

Original

Desarrollo de producto sobre la base de harinas de cereales y leguminosa para niños celíacos entre 6 y 24 meses; II: Propiedades de las mezclas

P. Cerezal Mezquita¹, V. Urtuvia Gatica², V. Ramírez Quintanilla² y R. Arcos Zavala³

¹Ingeniero Civil Químico. Especialista en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Doctor en Ciencias Técnicas (Mención Alimentos). Profesor Asociado del Departamento de Alimentos. Facultad de Recursos del Mar. Universidad de Antofagasta. Antofagasta. Chile. ²Ingeniera en Alimentos. Titulada de la Universidad de Antofagasta. Antofagasta. Chile. ³Director de la Corporación de Ayuda al Ser Desnutrido (CORASEDE). Calama. Región Antofagasta. Chile.

Resumen

Las formulaciones alimenticias de alto contenido proteico, aportado por una mezcla de harinas a partir de dos cultivos andinos, quinua (*Chenopodium quinua Willd*) y lupino (*Lupinus albus L.*), con dos cereales tradicionales maíz (*Zea mays L.*) y arroz (*Oryza sativa L.*), conllevaron a la preparación de una “mezcla dulce” para la elaboración de queques y otra “mezcla postre” saborizada con plátano, que puede ser preparada con agua o con leche, constituyeron una buena alternativa como suplemento alimenticio para la nutrición de niños entre 6 y 24 meses que sufren la enfermedad celíaca, ya que contribuyen al mejoramiento de la calidad de la proteína, por compensación de los aminoácidos esenciales, son de bajo costo y permite un aumento en la disponibilidad de productos para los niños intolerantes al gluten. Se realizó la evaluación de algunas propiedades físicas, químicas, reológicas, mecánicas y de fluidez, así como el color de estas mezclas para un período de conservación de 90 días. Al finalizar el almacenamiento, la mezcla dulce resultó ser de “poco flujo” y la mezcla postre pasó de “poco flujo” a “flujo fácil”. La viscosidad para la mezcla postre, con sus dos tipos de diluyentes, agua y leche, presentó un comportamiento de fluido pseudoplástico. Se pudo estimar que el tiempo de vida útil de las mezclas sería de 9 meses antes de llegar al límite de rancidez (10 mEq de oxígeno/kg de grasa, que inhabilitaría el producto para el consumo). Las coordenadas de color CIEL*a*b* no presentaron diferencias significativas manteniéndose el color en una tonalidad “beige”.

(Nutr Hosp. 2011;26:161-169)

DOI:10.3305/nh.2011.26.1.4939

Palabras clave: Suplemento proteico. Harinas de quinua. Lupino. Maíz y arroz. Niños celíacos. Propiedades físicas, químicas y reológicas.

PRODUCT DEVELOPMENT ON THE BASIS OF CEREAL AND LEGUMINOUS FLOURS TO COELIAC DISEASE IN CHILDREN AGED 6-24 MONTHS; II: PROPERTIES OF THE MIXTURES

Abstract

The nutritional formulations of high protein content, provided by a flour mixture from two Andean cultures, quinua (*Chenopodium quinua Willd*) and lupino (*Lupinus albus L.*), with two traditional cereals, maize (*Zea mays L.*) and rice (*Oryza sativa L.*), entailed to the preparation of a “sweet mixture” for the elaboration of “queques” and another “dessert mixture” flavoured with banana, that can be prepared with water or milk, constituted a good alternative as food supplement for the nutrition of children aged 6-24 months who suffer from celiac disease, since they contribute to the quality improvement of the protein, by essential amino acids compensation, they are of low cost and allow an increase in availability of products for gluten-intolerant children. Some physical, chemical, rheological, mechanical and fluidity properties, as well as the color of these mixtures for a period of conservation of 90 days were evaluated. At the end of the storage, the sweet mixture turned out to be of “little flow” and the dessert mixture changed from “little flow” to “easy flow”. Viscosity for the dessert mixture, with its two types of dilutions, water and milk, presented a behavior of pseudoplastic fluid. It was possible to guess that the time of shelf life of the mixtures would be of 9 months before achieving the rancidity limit (10 mEq of oxygen/kg of fat, which would disqualify the product for consumption). The CIEL*a*b* color coordinates did not show significant differences keeping the colour in “a beige” tonality.

(Nutr Hosp. 2011;26:161-169)

DOI:10.3305/nh.2011.26.1.4939

Key words: Protein supplement. Quinoa. Lupin. Corn and rice flours. Coeliac disease in children. Physical, chemical and rheological properties.

Correspondencia: Pedro Cerezal Mezquita.

Ingeniero Civil Químico.
Especialista en Ciencia y Tecnología de los Alimentos.
Doctor en Ciencias Técnicas (Mención Alimentos).
Profesor Asociado del Departamento de Alimentos.
Facultad de Recursos del Mar. Universidad de Antofagasta.
Avda. Universidad de Antofagasta.
02800 Campus Coloso. Casilla 170. Antofagasta. Chile.
E-mail: pcerezal@uantof.cl

Recibido: 5-VIII-2010.

Aceptado: 2-X-2010.

Introducción

La enfermedad celíaca (EC) se caracteriza por una inflamación crónica de la mucosa del intestino delgado por intolerancia al gluten, que resulta en atrofia vellositaria, malabsorción y síntomas clínicos que pueden manifestarse en la niñez y la adultez. La mayor prevalencia de EC se encuentra en aquellas personas con predisposición familiar y está asociada con enfermedades autoinmunes, como la artritis reumatoide, lupus eritematoso sistémico, enfermedad de Addison, enfermedad tiroidea autoinmune y hepatitis crónica activa. Al menos 7% de los pacientes con diabetes mellitus tipo I tienen también EC y aquellos con síndrome de Down, entre 5% a 12%^{1,2,3}. En Chile no existen estudios de prevalencia en población general y el aumento de casos en el último tiempo sugiere un elevado número de pacientes subdiagnosticados. Habitualmente se detecta en la infancia en presencia de diarrea crónica, malnutrición, detención en el desarrollo y atrofia de las vellosidades en biopsias duodenales. En los últimos años, se puede determinar con técnicas menos invasivas, con la identificación de anticuerpos en sangre, especialmente los antiendomiso (AE) y antitransglutaminasa (ATG)⁴.

Una dieta sin gluten equivale a la eliminación, en cualquier tipo de alimentos del: trigo, avena, centeno y cebada, así como sus harinas. El celíaco debe basar su dieta en alimentos naturales: legumbres, carnes, pescados, huevos, frutas, verduras, hortalizas y cereales sin gluten, tales como arroz y maíz. Deben evitarse, los alimentos elaborados y/o envasados, ya que es más difícil garantizar la ausencia de gluten⁵. En la elaboración industrial de muchos alimentos como cecinas, quesos, bebidas con color caramelo, chocolates, helados, caramelos, gomas de mascar, caldos, sopas, gelatinas, leches en polvo, yogures se añade gluten como espesante, gelificante, o colorante. Otros productos son elaborados en base a trigo, como son: pastas, productos de panadería y de pastelería, cereales; y tragos derivados de trigo o cebada, como cerveza, whisky y vodka⁶. La EC no debe suponer ningún obstáculo para el desarrollo de una vida normal, aunque el ser celíaco implica una serie de limitaciones, una vez diagnosticada y tratada adecuadamente la enfermedad, deja de ser un problema⁷.

Los suplementos alimenticios en polvos, de alto contenido proteico, diseñados para ser suministrados a niños preescolares de 2 a 5 años, tienen como condición fundamental una fácil preparación para no entorpecer las labores en la cocina doméstica, centros asistenciales de recogida, policlínicos y hospitales, lo que se debe traducir en un bajo esfuerzo físico requerido en su reconstitución una vez que se les adiciona agua o leche para su dilución y son cocinados a bajas temperaturas⁸. En la alimentación complementaria del niño mayor de 6 meses es recomendable que el 20% de las proteínas sean de origen animal, o mezcladas con harinas de cereales, las cuales sean ricas en aminoácidos esenciales y de buena calidad proteica⁹.

Las propiedades reológicas de las harinas y mezclas de harinas inciden directamente en los aspectos sensoriales del producto a elaborar y las propiedades físicas como la densidad aparente y de asentamiento son de utilidad práctica al realizar el control de calidad de alimentos en polvos y permiten determinar si las materias primas pueden mezclarse para ser envasadas en un recipiente predeterminado. Las investigaciones sobre la fluidez de los polvos proporcionan el conocimiento cualitativo y cuantitativo para el diseño de equipos y la predicción de su funcionamiento. Las características de flujo, tiempo y velocidad de vaciado de productos en polvo son de importancia para el manejo y almacenamiento en las industrias agrícolas, alimentarias y farmacéuticas, ya que de ellas depende la facilidad de mezclado, envasado y transporte¹⁰.

El ángulo de reposo es una medida empírica de la fluidez relativa de sólidos particulados y es significativamente influenciada por factores como el contenido de humedad, tamaño de partículas, tiempo de almacenamiento, entre otros¹¹ y es importante para la calidad de consumo de productos que son necesarios preparar a partir de mezclas de polvos que se vierten sobre un líquido. La fluidez del polvo también se ha explicado en términos de la interadherencia o pegajosidad de partículas. Esta última tiende a ocurrir en alimentos con alta concentración de azúcares afectados por la transición vítrea de los azúcares amorfos¹². Los polvos se clasifican de acuerdo al ángulo entre el cono formado por el polvo y la superficie plana que sirve de base al cono. Cuando $\theta < 35^\circ$ se considera como material que fluye libremente, entre 35 a 45° como bastante cohesivo, de 45 a 55° cohesivo y si $\theta > 55^\circ$, como muy cohesivo según Barbosa-Canovas y cols.¹⁰. Otra clasificación es utilizada por Alavi y cols.¹³ quienes indicaron que cuando $\theta < 45^\circ$; se considera fluidez alta para $25^\circ < \theta < 30^\circ$, fluidez media para $30^\circ < \theta < 38^\circ$ y fluidez baja para $38^\circ < \theta < 45^\circ$.

Durante la reconstitución con agua se hidratan las superficies de las partículas humectándolas y se reduce la cohesión entre ellas, de tal modo que permite una penetración más rápida del agua por capilaridad. Los polvos con ángulos de reposo altos tienen mayor probabilidad de hundirse con más dificultad cuando son vertidos en una superficie líquida, debido a su cohesión inherente¹⁴. Los datos obtenidos sobre características friccionales serán útiles en el diseño de la tolva para el flujo por gravedad, puesto que el ángulo de inclinación de las paredes de la tolva o silo debe ser mayor que el ángulo de reposo, para asegurar el flujo continuo del material¹⁵.

El objetivo del presente trabajo fue el estudio de las propiedades físicas, químicas, reológicas y el color durante 90 días de almacenamiento de dos formulaciones alimenticias en polvo, libres de gluten y de alto contenido proteico, aportado por una mezcla de harinas a partir de dos cultivos andinos, quinua (*Chenopodium quinua Willd*) y lupino (*Lupinus albus L*), con dos cereales tradicionales maíz (*Zea mays L.*) y arroz (*Oryza*

sativa L.), originando una mezcla dulce para la preparación de queques y otra mezcla postre saborizada con plátano, que constituyen una alternativa para la alimentación de niños de 6 a 24 meses que sufren la enfermedad celíaca, ya que mejoran la calidad de la proteína, por compensación de los aminoácidos esenciales, e inciden en la diversificación de productos.

Materiales y métodos

Las formulaciones de alto contenido proteico como suplemento alimenticio se desarrollaron a través de un procedimiento tecnológico de bajo costo a partir de harinas de quinua (*Chenopodium quinua Willd*), lupino (*Lupinus albus L*), maíz (*Zea mays L.*) y arroz (*Oryza sativa L.*) para ser consumidas por niños de 6 a 24 meses de edad que padecen EC El porcentaje de harinas que se incorporó a las mezclas, se obtuvo a través de Programación Lineal ocupando la herramienta Macro Solver de la planilla electrónica Excel del Paquete Window 2000, y que fue para la mezcla dulce y la mezcla postre de 25:34:12:26 y de 13:27:15:15 para arroz, quinua, lupino y maíz, respectivamente. Estas formulaciones seleccionadas como óptimas por Cerezal y cols.¹⁶ cumplen con el porcentaje de proteína, del total recomendado por el CODEX para el día y propuesto a suplementar (15%). Para la mezcla dulce, se obtuvo un 97% del total de la formulación con las harinas y el 3% restante correspondió a los demás ingredientes (ácido ascórbico, goma xantana, bicarbonato de sodio, y propionato de sodio) y para la mezcla postre, se obtuvo un 70% para las harinas y la diferencia con respecto al 100%, a los otros componentes de la formulación (fructosa, saborizante de plátano en polvo, sal común y azúcar blanca molida y pulverizada que en algunos países latinoamericanos recibe el término de “azúcar flor”).

Las formulaciones se evaluaron y aceptaron sensorialmente¹⁶, la mezcla dulce se evaluó en forma de un queque y la mezcla postre en dos variantes, con agua o con leche (“colado” con sabor a plátano). Los valores

de los índices microbiológicos se encontraron por debajo de los límites mínimos exigidos según el Reglamento Sanitario de los Alimentos (R.S.A.)¹⁷, por lo que ambas formulaciones, resultaron aptas para el consumo de los niños menores de 24 meses.

Las mezclas cumplieron con las exigencias de las normas del Codex para regímenes alimentarios especiales^{18,19} y con los requisitos prefijados por Cerezal y cols.¹⁶ que responden a: menor participación de la harina de lupino (L), mayor proporción de harina de quinua (Q) y un contenido intermedio para las harinas de arroz (A) y maíz (M). Los análisis bromatológicos obtenidos en el tiempo 0 y 90 días se muestran en la tabla I. Los valores de las proteínas, cenizas y ENN para la mezcla dulce no tuvieron diferencias significativas para $p < 0,05$ durante el estudio de almacenamiento, no así para la mezcla postre en donde hubo diferencias significativas, excepto para las cenizas lo que puede estar influenciado por el resto de los componentes de la mezcla¹⁶

El contenido de proteínas que se muestra para ambas mezclas es superior a la cantidad especificada en el R.S.A.¹⁷ que expresa que debe estar por sobre un 7% de material nitrogenado en base seca.

Estudio de Almacenamiento

Las muestras correspondientes a las formulaciones preparadas de acuerdo a la respuesta del Programa Solver se envasaron en bolsas multicapas de papel Kraft, rotuladas y selladas con cinta adhesiva de PVC, el peso adecuado para el estudio de conservación fue de 300 g para la mezcla dulce equivalente a 2 ½ tazas de harina para la elaboración de 8 queques individuales y de 20 g para la mezcla postre, equivalente a una porción diaria para reconstituir con 174 mL de agua o leche. Las muestras se almacenaron al interior de una caja de cartón en lugar fresco y seco a temperatura ambiente ($20 \pm 5^\circ \text{C}$), con una humedad relativa $< 65\%$, el estudio de almacenamiento se realizó durante 90 días.

Tabla I
Composición química de las mezclas de harinas en base seca ($n = 2$)

Análisis (%)	Mezcla					
	Dulce		$p < 0,05$	Postre		$p < 0,05$
	Tiempo (días)			Tiempo (días)		
	0	90		0	90	
$\bar{X} \pm S$	$\bar{X} \pm S$	$\bar{X} \pm S$	$\bar{X} \pm S$			
Proteína	11,26 ± 0,32	12,60 ± 0,45	NS	10,72 ± 0,15	12,63 ± 0,12	DS
Lípidos	4,01 ± 0,01	2,99 ± 0,00	DS	3,66 ± 0,05	3,60 ± 0,22	NS
Cenizas	2,39 ± 0,04	1,27 ± 0,02	NS	1,26 ± 0,03	2,28 ± 0,01	NS
Fibra	2,32 ± 0,02	1,78 ± 0,02	DS	1,55 ± 0,01	1,62 ± 0,02	NS
E.N.N.	80,03 ± 0,36	81,36 ± 0,31	NS	82,81 ± 0,14	79,87 ± 0,36	DS

$\bar{X} \pm S$: valor medio \pm desviación típica, ENN: extracto no nitrogenado. NS: no significativo, DS: diferencia significativa.

Tabla II
Frecuencia de realización de los análisis en el estudio de conservación

Tiempo (días)	Humedad	Índice de peróxido	Color	Actividad de Agua (A_w)	Evaluación sensorial	Viscosidad
0	*	*	*	*	*	
20	*	*	*			
25			*	*		
30	*	*			*	*
35			*			
40	*	*		*		
45			*			
50	*	*				
55			*	*		
60	*	*			*	*
65			*			
70	*	*				
75			*			
80	*	*		*		
85			*			
90	*	*		*	*	

Los análisis de actividad de agua, Índice de peróxido y humedad así como evaluación sensorial, viscosidad y color durante el tiempo de almacenamiento se realizaron con una frecuencia según se muestra en la tabla II.

Humedad y Actividad de Agua (A_w)

La determinación de humedad se realizó por método gravimétrico secando la muestra en estufa de aire a $130 \pm 3^\circ\text{C}$ durante una hora hasta peso constante, el procedimiento se realizó por duplicado y se expresó como porcentaje^{20,21}. La actividad de agua (A_w) se determinó mediante el equipo Aw Sprint TH-500 a temperatura entre 20 y 25°C , una vez calibrado el equipo con las soluciones salinas establecidas de acuerdo a las humedades predeterminadas, se colocó la muestra en la cápsula plástica y se tomaron los resultados de A_w constantes arrojados por el programa Novasina, acoplado al equipo.

Determinación del Índice de Peróxido

Se realizó a través de método volumétrico, el resultado se expresó en mEq de O_2 por kg de grasa^{20,22,23}.

Determinación de la Viscosidad

La mezcla postre se reconstituyó añadiendo los 20g de mezcla postre a 174 mL de agua o leche, se calentó a fuego lento hasta ebullición durante 5 minutos evitando la formación de grumos. La viscosidad (η) se midió a diferentes temperaturas entre 20 y 60°C ,

mediante el equipo viscosímetro rotacional Brookfield mod. DV II+ acoplado a un computador provisto del software Winghamer desarrollado por el fabricante Brookfield²⁴. Las lecturas de viscosidad se expresaron en centipoise (cp).

Densidad Aparente (P_a) y densidad de Asentamiento (P_{as})

Se utilizaron 100g de muestra, para la medición y se expresó en g de producto por mL. de acuerdo a lo indicado por Larrauri y cols.²⁵.

Capacidad de Retención de Agua (CRA)

Se efectuó mediante el procedimiento de Mongeau-Brassard, para 0,33 g de muestra aplicando las modificaciones establecidas por Borroto y cols.²⁶.

Angulo de Reposo, Tiempo y Velocidad de Vaciado

El material para que se pueda comprimir o prensar debe tener una buena fluidez, uno de los parámetros con el cual se mide la capacidad de flujo de las harinas es el ángulo de reposo. Para la realización de esta determinación se tomaron 100 g de harina y se vertieron en un embudo plástico con vástago de 2,9 cm de diámetro a una altura de 10 cm sobre una superficie plana, se midió el tiempo que demoró la caída, posteriormente se determinó el ángulo entre el cono formado por la harina y la superficie. Con la masa, el tiempo y el diámetro de salida del embudo se calculó la velocidad de vaciado^{25,27,28}.

Determinación de Acidez

Se determinó a través de titulación, basándose en una reacción ácido-base. La acidez se expresó en porcentaje de ácido sulfúrico²⁰.

Determinación del Color

Se realizó con el equipo Color Flex Hunterlab, se estandarizó el equipo según procedimiento establecido en el Instruction Manual Hunterlab 11491. A) Estandarización del equipo con el patrón de color negro y posteriormente se colocó el blanco; el software del equipo indicó la condición de iniciación. B) Se colocó la muestra en una cubeta de cristal de cuarzo, la que se tapó con una cubierta negra. C) Se registraron los parámetros L*, a*, b* a través del Software Colorflex. L*, indica el grado de claridad-oscuramiento del producto; a* indica color rojo (+) o verde (-) y b* indica color amarillo (+) o azul (-)²². Se realizaron 12 mediciones a razón de una cada minuto.

Las diferencias de color se calcularon en el período de almacenamiento de 90 días de acuerdo a la relación $\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$. De igual forma se emplearon las coordenadas polares para determinar el Cromo $C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$ y el matiz²⁹.

Análisis estadístico de resultados

Todos los análisis de las muestras se realizaron al menos por duplicado y en la mayoría de los casos por triplicado; presentándose como valores medios (\bar{x}) y sus respectivas desviaciones típicas (S). Cada uno de los análisis estadísticos se realizó con un nivel de confianza del 95%.

Los ajustes de los datos para los diferentes gráficos se efectuaron por regresión lineal y polinomial (hasta el 4^{to} orden si fuera necesario), tomando el valor de R² que mayor ajuste presentara, lo que en todo momento dependió del comportamiento de los valores entre la variable dependiente e independiente.

Las evaluaciones estadísticas de los resultados, referidas a estadígrafos más comunes de comparación, fueron efectuadas utilizando la hoja de Cálculo de Microsoft Excel versión 2000.

Resultados y discusión

Estudio de Almacenamiento de las Mezclas Dulce y Postre

Análisis de Humedad y Actividad de Agua

El intervalo de valores de humedad obtenidos (5,67-12,69%) durante el almacenamiento, se encuentra por debajo del 15% establecido por R.S.A.¹⁷, para los productos alimenticios en polvo lo que indica condiciones ópti-

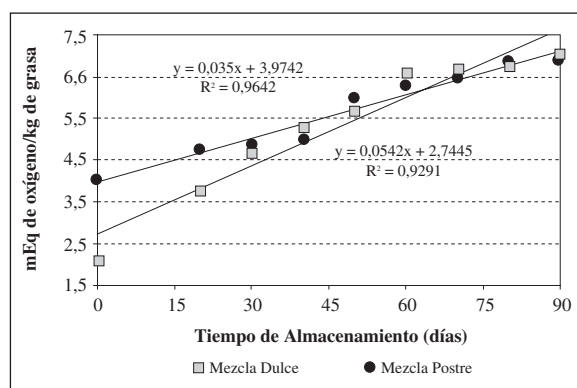


Fig. 1.—Índice de peróxido para las mezclas Dulce y Postre vs Tiempo de Almacenamiento.

mas del envase (bolsas policapas de papel Kraft), sellado y almacenamiento. Con relación a la actividad de agua, después de realizar un análisis de varianza de clasificación simple, no hubo diferencias significativas ($p < 0,05$), pues en estas zonas de Aw (entre 0,54 y 0,58), con los contenidos de humedad asociados a los productos, no favorecen la proliferación de microorganismos.

Análisis del Índice de peróxidos

El índice de peróxidos, se incrementó de manera sostenida con el tiempo, entre ((4,02 y 6,92) y (2,09 y 7,05)) mEq de oxígeno/kg de grasa para las mezclas postre y dulce, respectivamente, encontrándose por debajo del valor crítico de 10 mEq de oxígeno/kg de grasa, donde la rancidez del producto pasa a ser un defecto de importancia¹⁷ mientras que el mejor ajuste para la línea de tendencia correspondió al modelo lineal, con un R² = 0,9642 para la mezcla postre y un R² = 0,9291 para la mezcla dulce, según se puede observar en la figura 1. Suponiendo que el comportamiento lineal sea un modelo predictivo y se mantenga en el transcurso del almacenamiento por tiempos superiores a 90 días, se puede inferir que el valor crítico de 10 mEq de oxígeno/kg de grasa sólo se superaría a partir de los 172 días para la mezcla postre y de los 134 días para la mezcla dulce, independientemente de que en el momento de formulación ya las harinas tenían tres meses de elaboradas, por lo que de partir de harinas más frescas, el producto aumentaría el tiempo de durabilidad en cuanto a este índice se refiere.

Análisis de Color

En la tabla III se puede apreciar que los valores de L*, para las mezclas postre y dulce oscilan en torno al 87,77 y 89,69 %, con una desviación típica de 0,59 y 0,23 respectivamente, siendo cercanos al valor máximo de L* = 100 correspondientes a colores claros de mayor luminosidad. Los valores cromáticos (C*) se mantuvieron en la zona de dispersión de las coordenadas cromáticas, lejos del centro acromático, presentando valores para las mezclas postre

Tabla III
Coordenadas polares para el espacio de color L* C* h

Tiempo (días)	Mezcla							
	Postre				Dulce			
	L*	C*	h	$\frac{a^*}{b^*}$	L*	C*	h	$\frac{a^*}{b^*}$
0	89,19	16,72	88,0	0,035	88,60	16,55	88,3	0,029
20	89,81	16,10	88,4	0,028	88,07	17,45	88,0	0,035
25	89,69	16,36	88,6	0,024	88,18	17,33	88,1	0,033
35	89,22	16,39	87,7	0,041	88,31	17,27	88,7	0,023
45	88,96	16,50	88,5	0,027	88,27	18,06	89,5	0,009
55	88,96	16,85	88,2	0,032	88,01	17,61	88,9	0,019
65	88,36	17,47	88,0	0,036	87,79	17,54	88,7	0,022
75	89,02	17,63	88,7	0,023	87,88	16,48	89,1	0,024
85	87,77	17,01	87,7	0,041	88,13	17,91	89,6	0,039

L* es la luminosidad; C* es el cromatismo; h es el ángulo hue; a*: coordenada de cromaticidad que indica la porción del color rojo (+) al verde (-) y b*: coordenada de cromaticidad que indica la porción del color amarillo (+) al azul (-).

y dulce que van desde 16,10 hasta 18,06 % y con una desviación típica máxima de 0,51. El valor de h para las mezclas postre y dulce se mantuvo en un intervalo de 87,7 a 89,6°, con una desviación típica máxima de 0,54. Estos valores se encuentran dentro del primer cuadrante (0 a 90°) y por su posicionamiento, de acuerdo a la gráfica de color, también denominado espacio de color del CIEL*a*b*²⁹, las mezclas son de color amarillo.

El análisis de varianza realizado a L*, C*, y h no presentó diferencias significativas (p < 0,05) para ninguna de las dos mezclas estudiadas en los 90 días de almacenamiento.

Los valores obtenidos de la relación $\frac{a^*}{b^*}$ sobre la tendencia del color, fueron < 1 para todos los tiempos del estudio de conservación, lo que indica un índice de coloración amarilla de las muestras, según lo descrito por Larrauri y cols.³⁰. El color de las mezclas se mantuvo casi constante en el estudio de almacenamiento, dando una tonalidad "beige claro".

En las figuras 2 y 3 se muestran la diferencia de color (ΔE^*) de las mezclas postre y dulce, observándose para los primeros tiempos del almacenamiento una tendencia descendente hasta los 35 días, para luego tomar un comportamiento ascendente que cumplió satisfactoriamente con un modelo polinomial de tercer orden, $R^2 = 0,8484$ y valores del parámetro ΔE^* entre 0,27 y 1,49 para la mezcla postre mientras que para la mezcla dulce, no fue posible ajustar un modelo conveniente por su variación errática pero el valor del parámetro ΔE^* osciló entre 0,76 y 1,59; con tendencia ascendente al final del estudio.

Otras propiedades

Los resultados alcanzados de las materias primas, harina de arroz, lupino, maíz y quinua, acerca de algu-

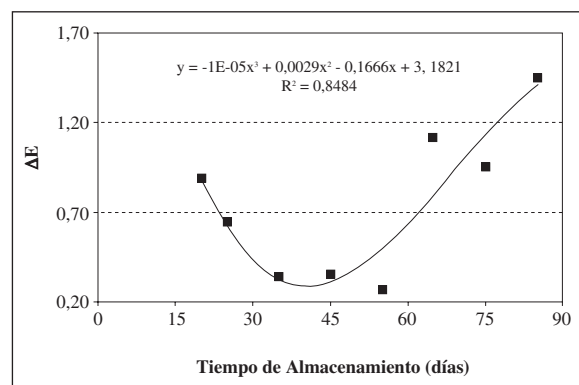


Fig. 2.—Diferencia de color (ΔE) para la mezcla Postre vs Tiempo de Almacenamiento.

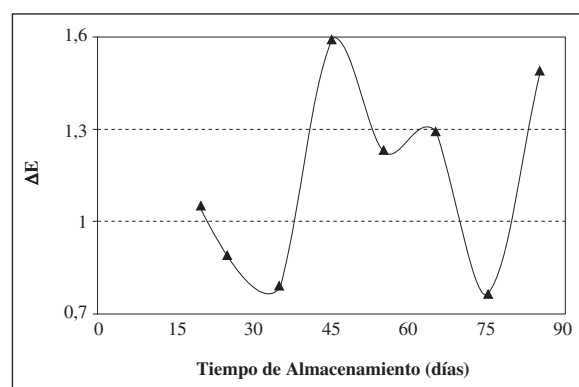


Fig. 3.—Diferencia de color (ΔE) para la mezcla Dulce vs Tiempo de Almacenamiento.

nas de sus propiedades físicas, se muestran en la tabla IV. La harina de maíz tuvo la condición de absorber 4,75 veces su peso en agua, siguiéndole en orden decreciente el lupino, el arroz y la quinua, respectivamente;

Tabla IV
Principales propiedades físicas de las harinas (n = 3)

Características	Harina			
	Arroz	Lupino	Maíz	Quinoa
	$\bar{X} \pm S$	$\bar{X} \pm S$	$\bar{X} \pm S$	$\bar{X} \pm S$
Capacidad de Retención de Agua (g agua/g muestra bs)	2,85 ± 0,05	3,05 ± 0,09	4,75 ± 0,05	2,45 ± 0,05
Sólido Seco %	0,41 ± 0,04	10,30 ± 0,79	0,88 ± 0,41	4,33 ± 0,46
Densidad Aparente (g/mL)	0,67 ± 0,03	0,39 ± 0,01	0,64 ± 0,01	0,46 ± 0,06
Densidad de Asentamiento (g/ mL)	0,74 ± 0,01	0,45 ± 0,02	0,75 ± 0,01	0,58 ± 0,06
Tiempo de Vaciado (s)	5,78 ± 0,10	14,00 ± 1,98	3,23 ± 0,38	27,58 ± 1,06
Velocidad de Vaciado (g/cm ² s)	0,15 ± 0,00	0,05 ± 0,02	0,20 ± 0,05	0,02 ± 0,00
Ángulo de Reposo (°)	33,68 ± 0,43	32,24 ± 0,67	33,24 ± 0,01	31,29 ± 0,21

$\bar{X} \pm S$: valor medio ± desviación típica.

este parámetro tiene relación directa con la concentración de hidratos de carbono y el tamaño de la partícula y a la vez es un índice de higroscopicidad³¹ por lo que es de esperar que productos realizados con estas harinas sean ávidos por captar moléculas de agua.

La densidad aparente y de asentamiento, están relacionadas entre sí y son indicativas de que mientras mayor es el volumen que ocupa el polvo menor será su densidad, la harina de arroz presentó valores de 0,67 y 0,74 g/mL, mientras que la harina de lupino 0,39 y 0,45 g/mL, respectivamente. Se denota que la primera ocupa menor volumen al ser envasada, parámetro por el cual se define el envase a ocupar³². Las otras dos harinas presentaron el mismo comportamiento que la harina de arroz, siendo sus valores de 0,46 y 0,58 g/mL para la harina de quinoa y de 0,64 y 0,75 g/mL para la harina de maíz, respectivamente; siendo muy semejante esta última a la harina de arroz. La harina de qui-

noa tuvo un mayor tiempo y menor velocidad de vaciado respecto al resto de las harinas. Sin embargo, el ángulo de reposo de todas las harinas estuvo dentro del intervalo de 30° a 50°, el cual es caracterizado como de “Poco flujo”, descrito por Swarbrick²⁷ y Rojas²⁸ y se plantea como valores aceptables para este tipo de producto^{25,33}.

La mezcla dulce presenta diferencias significativas (p < 0,05), en los valores de densidad de asentamiento y CRA (tabla V), por consiguiente dicha mezcla no es capaz de retener la misma cantidad de agua durante el período de almacenamiento y si bien, no disminuye de forma absoluta la vida útil, va mostrando signos de degradación lenta. En relación a la mezcla postre, no hubo diferencias significativas (p < 0,05) para ningún parámetro, no se pudieron evitar los defectos de higroscopicidad y pegajosidad, debido a la presencia de fructosa. El valor medio de la razón de rehidratación para la

Tabla V
Principales propiedades físicas de las mezclas (n = 3)

Características	Mezcla					
	Dulce			Postre		
	Tiempo (días)		p < 0,05	Tiempo (días)		p < 0,05
	0	90		0	90	
	$\bar{X} \pm S$	$\bar{X} \pm S$		$\bar{X} \pm S$	$\bar{X} \pm S$	
Capacidad de Retención de Agua CRA (g agua/g muestra bs)	3,18 ± 0,08	2,88 ± 0,08	DS	2,28 ± 0,29	2,21 ± 0,07	NS
Densidad Aparente (g/mL)	0,60 ± 0,01	0,66 ± 0,01	NS	0,59 ± 0,01	0,74 ± 0,01	NS
Densidad de Asentamiento (g/ mL)	0,69 ± 0,02	0,81 ± 0,02	DS	0,60 ± 0,01	0,75 ± 0,01	NS
Tiempo de Vaciado (s)	12,59 ± 0,25	9,97 ± 0,37	NS	10,11 ± 4,17	6,61 ± 0,67	NS
Velocidad de Vaciado (g/cm ² s)	0,07 ± 0,02	0,08 ± 0,00	NS	0,08 ± 0,03	0,11 ± 0,01	NS
Ángulo de Reposo (°)	33,80 ± 0,11	32,96 ± 0,95	NS	32,51 ± 3,79	29,24 ± 1,98	NS

$\bar{X} \pm S$: valor medio ± desviación típica, ENN: extracto no nitrogenado. NS: no significativo, DS: diferencia significativa.

mezcla postre, entre el inicio y el final del almacenamiento fue de 1,03 veces mayor, es decir que está entre los valores sugeridos por Larrauri³³ y Bello-Pérez³⁴.

Los resultados sobre el tiempo de vaciado mostrados en la tabla V disminuyeron en y 21 y 35% para las mezclas dulce y postre, aumentando la velocidad de vaciado en un 12,5 y 27% respectivamente. El ángulo de reposo no tuvo diferencia significativa ($p < 0,05$) se considera la mezcla dulce como “Poco Flujo” y la mezcla postre pasó de “Poco Flujo a Flujo Fácil”, según Swarbrick²⁷ y Rojas²⁸.

Acidez

El porcentaje de acidez para ambas formulaciones durante el almacenamiento difirió significativamente para ($p < 0,05$), la mezcla postre presentó un ligero incremento (de 0,423 a 0,521) debiéndose a la acidez que proporcionan los azúcares, mientras que para la mezcla dulce disminuyó (de 0,365 a 0,256), comportamiento que se atribuye al bicarbonato de sodio utilizado en esta formulación. Las mezclas presentaron una acidez por sobre 0,25%, máximo establecido para la harina de trigo en R.S.A.¹⁷.

Viscosidad

El comportamiento de la viscosidad a través del tiempo de almacenamiento se graficó a una velocidad constante de 20 rpm y de los 7 husillos de giro que posee el viscosímetro Brookfield modelo DV-II+, el N° 4 obtuvo un mayor porcentaje de torque y se ocupó para las determinaciones de la viscosidad de la mezcla postre con sabor a plátano, elaborado con agua o leche. En la figura 4 la mezcla postre en leche muestra valores de viscosidad con una tendencia a disminuir entre el tiempo 0 a 60 días, aumentando a partir de los 80 días, mientras que para la mezcla postre en agua, el comportamiento fue más estable durante todo el estudio, los valores cumplie-

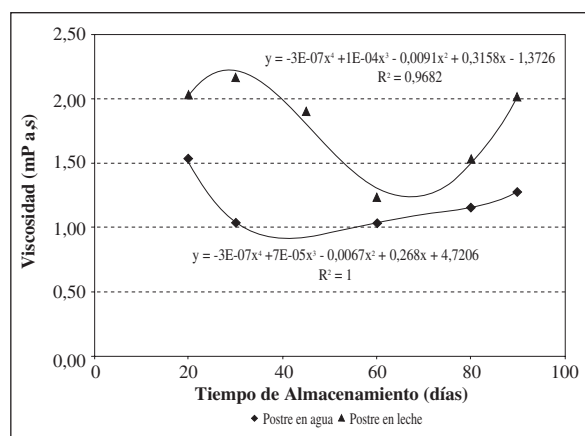


Fig. 4.—Comportamiento de la viscosidad para la mezcla Postre en agua o leche para el Tiempo de Almacenamiento de 90 días.

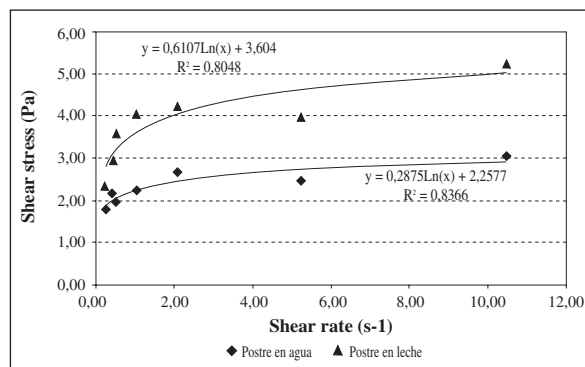


Fig. 5.—Shear stress de mezcla Postre en agua o leche vs Shear rate.

ron con un modelo matemático polinomial de cuarto orden, $R^2 = 0,9682$; y $R^2 = 1$, respectivamente.

Los valores registrados del shear stress (mPa s) se graficaron frente a diferentes valores de shear rate (s^{-1}) para la mezcla postre reconstituida con agua y leche (fig. 5) comprobándose el comportamiento pseudoplástico con un buen ajuste del modelo logarítmico, $R^2 = 0,8366$ y $R^2 = 0,8048$, respectivamente. Se mantuvo la capacidad viscosa propia de una sémola, lo que se corroboró al momento de realizar las evaluaciones sensoriales a los infantes y a los jueces semientrenados, durante el estudio de almacenamiento¹⁶

Conclusiones

El estudio de conservación realizado durante un período de 90 días demostró que ninguna de las dos mezclas, dulce y postre, tuvieron problemas que pudieran afectar la calidad del producto final, por lo que se estimaron correctos los procedimientos seguidos y la elección del envase. Las dos formulaciones presentaron humedades por debajo del 15%, máximo establecido para productos en polvo, la actividad de agua obtenida no permitió las condiciones para la proliferación de microorganismos y el índice de peróxidos estuvo muy por debajo del límite de 10 mEq de oxígeno/ kg de grasa. De mantenerse el modelo matemático que describe el índice de peróxidos en el tiempo de almacenamiento, los productos tendrían un tiempo de vida útil de 9 meses antes de llegar al límite de rancidez que los inhabilitaría para consumo humano.

La proporción $\frac{a^*}{b^*}$, para el análisis de color, entregó valores menores a 1, dentro de la gama del color amarillo y la tonalidad de cada una de las mezclas resultó ser un “beige claro” que se mantuvo estable durante el estudio de almacenamiento.

La viscosidad para la mezcla postre, con dos tipos de agentes de dilución, agua o leche, presentó un comportamiento de fluido pseudoplástico.

La mezcla dulce presentó un valor del ángulo de reposo de 29,24° indicando un “flujo fácil” comparable a otras harinas que muestran una buena fluidez. Para la

mezcla postre, el valor del ángulo de reposo fue de 32,96°, clasificándose como “poco flujo”, característica de baja fluidez que se presenta por la cantidad de lupino añadida a la formulación y la higroscopicidad de los azúcares.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo sostenido mediante la cooperación financiera brindada por la Corporación de Ayuda al Ser Desnutrido (CORASEDE), ciudad de Calama, Chile, a través del Convenio de Cooperación Técnica con el Departamento de Alimentos de la Universidad de Antofagasta, Chile.

Referencias

1. Elson C, Ballew M, Barnard J, Bernstein SJ, Check IJ, Cohen M, Fazio, S. Consensus Statements on Celiac Disease. National Institutes of Health (NIH). *Consensus and State-of-the-Science Statements* 2004; 21 (1): 28-30.
2. Rewers M, Liu E, Simmons J, Redondo M, Hoffenberge E. Celiac disease associated with type 1 diabetes mellitus. *Endocrinol Metab Clin North Am.* 2004; 33: 197-214.
3. Nelsen D. Gluten-Sensitive Enteropathy (Celiac Disease): More common than you think. *Am Fam Physician* 2002; 66: 2259-66, 2269-70.
4. Mancilla C, Madrid AM, Valenzuela J, Morales A, Hurtado C, Smok G, Ledezma R, Castillo I, Rivas I, Brahm J. Enfermedad celíaca del adulto: Experiencia clínica. *Rev Méd Chile* 2005; 133: 1317-1321.
5. IESN-CHILE: Informe sobre conciencia natural: Una estrategia de salud para toda la vida. Instituto de Estudios Salud Natural de Chile. Santiago, Chile. 2001.
6. Mennickent S. Enfermedad celíaca: ¿Enfermedad emergente en Chile? *Ciencia... Ahora*, 2009; 23 (12): 1-5.
7. FACE. Manual del Celíaco. Federación de Asociaciones de Celíacos de España. Madrid, España. 2005. Web: <http://www.celiacos.org>.
8. Cerezal P, Carrasco A, Pinto K, Romero N, Arcos R. Suplemento alimenticio de alto contenido proteico para niños de 2 a 5 años. II. Propiedades físicas, químicas, reológicas y color. *Interciencia* 2008; 33 (4): 301-307.
9. Castillo C. Alimentación del niño menor de un año. Editor Laboratorios Wyeth inc. Santiago, Chile. 2000.
10. Barbosa-Canovas G, Ortega-Rivas E, Juliano P, Yan H. Food Powders. Physical properties, Processing, and Functionality. Kluwer/Plenum. Nueva York, EEUU. 2005; 372 pp.
11. Kamath S, Puri VM, Manbeck HB. Flow property measurement using the Jenike cell for wheat flour at various moisture contents and consolidation times. *Powder Technol* 1994; 81: 293-297.
12. Bhandari BR, Howes T. Implications of glass transitions for the drying and stability of dried foods. *J Food Eng* 1999; 40: 71-79.
13. Alavi S, Caussat B. Experimental study on fluidization of micronized powders. *Powder Technol* 2005; 157: 114-120.
14. Shittu TA, Lawal MO Factors affecting instant properties of powdered cocoa beverages. *Food Chem* 2007; 100: 91-98.
15. Özgüven F, Vursavus K. Some physical, mechanical and aerodynamic properties of pine (*Pinus pinea*) nuts. *J Food Eng* 2005; 68: 191-196.
16. Cerezal P, Urtuvia V, Ramirez V, Arcos R. Desarrollo de producto sobre la base de harinas de cereales y leguminosa para niños celíacos entre 6 y 24 meses. I. Formulación y aceptabilidad. *Nut. Hosp.* 2011; 26(1): 169-177.
17. Reglamento Sanitario de los Alimentos (R.S.A.). Editorial Ministerio de Salud. Identificación como Norma DTO-977, Última Modificación: DTO-287, Salud 18-02-2002. Santiago, Chile. 2002.
18. Codex Stan 74. Comisión del Codex Alimentarius. Norma del Codex para alimentos elaborados a base de cereales para lactantes y niños. Codex Stan 74-1981, última enmienda 1991.
19. Codex Stan 118. Comisión del Codex Alimentarius. Norma del Codex para alimentos exentos de gluten. 1979, última enmienda.
20. ISP. Manual: métodos de análisis fisicoquímicos de alimentos, aguas y suelos. Instituto de Salud Pública, Subdepartamento Laboratorios del Ambiente. Editorial Ministerio de Salud. Santiago, Chile. 1998.
21. CIAFA. Ejercicio de Evaluación de Resultados para la Determinación de Calidad en Farináceos". Instituto Nacional de Normalización (INN), 1999. Chile.
22. Rondon, E.; Pacheco, E. y Ortega, F. Estimación de la vida útil de un análogo comercial de mayonesa utilizando el factor de aceleración Q_{10} . *Revista Facultad de Agronomía (LUZ)* 2004; 21 (1): 68-83.
23. Trevejo, E. y Maury, M. Extracción y Caracterización del Aceite de *Poraqueiba sericea* Tulansea (UMARÍ). *Revista Amazónica de Investigación Alimentaria.* 2002; 2 (2): 1-18.
24. Brookfield. Brookfield DVII+ programmable viscometer operating instructions manual N° m/97-164-d1000. Brookfield Engineering Laboratories, Inc. EEUU. 2002; 75 pp.
25. Larrauri J, Borroto B, Perdomo U, Tabares Y. Elaboración de una bebida en polvo a base de fibra dietética: FIBRALAX. *Alimentaria* 1995; 32 (260): 23-26.
26. Borroto B, Larrauri J, Cribeiro A. Influencia del tamaño de partículas sobre la capacidad de retención de agua de la fibra obtenida a partir de Cítricos y Piña. *Alimentaria* 1995; 33 (268): 89-90.
27. Swarbrick J. *Encyclopedia of pharmaceutical Technology.* Tomo 6. Boylan, James. Marcel Dekker INC. New York. 1997; 12 (1): 165.
28. Rojas, J. Farmacotecnia I: Unidad 7: Factores granulométricos, Facultad de Química Farmacéutica. Vicerrectoría de Docencia. Universidad de Antioquia, Colombia. 2004.
29. Anon. Guía para Entender la Comunicación del Color; X-Rite Incorporated. 2002; 24 pp.
30. Larrauri J, Saura C. Evaluation of CIE-lab colour parameters during the clarification of a sugar syrup from Mesquite pods (*Prosopis Pallida L.*). *Int J Food Sci Technol* 2000; 4 (35): 385-389.
31. Andujar G, Guerra M, Santos R. La utilización de Extensores Cárnicos: Experiencias de la Industria Cárnica Cubana. Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia. La Habana, Cuba. 2000.
32. Cerezal P, Núñez D. Caracterización del colorante de remolacha roja (*Beta vulgaris L.*) en polvo. *Alimentaria* 1996; 34 (269): 91-94.
33. Larrauri J, Borroto B, Crespo A. Water recycling in processing orange peel to a high dietary fibre powder. *Int J Food Sci Technol* 1997; 32 (1): 73-76.
34. Bello-Pérez L, Osorio-Díaz P, Agama-Acevedo E, Núñez-Santiago C, Paredes-López O. Propiedades Químicas, Fisicoquímicas y Reológicas de Masas y Harinas de Maíz Nixtamalizado. *Agrociencia* 2002; 36 (3): 319-328.