceso consciente y voluntario, y una característica cultural relacionada a las costumbres y creencias individuales y sociales. La conducta alimentaria ha evolucionado en paralelo con el desarrollo de la humanidad. En sus inicios, el hombre era exclusivamente herbívoro, luego con el descubrimiento del fuego, comenzó a ingerir carnes terrestres y marinas haciéndose cazador y recolector. Con el conocimiento y desarrollo de los cultivos y la domesticación de animales, devino el asentamiento de poblaciones, siempre cercano a flujos de ríos, lagos o mares, determinando diferencias en el tipo y calidad de alimentos que se ingieren. Posteriormente, con la revolución industrial, la empresa alimentaria perfeccionó técnicas de elaboración, procesamiento y conservación de productos (Reyes, 2004).

Hoy la preferencia de los consumidores a la hora de elegir los alimentos se inclina justamente hacia estos productos. Los cuales son generalmente procesados, de bajo valor nutricional, gran densidad energética, hipercalóricos, ricos en grasa, sal y azúcares pero pobres en vitaminas, minerales y otros micronutrientes. Y si esto es sumado a una disminución de la actividad física, aumentan considerablemente los factores que contribuyen al sobrepeso y obesidad en la actualidad (OMS, 2011).

Considerando que una alimentación saludable, es aquella que permite alcanzar y mantener un funcionamiento óptimo del organismo, conservar o restablecer la salud, disminuir el riesgo de padecer enfermedades, asegurar la reproducción, la gestación y la lactancia, y que promueve un crecimiento y desarrollo óptimos. Esta debe ser satisfactoria, suficiente, completa, equilibrada, armónica, segura, adaptada, sostenible y asequible para el consumidor (Basulto y cols., 2015).

Las bebidas elaboradas a partir de vegetales son alimentos con una composición nutritiva muy beneficiosa, dado que las materias primas utilizadas contienen una variedad de macro y micronutrientes. La bebida a partir de quinua es una alternativa saludable a los refrescos, bebidas, y/u otros productos lácteos del mercado apto para un amplio grupo de consumidores. Además los productos

elaborados a partir de quinua tienen la ventaja de carecer de lactosa y caseína. Una importante consideración en consumidores intolerantes a la lactosa y Alérgicos a la proteína de leche de vaca (APLV). Por otro lado, el grano de quinua no contiene colesterol y en su perfil de ácidos grasos predominan los ácidos grasos insaturados, siendo comparativamente más saludable que la leche animal (Villacrés y cols., 2011).

2. MARCO TEÓRICO

2.1. QUINUA (*CHENOPODIUM QUINOA* WILLD.)

2.1.1. Origen

La quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) fue descrita por primera vez en sus aspectos botánicos por Willdenow en 1778, como una especie nativa de Sudamérica (Cárdenas, 1944).

Conocida en Chile bajo los nombres de “quínoa”, “quingua”, “quinua” o “dahue” en idioma mapuche, ha sido cultivada en las zonas andinas y subtropicales desde hace más de 5.000 años. Se cree que los primeros cultivos debieron tener lugar en diferentes momentos y paralelamente en diversos lugares: Perú (5000 a.C), Chile (3000 a.C), y Bolivia (750 a.C) (Fuentes, 2006). En la actualidad, mientras que en Bolivia y Perú existen importantes superficies destinadas a la quinua, Bolivia alcanza el máximo con 47.534 ha. (FAOSTAT, 2006), y en Chile la superficie total es de 1.474 ha (INE, 2007).

La progresiva desaparición de los cultivos de quinua en Chile comenzó con la conquista hispánica que introdujo otros cultivos como el trigo o la cebada, y se vio acentuada por los cambios en el uso de los suelos hacia una vocación forestal en el último siglo (Tagle y Planella, 2002).

La quinua es considerada como un cultivo de alto valor nutricional, debido al excepcional balance de aminoácidos de las proteínas de su semilla y a la cantidad de lípidos nutricionalmente favorables, los que se encuentran localizados principalmente en el endospermo y en el embrión o germen de la semilla (Prego y cols., 1998).

2.1.2. Morfología

2.1.2.1. Raíz

La germinación de la quinua se inicia a las pocas horas de tener humedad, alargándose primero la radícula que continúa creciendo y da lugar a una raíz pivotante vigorosa que puede llegar hasta 30 cm de profundidad. A partir de unos pocos centímetros del cuello, empieza a ramificarse en raíces secundarias, terciarias

y más. Las raíces son muy fibrosas y capaces de resistir fuertes vientos (Tapia y cols., 1979).

2.1.2.2. Tallo

El tallo es robusto, de corteza escamosa y de color rojizo. Es cilíndrico a la altura del cuello y después anguloso debido a que las hojas son alternas a lo largo de cada una de las cuatro caras. Tiene una hendidura de poca profundidad, que abarca casi toda la cara, la cual se extiende de una rama a otra. La quinua alcanza alturas entre 50 cm y 2 m (Tapia y cols., 1979).

2.1.2.3. Flores

Igual que las flores de todas las quenopodiáceas, las de la quinua son incompletas, dado que carecen de pétalos. Las flores en el glomérulo pueden ser hermafroditas o pistiladas, y el porcentaje de cada una de ellas depende de la variedad. En la Figura 1 se muestra la flor y sus frutos (Tapia y cols., 1979).

2.1.2.4. Frutos

El fruto es un aquenio cubierto por el perigonio, del que se desprende con facilidad al frotarlo cuando está seco. El color del fruto está dado por el perigonio y se asocia directamente con el de la planta, de donde resulta que puede ser verde, púrpura o rojo. En la madurez, el púrpura puede cambiar a color amarillo o quedarse púrpura. En estado maduro el perigonio tiene forma estrellada por la quilla que presentan los cinco sépalos (Tapia y cols., 1979).

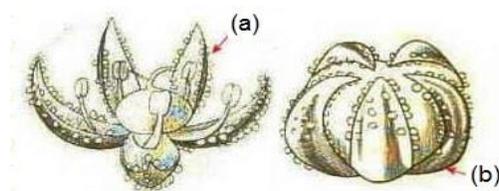


Figura 1. (a) Frutos de la *Chenopodium quinoa* Willd.
(b) Flor de la *Chenopodium quinoa* Willd.

2.1.3. Descripción botánica y taxonómica

La quinua es una planta anual, dicotiledónea, usualmente herbácea, de hábito erguido, que alcanza una altura de 0,2 a 3,0 m. Las plantas pueden presentar diversos colores que van desde verde, morado a rojo y colores intermedios entre estos. El tallo principal puede ser ramificado o no, depende del ecotipo, raza, densidad de siembra y de las condiciones del medio en que se cultiven, es de sección circular en la zona cercana a la raíz, transformándose en angular a la altura de las ramas y hojas.

Es más frecuente el hábito ramificado en las razas cultivadas en los valles interandinos del sur del Perú y Bolivia, en cambio el hábito simple se observa en pocas razas cultivadas en el altiplano y en una buena parte de las razas del centro y norte del Perú y Ecuador (Mujica, 1992).

En la Figura 2 se muestra una ilustración botánica de la *Chenopodium quinoa* Willd.



Figura 2. *Chenopodium quinoa* Willd.

2.1.4. Composición Química y Nutricional

2.1.4.1. Proteínas

El contenido medio de proteínas reportado en la literatura para la semilla de quinua es entre un 12 y 23 %. Comparado con otros cereales, el contenido de proteína

total de la semilla de quinua (16,3 % en base seca) es mayor que el de la cebada (11 % base seca), arroz (7,5 % base seca), o maíz (13,4 % base seca), y es comparable al trigo (15,4 % base seca), y versus las semillas de leguminosa (como la soya), la quinua contiene relativamente menos proteína, como se muestra en la Tabla 1 (Castro, 2010).

En relación con los granos de cereales, los aminoácidos esenciales de la quinua son particularmente altos. Éste es el caso de la lisina, un aminoácido limitante en la mayoría de los granos de cereales, que en la quinua se encuentra entre un 5,1 y 6,4 %. Por otro lado la proporción en la que se encuentran los aminoácidos esenciales es muy equilibrada, esto según los patrones elaborados por la FAO para el consumo de proteínas en niños, como se muestra en la Tabla 1 (Castro, 2010).

Tabla 1. Comparación de los aminoácidos esenciales de la quinua, cebada, soya y trigo con los requerimientos sugeridos por la FAO.

Aminoácidos	Quinua	Cebada	Soya	Trigo	FAO (mg/g proteína)		
	mg/g proteína				2 - 5 años	10 - 12 años	adultos
Histidina	28,8	22,5	27,6	23,5	19	19	16
Isoleucina	35,7	36,5	44,5	38,9	28	28	13
Leucina	59,5	98,2	72	68,1	66	44	19
Lisina	54,2	37,2	57,8	22,1	58	44	16
Metionina y Cisteína	36,2	41,3	28,9	22,7	25	22	17
Fenilalanina y Tirosina	60,9	84,7	84,8	85,9	63	22	19
Treonina	29,8	34	38,6	26,7	34	28	9
Triptófano	11,4	16,6	12	12,8	11	9	5
Valina	42,1	49	57,1	41,6	35	25	13

Fuente: Castro 2010; Abugoch y cols., 2009.

2.1.4.2. Carbohidratos

Los carbohidratos se pueden clasificar de acuerdo a su grado de polimerización en tres grupos principales: azúcares (monosacáridos, disacáridos, polioles), oligosacáridos y polisacáridos (FAO, 1998). La Tabla 2 presenta la composición de carbohidratos de la quinua, cebada, y arroz. En esta se puede observar, que el almidón es el componente principal de los carbohidratos de la quinua, y ésta presente entre el 52,2 % y el 69,2 %. Además, la fibra dietética total de la

quinua es cercana a la de los cereales (7-9,7 % en base seca), y el contenido de fibra soluble entre el 1,3 % y el 6,1 % (en base seca). Por último, contiene alrededor de 3 % de azúcares simples (Abugoch y cols., 2009). Los azúcares individuales presentes en la quinua son en su mayoría maltosa, seguidos por D-galactosa y D-ribosa, y también contiene fructosa y glucosa (Oshodi y cols., 1999).

Los hidratos de carbono desempeñan una función nutricional básica y pueden tener diferentes efectos fisiológicos en la salud, tales como: suministro de energía, efectos sobre la saciedad, tránsito en el tracto gastrointestinal, control de la glucosa en la sangre y el metabolismo de la insulina; la glicosilación de proteínas; el metabolismo del colesterol y los triglicéridos (FAO, 1998).

Además los hidratos de carbono de la quinua la hacen ser un alimento nutracéutico, ya que tienen efectos hipoglucemiantes beneficiosos e inducen la reducción de los ácidos grasos libres (Berti y cols., 2004).

Estudios realizados en individuos con enfermedad celíaca mostró un índice glicémico ligeramente inferior al consumir quinua, versus el consumo de una pasta libre de gluten (Berti y cols., 2004).

Tabla 2. Composición de carbohidratos de las semillas de quinua, arroz y cebada (% en base seca).

	Quinua	Arroz	Cebada
Hidratos de carbono	73,6 - 74	79,2	77,7
Almidón	52,2 - 69,2		
Fibra total	7 - 9,7	2,8	15,6
Fibra insoluble	6,8 - 8,4		
Fibra soluble	1,3 - 6,1		
Azúcar	2,9		0,8

Fuente: Abugoch y cols., 2009.

2.1.4.3. Lípidos

La quinua se ha considerado un cultivo oleaginoso alternativo, debido a su fracción lipídica (Koziol, 1993). Además del alto contenido y calidad de sus proteínas, la quinua tiene una composición lipídica interesante, entre un 1,8 y 9,5 % y un

contenido de aceite (7 % base seca) más alto que el maíz (4,9 % en base seca) y más baja que la soja (20,9 % en base seca) (USDA, 2005).

La composición de ácidos grasos de lípidos de la quinua (Tabla 3) se ha caracterizado de la siguiente manera: Total saturado 9,9-14,6 %, principalmente ácido palmítico; total de monoinsaturada 24-31,7 %, principalmente ácido oleico; y 52,7-60,3 % poliinsaturado total, principalmente linoleico (Abugoch y cols., 2009).

La quinua también contiene ácidos grasos omega-6 y omega-3, ácidos grasos esenciales (que no pueden ser sintetizados por los seres humanos y deben obtenerse de los alimentos). Estos ácidos grasos esenciales son metabolizados a ácidos grasos de cadena más largos de 20 y 22 átomos de carbono, generando EPA y DHA para desempeñar un importante rol en el metabolismo de la prostaglandina, en la trombosis y aterosclerosis, inmunología e inflamación, y en la función de membranas (Youdim y cols., 2000). Existe una alta presencia de ácidos poliinsaturados tales como linoleico y linolénico (Castro, 2010).

Además los ácidos linoleico y linolénico, son fundamentales como sustrato en el metabolismo animal, teniendo varios efectos positivos sobre enfermedades cardiovasculares, y mejorando la regulación de la insulina (Ryan y cols., 2007).

Otra característica importante es la presencia natural de una alta cantidad de vitamina E (alfa-tocoferol), 0,59 a 2,6 mg / 100 g de semilla de quinua (Ryan y cols., 2007), que actúa como un defensa natural contra la oxidación de lípidos. Este hecho podría dar lugar a un aceite muy estable a partir de quinua, con vitamina E que actúa como un antioxidante natural (Ng y cols., 2007).

Por otro lado el escualeno y los fitosteroles son componentes que están presentes en la fracción insaponificable de los lípidos de los alimentos (como tocoferoles). El escualeno es un intermediario en la biosíntesis del colesterol, y se encontró 33,9 a 58,4 mg / 100 g de quinua (Ryan y cols., 2007), presentando una eficaz actividad antioxidante. Los tocotrienoles tienen otra importante función, la de mantener un sistema cardiovascular saludable y presentan un posible papel en la protección contra el cáncer (Nesaretnam, 2008).

Tabla 3. Composición de ácidos grasos de la grasa cruda a partir de semillas de quinua, maíz y soya.

Ácidos grasos	Quinua (%)	Soya (%)	Maíz (%)
Saturados			
Mirístico C14:0	0,1 - 2,4	Trazas	Trazas
Palmítico C16:0	9,2 - 11,1	10,7	10,7
Esteárico C18:0	0,6 - 1,1	3,6	2,8
Monoinsaturado			
Miristoleico C14:1	1		
Palmitoleico C16:1	0,2 - 1,2	0,2	Trazas
Oleico C18:1	22,8 - 29,5	22	26,1
Poliinsaturado (PUFA)			
Linoleico C18:2 (n - 6)	48,1 - 52,3	56	57,7
Linoléico C18:3 (n - 3)	4,6 - 8	7	2,2

Fuente: Castro, 2010; Abugoch y cols., 2009.

2.1.5. Producción mundial y nacional de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*)

Por la importancia mundial de este cultivo en seguridad alimentaria y mejoramiento de los hábitos nutricionales de la población, su producción venía en ascenso desde 2008. En 2012 la producción de quinua aumentó en un 42 % respecto a 2008, y los principales productores eran Perú y Bolivia, como se observa en la Figura 3. Por otro lado, Perú cuenta con mejores rendimientos que Bolivia, cuya área cosechada es casi el doble que la peruana. Este comportamiento evidencia el interés de Perú en mejorar competitivamente en esta actividad agropecuaria. No obstante, las exportaciones son lideradas por Bolivia (59 %), por la calidad y variedades de quinua. La siguen Perú (23 %) y Estados Unidos (10 %), cuya participación se orienta a la elaboración de productos con valor agregado, utilizando como materia prima las importaciones desde Bolivia (73 %) como principal proveedor. Es de resaltar que el desarrollo del sector se orienta a la producción de la quinua como materia prima (Dueñas, 2014).

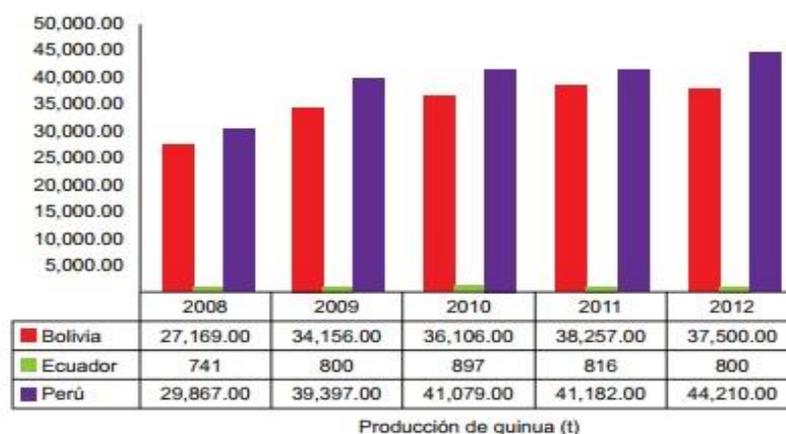


Figura 3. Principales productores de quinua en el mundo.
Fuente: ODEPA, 2013.

En cuanto a la producción nacional, Chile se caracteriza por tener tres zonas muy definidas con producción de quinua: la zona norte, principalmente el altiplano de la Región de Tarapacá (comunas de Colchane y Pica); la zona centro, radicada en la zona costera de la Región de O'Higgins, en las comunas de Pichilemu y Paredones, y la Región de La Araucanía, asociada a las comunidades mapuches. En el último censo agropecuario realizado en Chile, la superficie cultivada con quinua alcanzó 1.468 ha, con una producción de 883 ton y un rendimiento promedio nacional de 0,6 ton/ha. Además se definió la principal región productora, Tarapacá, con el 95 % de la producción nacional (ODEPA, 2013).

2.1.6. Productos derivados y potencial industrial de la quinua

En 1996 la quinua fue catalogada por la FAO como uno de los cultivos promisorios de la humanidad no sólo por sus grandes propiedades benéficas y por sus múltiples usos, sino también por considerarla como una alternativa para solucionar los graves problemas de nutrición humana.

Existen varios productos derivados de la quinua como los insuflados, harinas, fideos, hojuelas, granolas, barras energéticas, entre otros. A pesar de ello en los últimos años se han ido incrementando las investigaciones para el desarrollo de productos combinados de manera de hacer atractivo el consumo de quinua. Sin embargo cabe destacar que productos más elaborados o cuya producción requiere del uso de tecnologías más avanzadas aún no han sido explotados. Así, se tiene el

caso de la extracción de aceite de quinua, del almidón, la saponina, concentrados proteicos, leche de quinua, y la extracción de colorantes de las hojas y semillas. Estos productos son considerados el potencial económico de la quinua por darle uso a características no solo nutritivas sino también fisicoquímicas que abarcan más allá de la industria alimentaria y ofrecen productos a la industria química, farmacéutica y cosmética. Por ejemplo las saponinas que se extraen de la quinua amarga se pueden utilizar en la industria farmacéutica, por el interés basado en el efecto de inducir cambios en la permeabilidad intestinal, lo que puede colaborar en la absorción de medicinas particulares y en los efectos hipocolesterolémicos. Adicionalmente se mencionan las propiedades de la saponina como antibiótico y para el control de hongos entre otros atributos farmacológicos. Incluso por la toxicidad diferencial de la saponina en varios organismos, se ha investigado su utilización como potente insecticida natural que no genera efectos adversos en el hombre o en animales mayores, destacando su potencial uso en programas integrados de control de plagas. El uso de la saponina de la quinua como bioinsecticida fue probado con éxito en Bolivia (FAO, 2015).

2.1.6.1. Leche de quinua

De la quinua se han obtenido productos que actualmente se encuentran en el mercado, los cuales requieren promoción e incluso difusión de la forma de consumo puesto que la población no conoce plenamente sus cualidades y formas de preparación. Sin embargo, dada la necesidad de disponer de productos nutritivos y cuyo conocimiento ya son de dominio público y de la población consumidora, a partir de semilla de quinua se obtiene leche de quinua, dado el potencial que tiene esta forma de consumo de proteína vegetal de alta calidad nutricional (Mujica y cols., 2006).

La leche de quinua elaborada a partir de semilla de quinua desaponificada y agua, involucra una serie de etapas y condiciones de trabajo para su preparación. De esta forma se obtiene un producto de buena aceptación y con posibilidades de uso en la alimentación directa de niños y personas que deseen disponer de alimentos altamente nutritivos, naturales y sanos. Por las características excepcionales que

intrínsecamente posee la quinua, la leche de quinua se convierte en un producto potencialmente comercializable y de amplia utilización (Barahona, 2010).

Considerando además que el consumo de leche y productos lácteos es muy reducido en la región de donde procede la quinua (Región Andina), debido entre otras razones a la intolerancia a la lactosa en esta población, la leche de quinua es una alternativa, considerando el consumo promedio mínimo de leche recomendado por la FAO de 150 L/persona/año (Mujica y cols., 2006).

2.2. YOGUR

El yogur es un producto lácteo acidificado, obtenido mediante la fermentación bacteriana de la leche. Si bien se puede emplear cualquier tipo de leche, la producción actual usa predominantemente leche de vaca, donde se fermenta la lactosa (el azúcar de la leche) transformándola en ácido láctico, otorgando textura, sabor y aroma característico del yogur (Tamime y Robinson, 2000).

Según la legislación vigente del país, el “Yogur: es el producto lácteo coagulado obtenido por fermentación láctica mediante la acción de *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, a partir de leches pasteurizadas enteras, parcialmente descremadas o descremadas, leches en polvo enteras, parcialmente descremadas o descremadas o una mezcla de estos productos” (RSA, 2013).

2.2.1. Yogur de soya

Debido a la escasez mundial de alimentos, se han hecho intentos para encontrar alternativas a fuentes de proteínas, en particular para los países en desarrollo donde existe la malnutrición. La soya es uno de estos alimentos, relativamente barato y rico en proteínas (Ver Tabla 4), por la que se han dedicado esfuerzos a explotarla para la fabricación de alimentos aceptables y agradables al paladar. Así, las principales objeciones a productos de soya desde el consumidor, tienen relación con el sabor a haba y la flatulencia (la producción de dióxido de carbono, hidrógeno y metano por la flora intestinal durante la descomposición y/o el metabolismo de los oligosacáridos presente en la soya). Estos problemas pueden,

por supuesto, ser superados por diversas técnicas de procesamiento (Tamime y Robinson, 2000).

Tabla 4. Análisis químico comparativo (%) de la leche de soya y leche de vaca.

Componente	Leche	
	Soya	Vaca
Proteína	3,6	3,3
Grasa	1,9	3,9
Carbohidrato	2,8	4,7
Cenizas	0,4	0,7
Agua	91,3	87,4

Fuente: Tamime y Robinson, 2000.

Existen dos enfoques actuales para la producción de alimentos fermentados, estos son: el uso de leche de soya para la fabricación de un producto similar al yogur, y la extensión de la leche de mamífero con extractos de soya para la fabricación de yogur.

La producción de yogur a partir de leche de soya ha concluido que el uso de *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, genera un producto de yogur aceptable. La óptima calidad del producto fermentado se observó con una concentración de ácido láctico del 1,15 %, el cual ha dado como resultado la formación de una cuajada firme homogénea sin separación del lactosuero (sinéresis), y un sabor mejorado en comparación con la leche de soya pura (Tamime y Robinson, 2000).

Un yogur solo a partir de proteína de soya concentrada, tiene un sabor y sensación en la boca (textura) inaceptable, y un color amarillento. Tales defectos podrían minimizarse utilizando diferentes aditivos y/o métodos de procesamiento y algunos ejemplos incluyen: la adición de glucosa o fructosa a la base de leche o el uso de lactosa y citrato. En el caso de adicionar sacarosa, estabilizadores, citrato de sodio y/o sulfato de calcio, estos ayudaron a mejorar el sabor y otras propiedades sensoriales del producto en base a soya (Rossi y cols., 1993).

Otros autores han reportado que el mejor sabor de yogur a partir de leche de soya, se obtiene cuando la base de la leche es endulzada con sacarosa y

posteriormente fermentada con *Lactobacillus acidophilus* y *Streptococcus thermophilus* (Wang y cols., 1995).

Mientras que en Chile, se investigó la optimización de una formulación de yogur de soya, considerando en su elaboración dos estabilizantes, un 0,55 % de gelatina y un 0,12 % de carragenina, y las siguientes características fisicoquímicas: 4,21 de pH, 0,46 % de ácido láctico, 1,01 g/mL de peso específico, 16 % de sólidos totales, 3,3 % de proteína, 1,7 % de materia grasa, 0,31 % de cenizas, y alcanzando un 56 % de aceptabilidad al aplicar un test con consumidores (Flores, 2002).

2.2.2. Bacterias lácticas

Un cultivo iniciador puede ser definido como una preparación microbiana de gran número de células de al menos un microorganismo que se añade a una materia prima, para producir un alimento fermentado mediante la aceleración y la dirección de su proceso de fermentación. El grupo de bacterias ácido lácticas (BAL) ocupa un papel central en estos procesos, tienen una larga historia y son seguras en su aplicación y en la producción de alimentos y bebidas fermentadas (Caplice y Fitzgerald, 1999). Ellas causan una rápida acidificación de la materia prima a través de la producción de ácidos orgánicos, principalmente ácido láctico, como así también por la producción de compuestos como ácido acético, etanol, compuestos aromáticos, bacteriocinas, exopolisacáridos, y otras enzimas de importancia. De esta manera mejoran la vida útil, la inocuidad, la textura, y contribuyen a un perfil sensorial agradable del producto final (Leroy y De Vuyst, 2004).

2.2.3. Aditivos

La textura es un parámetro muy importante, pues define la calidad de un yogur. Los defectos más frecuentes relacionados con yogur son debido a la textura, éstos pueden conducir al rechazo de los consumidores, por disminución en viscosidad y presencia de sinéresis (Gonçalvez y cols., 2005).

Para dar una textura y sensación agradable en la boca se añade con frecuencia al yogur, leche en polvo descremada o suero de leche. Aunque el consumidor no considera esto como antinatural, si representa un costo adicional para el productor. En algunos países, sin embargo, se añade gelatina u otras gomas

vegetales (por ejemplo, almidón, pectina, goma guar, y alginato) y polisacáridos microbianos (por ejemplo, xantano y goma gellan). Los polisacáridos aumentan la viscosidad y la firmeza, mejoran la textura, reducen la susceptibilidad a la sinéresis, y contribuyen a la sensación en la boca de productos bajos en grasa. Algunos polisacáridos como, carboximetilcelulosa, xantano y gellan, tienen la ventaja adicional de ser adecuados para la modificación química y así mejorar sus propiedades reológicas (Harvey y McNeil, 1998).

2.3. Mercado objetivo: consumidores de un símil de yogur en base a quinua

Hoy en día el consumo de productos de elevado valor nutricional y especialmente proteico como los lácteos, se ha expandido, ya que el consumidor percibe que generan una mayor saciedad después de su consumo, lo cual es altamente valorado cuando se ofrece en porciones de rápido y fácil consumo. Dentro de éstos, los productos listos para consumir, como el yogur, muestran un aumento importante en su demanda a nivel global (ODEPA, 2014).

Sin embargo hay quienes se ven afectados por el consumo de productos a partir de leche de vaca. La frecuencia poblacional de la Intolerancia a la Lactosa, es variable. En el norte de Europa la NPL (No Persistencia de Lactasa) alcanza un 2-8 %, en Brasil un 67 % (caucásicos y mulatos) y en afro-americanos en EE.UU hasta un 75 %. En poblaciones nativas de América se presentan las mayores tasas reportadas. En Chile, un estudio reciente demostró NPL en 56 % de población hispana (mestiza) y en 88 % de mapuches. La mayoría de los sujetos NPL son asintomáticos o toleran dosis diarias de lactosa equivalentes a una taza de leche (12 g) (Rollán y cols., 2012).

La Figura 4 muestra un mapa la distribución mundial de la intolerancia a la lactosa, considerando que la capacidad de digerir la lactosa se relaciona con una mutación genética dominante. Debido a las ventajas nutricionales de la dieta rica en leche, este gen se difundió rápidamente en las zonas en que se criaban animales productores de leche. De hecho, las investigaciones demuestran que los menores

porcentajes intolerantes a la lactosa se hallan en poblaciones europeas con una larga historia de ganadería láctea. Sin embargo, incluso en esas regiones, la capacidad de digerir la lactosa puede disminuir con la edad (Bersaglieri y cols., 2004).



Figura 4. Distribución mundial de Intolerancia a la lactosa.
Fuente: Bersaglieri y cols., 2004.

Por otro lado la incidencia de la Alergia a la Proteína de Leche de Vaca (APLV), se estima entre un 2 y 3 % durante los tres primeros años de vida, ocupando la tercera causa de alergia alimentaria más frecuente luego del huevo y el pescado. La alergia alimentaria es adquirida durante el primer año de vida con un aumento en su incidencia de 6-8% durante los 3 primeros años de vida. La prevalencia disminuye hacia el final de la infancia donde se estabiliza en alrededor del 2% y se mantiene en este nivel durante toda la edad adulta (Navarro y cols., 2013).

El tratamiento de la APLV es la eliminación de leche de vaca y derivados en la dieta, en espera del desarrollo de la tolerancia en los primeros tres años de vida (Navarro y cols., 2013).

3. HIPÓTESIS

Es posible formular un alimento en base a quinua. Un símil de yogur de quinua de elevado valor nutricional y de características similares al de un yogur comercial. Enfocado a consumidores que procuren una alimentación saludable a partir de una materia prima vegetal. Así como también a quienes no consumen productos derivados de leche de vaca, como Intolerantes a la Lactosa, Alérgicos a la Proteína de la Leche de Vaca, y/o consumidores veganos.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

Desarrollar y caracterizar físico-químicamente una formulación de símil de yogur en base a quinua

4.2. Objetivos Específicos

- 4.2.1.** Desarrollar un proceso de obtención y elaboración de un símil de yogur a partir de leche de quinua.
- 4.2.2.** Realizar la formulación del producto final. Justificando el uso de aditivos y su concentración.
- 4.2.3.** Estudiar la cinética de crecimiento del inóculo (*Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*) durante la fermentación de la leche de quinua.
- 4.2.4.** Caracterizar física, química y sensorialmente la formulación del símil de yogur en base a quinua.
- 4.2.5.** Comparar física, química y sensorialmente la formulación del símil de yogur en base a quinua con yogures comerciales.
- 4.2.6.** Determinar la vida útil del símil de yogur en base a quinua mediante análisis fisicoquímicos, y microbiológicos.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. MATERIALES

5.1.1. Materia prima

Se utilizó semilla de quinua (*Chenopodium Quinoa Willd.*) desaponificada, cosecha 2014, VI región Libertador Bernardo O'Higgins. Además para los resultados comparativos se usaron dos yogures comerciales: Griego natural y Next firme sabor vainilla.

5.1.2. Aditivos

Los aditivos utilizados para la elaboración del símil de yogur en base a quinua fueron: Cultivos lácticos YC 380 Marca CHR HANSEN (*Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*), gelatina (Hela Chile), pectina (Hela Chile), sacarosa (Marca Iansa) y saborizante de vainilla (Hela Chile).

5.1.3. Reactivos químicos

Se utilizaron reactivos de grado RA (reactivo analítico) y PA (para análisis).

5.1.4. Materiales

Se utilizó material de vidrio, material de evaluación sensorial (bandejas, platos, cucharas, vasos, etc.), y material para análisis microbiológico (placas PetriFilm para Bacterias lácticas, y para Hongos y Levaduras).

5.1.5. Equipos

Los equipos utilizados son descritos en la metodología respectiva a cada ensayo.

5.2. MÉTODOS

5.2.1. Obtención y elaboración de un símil de yogur, a partir de leche de quinua

5.2.1.1. Elaboración de leche de quinua a partir de semilla de quinua

La semilla de quinua se recepciona desaponificada, y es llevada a un tratamiento térmico, utilizando agua en una proporción 1:5 (quinua:agua). Durante la cocción la semilla se hidrata de tres a cuatro veces su peso inicial (Barahona, 2010).

Las etapas del proceso de elaboración de leche de quinua son detalladas en la Figura 5.

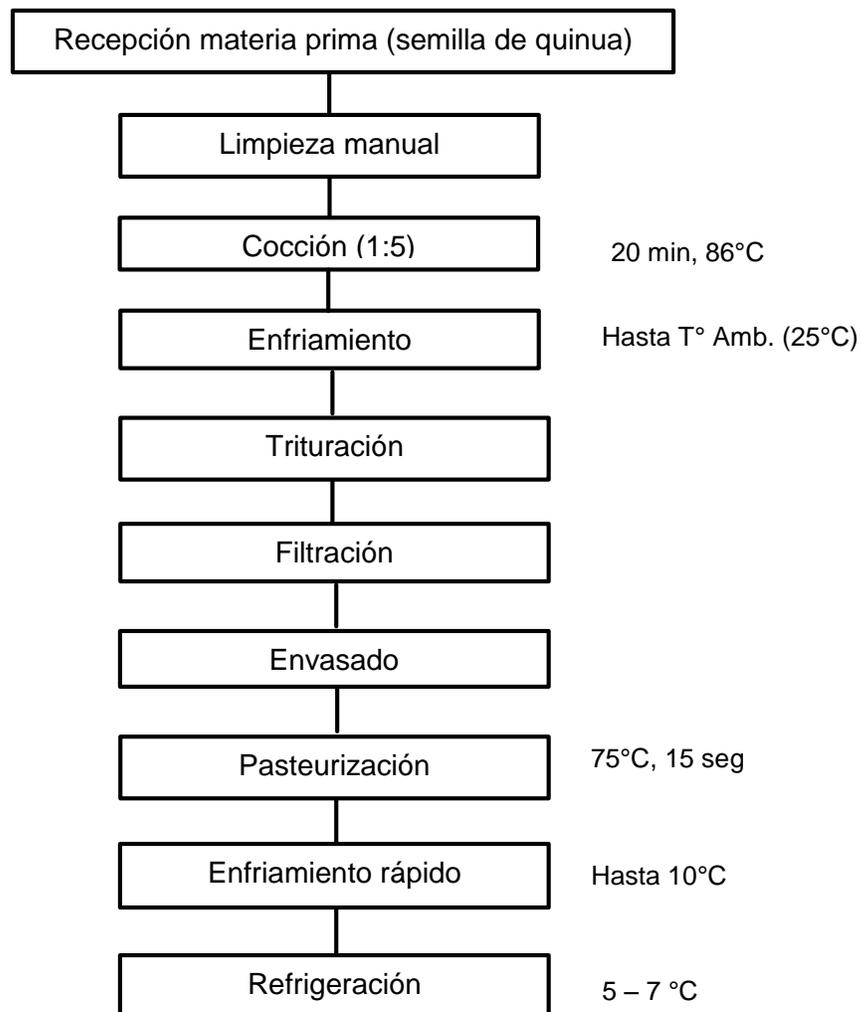


Figura 5. Diagrama de Bloques elaboración de leche de quinua (Barahona, 2010).

5.2.1.1.1. Descripción de las etapas

- Recepción de la materia prima (semilla de quinua): se recibe la semilla envasada y desaponificada, y se almacena a temperatura ambiente en un lugar limpio y seco para su posterior utilización.
- Limpieza Manual: se limpian las semillas de quinua manualmente retirando semillas quemadas, palos, piedrecillas, restos de insectos y otras impurezas, para no afectar la calidad del producto.
- Cocción: este tratamiento térmico se realiza con una parte de semilla de quinua y cinco de agua (quinua:agua, 1:5), en una marmita de acero inoxidable durante 20 min, a 86°C. La importancia de esta etapa es la absorción de agua por parte de la semilla de quinua de hasta 4 veces su peso.
- Enfriamiento: se enfría la semilla saturada de agua hasta alcanzar temperatura ambiente (25°C).
- Trituración: se realiza el triturado con una parte de quinua hidratada fría y una parte de agua destilada, utilizando una procesadora de alimentos marca Moulinex, durante 7 seg.
- Filtración: la mezcla triturada es pasada por un cedazo por el cual se prensa la mezcla semi-acuosa, separando el material particulado sólido, de la leche de quinua.
- Envasado: el envasado se realiza en vasos precipitados de 2 L de volumen, y son sellados con alusa plástica.
- Pasteurización: el tratamiento térmico utilizado es el HTST, a 75°C durante 15 seg, para destruir organismos patógenos en la muestra.
- Enfriamiento rápido: la importancia del enfriamiento se centra en impedir el desarrollo de organismos patógenos (mesófilos), por lo cual se realiza rápidamente (utilizando hielo) hasta alcanzar 10°C.
- Refrigeración: las muestras son almacenadas en un Refrigerador Whirpool K18TFA, a una temperatura de entre 5 y 7 °C.

5.2.1.2. Elaboración del símil de yogur en base a quinua

A partir de la leche de quinua elaborada, se realiza el proceso fermentativo para obtener el símil de yogur en base a quinua del tipo batido, utilizando las bacterias lácticas *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* (Anexo 1).

Las etapas del proceso de elaboración del símil de yogur en base a quinua son detalladas en la Figura 6.

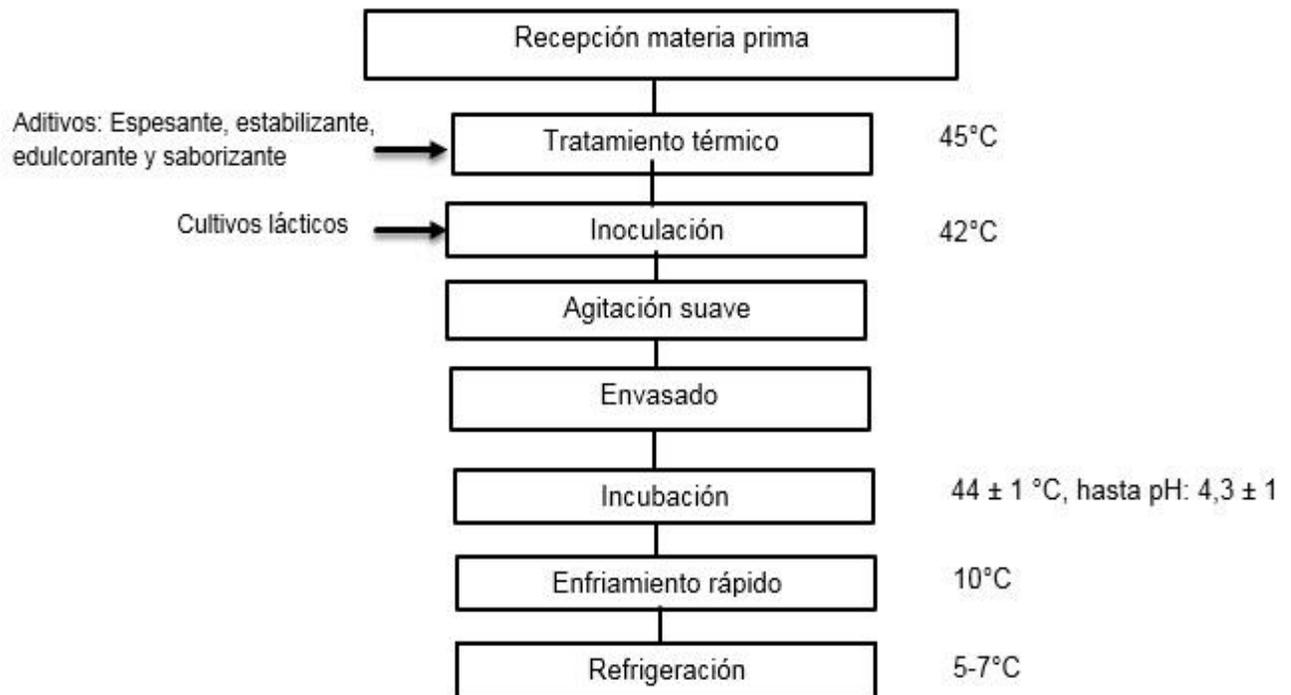


Figura 6. Diagrama de Bloques elaboración de un símil de yogur en base a quinua (Flores, 2002).

5.2.1.2.1. Descripción de las etapas

- Recepción de la materia prima: la leche de quinua es recepcionada, esta viene a temperatura de refrigeración (5 – 7 °C).
- Tratamiento térmico: este proceso se realiza en una estufa de aire forzado hasta alcanzar una temperatura de 45°C en el punto más frío del producto (centro). Para aumentar la solubilidad de los aditivos que se incorporan al producto, incluyendo gelatina, pectina, azúcar y saborizante de vainilla en polvo.
- Inoculación: se inocula la leche de quinua con cultivos lácticos termófilos (*Lactobacillus delbrueckii subssp. bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*) utilizando la proporción indicada según su ficha técnica (Anexo 1), a una temperatura de 42°C.
- Agitación: al añadir los gránulos liofilizados (inóculos) se agita suavemente durante 10-15 minutos para distribuir el cultivo.
- Envasado: se efectúa en envases de vidrio con tapa de 130 mL, previamente esterilizados en un Autoclave eléctrico KSG 112.
- Incubación: la incubación se realiza a $44^{\circ}\text{C} \pm 1$, en una estufa de aire forzado Heraeus GMBH HANAU Tipo TU 60/60. Durante esta etapa se realizan mediciones de pH cada 30 minutos, hasta alcanzar un pH de $4,3 \pm 1$.
La temperatura utilizada ($44^{\circ}\text{C} \pm 1$), se basa en estudios preliminares que demostraron una mayor actividad de las bacterias, disminuyendo los tiempos del proceso fermentativo (que a la recomendada en la ficha técnica, Anexo 1).
- Enfriamiento rápido: se realiza hasta alcanzar 10°C, principalmente para detener la acción de los fermentos, es decir, la producción de ácido láctico y con ello la disminución del pH.
- Refrigeración: se almacena la muestra en un Refrigerador Whirpool K18TFA, a una temperatura de entre 5 y 7 °C.

En la Figura 7 se muestra el resultado de la obtención de un símil de yogur en base a quinua, mediante el procedimiento antes mencionado.



Figura 7. Símil de yogur en base a quinua

5.2.2. Formulación del símil de yogur en base a quinua

Para mejorar las características físicas del símil de yogur de quinua a partir de leche de quinua. A la preparación se incluye un 6 % de sacarosa. Esto para aumentar el sustrato del cultivo iniciador y así promover la fermentación. Esto considerando que la quinua tiene un bajo contenido de azúcares simples, aproximadamente un 3 % (Abugoch, 2009). Además la sacarosa mejora el sabor y propiedades sensoriales del producto (Tamime y Robinson, 2000).

También se agrega un 0,3 % de gelatina (Gonçalvez y col., 2005) que en combinación con un 0,2 % de pectina (de bajo metoxilo) son potenciados como agente espesante y gelificante modificando la consistencia del yogur, aumentando la firmeza del coágulo y estabilizándolo al mismo tiempo. Además el producto es saborizado con 0,05 % de vainilla en polvo, para aprovechar el color amarillo natural que tiene el símil de yogur en base a quinua y por tratarse del segundo saborizante de yogur más popular (Chandan y cols., 2006).

5.2.3. Obtención del símil de yogur en base a quinua: Cinética de crecimiento del inóculo (*Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*) durante la fermentación de la leche de quinua.

Las bacterias iniciadoras termófilas *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii spp bulgaricus*, se obtienen como producto liofilizado en la empresa de insumos para Industria Láctea, DILACO. Estas cepas se almacenan congeladas (-18 y -15°C) hasta ser usadas, una vez utilizadas son selladas y nuevamente congeladas para extender su vida útil.

La dosis de inóculo viene indicada en la ficha técnica del producto (50 U, para 250 L de leche).

Para conocer el aumento de bacterias iniciadoras durante la producción del símil de yogur en base a quinua, se realiza un recuento de bacterias lácticas cada una hora de tiempo. Para esto se toman muestras de 1 mL que se depositan en Placas Petrifilm, realizando hasta siete diluciones en cada medición (con caldo de cultivo MRS). Posteriormente las placas son incubadas en un sistema microaerófilico, rico en dióxido de carbono y pobre en oxígeno, lo cual favorece el crecimiento de bacterias ácido-lácticas.

5.2.4. Caracterización física, química y sensorial del símil de yogur en base a quinua.

5.2.4.1. Análisis físicos

Para las mediciones reológicas se utilizó un Reómetro Discovery HR-2 Hybrid FA (Departamento de Ingeniería Química y Bioprocesos, Pontificia Universidad Católica de Chile).

5.2.4.1.1. Reología Rotatoria

Para determinar las propiedades viscoelásticas del símil de yogur, se realizan pruebas de barrido de frecuencia de 0,1 a 1 Hz máximo. Las mediciones se llevaron a cabo dentro del rango viscoelástico lineal (Ferragut y col, 2009).

5.2.4.1.2. Reología Oscilatoria

Se miden los módulos dinámicos (G' , G'' y G^*) utilizando el software TA Instrument Trios v3. G' (módulo de almacenamiento) se relaciona con los eventos moleculares de naturaleza elástica del material; G'' (el módulo de pérdida) se relaciona con el carácter viscoso del material; G^* (módulo complejo), representa el comportamiento reológico dominante, indica la suma de las propiedades viscoelásticas de los materiales (Mortazavian y cols., 2008). Corresponde a la unión de las componente G' y G'' en la siguiente operación: $\sqrt{(G'^2 + G''^2)}$ (Ferragut y col, 2009).

5.2.4.2. Análisis Fisicoquímicos

5.2.4.2.1. Determinación de pH

Se utiliza el Método Potenciométrico (NCh 1671. Of 79). En el cual se emplea un Microprocessor pH Meter WTW o potenciómetro, el que debe estar previamente calibrado. Luego, utilizando un vaso precipitado de 50 ml se pesan 10 g de muestra a 20-25°C de temperatura. Se adicionan 10 mL de agua destilada y se homogeniza. Para medir, se introduce el electrodo directamente en la muestra hasta cubrir el bulbo sensible al pH (por lo menos 45 seg, para una buena lectura de pH) (Luana y col., 2014). Los muestreos se realizan cada 30 min.

5.2.4.2.2. Determinación del % de Ácido Láctico

Se utiliza el Método de Acidez Titulable (NCh 1738. Of 98). Se pesan 10 g de muestra (leche de quinua en proceso de fermentación) y se adicionan 10 mL de agua destilada en un matraz Erlenmeyer de 250 ml. Se agregan 0,5 ml de solución de fenolftaleína neutralizada al 2 % m/v en etanol de 70 %v/v, y se procede a titular con la solución de hidróxido de sodio 0,1 N contenida en una bureta de 50 ml. La valoración se lleva a cabo hasta aparición de color rosa pálido (pH= 8,3 ± 0,01). Los muestreos se realizan cada 30 min.

Se registra el volumen de solución alcalina empleada en la titulación, al 0,1 ml, y se calcula la acidez titulable (A) expresando los resultados en % ácido láctico, utilizando la siguiente fórmula:

$$A = \frac{F * V * N * 100}{V_m}$$

Donde:

A: acidez titulable, expresada como % de ácido Láctico.

F: factor de corrección según mili equivalentes de ácido láctico, 0,0905.

V: volumen de hidróxido de sodio 0,1 N gastado en la titulación en mililitros.

N: normalidad de NaOH correspondiente a 0,10131712 N.

V_m: volumen de la muestra, en mililitros (Luana y col., 2014).

5.2.4.2.3. Peso específico

Se mide densidad por el método gravimétrico, utilizando un picnómetro de 50 mL, a 20°C. Se pesa el picnómetro vacío y luego con la muestra patrón. Esto considerando un volumen conocido, se obtienen los gramos por mililitro en cada caso, según AOAC 15.015 (AOAC, 2005).

5.2.4.2.4. Sólidos Solubles (°Brix)

Se determinan los sólidos solubles con un medidor de refracción previamente calibrado, utilizando un Portable Refractometer RHB 0 – 80 ATC, depositando unas gotas de la muestra patrón sobre el lector y luego se registra el resultado (Osundahunsi y col., 2007).

5.2.4.2.5. Análisis Proximal

5.2.4.2.5.1. Proteínas

Se realiza el Método Kjeldahl, que se describe en el método oficial AOAC 920.103 (AOAC, 2005), en éste se utiliza un equipo de digestión Büchi modelo 426 y un destilador Büchi modelo 316. Este método se basa en la digestión de la muestra y el amonio liberado, que se cuantifica por titulación como nitrógeno, el cual es convertido a proteína cruda (Romero y cols., 2015).

5.2.4.2.5.2. Lípidos

Se realiza el Método Oficial AOAC 954.02 (AOAC, 2005), de Hidrolisis Ácida para alimentos procesados, y se utiliza un Rotavapor Büchi B 490. Este método tiene como principio pesar una cantidad previamente homogeneizada del alimento el cual se somete a una hidrólisis ácida con HCL concentrado para separar la materia grasa de los hidratos de carbono o proteínas. Posteriormente, se realiza la extracción total de la materia grasa (Romero y cols., 2015).

5.2.4.2.5.3. Hidratos de carbono

La concentración de carbohidrato total se estima por diferencia, como se muestra a continuación:

$$\text{Carbohidratos totales} = 100 - (\% \text{ humedad} + \% \text{ proteína} + \% \text{ grasa} + \% \text{ ceniza})$$

5.2.4.2.5.4. Humedad

Se realiza el Método oficial AOAC 925.45 b (AOAC, 2005), que utiliza el secado en una estufa de aire forzado Heraeus GMBH HANAU Tipo TU 60/60 a 105°C y presión atmosférica (método termogravimétrico).

Una cápsula de aluminio se mantiene en una estufa a 105°C entre 0,5 y 1 hora. Luego de este tiempo se introduce en un desecador (usando pinzas), se enfría hasta temperatura ambiente y se pesa en balanza analítica. Se agregan 5 g de muestra a la cápsula, y se coloca en estufa a 105°C durante 2 horas. Transcurrido ese tiempo, se saca la cápsula, se coloca en el desecador y luego de 15 minutos se pesa y se registra el valor. Nuevamente la cápsula es trasladada a la estufa, esta vez por un tiempo de 30 minutos y se repiten los pasos anteriores. Se procede de la misma manera hasta obtener un peso final constante (Romero y cols., 2015).

5.2.4.2.5.5. Cenizas

Se emplea el Método oficial AOAC 900.02 b (AOAC, 2005). Éste utiliza un Horno Mufla Neyo modelo 525 para la determinación de las cenizas totales, incinerando la muestra en un horno a 550°C, y recogiendo el residuo mineral (Romero y cols., 2015).

5.2.4.3. Análisis sensorial

5.2.4.3.1. Análisis descriptivo

Éste se realiza en el Laboratorio de Evaluación Sensorial de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la Universidad de Chile (Ver ficha en Anexo 2, ver laboratorio en Anexo 3a).

El fundamento de este test se basa en evaluar tres muestras de yogur (símil de yogur en base a quinua= YQ; Yogur Griego= G; Yogur Next Firme= N), empleando una escala lineal no estructurada de 10 cm. Para este caso se seleccionaron los siguientes parámetros de evaluación: sinéresis, amarillo, aroma a vainilla, aflanado, consistencia, dulzor, sabor a vainilla, acidez, cremosidad y sabor residual.

Los ocho panelistas seleccionados, fueron alumnos que ya han cursado la asignatura de Evaluación Sensorial y además han sido previamente entrenados para esta evaluación. Los datos obtenidos de las sesiones se analizaron mediante el software Statgraphics, Anova multifactorial de dos vías (Anexo 3b y 3c).

5.2.4.3.2. Test con consumidores

Este se realiza en el Laboratorio de Procesos de los Alimentos de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la Universidad de Chile.

Se realiza un test de aceptabilidad y un test de preferencia (Anexo 4). El primero mide la reacción personal frente al producto (agrado, desagrado o indiferencia) por parte de consumidores. Para este caso, el consumidor debe evaluar de acuerdo a la escala hedónica de 7 categorías verbales (o puntos) a utilizar, asignando a cada parámetro a evaluar, la puntuación correspondiente a la frase que mejor represente esta reacción. Desde “me disgusta mucho” a “me gusta mucho”. Los parámetros a evaluar son: apariencia, color, consistencia, aroma, intensidad de dulzor, sabor a vainilla, sensación residual y aceptabilidad general (Wittig de Penna, 1981).

Mientras que el segundo test, se usa para conocer la preferencia de los consumidores entre el símil de yogur en base a quinua, yogur Griego natural y yogur Next firme sabor vainilla. (Wittig de Penna, 1981).

Las respuestas dadas por los individuos se evalúan estadísticamente por medio del Método de Friedman (Wittig de Penna, 1981) y si hay diferencias significativas (95 % de confianza) se evalúan diferencias críticas.

También se realizan las siguientes preguntas abiertas: ¿Por qué le gusto más la muestra que puso en primero lugar? Y ¿Por qué no le gusto la muestra que puso en último lugar? Estas preguntas buscan profundizar en la decisión del consumidor al inclinarse por un producto (Bunger, 2013).

5.2.5. Comparación física, química y sensorial entre el símil de yogur en base a quinua con yogures comerciales.

Se realiza una comparación del símil de yogur en base a quinua con marcas comerciales (Griego y Next Firme).

Este estudio se divide en tres etapas comparativas. Primero las tres muestras se compararon reológicamente, luego su información nutricional (tabla nutricional) considerando los resultados obtenidos del análisis proximal de producto en desarrollo (símil de yogur en base a quinua), y finalmente sensorialmente desarrollando un QDA (análisis descriptivo cuantitativo) con un panel sensorial previamente entrenado, caracterizando y comparando las tres muestras.

5.2.6. Determinación de la vida útil del símil de yogur en base a quinua mediante análisis fisicoquímicos, y microbiológicos.

Para determinar la vida útil del símil de yogur en base a quinua, se considera un seguimiento a distintas temperaturas de almacenamiento: 5°C, 15°C y 25°C. Y se realizan estudios microbiológicos (recuento de hongos y levaduras psicrótrofas), grado de separación del suero (sinéresis), medición de acidez y pH. La frecuencia de las mediciones será, para 5°C al día 0, 5, 9, 13 y todos los días hasta el día 21. Para 15°C se analizan al día 0, 3 y todos los días siguiente hasta el día 11. Mientras que a 25°C como temperatura de almacenamiento, se evalúa los días 0, 1, 2, 3 y 4 por su corta vida útil (Al-Kadamany y cols., 2003).

6. RESULTADOS Y DISCUSIONES

6.1. Obtención del símil de yogur en base a quinua y su cinética fermentativa.

6.1.1. Cinética de crecimiento

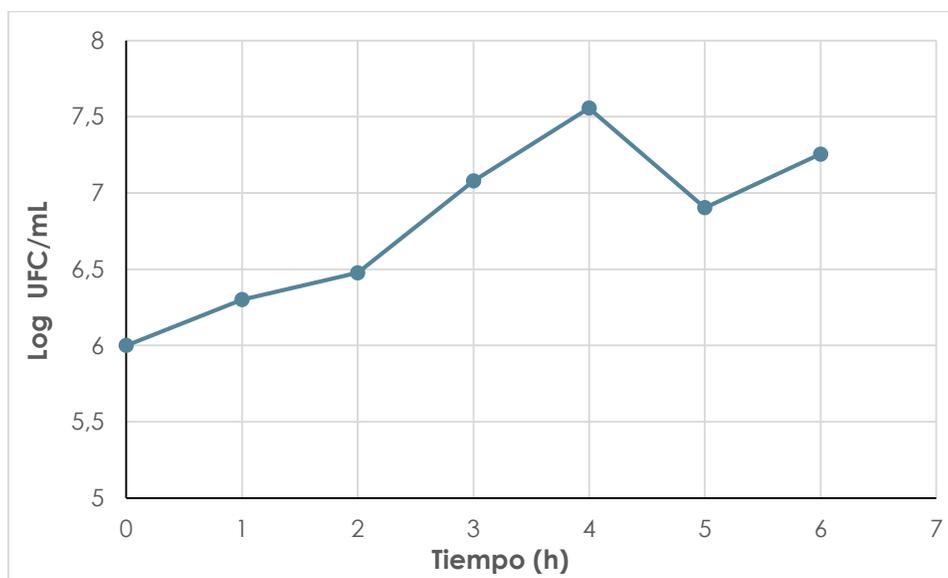


Figura 8. Cinética de crecimiento de bacterias lácticas, en producción del símil de yogur en base a quinua a $44 \pm 1^\circ\text{C}$. 1

En la Figura 8 se observa la curva de crecimiento que tienen las bacterias lácticas iniciadoras del símil de yogur en base a quinua, durante seis horas (tiempo máximo de producción del símil). Esta sigue una tendencia al crecimiento de bacterias lácticas a medida que procede la fermentación. Sin embargo hay una variante, una disminución a las 4 h de proceso, e inmediatamente un aumento a las 5 h.

Las razones por la cual la tasa de crecimiento de los cultivos iniciadores (*Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*) se ve afectada podrían ser muy diversas. Entre estos se encuentra, la temperatura de incubación, la concentración de inóculo, la cantidad de sustrato y nutrientes disponibles para el metabolismo y las reacciones bioquímicas asociadas a las bacterias, además de ciertos agentes o sustancias que actuarían como inhibidores, y/o competidores por el sustrato.

En cuanto a la temperatura de incubación del inóculo ($44 \pm 1^\circ\text{C}$), la ficha técnica (Anexo 1) recomienda una temperatura de incubación entre $30\text{-}35^\circ\text{C}$. Sin embargo se estudió de manera preliminar en este trabajo (antes de comenzar a registrar los resultados para esta memoria) la temperatura a la cual las bacterias tenían una mayor actividad, siendo esta de 45°C . Además otros estudios han demostrado que para estas cepas, la temperatura óptima de crecimiento es entre $40\text{-}50^\circ\text{C}$. De manera que se descartaría a la temperatura, como un parámetro que afecte la curva de crecimiento de las bacterias lácticas (Tamime y Robinson, 2000), además la concentración de inóculo fue la recomendada en la ficha técnica del producto (Anexo 1), así que también sería descartada esta razón.

Uno de los motivos que podría haber afectado en estos resultados es la baja representatividad en la toma de muestras, es decir, que algunas muestras hayan quedado con una distribución mayor de bacterias que otras. Lo cual podría suceder eventualmente, por las condiciones artesanales en las que se elaboró este producto. No pudiendo homogenizar totalmente la muestra durante la inoculación (Tamime y Robinson, 2000).

Por otro lado la lactosa (principal azúcar de la leche de vaca) no se encuentra presente en el símil de yogur en base a quinua, y su ausencia podría ser la razón que afecto a la curva. Sin embargo la formulación del símil de yogur en base a quinua añadió un 6 % de sacarosa (disacárido compuesto por glucosa y fructosa), para suplir la presencia de hidratos de carbono simples y de cadena corta como sustrato, considerando que la quinua tiene solo un 3 % de azúcares simples (Abugoch, 2009). La elección de añadir sacarosa fue basada en estudios (Thompson y Gentry-Weeks, 1994; London, 1990), que han demostrado que la mayoría de las especies o cepas individuales tienen la capacidad para utilizar sólo un número limitado de sustratos como única fuente de energía. En el caso del *Streptococcus thermophilus* sus fuentes energéticas son la fructosa, glucosa, lactosa y sacarosa. Mientras que el *Lactobacillus bulgaricus* solo la fructosa, glucosa y lactosa (Anexo 5) (De Vos, 1996). Además la sacarosa mejora las propiedades sensoriales de producto, pues se ha reportado que el mejor sabor en yogures a partir de leche de soya, resulta al endulzar la leche con sacarosa (Tamime y Robinson, 2000). Sin embargo este edulcorante no debe ser

adicionado en elevadas cantidad, ya que estudios en cultivos iniciadores comercialmente disponibles, han demostrado ser tolerantes hasta niveles de azúcar de un 12 % en la base de leche. Al sobrepasar esta concentración se ha observado un ligero retraso en el período de fermentación (es decir, alrededor de 30 min) (Foss, 2000).

6.1.2. Curva de pH

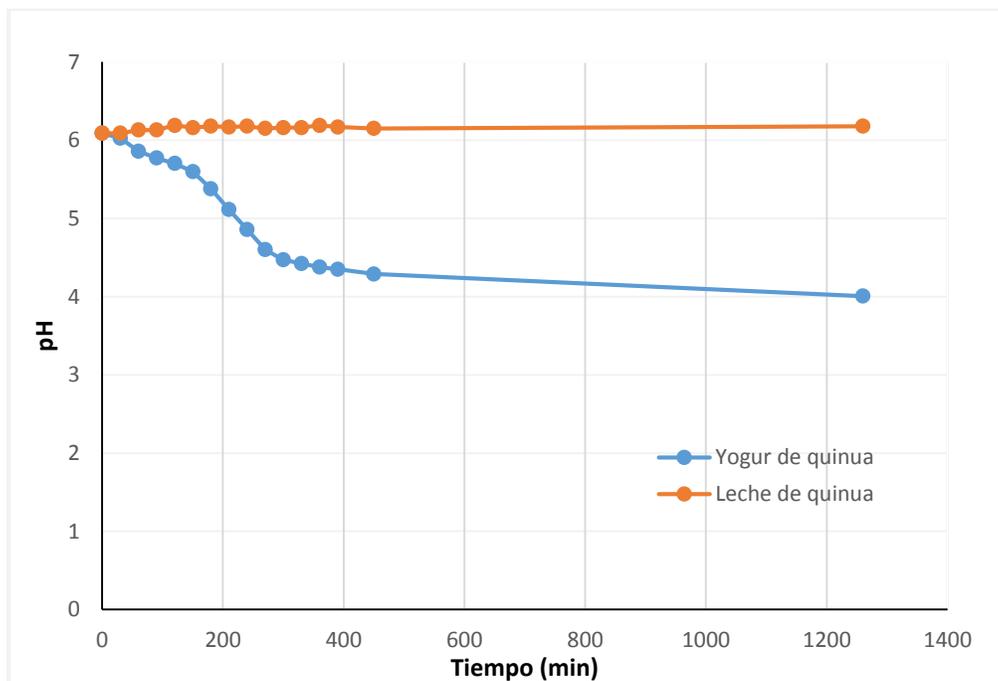


Figura 9. Curva de pH. Cinética de fermentación en leche de quinua, a una temperatura

La Figura 9 muestra la variación del pH durante la fermentación, tanto para leche de quinua (sin cultivos lácticos) como para el símil de yogur en base a quinua (con adición de bacterias lácticas), por más de 20 h. Este tiempo logró demostrar la duración estimada del proceso fermentativo en sí, es decir, cuando cesa el descenso de pH, y la concentración de protones se vuelve constante. La figura muestra que el pH óptimo del símil de yogur (entre un 4,2 y 4,4) se alcanza luego de entre 4 y 6 h aproximadamente. Mientras que a las 21 h se observa el mínimo pH alcanzado un valor de 4,0. (Tamime y Robinson, 2000).

Por otro lado el descenso del pH solo se observa en el producto en que se adicionan las bacterias lácticas (yogur), ya que son éstas quienes producen ácido láctico, por medio de la vía fermentativa a partir de sustrato (sacarosa y otras azúcares simples).

Lo anterior es la base en la formación del coágulo en el yogur de leche de vaca. En el caso de la producción de un símil de yogur en base a quinua deben considerarse el punto isoeléctrico de sus principales proteínas albúminas (35 % del total de proteínas de la quinua) y globulinas (37 % del total de proteínas de la quinua) que son 4 y 6 respectivamente, además un proceso térmico por sobre los 80 - 90°C, lo cual también podría provocar la desnaturalización de las proteínas, generando la agregación de estas (unión por puentes disulfuros) y como consecuencia la formación de un coágulo (Abugoch y cols., 2008). Así también el alto contenido de almidón hidratado (amilosa y amilopectina) podría espesar aún más el producto, aumentando la consistencia del símil de yogur en base a quinua (Abugoch, 2009).

Es importante considerar que la temperatura durante la incubación, no superó los 45°C, ya que al aumentar la temperatura, las bacterias lácticas disminuyen su actividad, lo que se traduce en una baja muy lenta del pH (Tamime, 2006). Si se quiere mejorar la actividad de las bacterias acidúricas, también podría agregar sacarosa (como en el caso de la formulación del símil de yogur en base a quinua) o glucosa (Tamime y Robinson, 2000).

6.1.3. Curva de acidez

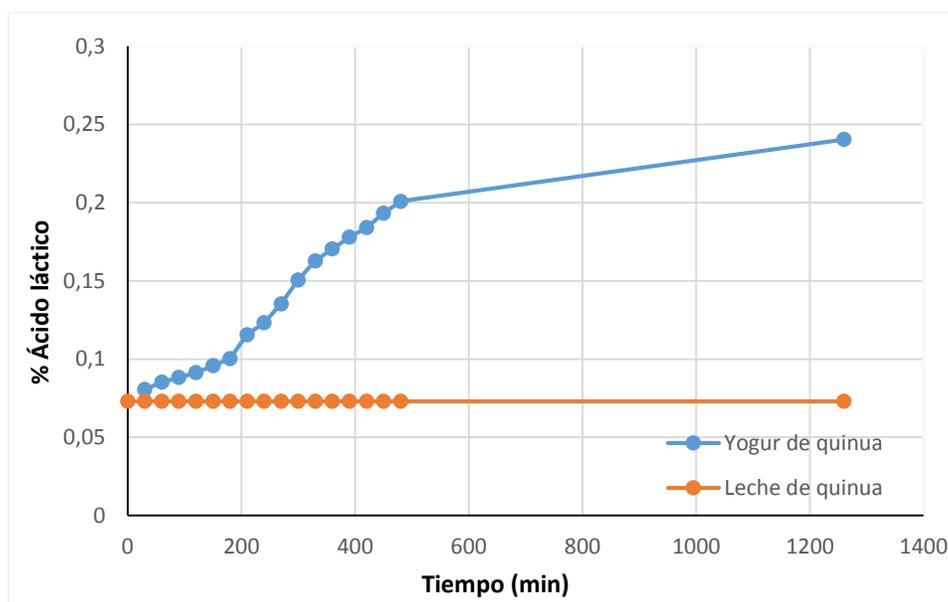


Figura 10. Curva de % Ácido láctico. Cinética de fermentación en leche de quinua, a una temperatura 44 ± 1 °C.

En cuanto a la curva de % de ácido láctico, sus valores son inversamente proporcionales a los de pH. Mientras la curva de pH sigue una tendencia exponencial descendente la de ácido láctico lo hace en ascenso con un aumento más lento en su concentración hasta la tercera hora donde aumenta la pendiente en la curva acelerando un poco más la cinética fermentativa del proceso. Al finalizar el tiempo de fermentación, luego de 21 h se alcanza la máxima concentración de 0,24 % de ácido láctico.

Sin embargo este valor es bajo para un yogur comercial, ya que por ley deben tener al menos 0,6 % de ácido láctico (OMS y FAO, 2011), y hasta un 1,15 % de ácido láctico para obtener una cuajada homogénea (Tamime y Robinson, 2000).

Una baja acidez (o un alto pH de 4,8) incrementa la sinéresis del producto, ya que las proteínas de la quinua no logran alcanzar su punto isoeléctrico para precipitar. Por otro lado una acidez menor a un 1% es considerada riesgosa, ya que un yogur que contiene ≥ 1 % de ácido láctico es considerado un medio inhóspito para el desarrollo de microorganismos patógenos, como *Salmonella spp.* y *Listeria monocytogenes* (Tamime y Robinson, 2000).

6.2. Caracterización física, química y sensorial del símil de yogur en base a quinua.

6.2.1. Análisis fisicoquímicos

Tabla 5. Propiedades fisicoquímicas de leche y yogur de quinua; leche y yogur de soja; y leche y yogur de vaca.

	Leche de Quinua ¹	Leche de Soya ²	Leche de Vaca ²
pH	6,09 ± 0,03 ^a	7,40 ± 0,01 ^b	6,55 ± 0,5 ^c
Acidez titulable (% ac. láctico)	0,07 ^a	0,04 ± 0,003 ^b	0,4 ^c
Sólidos solubles totales (°Brix)	6,27 ± 0,25 ^a	6,970 ± 0,031 ^a	11 ± 1 ^b
Peso específico (g/mL)	1,004 ± 0,001 ^a	1,010 ± 0,0015 ^b	1,032 ± 0,002 ^c
	Yogur de Quinua ¹	Yogur de Soya ²	Yogur de Vaca ³
pH	4,3 ± 0,1 ^a	4,21 ± 0,02 ^a	4,88 ± 0,01 ^b
Acidez titulable (% ac. láctico)	0,15 ± 0,1 ^a	0,46 ^b	0,74 ± 0,01 ^c
Sólidos solubles totales (°Brix)	12,20 ± 0,17 ^a	16 ± 0,07 ^b	12,8 ± 1,15 ^a
Peso específico (g/mL)	1,041 ± 0,003 ^a	1,010 ± 0,002 ^b	1,034 ± 0,091 ^c

(1) Resultados experimentales del símil de yogur en base a quinua.

(2) Flores, 2002.

(3) Tamime, 2006; Hernández, 2004.

(a), (b), (c) diferencias significativas entre muestras ($p < 0,05$).

La Tabla 5 muestra los resultados de los ensayos fisicoquímicos a la leche y al símil de yogur en base a quinua. Siendo comparados con otros productos tanto vegetal (leche y yogur de soja) como animal (leche y yogur de vaca).

En cuanto a los resultados de las leches, los valores de pH son similares al obtenido para la leche de quinua, sin embargo es levemente más ácido que la leche de vaca y un tanto más ácido que la leche de soja. Para el % de ácido láctico se observa que en el caso de los productos vegetales, los resultados son casi diez veces menor. Los sólidos solubles totales son muy similar con la leche de soja, lo cual podría ser consecuencia de la extracción y solubilidad del grano, de 1:4 en el caso de la soja (soja:agua) y 1:5 (quinua:agua) en la quinua. En el caso de la densidad el hecho de que la leche de quinua sea levemente menor que la de soja, se debería a la misma razón anterior, el mayor contenido de agua utilizado en el tratamiento de leche de quinua (Flores, 2002).

Para la comparación en los datos de yogur, y en el caso del pH, entre el símil de yogur en base a quinua y el yogur de soja no presentan diferencias significativas

($p > 0,05$) en sus resultados, pero ambas muestras si presentan diferencias significativas con el yogur de vaca.

El % de ácido láctico en las muestras vegetales sigue siendo inferior que en el yogur de vaca, incluso no alcanzando un 0,6 % de ácido láctico (OMS y FAO, 2011). Es importante mencionar, que la alta concentración de ácido láctico no solo provoca una disminución del pH lo cual genera un coagulo de proteínas agregadas más estable (disminuyendo la sinéresis), también otorga un sabor característico al yogur (Tamime y Robinson, 2000). Un yogur comercial aceptable entre los consumidores alcanza un 0,9 % de ácido láctico (o un pH de 4,6), valor muy lejano al 0,15 % de ácido láctico del símil de yogur en base a quinua.

Por otro lado el valor de los sólidos solubles totales del yogur de quinua es muy similar a la muestra animal. Lo cual se debe a la incorporación de sacarosa como aditivos a la leche fermentada de quinua. Por la misma razón anterior se cree que el símil de yogur en base a quinua es más denso que las otras dos muestras, ya que concentraciones importantes de sacarosa promueven la producción de EPS (Exopolisacáridos o Polímeros de azúcar secretados extracelularmente) de los cultivos lácticos. Lo cual favorece el desarrollo de viscosidad y textura al yogur (Tamime, 2006).

6.2.1.1. Análisis proximal

Tabla 6. Información nutricional de símil de yogur en base a quinua (YQ), Yogur Griego (G) y Yogur Next firme (N).

INFORMACIÓN NUTRICIONAL			
en 100 g	YQ	G	N
Energía (kcal)	62,7 ^a	78,0 ^b	53,0 ^c
Proteínas (g)	1,1 ^a	5,1 ^b	4,1 ^b
Grasa total (g)	2,2 ^a	4,0 ^b	0,3 ^c
H de C disp. (g)	9,7 ^a	5,2 ^b	8,5 ^a
Cenizas (g)	0,1	0,1	0,1
Humedad (g)	86,9	85,6	87

Al comparar el total de energía entre YQ y las muestras comerciales se observa diferencias significativas entre muestras ($p < 0,05$), donde el yogur Griego es

el más “calórico”, principalmente por su contenido graso. Mientras que Next es el más liviano, ya que este se produce con leche descremada y sin adición de crema de leche (como es el caso del Griego). El símil de yogur en base a quinua se encuentra en el punto medio de ambos productos, por la adición de sacarosa que aumenta el contenido de carbohidratos. Además de los hidratos de carbono hidrosolubles que la quinua ya arrastra en su preparación.

Del total de proteínas, se observan diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el símil de yogur con Griego y con Next. Griego es superior a las otras muestras con un 5,1 % seguido muy de cerca el yogur Next con un 4,1 %. El símil de yogur en base a quinua es significativamente inferior con un 1,1 % de proteínas. Lo cual podría tener su causa en el proceso de extracción (en agua) para elaborar la leche de quinua (Castro, 2010). Además del contenido de proteína hidrosoluble (albuminas) en la semilla de quinua de solo un 35 %. De manera que del 18 % de proteína total que contiene la semilla de quinua, solo un 35 % de ellas se encontrarían en el símil de yogur quinua. Además es importante considerar la cantidad de agua total utilizada en el proceso de elaboración (1:8, una parte de quinua por cada ocho partes de agua). Lo cual eleva la humedad y disminuye el contenido proteico en el producto final.

Para aumentar el contenido proteico podrían agregarse al símil de yogur, distintas proteínas no lácteas. Proteínas derivadas de soya, papa, leguminosas, clara de huevo, girasol, semilla de algodón, maní, trigo, avena, arroz, entre otros han sido testeadas en yogures no solo para elevar la concentración de proteínas, sino también para mejorar características sensoriales de sabor y aroma; aumentar considerablemente la viscosidad y disminuir la sinéresis en el producto final. Sin embargo al considerar agregar proteína aislada de soya esta no debe superar los 10 g en 100 g de producto final, por el sabor a frijol que otorga (Tamime y Robinson, 2000).

En el caso del yogur Griego su contenido proteico aumenta, al adicionarse concentrado de proteína de leche, lo cual además favorece la formación del coágulo en el yogur, mejorando su consistencia, viscosidad y características organolépticas del yogur.

Para el contenido graso se observan diferencias significativas entre las tres muestras ($p < 0,05$). Quien encabeza la concentración lipídica es el yogur Griego, ya que pese a contener leche descremada, como antes se mencionó, contiene crema de leche alcanzando un 4,0 % de grasa total. El yogur Next solo tiene un 0,2 %. Mientras que el símil de yogur posee un 2,2 % de grasa total. Sin embargo las diferencias en el origen graso son importante. La grasa láctea (origen animal) contiene principalmente glicerol de acilo (96-98 %) de los lípidos totales de la leche, mientras que la fracción restante son fosfolípidos, esterol, vitaminas liposolubles (A, D, E y K), ácidos grasos, ceras y escualeno (Tamime y Robinson, 2000).

Que el símil de yogur en base a quinua tenga un 2,2 % de grasa se debe principalmente a que la semilla de quinua se ha considerado un cultivo oleaginoso alternativo debido a su fracción lipídica, entre un 1,8 y 9,5 % (Koziol, 1993). Algunos investigadores han caracterizado la composición de ácidos grasos de la quinua. Con un 12,3-19 % de ácidos grasos saturados, mayormente ácido palmítico; total de monoinsaturados 25-28,7 %, ácido oleico principalmente; y un total de poliinsaturados de 58,3 %, de los cuales un 90 % es ácido linoleico (Ryan y cols., 2007). Los ácidos omega-6 y omega-3 también se encuentran presentes en la semilla de quinua. Estos ácidos grasos esenciales son metabolizados a ácidos grasos de cadena más largos de 20 y 22 átomos de carbono. El ácido linoleico es metabolizado en ácido araquidónico y el ácido linolénico en ácido Eicosapentaenoico (EPA) y ácido Docosahexaenoico (DHA). El EPA y DHA desempeñan importante papeles en el metabolismo de la prostaglandina, trombosis y aterosclerosis, inmunología, inflamación, y otras funciones de membrana (Youdim y cols., 2000). Otra característica importante es la presencia natural de una alta cantidad de vitamina E (alfa-tocoferol), 0,59 a 2,6 mg / 100 g en las semillas de quinua, que actúa como defensa natural contra la oxidación de lípidos (Ng et al., 2007).

Al comparar la concentración de hidratos de carbono, se observan diferencias significativas entre Griego y el símil de yogur en base a quinua, y entre Griego y Next. El símil de yogur en base a quinua es claramente el que más contiene con un 9,7 %. Sin embargo Next firme sabor vainilla con un 8,5 % está muy cerca. Mientras que Griego alcanza solo un 5,2 % de carbohidratos. El contenido de carbohidratos y

principalmente de azúcares es fundamental en la elaboración de yogur, como ya se mencionó. Y si bien la quinua como semilla tiene un contenido de carbohidratos por sobre 60,9 %, la eliminación de las saponinas y la dilución del producto (con agua) producen variaciones disminuyendo su contenido (Castro, 2010).

Para la formación del coágulo propio de yogur, es necesario un descenso en el pH del producto, como ya se ha mencionado. Lo cual ocurre por el aumento en la concentración de ácido láctico producido por las bacterias a partir de distintos azúcares (sustrato) durante el proceso fermentativo. En este caso los azúcares simples propios de la quinua como maltosa, D- galactosa, D-ribosa, fructosa y glucosa, y la adición de sacarosa (disacárido formado por glucosa y fructosa), mejoraron la actividad de las bacterias (Oshodi y cols., 1999). De esta manera se aceleró la cinética fermentativa de las bacterias iniciadoras alcanzando un pH de 4,5 en 5 horas.

Por otro lado los resultados de cenizas son idénticos en las tres muestras 0,1 g en 100 g de producto. Mientras que la humedad varía levemente no habiendo diferencias significativas ($p > 0,05$), siendo Next el de mayor valor (87 %), luego el símil de yogur en base a quinua (86,9 %) y el yogur Griego (85,6 %). Estos resultados son coherentes con las investigaciones de Chandan y cols., el 2004 (ver Anexo 9). Ahí se observa que los yogures bajo grasa como sería la muestra de Next, tienen mayor humedad que uno de grasa normal (Griego).

6.2.2. Análisis físicos

6.2.2.1. Reología Rotatoria

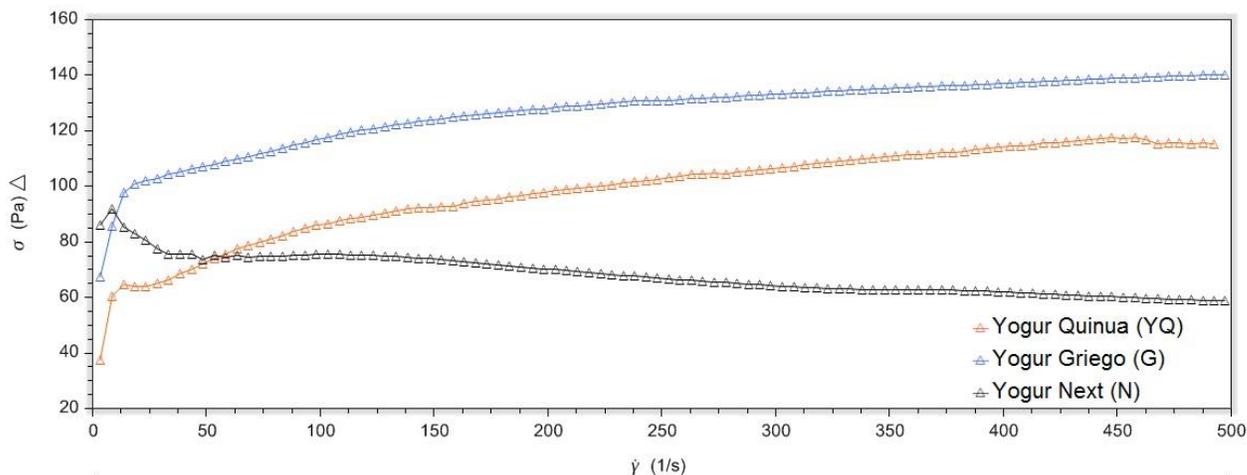


Figura 11. Reograma de Esfuerzo versus Velocidad de deformación, para tres muestras. YQ: símil de yogur en base a quinua. G: Yogur Griego natural. N: Yogur Next firme sabor vainilla.

En la Figura 11, se observa la curva de esfuerzo versus velocidad de deformación de tres muestras símil de yogur en base a quinua, yogur Griego natural y yogur Next firme sabor vainilla. Los resultados reológicos en dos de las tres muestras (YQ y G) se ajustaron adecuadamente al modelo de Herschel-Bulkley (R^2 : 0,99 en ambos casos), este modelo se encuentra entre uno de los tres más utilizados para fluidos alimenticios no newtonianos (Mullineux y Simmons, 2008). Mientras que en el caso del yogur Next Firme se observa que al ser aplicado el esfuerzo de deformación la muestra pierde su estructura casi al iniciar el ensayo. Esto podría deberse al bajo contenido de grasa que otorga consistencia y mayor resistencia a la deformación y fluencia (Díaz y cols., 2004).

Así, sin importar si es grasa vegetal (símil de yogur en base a quinua) o si es grasa animal (yogur de leche de vaca). La grasa, estructuralmente este componente da estabilidad al coágulo y resistencia a la deformación (Díaz y cols., 2004).

Además, la estructura del gel final también depende del número de enlaces covalentes (reversibles), de las interacciones que se producen entre las partículas antes de la formación del coágulo. En efecto, el equilibrio numérico entre los enlaces covalentes y no covalentes determina ciertas propiedades reológicas del yogur. Los

enlace proteína-proteína son un ejemplo de enlaces que contribuyen a la elasticidad y firmeza del gel (Tamime y Robinson, 2000).

Las tres muestras presentan el mismo comportamiento de fluido pseudoplástico, con un índice de flujo menor que uno ($n < 1$).

Finalmente los resultados del análisis estadístico (Anexo 6), demuestran que existen diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las tres muestras para el esfuerzo de cizalla versus el velocidad de deformación.

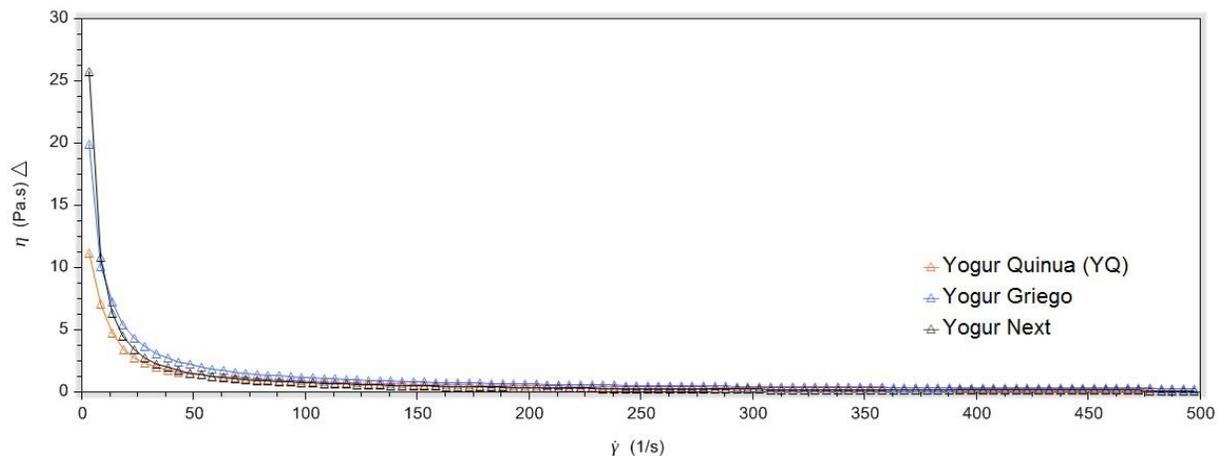


Figura 12. Reograma de Viscosidad versus Deformación, para tres muestras. YQ: símil de yogur en base a quinua. G: Yogur Griego natural. N: Yogur Next firme sabor vainilla.

En la Figura 12, que presenta la curva de viscosidad versus deformación, se observa que al aumentar la deformación disminuye la viscosidad, este comportamiento podría ser debido a la ruptura de la estructura del producto, es decir, la rotura del coágulo de yogur (Yu et al., 2007).

La viscosidad aparente para el símil de yogur en base a quinua es de 26 cP, para el yogur Griego natural 11 cP, y para el yogur Next firme 29 cP sin embargo los resultados del análisis estadístico (Anexo 6) indican que no existen diferencias significativas ($p > 0,05$) entre las muestras para viscosidad versus deformación.

La manipulación mecánica del coágulo del yogur puede ver afectada la viscosidad y/o consistencia del producto, este y otros factores afectan la reología de las leches fermentadas y productos lácteos. Si el coágulo se maneja con cuidado, la viscosidad del yogur se recupera rápidamente en almacenamiento en frío, mientras

que una manipulación descuidada hace irreversible la recuperación del coágulo (Tamime y Robinson, 2000).

6.2.2.2. Reología Oscilatoria

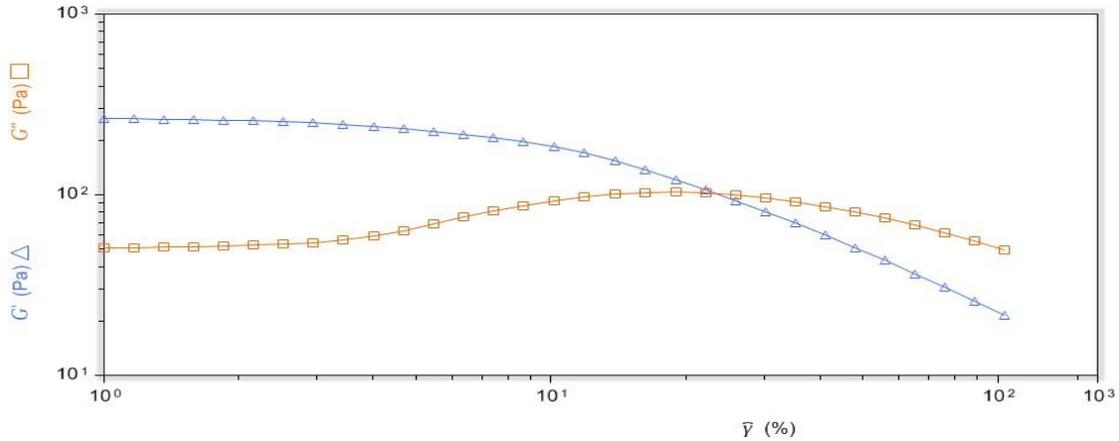


Figura 13. Reograma de Barrido de deformación del símil de yogur de quinua.

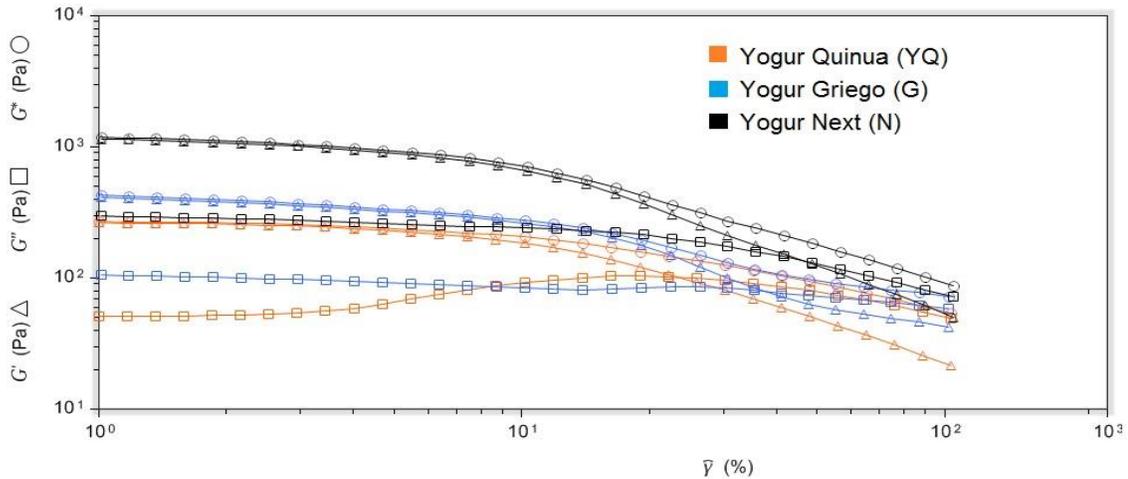


Figura 14. Reograma de Barrido de deformación, para tres muestras. YQ: símil de yogur en base a quinua. G: Yogur Griego natural. N: Yogur Next firme sabor vainilla (Anexo 7).

En el barrido de deformación (Figura 13 y 14), los productos mostraron un comportamiento lineal viscoelástico en un rango similar a una deformación de 8 %, siendo el símil de yogur en base a quinua levemente menor, que las muestras comerciales.

Las muestras exhibieron un comportamiento viscoelástico con un G' mayor que G'' . (Flores, 2002). Es decir las tres muestras son más sólidas (elásticas) que

líquidas (viscosas). Lo cual es favorable al pensar en elaborar un yogur del tipo Firme o afianado que demanda tales características, es decir, con una estructura de gel y un delicado coágulo (Tamime y Robinson, 2000).

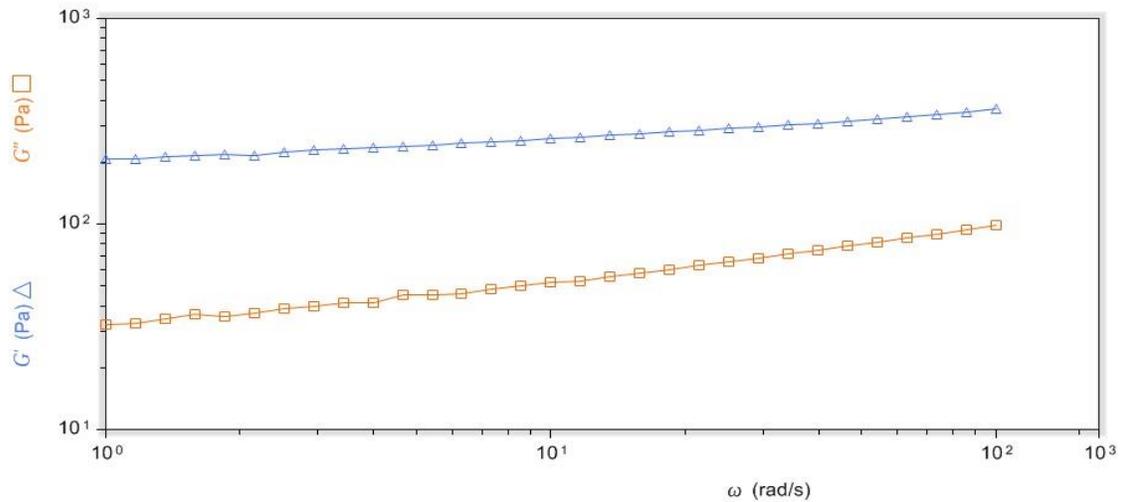


Figura 15. Reograma de barrido de frecuencia de símil de yogur en base a quinua.

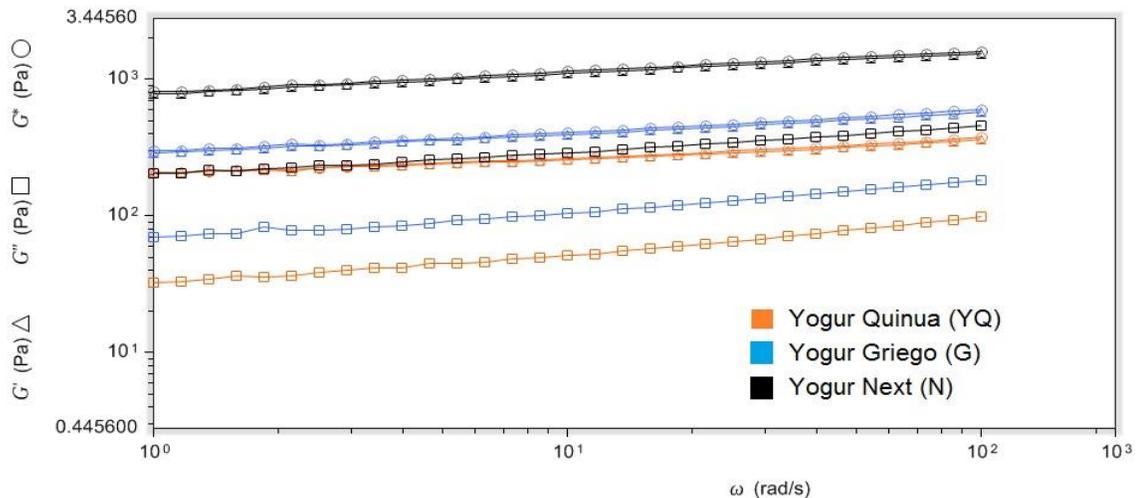


Figura 16. Reograma de barrido de frecuencia, para tres muestras. YQ: símil de yogur en base a quinua. G: Yogur Griego natural. N: Yogur Next firme sabor vainilla (Anexo 8).

En el barrido de frecuencia (Figura 15 y 16), se observa un comportamiento reológico similar para los tres productos, donde los valores de G' , G'' y G^* para el yogur de quinua son menores que en el caso del yogur Griego y estas menores al yogur Next firme, en todo el rango estudiado. Los valores en las componentes G' , G''

y G^* aumentaron progresivamente con la creciente frecuencia. Esto podría atribuirse a una mayor movilidad molecular al aumentar la frecuencia (Yang y cols., 2012).

En todos los casos predomina la componente elástica por sobre la viscosa, lo que de alguna manera indica que para obtener la textura deseada debería agregarse estabilizantes que otorguen mayor viscosidad. (Flores, 2002).

6.2.3. Análisis sensorial

6.2.3.1. Análisis descriptivo



Figura 17. Perifilograma analítico sensorial (análisis descriptivo) para YQ (símil de yogur de quinua), G (yogur Griego), N (yogur Next Firme) (Anexo 10).

El perfil descriptivo para el YQ y las marcas comerciales que se presenta en la Figura 17, muestra la similitud en varios parámetros de gran importancia en un yogur, como son aquellos referidos a textura del producto, específicamente: cremosidad, aflanado y consistencia. Sin embargo solo los dos últimos no tienen diferencias significativas entre muestras ($p > 0,05$), con un 95 % de confianza. Lo cual es coherente ya que se asocia la sensación de cremosidad con una palatabilidad en boca por un mayor contenido graso. Sabor residual es otro parámetro evaluado que no presenta diferencias significativas entre muestras ($p > 0,05$), y de bajo valor. Éste

último es un buen indicador para la sensación en boca luego de degustar el producto (Tamime y Robinson, 2000).

En sinéresis la muestra de YQ fue la de mejor puntuación presentando una menor separación del suero, característica indeseable para el producto (Tamime y Robinson, 2000).

Al evaluar el color amarillo, hay diferencias significativas entre muestras. Donde N está por sobre YQ y éste por sobre G, lo cual se debe a que en sí G es un yogur natural (sin colorante), al cual se le adicionó un colorante amarillo para que se encontrará dentro de la escala a evaluar, color que no fue suficiente. El YQ presenta de manera natural un color amarillento, el cual se ve que se encuentra más cerca de N que de G. La marca Next contiene “colorantes naturales annato y cúrcuma” (Anexo 11).

Para el aroma a vainilla sucede algo similar a lo anterior. N tiene saborizante de vainilla idéntico al natural en una concentración importante lo que la hace ser significativamente mayor que las otras dos muestras, siendo YQ la de menor valor. A pesar de haber adicionado un 0,05 % de saborizante de vainilla, esto podría deberse a su aroma a cereal producto de la quinua, el cual no fue enmascarado totalmente por la adición del saborizante. Podría mejorarse aumentando la concentración de este en el símil. Al evaluar sabor a vainilla los panelistas convinieron en que YQ se acerca más a N que G, demostrando la presencia del saborizante a vainilla en YQ, a diferencia del Yogur Griego natural, aunque YQ aún está muy lejos del valor alcanzado por N. Así que definitivamente debe aumentarse la concentración de saborizante a vainilla.

Para el parámetro acidez, los resultados muestran que Griego está por sobre Next y este a su vez sobre el símil de yogur en base a quinua. Esto es algo positivo para el producto desarrollado, ya que no se espera consumir un producto muy ácido (Tamime y Robinson, 2000).

El parámetro de dulzor define un producto, por lo que presenta una gran importancia. Entre muestras hay diferencias significativas ($p < 0,05$), ya que al yogur Next firme sabor vainilla no solo se le adiciona un edulcorante calórico como fructosa,

también se agrega sucralosa para aumentar el dulzor sin elevar la energía (kcal) del producto. Esto es una diferencia con YQ, que solo tiene un 6 % de sacarosa y G quien no tiene edulcorantes adicionados. El dulzor para el YQ puede mejorarse aumentando la concentración de edulcorantes bajo o sin calorías permitidos (Anexo 12).

6.2.3.2. Análisis con consumidores (Anexo 13)

6.2.3.2.1. Test de aceptabilidad

Tabla 7. Test de aceptabilidad del símil de yogur en base a quinua (YQ), Yogur Griego (G) y Yogur Next firme (N) (Anexo 14).

Parámetro	YQ	G	N	Valor-P
Apariencia	4 ^a	4,75 ^{a,b}	5,35 ^b	0,0064
Color	3,9 ^a	4,85 ^b	5,3 ^b	0,0056
Consistencia	4,2 ^a	4,8 ^a	5,35 ^a	0,0802
Aroma	4,2 ^a	5,2 ^b	6,2 ^c	0,0000
Intensidad dulzor	2,55 ^a	3,45 ^a	6,1 ^b	0,0000
Sabor vainilla	2,45 ^a	3,6 ^b	5,95 ^c	0,0000
Sensación residual	3,45 ^a	4,05 ^a	5,65 ^b	0,0001
Aceptabilidad general	3,25 ^a	4 ^a	6,1 ^b	0,0000

Los resultados del test de aceptabilidad efectuado con consumidores se presenta en la Tabla 7. Esta incluye los valores-p y las diferencias significativas entre muestras para cada parámetro. El promedio de YQ para todos los parámetros es el más bajo, sin embargo éste no presenta diferencias significativas con Griego en Apariencia, Intensidad de dulzor, Sensación residual, Aceptabilidad general, Consistencia. Lo anterior es positivo para apariencia y consistencia, comparando un yogur vegetal (YQ) con uno de origen animal (G), es decir, YQ alcanza la apariencia y consistencia deseada por un consumidor de yogur habitual. Por otro lado, los demás parámetros fueron muy mal evaluados para YQ y no se observan diferencias significativas con G ($p > 0,05$), lo que se debería a que G, como se mencionó, es un yogur natural sin presencia de edulcorante, saborizante, colorante y de elevada acidez. Esto no lo hace un producto popular, es rechazado por la mayoría de los

consumidores, ya que la mayoría prefiere productos aromatizados y edulcorados (Chandan y cols., 2006).

Además el yogur Next firme sabor vainilla presenta los valores más altos en todos los parámetros, lo cual podría servir como base para desarrollar un símil de yogur en base a quinua con las características de N, es decir, que pudiera contener colorante, saborizante, edulcorante natural y artificial. Por ahora YQ tiene los mismos espesante y gelificante que N (0,2 % pectina y 0,3 % gelatina, respectivamente). Esto según lo recomendado por otros autores que reportan, 0,02 a 0,7 % de pectina y 0,05-0,6 % de gelatina (Basak y Ramaswamy, 1994; Sta, 1996).

6.2.3.2.2. Test de preferencias

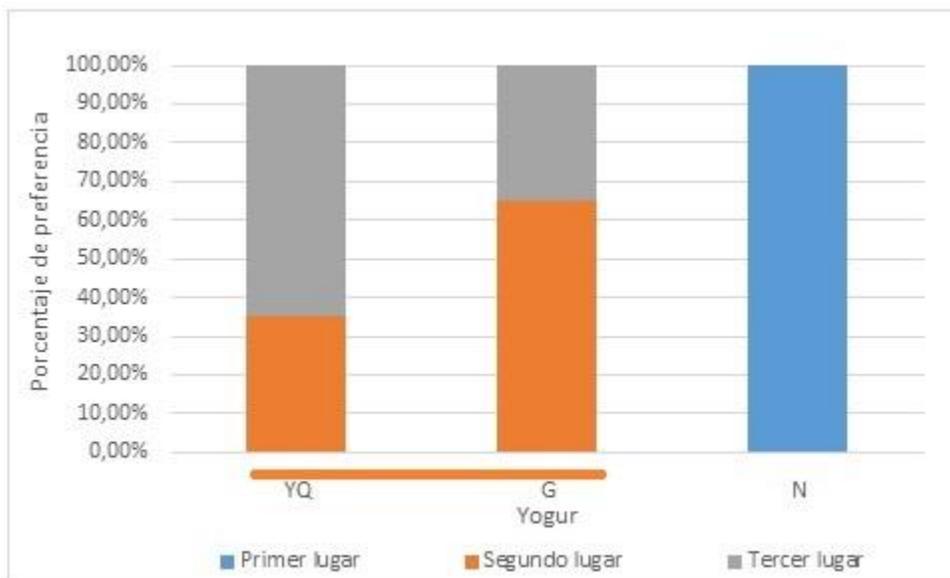


Figura 18. Gráfico de porcentajes de preferencia de consumidores para las muestras de símil de yogur en base a quinua (YQ), yogur Griego (G) y yogur Next firme sabor vainilla (N) (Anexo 15).

El test de preferencia con consumidores, tiene como objetivo determinar cuál de las muestras es preferida por un gran número de personas. La Figura 18 muestra una respuesta unánime de preferir el yogur N frente a YQ y G, y siendo el menos elegido el símil de yogur en base a quinua. Esto implica la necesidad de reformular este producto, considerando propiedades organolépticas, sensoriales y nutricionales,

como el aumento de la concentración de edulcorantes, saborizantes, adición de colorante y aumentar la concentración proteica. Además, como resultado de la aplicación del método de Friedman se observan diferencias significativas entre muestras ($F_{\text{calc}} > F_{\text{tab}}$), por lo tanto se evalúan diferencias críticas donde se halló que YQ y G no las presentan (Wittig de Penna, 1981).

6.2.3.2.3. Preguntas abiertas

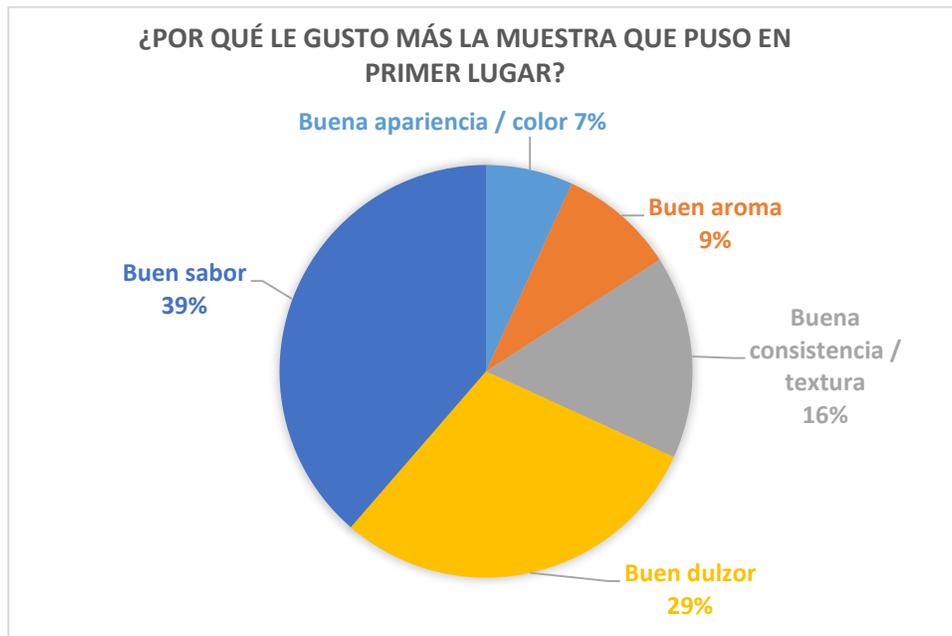


Figura 19. Gráfico de los resultados a la pregunta abierta N°1, en el test de preferencia con consumidores “¿Por qué le GUSTÓ más la muestra que puso en PRIMER lugar?” (Anexo 16).

Los resultados de las preguntas abiertas son clave para evaluar la falla organoléptica del producto y las posibles mejoras a realizar en un futuro. Dos preguntas se realizan al finalizar el test a consumidores. La Figura 19 muestra las respuestas a la primera pregunta “¿Por qué le GUSTÓ más la muestra que puso en PRIMER lugar?”. Un 39 % de los participantes contestó, que por su “buen sabor” y un 29 % por su “buen dulzor”. Los consumidores prefieren la muestra con aditivos más concentrados, como lo es N.

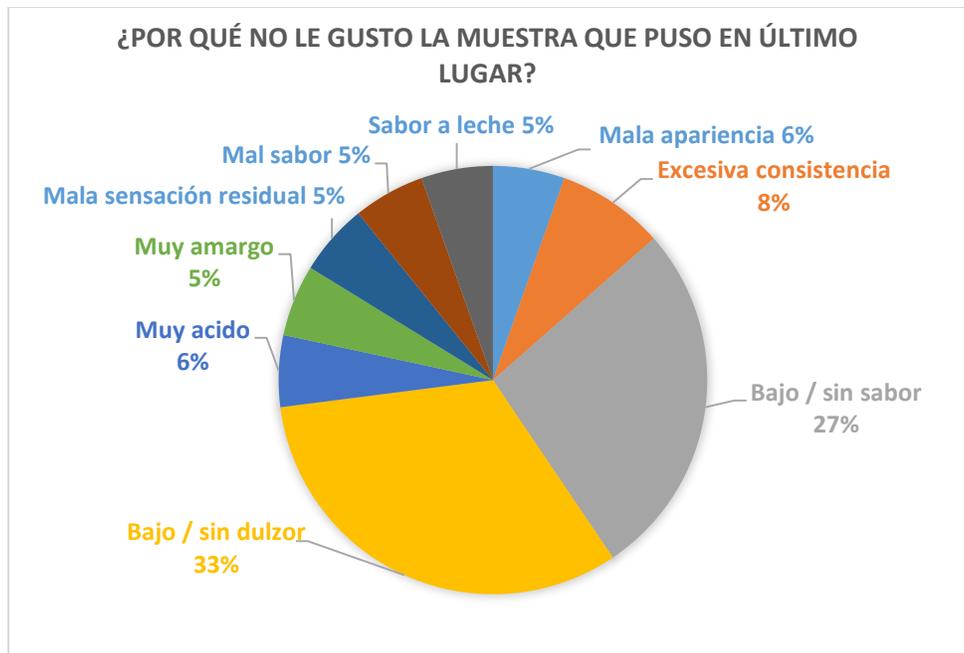


Figura 20. Gráfico de los resultados a la pregunta abierta N°2, en el test de preferencia con consumidores “¿Por qué NO le gustó la muestra que puso en ULTIMO LUGAR?” (Anexo 16).

La Figura 20, es un gráfico en que se observan las respuestas de los consumidores a la pregunta “¿Por qué NO le gustó más la muestra que puso en ULTIMO LUGAR?”. Aquí las respuestas están divididas entre la muestra de YQ y la de G, aunque la mayoría optó por dar el último lugar al YQ según la Figura 18.

Al igual que en el gráfico de la primera pregunta acá lo que menos les gustó a los consumidores fue el “sin dulzor” y “sin sabor” respectivamente, por lo que irremediamente deberían modificarse parámetros en un próximo desarrollo de un símil de yogur en base a quinua.

Por otro lado las respuestas para esta segunda pregunta son más variadas, como la “excesiva consistencia”. Lo que fue una sorpresa, ya que comúnmente se espera que un yogur sea de elevada consistencia, éstos son considerados yogures de calidad y mayor costo, por lo menos en Latino América (Hernández, 2004).

6.2.4. Vida útil

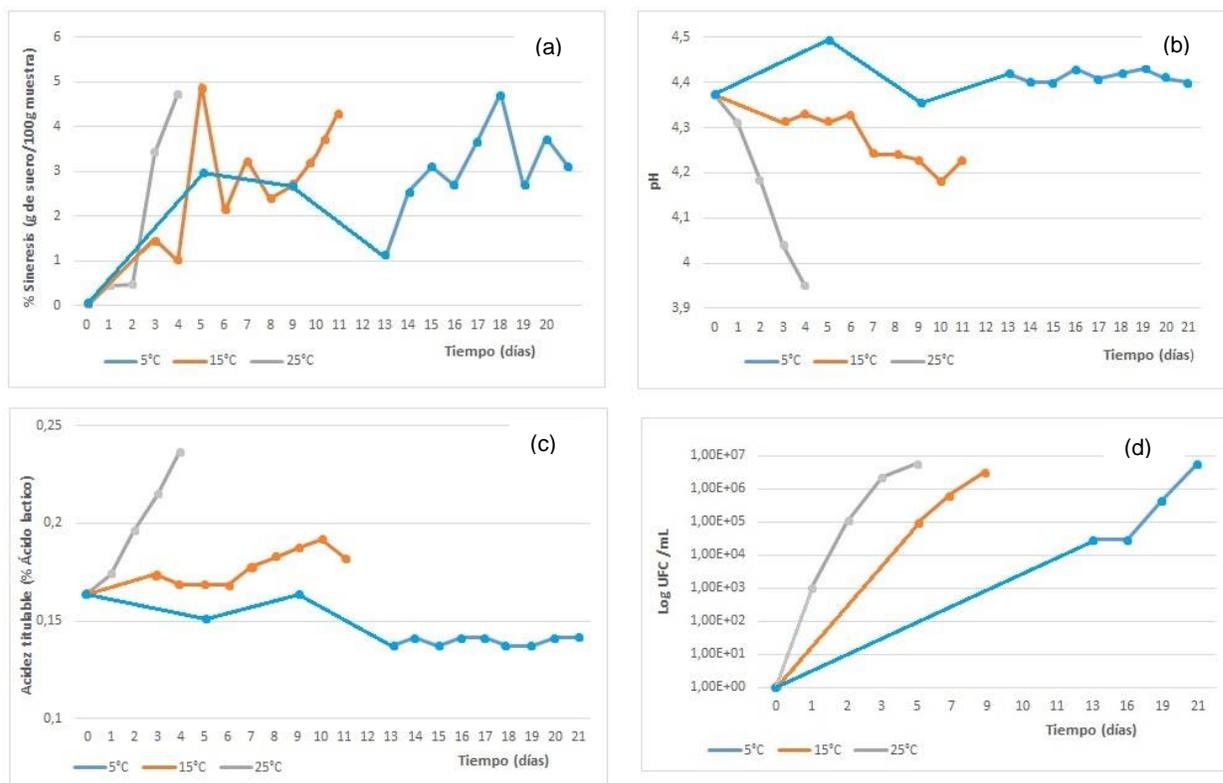


Figura 21. Gráficos de Sinéresis (a), cambios en el pH (b), acidez titulable (c) y recuento de hongos y levaduras (d).

La sinéresis (g de suero/100 g de muestra), en el gráfico (a), a 25°C aumentó considerablemente en los cuatro días posteriores a la elaboración del símil de yogur en base a quinua, hasta alcanzar un 4,75 %. Mientras que a 15°C fue más gradual el desarrollo de su curva, pese a tener un máximo al quinto día para volver a descender y comenzar a aumentar con los días siguientes hasta llegar a un 4,3 %. El desarrollo de la curva de sinéresis a 5°C también tuvo un máximo al quinto día, luego descendió y remontó hasta alcanzar 3,1 % el día 21. Las fluctuaciones de sinéresis en el tiempo podrían deberse a que las muestras no eran lo suficientemente homogéneas.

Si bien no se registra un valor como límite máximo de suero separado del coágulo, se han reportado valores sobre el 20% de suero (Al-Kadamany y cols., 2003), y el producto sigue siendo considerado como apto para su consumo, pues la sinéresis sería un parámetro que afecta a la calidad visual y sensorial del producto y no a la biológica. Las altas temperaturas durante el almacenamiento y los bajos niveles de

acidez (c) se han asociado a un incremento en la sinéresis del yogur, relacionado a un reordenamiento molecular, principalmente de proteínas (Al-Kadamany y cols., 2003).

Sin embargo la adición de aditivos con la capacidad de retener agua, disminuyen la sinéresis en el producto final (Tamime, 2006). Es decir, que la adición de pectina y gelatina como agente estabilizantes (espesantes y gelificantes), ayudó a la producción de un símil de yogur con una menor sinéresis.

El gráfico (b) muestra los cambios de pH durante el almacenamiento, donde dos de las tres curvas tienden al descenso. Sin embargo a una menor temperatura (5°C), la curva es particularmente constante e incluso experimenta un aumento al quinto día, que después vuelve a descender. Al aumentar la temperatura, ocurre un fuerte descenso del pH a los 25°C. Un descenso en el valor del pH trae consigo un aumento en el % ácido láctico (Mataragas y cols., 2011).

Los valores de % de ácido láctico (c) del símil de yogur en base a quinua expuesto a 25°C aumentaron de forma considerable ya que los microorganismos presentes en el producto comienza a multiplicarse por el aumento de la temperatura que las favorece para su desarrollo y metabolismo, degradando el carbohidrato más simple presente en el producto como, sacarosa en este caso, ocasionando el aumento del ácido láctico (Gualdron y González, 2013).

La concentración de ácido láctico es un parámetro fundamental de evaluar, considerando que una concentración por sobre 1,5 % afectará a uno de los cultivos iniciadores, el *Streptococcus thermophilus*, el cual es sensible a tal concentración ácida del medio. Esto genera una disminución en la concentración de bacterias lácticas, reduciendo la vida útil del producto. Además una elevada acidez afectará la calidad sensorial del producto. Sin embargo, para la producción de este símil de yogur en base a quinua, en los 22 días de medición no se alcanzaron tales valores (Tamime, 2006). De manera que para este estudio, la concentración de ácido láctico no es determinante para definir la vida útil.

El ultimo gráfico muestra los resultados del recuento de Hongos y Levaduras (UFC log/mL) durante el almacenamiento (d). A 25°C como era esperado hay un aumento significativo de microorganismos. Sin embargo antes de discutir este

aumento, es importante conocer la causa por la que las muestras presentan hongos y levaduras. Estas pueden ser muy variadas, la primera de ellas es porque los hongos y las levaduras se encuentran distribuidos ampliamente en el ambiente, además los aditivos utilizados en la formulación como son la sacarosa, pectina, gelatina y saborizante de vainilla fueron añadidos después del tratamiento térmico, ya que no se encontraban completamente estériles (ya que habían sido usados anteriormente) probablemente contaminaron las muestra de yogur. En cuanto a la velocidad a la que se multiplicaron estos microorganismos a 25°C, tiene su causal en que entre 25 y 30°C es la temperatura óptima de crecimiento. Por otro lado el crecimiento es menos acelerado a 15°C. Mientras que a 5°C es aún más retardado por la temperatura de refrigeración, sin embargo igual existe un desarrollo de microorganismos.

Es importante considerar que el deterioro de la calidad sensorial y los cambios en parámetros físico-químicos de un yogur se rigen en gran medida por el crecimiento de hongos y levaduras en el producto (Tamime, 2006). Considerando lo anterior y al observar los resultados del recuento de hongos y levaduras, la vida útil del símil de yogur en base a quinua está limitada principalmente por la proliferación de estos microorganismos.

Se observa que a la temperatura de refrigeración (5°C), al día 5 desde su elaboración se encuentra el límite máximo de hongos y/o levaduras permitido (10^2 UFC/g), según el Reglamento Sanitario de los Alimentos (Anexo 20). Determinando así una vida útil de 5 d para el símil de yogur en base a quinua.

Sin embargo, el crecimiento de hongos y levaduras podría verse detenido al utilizar preservantes permitidos, y en las dosis exigidas por la ley (RSA, 2013).

7. CONCLUSIONES

- Se desarrolló un proceso de obtención y elaboración de un símil de yogur a partir de leche de quinua, el cual contiene: 6 % sacarosa, 0,3 % de gelatina, 0,2 % de pectina, y 0,05 % saborizante de vainilla en polvo.
- Al desarrollar la Curva de pH y Acidez durante 21 h se alcanzó un mínimo de 4,01 de pH y un máximo de 0,24 % ácido láctico. La curva control (leche de quinua sin inóculo) se mantiene constante sin variaciones.
- El reograma de esfuerzo versus velocidad de deformación mostró que dos de las tres muestras (símil de yogur en base a quinua y yogur Griego) se ajustaron adecuadamente al modelo de Herschel-Bulkley (R^2 : 0,99 en ambos casos). Sin embargo el yogur Next sabor vainilla pierde su estructura casi al iniciar el ensayo, demostrando su mínima resistencia a la deformación. Las tres muestras presentan un comportamiento de fluido pseudoplástico ($n < 1$).
Por otro lado el reograma de viscosidad versus deformación mostró que al aumentar la deformación disminuye la viscosidad. Además la viscosidad aparente para el símil de yogur en base a quinua fue de 26 cP, para el yogur Griego natural 11 cP, y para el yogur Next firme 29 cP. Los resultados del análisis estadístico indicaron que no existen diferencias significativas ($p > 0,05$).
- El barrido de deformación para los tres productos mostró un comportamiento lineal viscoelástico en un rango similar a una deformación de 8 %. Además todas las muestras exhibieron un G' por sobre G'' , es decir, las tres muestras son más sólidas (elásticas) que líquidas (viscosas). Siendo el yogur Next el que alcanza los mayores valores, le sigue el yogur Griego y finalmente el símil de yogur en base a quinua.
- Los resultados fisicoquímicos para la leche de quinua mostraron un $6,09 \pm 0,03$ de pH, 0,07 % de ácido láctico, $6,27 \pm 0,25$ °Brix, y $1,004 \pm 0,001$ (g/mL) de peso específico. Mientras que para el símil de yogur de quinua un $4,3 \pm 0,1$ de pH, $0,15 \pm 0,1$ % de ácido láctico, $12,20 \pm 0,17$ °Brix y $1,041 \pm 0,003$ (g/mL) de peso específico. Del análisis proximal se extrajo que en el símil de yogur en base a

quinua: presenta un 2,2 % de materia grasa, 1,1 % de proteínas, 9,7 % de carbohidratos, 0,1 % de cenizas, 86,9 % de humedad y 62,7 kcal/100g.

- De acuerdo al análisis sensorial descriptivo los parámetros de afluencia, consistencia y sabor residual no presentaron diferencias significativas entre las tres muestras

($p > 0,05$). Mientras que para sinéresis, el símil de yogur en base a quinua presentó el menor valor. Sin embargo en la mayoría de los parámetros positivos se obtuvo bajos valores para el símil de yogur en base a quinua (intensidad de color amarillo, aroma a vainilla, sabor vainilla y dulzor).

- En el test con consumidores, en aceptabilidad, el símil de yogur en base a quinua fue el que tuvo los valores más bajos. Sin embargo el parámetro de consistencia no tuvo diferencias significativas con las otras dos muestras comerciales ($p > 0,05$). En intensidad de dulzor, sensación residual y aceptabilidad no se presentaron diferencias significativas con el yogur Griego natural. Al evaluar preferencia con consumidores se encontró que unánime Next firme sabor vainilla tiene el primer lugar, Griego el segundo lugar y el símil de yogur el tercer lugar. Sin embargo al realizar las diferencias críticas, no se hallaron diferencias significativas entre YQ y G.

De acuerdo a los resultados de las preguntas abiertas, el yogur Next firme sabor vainilla fue preferido principalmente por su “buen sabor” (39 %), “buen dulzor” (29 %) y “buena consistencia” (16 %). El símil de yogur en base a quinua ocupó el último lugar por su “bajo o sin dulzor” (33 %) y “bajo o sin sabor” (27 %).

- Según los resultados de los ensayos para vida útil, se concluye que el símil de yogur en base a quinua tiene una duración de 5 d, almacenado a 5°C, de acuerdo a sus características microbiológicas
- Se propone seguir investigando reformulando el producto para optimizar sus características nutricionales y sensoriales, como aumentar la concentración de proteínas, aumentar el dulzor y el sabor a vainilla del símil de yogur en base a quinua.

8. REFERENCIAS

- 📖 ABUGOCH, L. Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*): composition, chemistry, nutritional, and functional properties. *Advances in Food and Nutrition Research*. (58:1016-1043) 2009.
- 📖 AL-KADAMANY, E., KHATTAR, M., HADDAD, T. & TOUFEILI, I. Estimation of shelf-life of concentrated yogurt by monitoring selected microbiological and physicochemical changes during storage. *Wiss -Technology*. (36: 407–414) 2003.
- 📖 AOAC. Association of Official Analytical Chemistry. *Method of Analysis*. 18th ed. Washington DC, AOAC International. 2005. 250-287p.
- 📖 BARAHONA, C. Desarrollo de una bebida en base a leche de quínoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) y caracterización fisicoquímica y sensorial. Memoria (Título de Ingeniera en Alimentos). Santiago, Chile. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, 2010. 91p.
- 📖 BASAK, S., & RAMASWAMY, H. *Journal of food engineering*. (21:385) 1994.
- 📖 BASULTO, J. Definición y características de una alimentación saludable [En Línea] <<http://mammalia.info/definicion-de-una-alimentacion-saludable-documento-del-grep-aedn/>> [Consulta 10 marzo de 2015]
- 📖 BERSAGLIERI, T., SABETI, P., PATTERSON, N., VANDERPLOEG, T., SCHAFFNER, S., DRAKE, J., RHODES, M., REICH, D., & HIRSCHHORN, J. Genetic signatures of strong recent positive selection at the lactase gene. *The American Journal of Human Genetics*. (74:1111-1120) 2004.
- 📖 BERTI, C., RISO, P., MONTI, L., & PORRINI, M. In vitro starch digestibility and in vivo glucose response of gluten-free foods and their gluten counterparts. *Europe Journal Nutrition*. (43:198–204) 2004.
- 📖 BUNGER, A. Apuntes de laboratorio. En: CLASE DE EVALUACIÓN SENSORIAL. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la Universidad de Chile. Santiago, Chile. 2013. 33p.
- 📖 CASTRO, E. Harina y aceite de quínoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) de la región VI. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, 2010. 63p.
- 📖 CHANDAN, R., WHITE, C., KILARA, A., & HUI, Y. *Manufacturing Yogurt and Fermented Milks*. Iowa, Blackwell Publishing, 2006. 91p.

- 📖 DE VOS, W. Metabolic engineering of sugar catabolism in lactic acid bacteria. *Antonie van Leeuwenhoek* (70:223–242) 1996.
- 📖 DÍAZ, B., SOSA, M., Y VÉLEZ, J. Efecto de la adición de fibra y la disminución de grasa en las propiedades fisicoquímicas del yogur. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 3(1):287-305. Oct., 2004.
- 📖 DUEÑAS, D. Vigilancia competitiva de la quinua: potencialidad para el departamento de Boyacá. *Revista Suma de Negocios*. 5(12):85-95. Feb., 2014.
- 📖 FAO. “Base de Datos Internacionales FAOSTAT” [En Línea] <http://faostat.fao.org/site/> [Consulta 29 de Abril de 2015].
- 📖 FAO. Carbohydrates in human nutrition. *Food and Nutrition Papers*. (1:6-10) 1998.
- 📖 FAO. “La Quinoa: Cultivo Milenario para Contribuir a la Seguridad Alimentaria” [En Línea] <http://www.fao.org/fileadmin/templates/aiq2013/res/es/cultivo_quinoa_es.pdf> [Consulta 16 de Abril de 2015].
- 📖 FERRAGUT, V., CRUZ, N. S., TRUJILLO, A., GUAMIS, B. & CAPELLAS, M. Physical characteristics during storage of soy yogurt made from ultra-high pressure homogenized soymilk. *Journal of Food Engineering*. (92:63-69) 2009.
- 📖 FLORES, C. Desarrollo y optimización de yogurt de soya orgánico. Memoria (Título de Ingeniera en Alimentos). Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, 2002. 87p.
- 📖 FOSS, J. How Processing Affects Starch Selection For Yogurt. National Starch and Chemical Company. NJ, USA. 2000.
- 📖 FUENTES, F. Análisis genético de germoplasma chileno de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) usando marcadores ssr fluorescentes. Rapport projet CORFO-FDI, UNAP, Iquique, Chile. 2006.
- 📖 GONÇALVEZ, D., PÉREZ, C., REOLON, G., SEGURA, N., LEMA, P., GÁMBARO, A., ARES, G., Y VARELA, P. Effect of thickeners on the texture of stirred yogurt. *Alimentación y Nutrición* (16:206-211) 2005.
- 📖 GUALDRON, J., Y GONZÁLEZ, R. Evaluación de un yogur con características simbióticas y su efecto sobre la vida útil del producto. *Revista Colombiana de Microbiología Tropical*. 3(1):1-5. Jun., 2013.
- 📖 HARVEY, L., & MCNEIL, B. Thickeners of microbial origin. *Microbiology of fermented foods* (1:148–171) 1998.
- 📖 HERNÁNDEZ, P. Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y reológicas de yogurt bajo en grasa enriquecido con fibra y calcio de yogurt. Tesis (Magíster en Ciencia de

- Alimentos). Puebla. México. Universidad de las Américas, Departamento de Ingeniería Química y Alimentos, Escuela de Ingeniería, 2004. 78p.
- 📖 INE. “Censo Nacional Agrícola” [En Línea] <<http://www.ine.cl>> [Consulta 06 de mayo de 2015]
- 📖 KOZIOL, M. Quinoa: a potential new oil crop. In “New crops”. New York, J. Janick and J. E. Simon, 1993. 328–336p.
- 📖 LEROY, F., & DE VUYST, L. Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry. *Trends in Food Science & Technology*. (15:67 –68) 2004.
- 📖 LONDON, J. Uncommon pathways of metabolism among lactic acid bacteria. *FEMS Microbiology*. (87:103–112) 1990.
- 📖 LUANA, N., ROSSANA, C., CUIEL, J., KAISA, P., MARCO, G. & RIZZELLO, C. Manufacture and Characterization of a Yogurt-like Beverage Made with Oat Flakes Fermented by Selected Lactic acid Bacteria. *International Journal of Food Microbiology*. (185:17–26) 2014.
- 📖 MATARAGAS, M., DIMITRIOU, V., SKANDAMIS, P., & DROSINOS, E. Quantifying the spoilage and shelf-life of yoghurt with fruits. *Food Microbiology*. (28:611-616) 2011.
- 📖 MORTAZAVIAN, A., REZAEI, K., & SOHRABVANDI, S. Application of advanced instrumental methods for yogurt analysis. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. (49:153-163) 2008.
- 📖 MUJICA, A. Cultivos marginados: otra perspectiva de 1492. Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. Roma, Abaya-Yala, 1992. 129-146p.
- 📖 MUJICA, A., ORTIZ, R., BONIFACIO, A., SARAVIA, R., CORREDOR, G. Y ROMERO, A. Proyecto quinua: cultivo multipropósito para los países andinos. Lima, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos ICTA, 2006. 103-106p.
- 📖 MULLINEUX, G. & SIMMONS, M. Influence of rheological model on the processing of yogurt. *Journal of Food Engineering*. 84(2):250-257. Jul., 2008.
- 📖 NAVARRO, D., ARRIETA, A., LÓPEZ, K., BELANDRIA, K., QUINTANA, B., ENICAR, P., FIGUEROO, C., ROSSELL, A., Y NOGALES, A. Desarrollo de tolerancia oral en niños con alergia a proteína de leche de vaca, Seguimiento de 10 años. *Revista de la Sociedad Venezolana de Gastroenterología*. 67(3):3-5. May., 2013.
- 📖 NCh1671.Of1979. Chile. Leche y productos lácteos - Determinación del pH. Norma chilena. Ministerio de Agricultura, Santiago, Chile. Octubre de 1979.
- 📖 NCh1738.Of1980. Chile. Leche - Determinación de la acidez titulable. Norma chilena. Ministerio de Agricultura, Santiago, Chile. Febrero de 1980.

- 📖 NESARETNAM, K. Multitargeted therapy of cancer by tocotrienols. Cancer lett. 269(2):388–395. Oct., 2008.
- 📖 NG, S., ANDERSON, A., COKERA, J., & ONDRUSA, M. Characterization of lipid oxidation products in quinoa (*Chenopodium quinoa*). Food Chemistry. 101(1):185–192. Jan., 2007.
- 📖 ODEPA. “Tendencias Mundiales de Consumo y Comercialización de Bebestibles Lácteos” [En Línea] <<http://www.agrimundo.cl/wp-content/uploads/Reporte-Lacteos-N1.2014-FINAL.pdf>> [Consulta 10 de Abril de 2014].
- 📖 ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, Y ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Codex Alimentarius: Leche y Productos Lácteos. Roma, Italia. 2011.
- 📖 OSHODI, A., OGUNGBENLE, H., & OLADIMEJI, M. Chemical composition, nutritionally valuable minerals and functional properties of benniseed, pearl millet and quinoa flours. International Journal of Food Sciences and Nutrition. (50:325–331) 1999.
- 📖 OSUNDAHUNSI, O., AMOSU, D. & IFESAN, B. Quality evaluation and acceptability of soy-yoghurt with different colours and fruit flavours. American Journal of Food Technology. (2:273-280) 2007.
- 📖 PREGO, I., MALDONADO, S. & OTEGUI, M. Seed structure and localization of reserves in *Chenopodium quinoa*. Annals of Botany. (82:481-488) 1998.
- 📖 REYES, M. S. Ingesta de lípidos, alimentación saludable y efecto cardiovascular. La nutrición a través de la historia. Revista del Colegio de Nutricionistas Universitarios de Chile. 1(2):6-9. Sept., 2004.
- 📖 ROLLÁN A., VIAL C., QUESADA, S., ESPINOZA K., HATTON, M., PUGA A., Y REPETTO G. Diagnóstico de intolerancia a la lactosa en adultos: rendimiento comparativo de la clínica, Test de Hidrógeno Espirado y Test Genético. Revista Médica de Chile. 140(9):1101-1108. Mar., 2012.
- 📖 ROMERO, N., ROBERTS, P., Y ORTÍZ, J. Guía de Química de Alimentos. En: CLASES DE QUIMICA Y ANALISIS DE LOS ALIMENTOS. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la Universidad de Chile. Santiago, Chile. 2015. 13p.
- 📖 ROSSI, E., FARIA, J., BORSATO, D. & BALDOCHI, F. Dairy Science Abstracts, (55:839) 1993.
- 📖 RSA D.T.O. N° 977/96. Chile. Productos lácteos. Reglamento Sanitario de los Alimentos. Ministerio de Salud, Santiago, Chile. Mayo de 1997. 173p.

- 📖 RYAN, E., GALVIN, K., O'CONNOR, T., MAGUIRE, A., & O'BRIEN, N. Phytosterol, squalene, tocopherol content and fatty acid profile of selected seeds, grains, and legumes. *Plant Foods for Human Nutrition*. (62:85–91) 2007.
- 📖 STA, J. Dairy Industries International (61:11-23) 1996.
- 📖 TAGLE, M. Y PLANELLA M. La Quínoa en la Zona Central de Chile: Supervivencia de una Tradición Prehispana Iku, Santiago, Chile. 2002.
- 📖 TAPIA, M., GANDARILLAS, H., ALANDIA, S., CARDOZO, A. Y MUJICA, A. La quinua y la kañiwa: Cultivos andinos. Bogota, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1979. 21 – 28p.
- 📖 TAMIME, A., & ROBINSON, R. Yoghurt, Science y Technology. 2th ed. Cambridge, Woodhead Publishing Limited, 2000. 366p
- 📖 TAMIME, A. Fermented Milks. Dairy Science and Technology Consultant. Oxford, Blackwell science, 2006. 240-301p.
- 📖 THOMPSON, J., & GENTRY-WEEKS, CR. Metabolism des sucres par les bacteries lactiques. In: Bacteries Lactiques. Uriage, Roissart H & Luquest FM, 1994. 239–290p.
- 📖 USDA U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. National Nutrient Database for Standard Reference, 18R. 2005
- 📖 VILLACRÉS, E., PERALTA, E., EGAS, L. Y MAZÓN, N. Potencial agroindustrial de la quinua. *Boletín divulgativo* (146:11) 2011.
- 📖 WANG, S.H., MARINHO, C.S. & CARVALHO, E.P. Dairy Science Abstracts. (57:735) 1995.
- 📖 WITTIG DE PENNA, E. Evaluación sensorial: una metodología actual para tecnología de alimentos. En: TALLERES GRÁFICOS, USACH. Santiago, Chile. 1981. 25p
- 📖 YANG, M., FU, J., & LI, L. Rheological characteristics and microstructure of probiotic soy yogurt prepared from germinated soybeans. *Rheology of Sogurt from Germinated Soybeans*. Food Technology and Biotechnology 50(1):73–80. Feb., 2012.
- 📖 YOUDIM, K., MARTIN, A., & JOSEPH, J. Essential fatty acids and the brain: Possible health implications. International Journal of Developmental Neuroscience. (18(4-5):383–399. Ap., 2000.
- 📖 YU, J., AHMEDNA, M. & GOKTEPE, I. Peanut protein concentrates: production and functional properties as affected by processing. Food Chemistry. 103(1):121-129. Ap., 2007.

9. ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica cultivos lácticos.

CHR HANSEN

FD-DVS YC-380 Yo-Flex®
Información de Producto
Versión: 2 PI-EU-ES 12-02-2008

Descripción Cultivo termófilo Yo-Flex® para la fabricación de yogur.

Taxonomía Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus
Streptococcus thermophilus

Envase No Material: 100259 Tamaño: 25X200 U Tipo: Sobre (s) en caja

Propiedades Físicas Color: Blanco a ligeramente rojizo o marrón
Aspecto Físico: Granulado

Aplicación **Uso**
El cultivo producirá un yogur con un aroma fuerte, viscosidad media y alguna post-acidificación. Adecuado para la fabricación de yogur firme, batido y líquido.

Dosis de inoculación recomendada

Cantidad de leche a inocular	250 l / 70 gal	1,000 l / 250 gal	2,500 l / 660 gal	5,000 l / 1,300 gal	10,000 l / 2,600 gal
Cantidad de cultivo DVS	50 U	200 U	500 U	1,000 U	2,000 U

Directivas para su uso
Sacar el cultivo del congelador justo antes de su utilización. **No descongelar.** Limpiar la parte superior del sobre con cloro. Abrir el sobre y añadir los gránulos liofilizados directamente al producto pasteurizado mientras se agita suavemente. Agitar la mezcla durante 10-15 minutos para distribuir el cultivo homogéneamente. La temperatura recomendada de incubación es de 30 - 35 °C (86 - 95 °F). Para más información sobre aplicaciones específicas, por favor, consulte nuestros catálogos técnicos y recetas recomendadas.

Gama La gama de cultivos Yo-Flex® de inoculación directa a cuba, Direct Vat Set (DVS®) varían desde cultivos muy suaves que aportan características distintivas de aroma de yogur con perfiles distintos de viscosidad. Por favor, consulte nuestro catálogo técnico Yo-Flex® para más información.

www.chr-hansen.com Página: 1 (3)

La información aquí contenida es según nuestro conocimiento verdadera y correcta, y presentada de buena fe. Puede sufrir modificaciones sin previo aviso. Ninguna garantía contra infringimiento a patentes está implícita o inferida. Esta información es ofrecida solamente para su consideración y verificación. Copyright© Chr. Hansen A/S. Todos los derechos reservados.

Anexo 2. Análisis Descriptivo, Test con Panel entrenado

EVALUACIÓN TEST DESCRIPTIVO EN YOGUR SABOR VAINILLA

Nombre: Fecha:

Por favor, evalúe las siguientes muestras cuidadosamente y marque la intensidad percibida de cada atributo en la línea correspondiente.

Primero mire la muestra y evalúe lo siguiente:

Sinéresis	-----
	Nada Excesiva
Amarillo	-----
	Claro Oscuro
Aroma a vainilla	-----
	Ausente Intenso

Ahora tome la cuchara húngala y tome una porción para evaluar:

Aflanado	-----
	Ausente Muy aflanado

Ahora tome la cuchara, agite suavemente la muestra y evalúe los siguientes descriptores

Consistencia	-----
	Líquida Espesa

Ahora por favor pruebe la muestra y evalúe los siguientes descriptores:

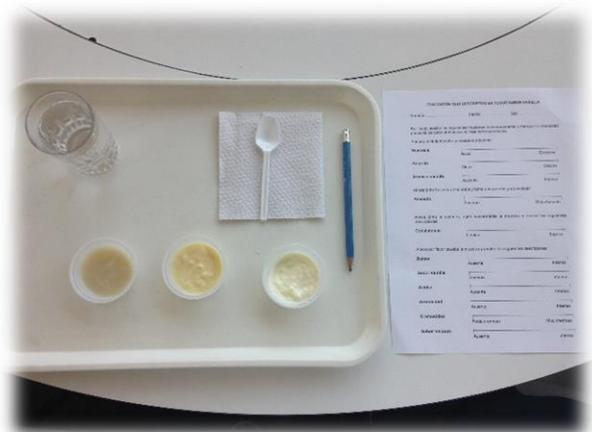
Dulzor	-----
	Ausente Intenso
Sabor Vainilla	-----
	Ausente Intenso
Acidez	-----
	Ausente Intenso
Cremosidad	-----
	Nada cremoso Muy cremoso
Sabor residual	-----
	Ausente Intenso

Anexo 3. Imágenes de evaluaciones sensoriales del Test descriptivo.

- a) Laboratorio de Evaluación Sensorial de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la Universidad de Chile.



- b) Panelista entrenado realizando la evaluación, y bandeja entregada a cada panelista entrenado



Anexo 4. Ficha test de aceptabilidad y preferencia con consumidores.

EVALUACIÓN DE ACEPTABILIDAD Y PREFERENCIA EN YOGUR SABOR VAINILLA

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

1.- Por favor evalúe la muestra que se presenta y señale con una CRUZ su reacción frente al producto para cada atributo según la escala adjunta: Muestra N°.....

	Me disgusta mucho	Me disgusta	Me disgusta levemente	No me gusta ni me disgusta	Me gusta levemente	Me gusta	Me gusta mucho
Apariencia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Color	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Consistencia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aroma	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Intensidad dulzor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sabor a Vainilla	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sensación residual	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aceptabilidad Gral.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2.- Por favor de aviso al encuestador para que le entreguen la segunda muestra. Evalúe siguiendo las mismas instrucciones de la muestra anterior: Muestra N°.....

	Me disgusta mucho	Me disgusta	Me disgusta levemente	No me gusta ni me disgusta	Me gusta levemente	Me gusta	Me gusta mucho
Apariencia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Color	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Consistencia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aroma	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Intensidad dulzor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sabor a Vainilla	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sensación residual	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aceptabilidad Gral.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3.- Por favor de aviso al encuestador para que le entreguen la segunda muestra. Evalúe siguiendo las mismas instrucciones de la muestra anterior: Muestra N°.....

	Me disgusta mucho	Me disgusta	Me disgusta levemente	No me gusta ni me disgusta	Me gusta levemente	Me gusta	Me gusta mucho
Apariencia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Color	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Consistencia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aroma	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Intensidad dulzor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sabor a Vainilla	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sensación residual	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aceptabilidad Gral.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.- Por favor escriba el orden de preferencia de las muestras:

1°

2°

3°

¿Por qué le GUSTÓ más la muestra que puso en PRIMER lugar?

.....

¿Por qué NO le gustó la muestra que puso en ÚLTIMO lugar? ¿Cómo mejoraría este producto?

.....

¡Gracias!

Anexo 5. Azúcares utilizados como sustrato, para Bacterias Ácido-lácticas.

	<i>Lactococcus lactis</i>	<i>Leuconostoc lactis</i>	<i>Streptococcus thermophilus</i>	<i>Lactobacillus bulgaricus</i>
Fructose	+	+	+	+
Glucose	+	+	+	+
Lactose	+	+	+	+
Galactose	+	+	+	-
Sucrose	-	-	+	-
Maltose	+	+	-	-
Mannose	+	+	-	-
Melibiose	-	+	-	-
Ribose	-	+	-	-
Threulose	+	+	-	-
Cellobiose	+	-	-	-
Salicin	+	-	-	-
α -methylD-glycoside	+	+	-	-
N-acetylglucosamine	+	+	-	-

Anexo 6. ANOVA simple para los resultados de esfuerzo de corte y viscosidad.

ANOVA Multifactorial - Esfuerzo

Variable dependiente: Esfuerzo

Factores:

Muestra

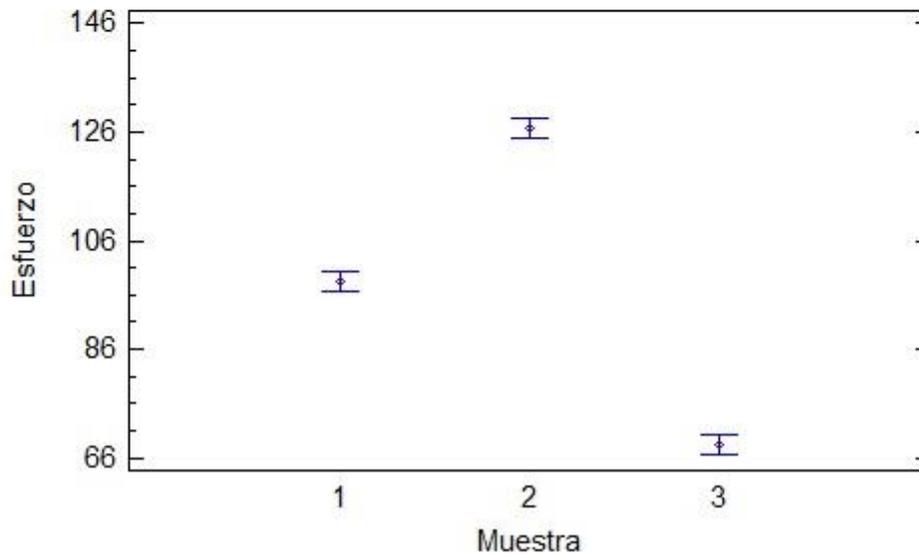
Número de casos completos: 297

Análisis de Varianza para Esfuerzo - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Muestra	167942,	2	83971,1	508,59	0,0000
RESIDUOS	48540,7	294	165,105		
TOTAL (CORREGIDO)	216483,	296			

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

Medias y 95,0% de Fisher LSD



ANOVA Multifactorial - Viscosidad

Variable dependiente: Viscosidad

Factores:

Muestra

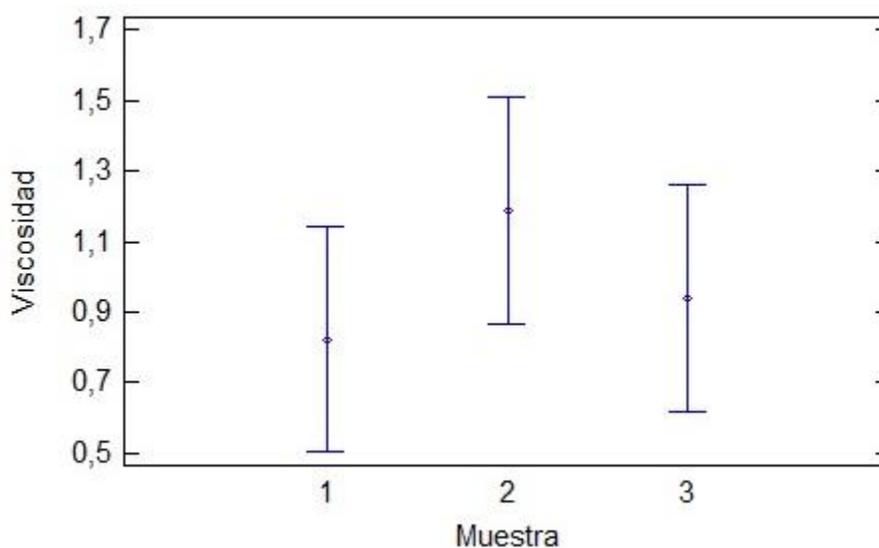
Número de casos completos: 297

Análisis de Varianza para Viscosidad - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Muestra	6,86443	2	3,43222	0,65	0,5217
RESIDUOS	1547,2	294	5,26259		
TOTAL (CORREGIDO)	1554,07	296			

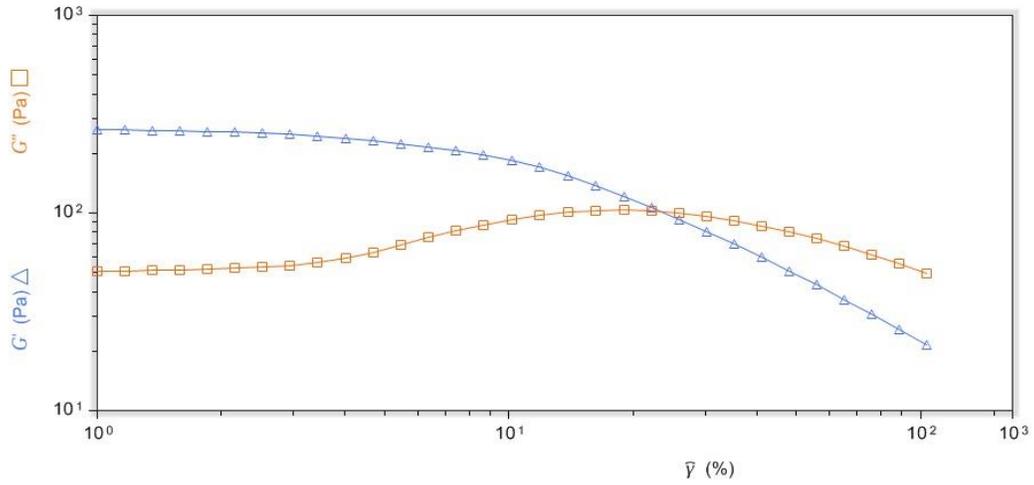
Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Medias y 95,0% de Fisher LSD

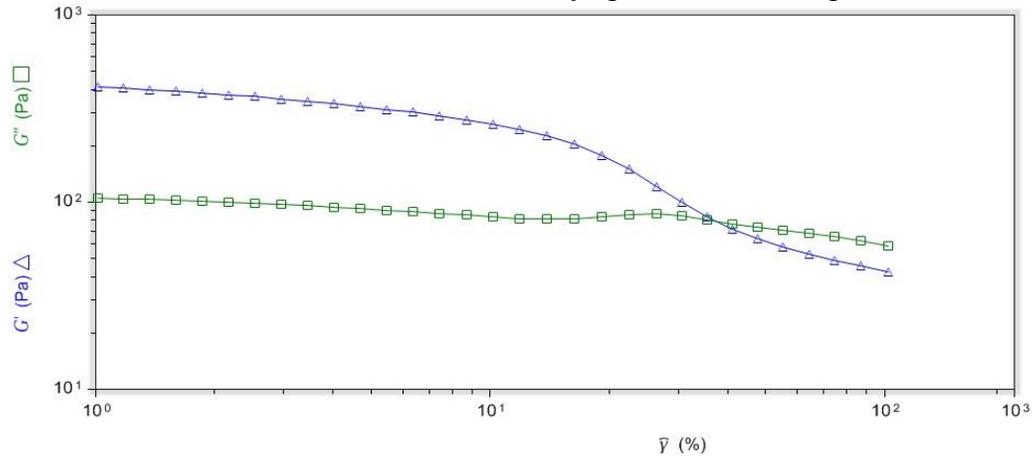


Anexo 7. Reogramas de Barrido de deformación para las tres muestras.

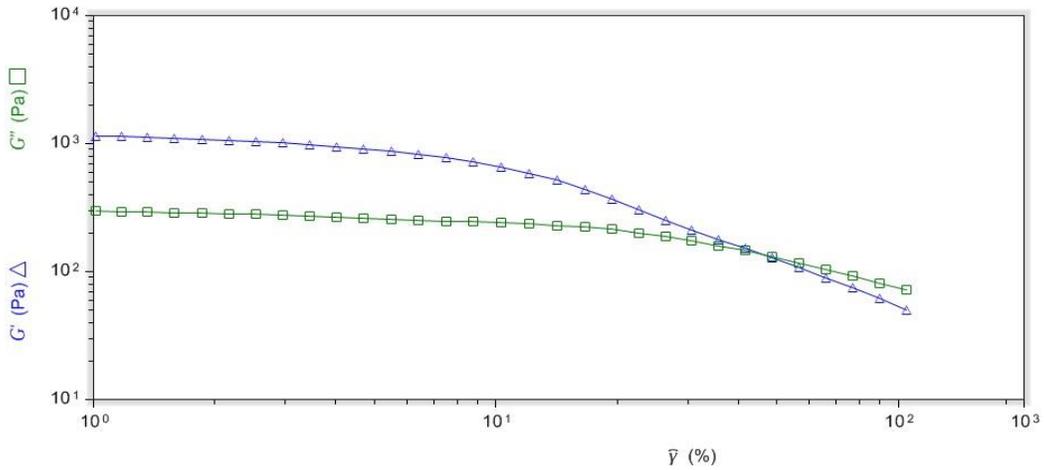
Barrido de deformación del símil de yogur en base a quinua



Barrido de deformación del yogur natural Griego

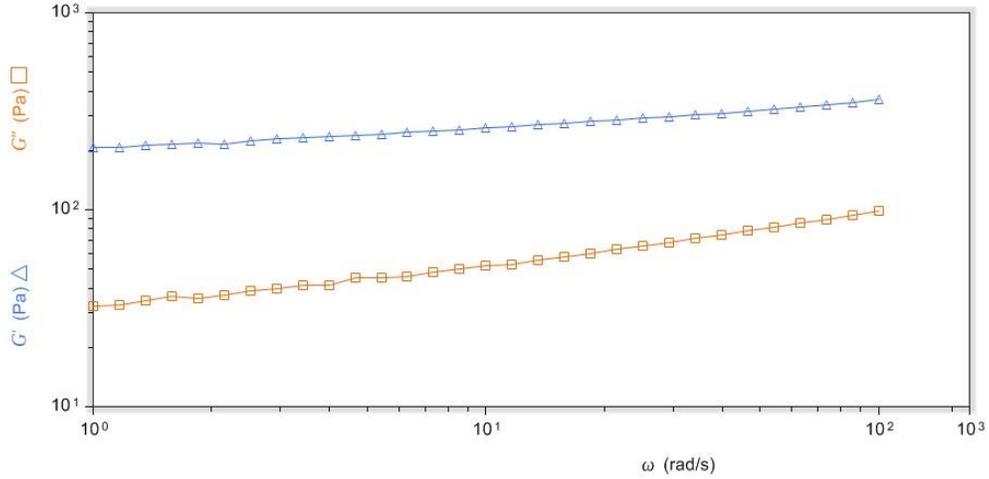


Barrido de deformación del yogur Next firme sabor vainilla

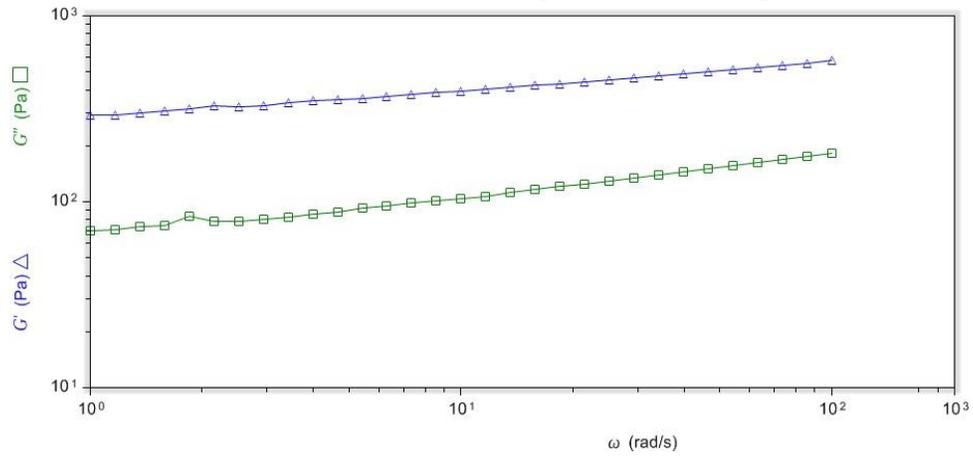


Anexo 8. Reogramas de Barrido de frecuencia para las tres muestras.

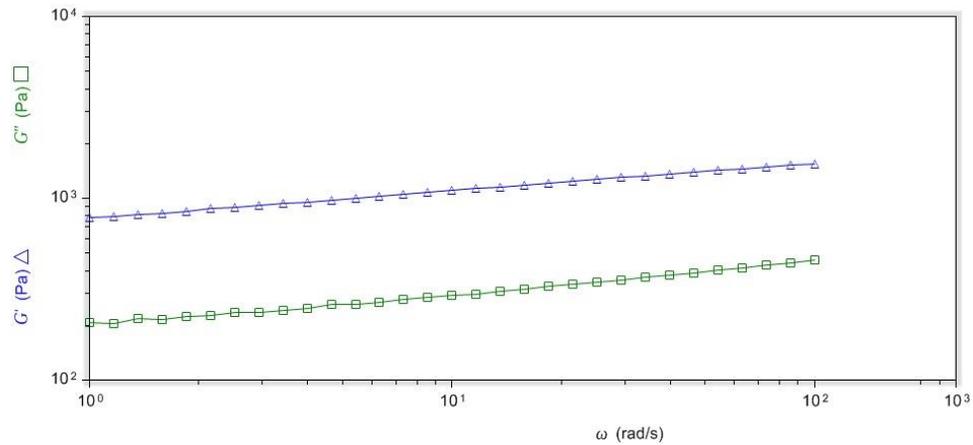
Barrido de frecuencia del símil de yogur en base a quinua



Barrido de frecuencia yogur natural Griego



Barrido de frecuencia yogur Next firme sabor vainilla



Anexo 9. Investigaciones de análisis proximal en diferentes variedades de yogures.

Table 20.1. Typical Nutritional Profile of Yogurt

Nutrient (Per 8 oz. serving = 227 g)	Plain			Fruit-Flavored		Light, Vanilla
	Nonfat	Low Fat	Whole Milk	Nonfat	Low Fat	Nonfat
Moisture	85	85	88	75	74	87
Calories (kcal)	127	144	139	213	231	98
Protein (g)	13	12	8	10	10	9
Total fat (g)	0.5	4	7	Tr	2	Tr
Saturated fatty acids (g)	0.3	2.3	4.8	0.3	1.6	0.3
Monosaturated fatty acids (g)	0.1	1.0	2.0	0.1	0.7	0.1
Polyunsaturated fatty acids (g)	Tr	0.1	0.2	Tr	0.1	Tr
Cholesterol (mg)	4	14	29	5	10	5
Carbohydrate (g)	17	16	11	43	43	17
Total dietary fiber (g)	0	0	0	0	0	0
Calcium (mg)	452	415	274	345	345	325
Iron (mg)	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.3
Potassium (mg)	579	531	351	440	442	402
Sodium (mg)	174	159	105	132	133	134
Vitamin A (IU)	16	150	279	16	104	0
Thiamin (mg)	0.11	0.1	0.07	0.09	0.08	0.08
Riboflavin (g)	0.53	0.49	0.32	0.41	0.40	0.37
Niacin (mg)	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2
Ascorbic acid (mg)	2	2	1	2	2	2

Note: Data is for yogurts fortified with nonfat dry milk, except for plain whole milk yogurt (Chandan, 2004).

Source: United States Department of Agriculture, 2002.

Anexo 10. ANOVA Multifactorial, para el test descriptivo con panel entrenado.

ANOVA Multifactorial - Acidez

Variable dependiente: Acidez

Factores:

Juez

Muestras

Número de casos completos: 24

Análisis de Varianza para Acidez - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Juez	35,2896	7	5,04137	1,71	0,1851
B:Muestras	148,016	2	74,0079	25,16	0,0000
RESIDUOS	41,1842	14	2,94173		
TOTAL (CORREGIDO)	224,49	23			

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

ANOVA Multifactorial - Aflanado

Variable dependiente: Aflanado

Factores:

Juez
Muestras

Número de casos completos: 24

Análisis de Varianza para Aflanado - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Juez	5,03833	7	0,719762	0,48	0,8306
B:Muestras	6,01583	2	3,00792	2,02	0,1690
RESIDUOS	20,8042	14	1,48601		
TOTAL (CORREGIDO)	31,8583	23			

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

ANOVA Multifactorial - Amarillo

Variable dependiente: Amarillo

Factores:

Juez
Muestras

Número de casos completos: 24

Análisis de Varianza para Amarillo - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Juez	27,1517	7	3,87881	0,51	0,8132
B:Muestras	88,3108	2	44,1554	5,79	0,0147
RESIDUOS	106,716	14	7,62256		
TOTAL (CORREGIDO)	222,178	23			

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

ANOVA Multifactorial - Aroma Vainilla

Variable dependiente: Aroma Vainilla

Factores:

Juez
Muestras

Número de casos completos: 24

Análisis de Varianza para Aroma Vainilla - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Juez	41,6867	7	5,95524	1,20	0,3647
B:Muestras	81,5275	2	40,7638	8,20	0,0044
RESIDUOS	69,5658	14	4,96899		
TOTAL (CORREGIDO)	192,78	23			

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

ANOVA Multifactorial - Consistencia

Variable dependiente: Consistencia

Factores:

- Juez
- Muestras

Número de casos completos: 24

Análisis de Varianza para Consistencia - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Juez	6,82625	7	0,975179	1,09	0,4212
B:Muestras	0,5425	2	0,27125	0,30	0,7437
RESIDUOS	12,5575	14	0,896964		
TOTAL (CORREGIDO)	19,9262	23			

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

ANOVA Multifactorial - Cremosidad

Variable dependiente: Cremosidad

Factores:

- Juez
- Muestras

Número de casos completos: 24

Análisis de Varianza para Cremosidad - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Juez	4,42958	7	0,632798	1,68	0,1923
B:Muestras	5,28083	2	2,64042	7,03	0,0077
RESIDUOS	5,25917	14	0,375655		
TOTAL (CORREGIDO)	14,9696	23			

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

ANOVA Multifactorial - Dulzor

Variable dependiente: Dulzor

Factores:

- Juez
- Muestras

Número de casos completos: 24

Análisis de Varianza para Dulzor - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Juez	13,0533	7	1,86476	1,02	0,4561
B:Muestras	107,963	2	53,9817	29,66	0,0000
RESIDUOS	25,4767	14	1,81976		
TOTAL (CORREGIDO)	146,493	23			

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

ANOVA Multifactorial - Sabor residual

Variable dependiente: Sabor residual

Factores:

- Juez
- Muestras

Número de casos completos: 24

Análisis de Varianza para Sabor residual - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Juez	64,7496	7	9,24994	2,01	0,1265
B:Muestras	2,60083	2	1,30042	0,28	0,7583
RESIDUOS	64,4992	14	4,60708		
TOTAL (CORREGIDO)	131,85	23			

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

ANOVA Multifactorial - Sabor Vainilla

Variable dependiente: Sabor Vainilla

Factores:

- Juez
- Muestras

Número de casos completos: 24

Análisis de Varianza para Sabor Vainilla - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Juez	34,2762	7	4,89661	2,54	0,0656
B:Muestras	103,641	2	51,8204	26,84	0,0000
RESIDUOS	27,0325	14	1,93089		
TOTAL (CORREGIDO)	164,95	23			

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

ANOVA Multifactorial - Sineresis

Variable dependiente: Sineresis

Factores:

- Juez
- Muestras

Número de casos completos: 24

Análisis de Varianza para Sineresis - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Juez	7,30667	7	1,04381	1,80	0,1653
B:Muestras	9,71083	2	4,85542	8,38	0,0041
RESIDUOS	8,11583	14	0,579702		
TOTAL (CORREGIDO)	25,1333	23			

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

Anexo 11. Comparación de muestras de yogur, de izquierda a derecha: Yogur Griego (G), símil de yogur en base a quinua (YQ), y yogur Next Firme sabor vainilla.



Anexo 12. Edulcorantes artificiales adicionados y analizados en yogur.

Table 2.11 Reported characteristics of yoghurt made with artificial sweeteners

Sweetener (g 100 g ⁻¹)	Comment	Reference
Xylitol 8, fructose 7, cyclamate 0.07 and xylitol 4 + saccharin 0.007	Xylitol retarded the starter culture growth and was only suitable when used with sucrose; the rates used were satisfactory alternatives to 8g sucrose 100g ⁻¹ .	Hyvonen and Slotte (1983)
Thaumatococin 0.0002–0.0003 or up to 0.1	This is a protein sweetener derived from the fruit <i>Thaumatococcus danielli</i> and has been used in Japan.	Ohashi and Ochi (1983), Yasuda <i>et al.</i> (1985)
Aspartame 0.1–0.75	Sweetener was mixed with a stabilising solution (g 100g ⁻¹) consisting of: 3–8 low methoxyl pectin, 2–7 high methoxyl pectin and 0.2–2.5 Na-hexametaphosphate; the mixture was pasteurised and added to yoghurt at a ratio of 1:3–7.5 (v/v).	Malone and Miles (1984)
Aspartame 0.14	The added rate was equivalent to 2g sucrose 100g ⁻¹ , but 64% of panellists preferred sucrose because of the lingering aftertaste and slow development of sweetness when aspartame was used.	Greig <i>et al.</i> (1985)
High fructose corn syrup 4	Swiss-type yoghurt sweetened with fructose syrup (c. 90g 100g ⁻¹) was highly rated ($P \leq 0.001$) especially in the strawberry product; acetaldehyde and diacetyl contents were not influenced by the sweetener, but acetone content was highest in the experimental yoghurt.	Wilson-Walker (1982), McGregor and White (1986, 1987)
Aspartame 0.02 or sorbitol 7.4 plus polydextrose	Nine different sweeteners were evaluated, but sorbitol and aspartame were highly favoured; slight decrease in flavour was detected after 42 day storage period, but not after 28 days.	Keating and White (1990), White (1991)
NutraSweet®	Typical recommended quantities used were 400–500mg l ⁻¹ for fruit yoghurt or 700mg l ⁻¹ for mocha yoghurt; in France and India, low fat yoghurt sweetened with aspartame had high scores for overall preference.	Wiese (1988), Dupont (1989), Kumar and Atmaram (1991)

Anexo 13. Test con consumidores, hoja maestra.

Consumidor	Quina 344				Next 882				Grigo 731							
	Apariencia	Color	Aroma	Intensidad Sabor	Sensad	Acept	Consi	Preferencia	Apariencia	Color	Aroma	Intensidad Sabor	Sensad	Acept	Consi	Preferencia
1Domi Quiroz	4	1	1	1	1	4	2	1	3	7	7	7	7	7	7	1
2Tamara Ortiz	6	7	6	4	2	3	6	7	2	6	6	7	6	7	5	1
3Javiera acevedo	4	5	4	1	1	3	2	4	3	6	6	7	7	7	7	1
4Loreto Atras	1	2	1	1	1	1	1	5	3	5	5	6	7	7	5	1
5Felipe rivera	3	4	6	4	3	6	5	5	2	5	5	6	6	6	5	1
6Andrea flores	6	6	5	2	1	3	4	5	3	5	5	6	6	6	6	1
7Lisete colomer	6	5	6	1	7	1	2	4	3	5	5	6	7	7	5	1
8Maximiliano Cabezas	4	4	4	4	2	4	4	4	2	6	6	7	6	6	6	1
9Rodrigo medina	4	5	5	2	2	4	2	4	3	5	6	6	7	6	5	1
10Nicolas bahamondes	4	3	4	2	2	4	4	4	3	6	6	6	6	6	6	1
11Ignacio chi	4	3	6	5	4	5	5	5	2	6	6	6	7	7	6	1
12Sara lagos	3	4	4	5	1	2	4	2	3	4	5	6	5	3	2	1
13Belén vasquez	5	3	4	3	3	5	5	4	2	7	6	7	6	6	7	1
14Gonzalo marin	3	4	3	4	4	7	5	7	2	4	3	6	5	5	7	1
15Ignacio jeldes	3	3	4	4	3	3	3	5	3	4	3	6	7	6	5	1
16Arling tang	4	5	3	2	2	3	3	4	3	6	6	7	6	6	5	1
17Fernando Henley	3	4	7	1	5	2	3	5	2	6	6	4	3	3	4	1
18Jorge meneses	2	1	4	1	1	3	1	2	3	5	5	4	5	6	4	1
19Paloma esparza	5	4	3	1	1	3	1	1	3	3	3	7	7	7	7	1
20Sergio loyola	6	5	4	3	3	3	3	6	3	6	6	7	6	5	6	1
Promedio	4	3,9	4,2	2,55	2,45	3,45	3,25	4,2	5,3	5,3	6,2	6,1	5,95	5,65	6,1	5,35
									53	5,35	5,3	6,2	6,1	5,95	5,65	6,1
									20	4,75	4,85	5,2	3,45	3,6	4,05	4
																48
																47

Anexo 14. ANOVA multifactorial para los parámetros de aceptabilidad.

ANOVA Multifactorial - Apariencia

Variable dependiente: Apariencia

Factores:

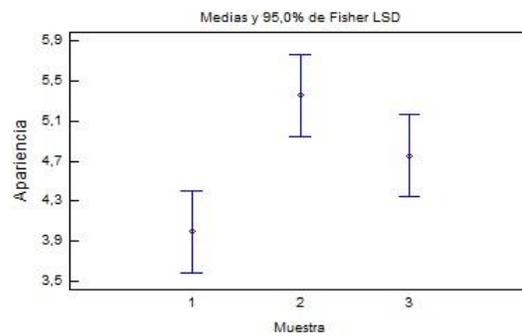
Muestra

Número de casos completos: 60

Análisis de Varianza para Apariencia - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Muestra	18,3	2	9,15	5,53	0,0064
RESIDUOS	94,3	57	1,65439		
TOTAL (CORREGIDO)	112,6	59			

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



ANOVA Multifactorial - Color

Variable dependiente: Color

Factores:

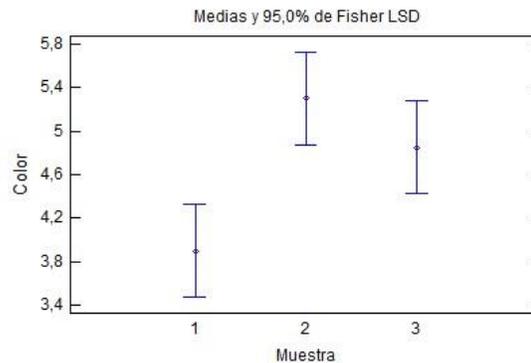
Muestra

Número de casos completos: 60

Análisis de Varianza para Color - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Muestra	20,4333	2	10,2167	5,68	0,0056
RESIDUOS	102,55	57	1,79912		
TOTAL (CORREGIDO)	122,983	59			

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



ANOVA Multifactorial - Consistencia

Variable dependiente: Consistencia

Factores:

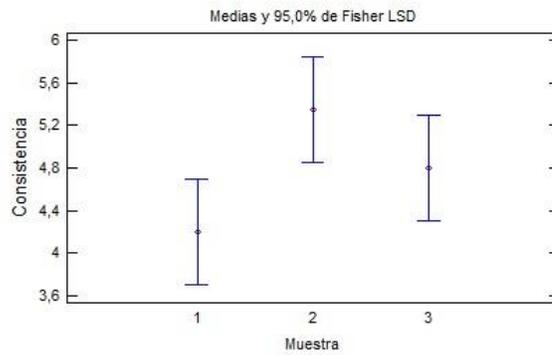
Muestra

Número de casos completos: 60

Análisis de Varianza para Consistencia - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Muestra	13,2333	2	6,61667	2,64	0,0802
RESIDUOS	142,95	57	2,50789		
TOTAL (CORREGIDO)	156,183	59			

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



ANOVA Multifactorial - Aroma

Variable dependiente: Aroma

Factores:

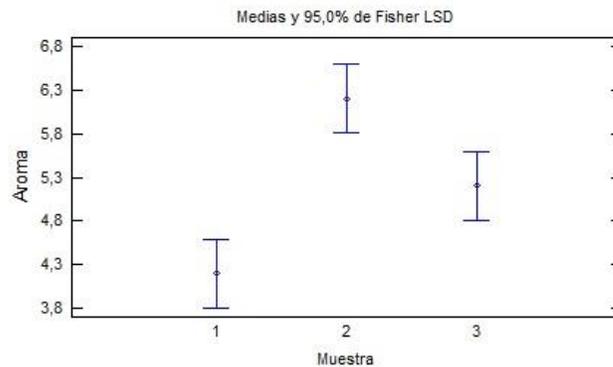
Muestra

Número de casos completos: 60

Análisis de Varianza para Aroma - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Muestra	40,0	2	20,0	12,72	0,0000
RESIDUOS	89,6	57	1,57193		
TOTAL (CORREGIDO)	129,6	59			

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



ANOVA Multifactorial - Intensidad dulzor

Variable dependiente: Intensidad dulzor

Factores:

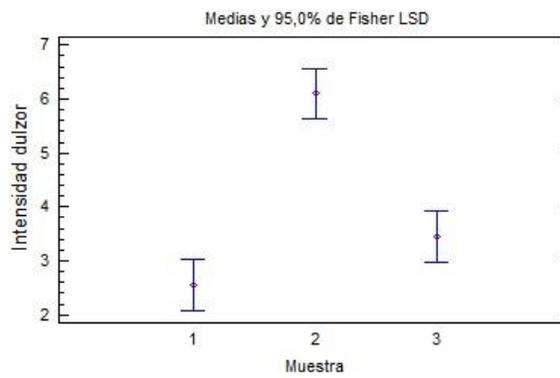
Muestra

Número de casos completos: 60

Análisis de Varianza para Intensidad dulzor - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Muestra	136,233	2	68,1167	31,39	0,0000
RESIDUOS	123,7	57	2,17018		
TOTAL (CORREGIDO)	259,933	59			

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



ANOVA Multifactorial - Sabor vainilla

Variable dependiente: Sabor vainilla

Factores:

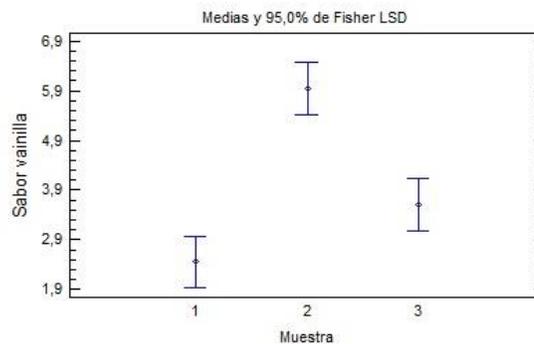
Muestra

Número de casos completos: 60

Análisis de Varianza para Sabor vainilla - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Muestra	127,3	2	63,65	23,15	0,0000
RESIDUOS	156,7	57	2,74912		
TOTAL (CORREGIDO)	284,0	59			

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



ANOVA Multifactorial - Sesación residual

Variable dependiente: Sesación residual

Factores:

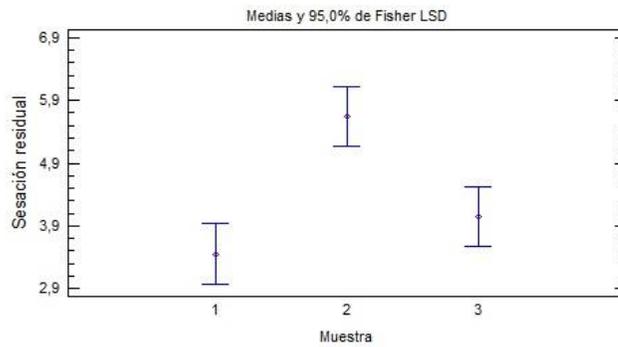
Muestra

Número de casos completos: 60

Análisis de Varianza para Sesación residual - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Muestra	51,7333	2	25,8667	11,30	0,0001
RESIDUOS	130,45	57	2,2886		
TOTAL (CORREGIDO)	182,183	59			

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



ANOVA Multifactorial - Aceptabilidad general

Variable dependiente: Aceptabilidad general

Factores:

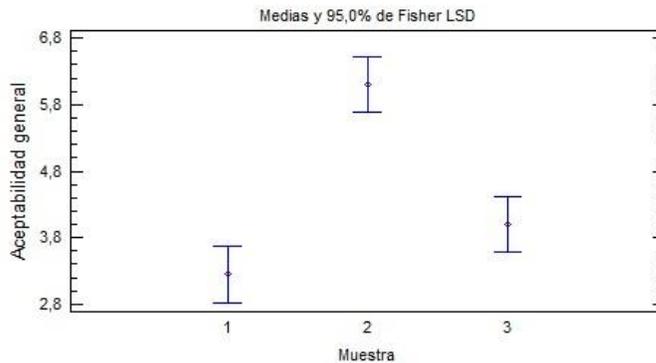
Muestra

Número de casos completos: 60

Análisis de Varianza para Aceptabilidad general - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Muestra	87,3	2	43,65	24,50	0,0000
RESIDUOS	101,55	57	1,78158		
TOTAL (CORREGIDO)	188,85	59			

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



Anexo 15. Test de preferencia, tabla resumen, resultado de preferencia entre 20 consumidores, en porcentaje.

	YQ	G	N
Primer lugar	0,00%	0,00%	100,00%
Segundo lugar	35,00%	65,00%	0,00%
Tercer lugar	65,00%	35,00%	0,00%

Cálculos para determinación de diferencias, test de preferencia entre muestras por Método de Friedman.

1.- Suma de las Ordenaciones según Muestra:

	Muestra	Suma de Ordenaciones (R)
YQ	Símil de yogur en base a quinua	53
G	Yogur Griego natural	20
N	Yogur Next firme sabor vainilla	47

2.- Cálculo del valor F de Friedman (F_{calc}), según:

$$F = \frac{12}{J \cdot P \cdot (P + 1)} (R_1^2 + R_2^2 + \dots + R_P^2) - 3 \cdot J \cdot (P + 1)$$

En donde:

- i. J = Número de consumidores = 20
- ii. P = Número de muestras = 3
- iii. R_1, R_2, \dots, R_P = Son las sumas de las ordenaciones atribuidas al conjunto P de muestras para los J jueces

Al realizar los reemplazos respectivos en la fórmula anterior se obtiene el siguiente valor para el estadígrafo F_{calc} :

$$F = \frac{12}{20 \cdot 3 \cdot (3 + 1)} (53^2 + 20^2 + 47^2) - 3 \cdot 20 \cdot (3 + 1)$$

$$F_{calc} = 30,9$$

El valor para F_{tab} (valor crítico) se obtiene de tablas la Norma Española UNE 87 023:1995, con un nivel de significación $\alpha = 0,05$.

Tabla con valores críticos según Distribución χ^2 , norma une 87 023:1995

TABLA 4
Valores críticos de distribución de χ^2 (niveles de 0,05 y 0,01)

Número de muestras (o productos) P	Número de grados de libertad de χ^2 ($g = P - 1$)	Nivel de significación α	
		$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,01$
3	2	5,99	9,21
4	3	7,81	11,34
5	4	9,49	13,28
6	5	11,07	15,09
7	6	12,59	16,81

$F_{tab} = 5,99$; valor de χ^2 para 3 muestras con (P-1) grados de libertad.

Anexo 16. Preguntas abiertas.

P1	R	P2	R
buena apariencia, buen sabor, buen dulzor	1, 4, 5 N	bajo dulzor	14 Q
buna color, buen sabor	1, 5 N	sin dulzor, excesiva consistencia	12, 14 G
Buen sabor, buen dulzor	4, 5 N	sin dulzor	14 Q
Buen dulzor, buen sabor a vainilla, buena textura	3, 4, 5 N	sin sabor, sin dulzor	13, 14 Q
Buen sabor a vainilla	5 N	Muy ácido	15 G
Buen dulzor, buen sabor a vainilla	4, 5 N	sin dulzor	14 Q
Buen dulzor y buen sabor	4, 5 N	bajo dulzor	14 Q
Sabor a vainilla	5 N	Sabor residual	17 G
Buen dulzor, buen sabor y aroma a vainilla	4, 5, 2 N	Sin sabor, amargo, mala apariencia	11, 13, 16 Q
Buen sabor, buena consistencia	3, 5 N	Sin sabor	13 Q
Buen sabor, buena textura	5, 3 N	muy ácido, excesiva consistencia, sin sabor vainilla, sin dulzor,	12, 13, 14, 15 G
Buen dulzor, buen aroma a vainilla	2, 4 N	sabor a endulzante, sin sabor a vainilla, mala sensación residual	13, 17 Q
buen dulzor, buen sabor a vainilla	4, 5 N	sin sabor y aroma a vainilla	13 G
mas sabor y aroma a vainilla	2, 5 N	sabor a leche, falta dulzor y sabor vainilla	13, 14, 19 G
buen dulzor, buena consistencia	3, 4 N	Mala apariencia y mal sabor	11, 18 Q
Buen dulzor, buena textura y buen sabor	4, 3, 5 N	amargo y bajo dulzor	16, 14 Q
Buen sabor	5 N	sin sabor y sin dulzor	13, 14 G
Buen dulzor, buena consistencia, buena apariencia	1, 3, 4 N	Sabor a leche, desagradable	18, 19 Q
más dulce, menor consistencia, sabor rico, buen	2, 3, 4, 5 N	bajo dulzor, sin sabor, excesiva consistencia	14, 13, 12 Q
Buen sabor, buen dulzor	4, 5 N	Bajo dulzor, sin sabor	13, 14 Q

P1	Códigos
1	Buena apariencia / color
2	Buen aroma
3	Buena consistencia / textura
4	Buen dulzor
5	Buen sabor

P2	Códigos
11	Mala apariencia
12	Excesiva consistencia
13	Bajo / sin sabor
14	Bajo / sin dulzor
15	Muy ácido
16	Muy amargo
17	Mala sensación residual
18	Mal sabor
19	Sabor a leche