
SUPLEMENTO ALIMENTICIO DE ALTO CONTENIDO PROTEICO

PARA NIÑOS DE 2 - 5 AÑOS. II. PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS, REOLÓGICAS Y COLOR

Pedro Cerezal Mezquita, Andrea Carrasco Verdejo, Karina Pinto Tapia y Rafael Arcos Zavala

RESUMEN

La elaboración de mezclas de harinas proteicas con destino a la población preescolar de 2-5 años ha sido una práctica común en las últimas décadas. El presente trabajo tuvo como objetivo la evaluación de algunas propiedades físicas, químicas, reológicas y el color de una crema preparada a partir de un suplemento alimenticio formulado a partir de harinas de quinua y lupino con aditivos y saborizante de pollo para un período de conservación de 90 días. Además, se evaluaron algunas propiedades mecánicas y de fluidez del polvo al finalizar el almacenamiento. Los resultados obtenidos fueron: humedad <10,5% y A_w <0,61 sin variaciones significativas; el índice de peróxido aumentó gradualmente con un comportamiento lineal, alcanzando 8,34meq O_2 por kg de grasa.

La crema preparada a partir de la mezcla formulada mostró un comportamiento pseudoplástico, disminuyendo en el transcurso del tiempo pese a mantener alta consistencia. Las coordenadas de color CIEL*a*b* no presentaron diferencias significativas en todo el período de almacenamiento, manteniéndose el color en una tonalidad de "beige". El ΔE mostró comportamientos erráticos hasta 45 días y se estabilizó a los 90 días. La capacidad de retención de agua de la mezcla a los 0 días fue de $2,3 \pm 0,06$ veces. Al final del estudio la densidad aparente y de asentamiento fueron de 0,463 y 0,526 $g \cdot ml^{-1}$, y el tiempo y velocidad de vaciado de 1,38s y de 13,66 $g \cdot cm^{-2} \cdot s^{-1}$, alcanzando el ángulo de reposo 38,4°, lo que lo ubica como de fluidez lenta.

NUTRITIONAL SUPPLEMENT OF HIGH PROTEIN CONTENT FOR CHILDREN 2-5 YEARS OLD. II. PHYSICAL, CHEMICAL, RHEOLOGICAL AND COLOR PROPERTIES

Pedro Cerezal Mezquita, Andrea Carrasco Verdejo, Karina Pinto Tapia and Rafael Arcos

SUMMARY

The elaboration of mixtures of protein powder flours for the preschool population 2-5 years old has been a common practice in the last decades. The goal of this work was the evaluation of some physical, chemical and rheological properties as well as the color of the baby food type cream made with a nutritional supplement formulated with flours of quinua and lupinus, plus additives and chicken flavoring in a 90 day conservation period. After this time, some mechanical and powder fluency properties were evaluated. The results were: moisture content <10,5% and A_w <0,61 without significant variations; peroxide index increased in gradual form with a linear behavior, reaching 8,34meq of O_2 per kg of

fat. The baby food type cream showed a pseudoplastic behavior, characteristic that decreased in the course of time in spite of maintaining high consistency. The CIEL*a*b* color coordinates did not display significant differences through during the storage period, the color maintaining a "beige" tonality. ΔE showed erratic behavior up to 45 days, becoming stable at 90 days. The water holding capacity of the mixture at 0 days was of $2,3 \pm 0,06$ times. At the end of the study the bulk and tap density were 0,463 and 0,526 $g \cdot m^{-1}$, and the draining time and speed of 1,38s and 13,66 $g \cdot cm^{-2} \cdot s^{-1}$, reaching a steady angle of 38,4°, reason why is located as powders with a low fluency.

Introducción

Hoy en día se está replanteando el uso de numerosas plantas alimenticias de origen andino, entre las que se encuentra la quinua, amaranto, lupino, algarrobo, entre otras; cuya finalidad es la obtención de harinas de alto contenido proteico de buena calidad

y con ello el desarrollo de nuevos productos dirigidos a poblaciones consumidoras de estos cereales o gramíneas. Los cotiledones de algarrobo y las harinas pretostadas de amaranto, quinua y lupino poseen, respectivamente, concentraciones en base seca de 61,0; 13,7; 10,8 y 49,8% de proteínas; 11,0; 5,7; 5,2 y 12,2

% de lípidos; y fibra cruda de 2,4; 3,0; 6,1 y 17,6% (Estévez *et al.*, 2000; Riveros y Fernández, 2006; Cerezal *et al.*, 2007).

Algunas instituciones públicas y privadas están desarrollando enormes esfuerzos en rescatar estas valiosas materias primas. Desde hace algunos años, la Corporación

de Ayuda al Ser Desnutrido (CORASEDE), radicada en la ciudad precordillerana de Calama, II Región, Norte de Chile, ha establecido un convenio de colaboración con el Departamento de Alimentos de la Universidad de Antofagasta con la finalidad de lograr formulaciones de alto valor proteico dirigidos a la

PALABRAS CLAVE / Almacenamiento / Color CIEL*a*b* / Índice de Peróxido / Suplemento Proteico / Preescolares / Viscosidad /

Recibido: 02/04/2007. Modificado: 03/03/2008. Aceptado: 05/03/2008.

Pedro Cerezal Mezquita. Ingeniero Civil Químico y Doctor en Ciencias Técnicas Mención Alimentos, Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia. La Habana, Cuba. Profesor, Departamento de Alimentos. Universidad

de Antofagasta (UA), Chile. Dirección: Departamento de Alimentos. Facultad de Recursos del Mar. Avda. Universidad de Antofagasta # 02800. Campus Coloso. Casilla 170. Antofagasta, Chile. e-mail: pcerezal@uantof.cl

Andrea Carrasco Verdejo. Ingeniera en Alimentos, UA, Chile.

Karina Pinto Tapia. Ingeniera en Alimentos, UA, Chile.

Rafael Arcos Zavala. Médico Cirujano, Universidad de Chile,

Chile. Director. de la Corporación de Ayuda al Ser Desnutrido (CORASEDE) Calama, Región Antofagasta, Chile.

SUPLEMENTO ALIMENTICIO DE ALTO CONTEÚDO PROTÉICO PARA CRIANÇAS DE 2 - 5 ANOS. II. PROPRIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS, REOLÓGICAS E COR

Pedro Cerezal Mezquita, Andrea Carrasco Verdejo, Karina Pinto Tapia e Rafael Arcos Zavala

RESUMO

A elaboração de misturas de farinhas protéicas com destino à população pré-escolar de 2-5 anos tem sido uma prática comum nas últimas décadas. O presente trabalho teve como objetivo a avaliação de algumas propriedades físicas, químicas, reológicas e a cor de um creme preparado a partir de um suplemento alimentício formulado a partir de farinhas de quinoa e lupino com aditivos e saborizante de frango para um período de conservação de 90 dias. Além disso, se avaliaram algumas propriedades mecânicas e de fluidez do pó ao finalizar o armazenamento. Os resultados obtidos foram: umidade <10,5% e A_w <0,61 sem variações significativas; o índice de peróxido aumentou gradualmente com um comportamento linear, alcançando 8,34meq O_2 por kg de gor-

dura. O creme preparado a partir da mistura formulada mostrou um comportamento pseudoplástico, diminuindo no transcurso do tempo apesar de manter alta consistência. As coordenadas de cor $CIEL^*a^*b^*$ não apresentaram diferenças significativas em todo o período de armazenamento, mantendo-se a cor em uma tonalidade "bege". O ΔE mostrou comportamentos erráticos até 45 dias e se estabilizou aos 90 dias. A capacidade de retenção de água da mistura aos 0 dias foi de $2,3 \pm 0,06$ vezes. No final do estudo a densidade aparente e de assentamento foram de 0,463 e 0,526 g-ml⁻¹, e o tempo e velocidade de esvaziamento de 1,38s e de 13,66g-cm⁻²-s⁻¹, alcançando o ângulo de repouso 38,4°, o que o situa como de fluidez lenta.

alimentación de la población infantil de bajos recursos con diferentes grados de desnutrición, asentadas en zonas periféricas de diferentes ciudades y poblaciones de la II Región de Chile.

Los suplementos alimenticios en polvos, de alto contenido proteico, diseñados para ser suministrados a niños preescolares de 2-5 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 temperaturas.

Los parámetros físicos, químicos y el color que muestran los suplementos alimenticios de alto contenido proteico, en su forma de polvo, envasados y almacenados a temperatura ambiente, en lugares frescos y secos, son afectados más lentamente que aquellos productos en forma de pasta o líquidos. Las características con mayor sensibilidad a los cambios en estos productos proteicos y con presencia de grasas, son: rancidez, acidez, color y viscosidad. De ahí la necesidad de conocer hasta que grado las alteraciones limitan el consumo del producto. En su presentación como "crema o papilla", las propiedades

reológicas revisten importancia al incidir directamente en los aspectos sensoriales de la población infantil a la que va destinada.

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. El objetivo práctico de las investigaciones de la fluidez de los polvos es proporcionar 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 son de importancia para el manejo y almacenamiento de productos en polvo en las industrias agrícolas, alimentarias y farmacéuticas, ya que de ellas depende la facilidad del transporte, mezclado y envasado (Barbosa-Canovas *et al.*, 2005)

Otra de las propiedades físicas, el ángulo de reposo, es una medida empírica de la fluidez relativa de sólidos particulados y se ha demostrado que es significativamente influenciada por factores como el contenido de humedad, tamaño de partículas, tiempo de almacenamiento, etc. (Kamath *et al.*, 1994) 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 amorfos (Bhandari y Howes, 1999). 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 inherente (Shittu y Lawal, 2007).

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 material (Özgülven y Vursavus, 2005).

El objetivo del presente trabajo fue la determinación de algunas propiedades físicas, químicas, reológicas y el color de un suplemento alimenticio de alto contenido proteico aportado por una mezcla de harinas de quinoa y de lupino

con la menor cantidad de aditivos, que al reconstituirse se pudiera elaborar un alimento salado, adicionándole saborizante de pollo, y que cumpla finalmente con los requerimientos establecidos para la dieta de preescolares de 2-5 años. El estudio se realizó por un período de almacenamiento de 90 días del producto en polvo, en envases multicapas de papel Kraft.

Materiales y Métodos

Se elaboró un producto en polvo a partir de la mezcla física de harinas tostadas (Avelup, 2003) de quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild) y de lupino (*Lupinus albus* L.), sal fina, azúcar blanca pulverizada y saborizante en polvo de pollo, cuya formulación se calculó y se ajustó a través de la técnica de programación lineal empleando la macro *solver* de la planilla electrónica Excel de Windows (Reimers *et al.*, 2002). Además, se tuvieron en cuenta los criterios emitidos del producto final resultante crema tipo "papilla", por un panel sensorial de catadores adultos semientrenados, formado por 45 alumnos de tercero a quinto año de Ingeniería en Alimentos de la Universidad de Antofagasta, Chile, quienes entregaron sus juicios a través de una caracterización mediante escala por atributos; así como por los juicios obtenidos de 60 niños menores de 5

años de tres jardines infantiles de la Antofagasta, mediante la prueba hedónica facial de 5 puntos, los que mostraron un puntaje entre los términos de “me gusta ligeramente” y “me gusta muchísimo”. Todo el proceso de elaboración, formulación del producto basado en criterios de composición, aportes nutricionales y respuestas sensoriales, se llevaron a efecto de acuerdo a lo informado por Cerezal *et al.* (2007).

La formulación (Cerezal *et al.*, 2007) contempló una mezcla de las harinas de quinua (53,0%) y lupino (37,4%) para una relación quinua:lupino de 1,42:1,0 y el resto correspondió a los demás ingredientes, sal fina (2,0%), azúcar blanca pulverizada (1,0%) y saborizante de pollo en polvo (9,6%). El propósito de la formulación era el cumplimiento de 38% del requerimiento diario de proteínas para los niños de 2-5 años, de acuerdo al patrón establecido por la FAO (1985) El producto se envasó en bolsa multicapa de papel kraft, añadiendo 34,5g en cada bolsa, cantidad que corresponde a una porción diaria por niño (para la preparación de 300ml de crema), las que se adaptaron al volumen establecido, evitando en el almacenamiento penetración de aire en exceso.

Los análisis bromatológicos en el tiempo 0 y 90 días se presentan en la Tabla I. El contenido proteico del producto es alto, alcanzando un PDCAAS (*protein digestibility corrected aminoacid score*) de 0,9 a los 90 días (Cerezal *et al.*, 2007), debido a los incumplimientos en los requerimientos de metionina+cistina y triptófano. Por otra parte, las harinas de quinua y lupino, no presentaron coliformes totales ni *Salmonellas*, ni se detectó presencia de mohos y los recuentos de levaduras estuvieron por debajo del límite inferior establecido de 5×10^3 , indicando condiciones favorables para la elaboración de la papilla; de igual forma, los valores obtenidos en 0 y 90 días en la papilla, de los

TABLE I
ANÁLISIS BROMATOLÓGICOS DE LA MEZCLA EN POLVO (BASE SECA) (N=3)

Análisis	Tiempo (días)				Comparación estadística (p<0,05)
	0		90		
	\bar{X} (%)	S	\bar{X} (%)	S	
Proteínas	22,14	0,95	24,01	1,11	NS
Cenizas	3,28	0,32	2,44	0,28	DS
Lípidos	7,11	0,64	7,05	0,07	NS
Hidratos de carbono*	67,47	1,71	66,51	0,66	NS

Humedad tiempo 0 = 10,47% Humedad tiempo 90 = 9,79%

NS: No significativo; DS: Diferencia significativa. * Extracto no nitrogenado + Fibra bruta.

recuentos de aerobios mesófilos y *Stafilococcus Aureus* cumplieron con lo estipulado; en cuanto a los coliformes totales, fecales y *Salmonella* no se detectó su presencia, ya que las condiciones de envasado y almacenamiento fueron debidamente controladas, por lo que el alimento posee la calidad necesaria y es adecuado para el consumo de niños de 2 - 5 años (Cerezal *et al.*, 2007).

Estudio de Almacenamiento

De la mezcla en polvo se obtuvieron 20 envases que fueron mantenidos a temperatura ambiente ($20 \pm 5^\circ\text{C}$) y humedad relativa <65%. Se determinaron algunas propiedades físicas (actividad de agua y humedad), reológicas (viscosidad), químicas (índice de peróxido) y color en los 90 días de almacenamiento, con las frecuencias que se muestran en la Tabla II.

Actividad de agua y humedad. Se empleó el equipo A_w Sprint TH-500 a 25°C . Las etapas para la medición de actividad de agua (A_w) correspondieron a la calibración con las concentraciones de sales establecidas para las humedades predeterminadas y la colocación de la muestra en la cápsula plástica. Se tomaron las lecturas del programa Novasina en el computador acoplado al equipo hasta lograr una A_w constante. La determinación de humedad se llevó a cabo mediante método gravimétrico; se desecó la muestra en estufa de aire a 105°C hasta peso constante y se expresó la humedad como porcentaje (Villaruel, 1998).

Índice de peróxido El contenido de peróxidos se realizó mediante extracción en frío y el resultado se expresó en meq O_2 por kg de grasa (Schmith-Hebbel, 1981; Mongeau y Brassard, 1982).

Viscosidad. La mezcla se reconstituyó para obtener la crema de acuerdo al procedimiento establecido, disolviendo 34,5g del polvo en 300ml de agua a temperatura ambiente durante 2min, evitando la formación de grumos. Se calentó hasta ebullición y se mantuvo a fuego lento por 5 minutos, revolviendo constantemente. La viscosidad (η) fue medida a diferentes temperaturas entre 20 y 80°C con intervalos de $10\text{-}30^\circ\text{C}$, empleando un viscosímetro rotacional Brookfield mod. DV II+ acoplado a un computador provisto del software Winghamer especialmente desarrollado por el fabricante (Brookfield, 2002). Las unidades de viscosidad se expresaron en centipoise (cp).

Color. Se determinó el color de la mezcla en polvo, mediante el equipo Color Flex Hunterlab. Las etapas de la medición fueron: 1) Estandarización del equipo

con el patrón de color negro y posteriormente se colocó el blanco; el software del equipo indicó la condición de iniciación. 2) Colocación de la muestra en cápsula de vidrio transparente tapada con cubierta opaca para evitar la penetración de luz. 3) Lectura de la muestra según espacio de color CIEL*a*b*. Además se calculó el *Croma* (C^*) y el *húe* (h^*). Las mediciones se realizaron 10 veces, a razón de una cada minuto.

Otras propiedades determinadas al final del almacenamiento

Análisis de acidez. La determinación de acidez se realizó por la técnica de extracto acuoso y se expresó en grados de acidez (Schmith-Hebbel, 1981).

Capacidad de retención de agua y sólidos secos. Se siguió el procedimiento establecido para este tipo de productos (Mongeau y Brassard, 1982), introduciendo las modificaciones sugeridas por Borroto *et al.* (1995) y empleando un tamaño de muestra de 0,23g.

TABLE II
FRECUENCIA DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS EN EL ESTUDIO DE CONSERVACIÓN

Tiempo	Humedad	A_w	Índice de peróxido	Color	Viscosidad
0	+	+	+	+	+
15				+	
20	+	+	+		
30				+	
40	+	+	+		
45				+	+
60	+	+	+	+	
75				+	
80	+	+	+		
90	+	+	+	+	+

Densidad. Se determinó la densidad aparente y de asentamiento, utilizando 100g de muestra, y se expresó en g de producto por ml (Larrauri *et al.*, 1995).

Tiempo y velocidad de vaciado. El análisis del tiempo de vaciado se realizó utilizando 100g de muestra y expresando el deslizamiento en segundos. La velocidad de vaciado midió en $g \cdot cm^{-2} \cdot s^{-1}$ (Larrauri *et al.*, 1995) para una misma cantidad de muestra (100g).

Ángulo de reposo. El ángulo de reposo (θ) es un método empírico de estimación de la fluidez de sólidos particulados, existiendo una clasificación 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 (Barbosa-Canovas *et al.*, 2005). Otra clasificación utilizada cuando $\theta < 45^\circ$ considera fluidez alta para $25^\circ < \theta < 30^\circ$, media para $30^\circ < \theta < 38^\circ$ y baja para $38^\circ < \theta < 45^\circ$ (Alavi y Caussat, 2005). El valor de θ se determinó añadiendo el producto en polvo en el embudo descrito en el método y colocándolo a una altura de 10cm sobre una superficie plana y midiendo el ángulo entre el cono formado por el material y la superficie, al concluir el proceso de caída (Larrauri *et al.*, 1995).

Análisis estadístico

La evaluación estadística de los resultados se realizó utilizando estadígrafos comunes y los valores se presentaron en forma de valores medios \bar{x} y sus desviaciones típicas S ($\bar{x} \pm S$). Las comparaciones entre las medias de poblaciones se realizaron por t de Student o análisis de varianza, según correspondiera. En los casos de encontrar diferencias se efectuó la prueba de rangos múltiples de Duncan (Gutiérrez y de la Vara, 2003). Los ajustes

TABLA III
COMPORTAMIENTO DE LA HUMEDAD Y A_w DE LA MEZCLA EN POLVO EN EL ALMACENAMIENTO (N=3)

Tiempo (días)	Humedad		A_w
	\bar{X}	S	
0	10,47	0,38	0,568 a
20	9,05	0,12	0,597 a
40	9,72	0,13	0,602 a
60	9,36	0,14	0,607 a
80	9,93	0,21	0,583 a
90	9,79	0,23	0,594 a

previstos entre variables se efectuaron por regresión lineal o múltiple, dependiendo de la complejidad y escogiendo el modelo matemático cuyo coeficiente de determinación (R^2) fuera el mayor de todos los examinados. Los análisis estadísticos se realizaron para una probabilidad del 95% de confianza empleándose la hoja de cálculo Excel del software Office 2000 y el Statgraphics versión 5.1.

Resultados y Discusión

Estudio de almacenamiento de la mezcla

Humedad y actividad de agua. En la Tabla III se muestran los resultados de los análisis de humedad y A_w realizados durante el tiempo de almacenamiento de la mezcla. El intervalo de valores de humedad obtenidos (9,051-10,47%) significa que durante el almacenamiento no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). Las humedades alcanzadas se encontraron por debajo del 15% reglamentado (González, 2003), indicando que la mezcla tuvo las condiciones óptimas de elección del envase (bolsas policapas de papel Kraft), sellado y almacenamiento. La A_w no presentó en todo el transcurso del almacenamiento diferencias es-

tadísticamente significativas ($p < 0,05$), apreciándose valores constantes desde el inicio hasta el final del tiempo de conservación.

Índice de peróxidos. En la Figura 1 se muestra el comportamiento del índice de peróxidos durante el tiempo de conservación de la mezcla. El comportamiento de los valores de peróxidos fue aumentando de manera sostenida con el tiempo y el mejor ajuste correspondió al modelo lineal ($R^2 = 0,984$). A los 90 días de almacenamiento el índice de peróxidos no sobrepasó los 8,34meq O_2 por kg de grasa, menor al límite de rancidez establecido de 10meq (Codex, 1993). Si este alimento permaneciera almacenado bajo las mismas condiciones y se

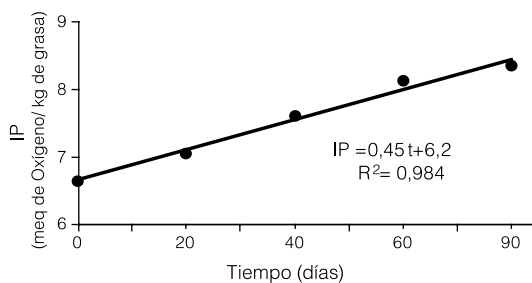


Figura 1. Índice de peróxidos de la crema saborizada con pollo durante el almacenamiento.

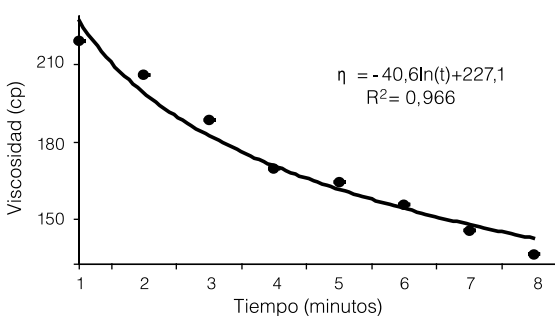


Figura 2. Viscosidad inicial de la crema saborizada con pollo.

tomara la ecuación de la recta como el modelo predictivo, se obtendría a los 120 días los primeros indicios de rancidez, con valores ≥ 10 meq O_2 por kg de grasa, por consiguiente el pronóstico para la finalización del tiempo de garantía sería de 4 meses.

Al momento de elaborar la mezcla las harinas utilizadas tenían un tiempo de almacenamiento de 2 meses aproximadamente; por tanto, el tiempo de durabilidad, de acuerdo al índice de peróxidos, hubiera sido más prolongado si se hubiera elaborado el producto con harinas más frescas.

Viscosidad. En la Figura 2 se presentan los resultados obtenidos de viscosidad (η) en la crema expresados en cp preparada con la mezcla en polvo al inicio del almacenamiento, tomados cada minuto. De entre los 7 spindles (husillos) posibles, se obtuvo el mayor torque para el husillo #2 a una velocidad de 100rpm, por lo que las mediciones se realizaron con estas condiciones. El producto presentó viscosidades entre 219,2 y 136,4cp durante 8min, con un torque de 54,8 a 34,1% y se encontró que el mejor ajuste correspondió al modelo exponencial con un $R^2 = 0,966$. La viscosidad fue disminuyendo en el transcurso del tiempo, tendiendo a hacerse asintótica con el tiempo, lo que significa un comportamiento de fluido pseudoplástico, esperado para este tipo de alimentos.

En la Figura 3 se muestran los resultados de viscosidad a diferentes temperaturas al inicio del almacenamiento. Se aprecia que a medida que la temperatura aumenta los valores de viscosidad aumentan hasta llegar a un máximo entre 30 y $40^\circ C$, seguido de un ligero

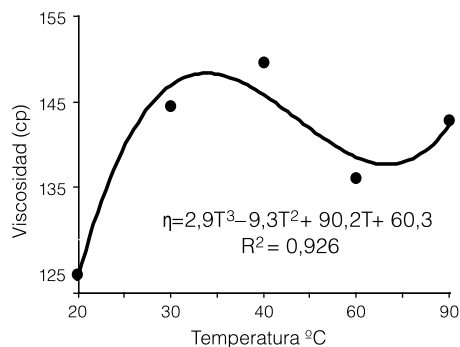


Figura 3. Viscosidad y temperatura de la crema saborizada con pollo al inicio del almacenamiento

descenso en los 60°C, que no llegó a ser estadísticamente diferente para $p < 0,05$ a los 90°C, lo que puede deberse a que el producto ya finalizó con la gelatinización de los almidones. Los valores de viscosidad con relación a la temperatura se correlacionaron y se obtuvo el mejor ajuste bajo el modelo polinomial con un $R^2 = 0,926$.

En la Figura 4 se presentan los diferentes comportamientos de viscosidad cada 45 días, durante el período de almacenamiento del producto. Al inicio del estudio se observó una pseudoplasticidad manifiesta, atribuible quizás a la mayor viscosidad que imparten los polisacáridos de cadenas más largas (mayor peso molecular) y que tienen propiedades de hidrocoloides, las que se van deteriorando en la medida que se le va impartiendo rotación con el tiempo. Pasados los primeros 45 días, si bien es cierto que se posee una viscosidad inferior desde el comienzo de la medición, la misma se mantiene prácticamente constante en todo el período de rotación impartido, por lo que se ha perdido significativamente la propiedad pseudoplástica, pese a mantener atributos de viscosidad que le dan consistencia al producto. Un comportamiento similar se produjo en el tiempo 90 días, apreciándose una menor viscosidad en relación a las anteriores, aunque estable en los tiempos de medición, sin perder la consistencia propia del producto.

Independientemente que la viscosidad fue cambiando y

que al final perdió la característica de pseudoplasticidad, visualmente siguió manteniendo la capacidad viscosa propia de una crema, lo cual fue verificado al momento de realizar las evaluaciones sensoriales al final del tiempo de almacenamiento (90 días).

Color. En la Figura 5 se muestran las coordenadas a^* y b^* del espacio de color CIE- $L^*a^*b^*$ que corresponden al primer cuadrante del diagrama de cromaticidad. Los valores de a^* y b^* representados en la figura muestran la dispersión del color durante el almacenamiento, sin diferencias estadísticamente significativas con un $p < 0,05$. En la Tabla IV se presentan los valores de L^* , C^* , h^* y la relación $\frac{a^*}{b^*}$ encontrados durante el tiempo de conservación de la mezcla. El valor de L^* (luminosidad o claridad del color), el C^* y h^* , que es el ángulo, no presentaron diferencias estadísticamente significativas con un $p < 0,05$ en los 90 días de estudio, por lo que no hubo variaciones de relevancia durante el almacenamiento. Los valores cromáticos de saturación (C^*) obtenidos durante el tiempo de conservación se mantuvieron alejados del centro acromático, manteniéndose en la zona de dispersión de las coordenadas cromáticas. Se calculó también la

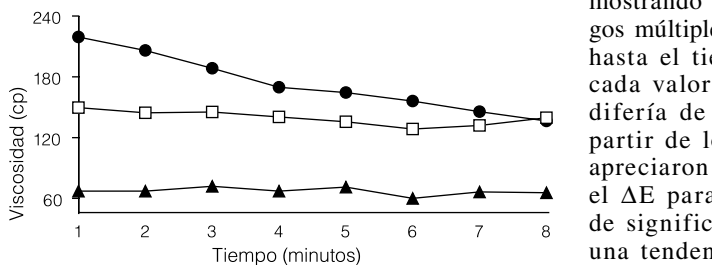


Figura 4. Comportamiento de la viscosidad de la crema saborizada con pollo en el tiempo, medida al inicio del almacenamiento (●), a los 45 días (■) y al final del estudio, a los 90 días (▲).

relación $\frac{a^*}{b^*}$, que indica un índice de amarillo de la muestra (Larrauri y Saura, 2000), para determinar la tendencia del color, obteniendo un valor < 1

TABLA IV
VALORES DE L^* , C^* , h^* Y $\frac{a^*}{b^*}$ EN LA MEZCLA EN POLVO

Tiempo (días)	L^*	C^*	h^* (hue)	$\frac{a^*}{b^*}$
0	83,82	19,65	84,77	0,0917
15	83,76	20,60	85,41	0,0802
30	83,66	19,80	85,13	0,0850
45	83,79	23,03	85,44	0,0798
60	84,06	21,30	85,75	0,0743
75	83,93	21,31	85,77	0,0737
90	84,85	20,11	86,64	0,0588

para todos los tiempos del estudio de conservación. Finalmente, el color de la mezcla se mantuvo en una tonalidad de "beige". En la Figura 6 se observa el comportamiento y variación del color durante el almacenamiento.

De acuerdo al análisis de varianza, los valores obtenidos de ΔE presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$), de-

mostrando la prueba de rangos múltiples de Duncan que hasta el tiempo de 45 días cada valor obtenido de ΔE difería de su antecesor. A partir de los 60 días no se apreciaron diferencias para el ΔE para el mismo nivel de significación, marcando una tendencia a una mayor estabilidad. Probablemente lo sucedido en el inicio del almacenamiento fue que la unión de los ingredientes de la formulación condujo a reacciones químicas, algunas de ellas debidas a los hidratos de carbono y las proteínas, tales como las reacciones de Maillard, Strecker y otras posiblemente derivadas de la

oxidación de los lípidos. Al avanzar el tiempo se reduce la velocidad de reacción y hay menor dispersión de las diferencias de color.

Acidez. Los resultados obtenidos de acidez en la mezcla en polvo y las harinas de quinua y lupino, previa al mezclado en el tiempo de almacenamiento de 90 días, fueron de: $0,15\% \pm 0,01$; $0,11\%$

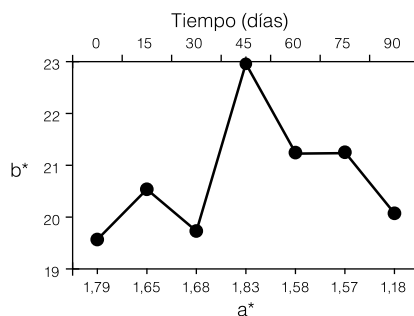


Figura 5. Coordenadas de cromaticidad a^* y b^* de la mezcla en polvo en el tiempo de almacenamiento.

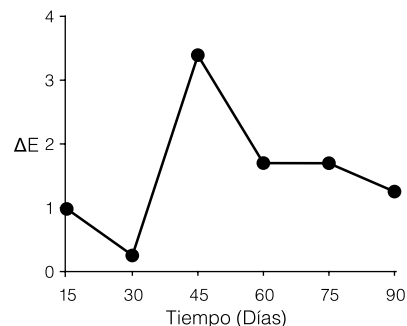


Figura 6. Variación de color ΔE de la mezcla en polvo en el tiempo de almacenamiento.

TABLA V
PRINCIPALES PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MEZCLA EN POLVO
Y LAS HARINAS (N=3)

Características	Mezcla en polvo		Harinas			
			Quinua		Lupino	
	\bar{X}	S	\bar{X}	S	\bar{X}	S
Densidad aparente (g·ml ⁻¹)	0,463	0,02	0,556	0,03	0,481	0,06
Densidad de asentamiento (g·ml ⁻¹)	0,526	0,03	0,667	0,04	0,588	0,02
Tiempo de vaciado (s)	1,38	0,16	1,73	0,06	1,71	0,21
Velocidad de vaciado (g·cm ⁻² ·s ⁻¹)	13,66	0,04	9,97	0,07	11,15	0,13
Ángulo de reposo (°)	38,4	1,34	27,1	0,57	26,2	1,27

±0,03 y 0,13% ±0,02, respectivamente; encontrándose dentro de lo exigido que es un máximo de 0,25% (González, 2003). Los valores obtenidos de acidez de las materias primas y la mezcla mostraron una variación leve que es indicativa de poca probabilidad de deterioro químico durante el almacenamiento (Schmith-Hebbel, 1981).

Otras propiedades observadas al final del almacenamiento

Capacidad de retención de agua (CRA). El valor medio de CRA de la mezcla obtenido al inicio del tiempo de almacenamiento fue de 2,3 ±0,06 veces, debido principalmente a un tamaño de partícula fino 0,149 mm (100 mesh), conveniente para facilitar la digestión y el mejoramiento de la palatabilidad de la crema. Este resultado es ligeramente superior al conseguido para bebidas en polvo a base de fibra dietética de CRA= 2,1g de agua/g de muestra base seca (Larrauri *et al.*, 1995).

En la Tabla V aparecen los resultados de los análisis físicos realizados a las harinas de quinua y lupino y a la mezcla con sabor a pollo. La densidad aparente y de asentamiento en la mezcla fue del 96,26 y 83,3% y del 89,5 y 78,9% en relación a las harinas de lupino y quinua, respectivamente. Los mayores valores siempre correspondieron a la quinua. El tiempo de vaciado en la mezcla fue del 80,7 y 79,8%, siendo su

velocidad de vaciado 1,23 y 1,37 veces superior en relación a las harinas de lupino y quinua, respectivamente. Por otra parte, el ángulo de reposo de la mezcla incrementó sus valores en 1,47 y 1,42 comparado con las harinas de lupino y quinua.

Los valores de la densidad aparente y de asentamiento de la mezcla son menores que los informados para polvos para flan con incorporación de fibra dietética de nopal cuyos valores son 0,59 y 0,64g·ml⁻¹ (Sáenz *et al.*, 2002), así como los indicados en bebidas en polvos a partir de fibra dietética de residuos cítricos 0,625 y 0,801g·ml⁻¹, respectivamente (Larrauri *et al.*, 1995); sin embargo, son valores más altos que los de polvos de cacao con 12% de grasas y cuyo intervalo para la densidad aparente es de 0,35 a 0,40g·ml⁻¹ (Beckett, 2004), per no así para bebidas de cacao en polvo, que muestran un intervalo más amplio, entre 0,49 y 0,81g·ml⁻¹ (Shittu y Lawal, 2007). Por su parte, la densidad de asentamiento está en los valores medios del intervalo de 0,50 a 0,55g·ml⁻¹ que se indica para polvos de cacao con 12% de grasas (Beckett, 2004).

Tanto los valores de densidad aparente, de asentamiento y de tiempo de vaciado resultan en una velocidad de vaciado alta, tal como la mostrada en la Tabla V por la mezcla con sabor a pollo. Esta velocidad supera a las informadas para otros productos alimenticios en polvos con

velocidades, de 8,3g·cm⁻²·s⁻¹ (Sáenz *et al.*, 2002), así como de productos farmacéuticos granulados empleando quitina y carboximetilquitosana como agentes desintegrantes, donde se obtuvieron velocidades de vaciado de 7,3-7,9g·cm⁻²·s⁻¹ y de 8,8-9,8g·cm⁻²·s⁻¹, calculados por los métodos seco y húmedos, respectivamente (Fernández *et al.*, 1998). Todos estos productos superan el límite mínimo indicado para este parámetro, de 7,0g·cm⁻²·s⁻¹ (Fernández *et al.*, 1998).

La densidad aparente, tiempo de vaciado y velocidad de vaciado, proporcionan información en cuanto a la fluidez del producto, características que resultan importantes al momento de realizar una dosificación constante durante su envasado industrial.

El ángulo de reposo de la mezcla con sabor a pollo difirió significativamente (p<0,05) de aquel de las harinas individuales de partida, alcanzando un valor ligeramente superior al de la línea que divide a los polvos de fluidez baja y media, de 38° (Alavi y Caussat, 2005), por lo que es de fluidez baja. Al parecer, la adición de azúcar y sal, ambas pulverizadas, y la complementación con el saborizante de pollo en polvo, así como la interconectividad de las dos harinas, quinua y lupino, imparten una cohesividad sinérgica que eleva el ángulo de reposo en más de un 40%. Por su parte, las harinas de lupino y quinua mantuvieron ángulos de reposo en el intervalo 25-30°, correspondiendo a una fluidez

alta (Alavi y Caussat, 2005). Asimismo, quienes elaboraron una bebida en polvo (Larrauri *et al.*, 1995) y un polvo para flan (Sáenz *et al.*, 2002), plantean que valores de ángulo de reposo de ~30° estarían relacionados con una fluidez aceptable para este tipo de producto. Se debe tener en cuenta que productos en polvo con bajos ángulos de reposo forman conos más planos que aquellos que poseen mayores ángulos de reposo.

Los resultados obtenidos de todas estas pruebas funcionales son una medida de referencia para realizar procesos industriales, en los cuales se deben estandarizar los tiempos de llenado y dosificación de envases.

Conclusiones

En este estudio de almacenamiento por 90 días del suplemento alimenticio de alto contenido proteico para niños de 2-5 años a partir de harinas de quinua y lupino, con la adición de sal, azúcar pulverizada y saborizante de pollo, se determinó que los principales parámetros físicos y químicos no tuvieron variaciones significativas como se demostró para la humedad, Aw e índice de peróxido. Los cambios en el comportamiento de la seudoplasticidad en el almacenamiento no impidieron mantener la capacidad viscosa propia de la crema. Las coordenadas de cromaticidad del color no tuvieron variaciones significativas con respecto al color inicial de la mezcla manteniéndose en una tonalidad "beige"; sin embargo, el ΔE tuvo fluctuaciones en los primeros 45 días y ya a partir de los 60 días mantuvo tendencia a la estabilidad. Las otras propiedades mecánicas y de flujo del polvo se encontraron dentro de los intervalos esperados para este tipo de producto.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a la Corporación de Ayuda al Ser Des-

nutrido (CORASEDE) de la ciudad de Calama, II Región de Chile, por el financiamiento del presente estudio.

REFERENCIAS

- Alavi S, Caussat B (2005) Experimental study on fluidization of micronic powders. *Powder Technol.* 157: 114-120.
- Avelup (2003) Semillas Baer. Fondo El Hualle. Productos Nutritivos AVELUP. Ltda. Temuco, Chile.
- Barbosa-Canovas G, Ortega-Rivas E, Juliano P, Yan H (2005) *Food Powders. Physical properties, Processing, and Functionality.* Kluwer/Plenum. Nueva York, EEUU. 372 pp.
- Beckett ST (2004) *The science of chocolate.* Royal Society of Chemistry. Londres, UK 176 pp.
- Bhandari BR, Howes T (1999) Implications of glass transitions for the drying and stability of dried foods. *J. Food Eng.* 40: 71-79.
- Borroto B, Larrauri JA, Cribeiro A (1995) Influencia del tamaño de partículas sobre la capacidad de retención de agua de la fibra obtenida a partir de cítricos y piña. *Alimentaria* 33: 85-90.
- Brookfield (2002) *Brookfield DV-II+ programmable viscometer operating instructions manual* N° m/97-164-d1000. Brookfield Engineering Laboratories, Inc. EEUU. 75 pp.
- Cereza P, Carrasco A, Pinto K, Romero N, Arcos R (2007) Suplemento alimenticio de alto contenido proteico para niños de 2 - 5 años. Desarrollo de la formulación y aceptabilidad. *Interiencia* 32: 857-864.
- Codex (1993) *Etiquetado de los Alimentos.* CAC/GL 2-1985, Rev. 1.. Codex Alimentarius. Roma, Italia. 61 pp.
- Estévez AM, Escobar B, Ugarte V (2000) Utilización de cotiledones de algarobo (*Prosopis chilensis* (Mol) Stuntz) en la elaboración de barras de cereales. *Arch. Latinoam. Nutr.* 50: 148-151.
- FAO (1985) *Necesidades de Proteína y Energía.* Serie de Informes Técnicos. FAO-OMS-UNU. Organización Mundial de la Salud. Ginebra, Suiza. 218 pp.
- Fernández SA, Rodríguez MD, Bilbao O, Nieto OM (1998) Quitina y carboximetilquitosana como agentes desintegrantes. *Rev Cub. Farm.* 32: 120-124.
- González C (2003) *Nuevo Reglamento Sanitario de los Alimentos.* Decreto Supremo N° 977. Publiley. Santiago. Chile. 195 pp.
- Gutiérrez H, de la Vara R (2003) *Análisis y Diseño de Experimentos.* McGraw-Hill. México. 571 pp.
- Kamath S, Puri VM, Manbeck HB (1994) Flow property measurement using the Jenike cell for wheat flour at various moisture contents and consolidation times. *Powder Technol.* 81: 293-297.
- Larrauri JA, Borroto B, Perdomo U, Tabares Y (1995) Elaboración de una bebida en polvo a base de fibra dietética. *Fibrilax. Alimentaria* 32: 23-26.
- Larrauri JA, Saura F (2000) Evaluation of CIE-lab colour parameters during the clarification of a sugar syrup from Mesquite pods (*Prosopis Pallida* L.). *Int. J. Food Sci. Tech.* 35: 385-389.
- Mongeau R, Brassard M (1982) Insoluble dietary fiber from break fast cereals and brands: bile salt binding and water holding capacity in relation to particle sizes. *Cereal Chem.* 59: 413-417.
- Özgülven F, Vursavus K (2005) Some physical, mechanical and aerodynamic properties of pine (*Pinus pinea*) nuts. *J. Food Eng.* 68: 191-196.
- Reimers C, Steinhart H, Lecerf JM (2002) *Calidad proteica. Métodos para evaluar la calidad de las proteínas en los alimentos.* Universidad de Hamburgo, Alemania - Instituto Pasteur de Lille, Francia. 37 pp.
- Riveros FH, Fernández A (2006) Formulación de puré instantáneo de papa amarilla (*Solanum goniocalyx*), kiwicha (*Amaranthus caudatus*), y leche entera para niños en período de ablactancia. Universidad La Molina, Perú. *Rev. Anales Cient.* 66: 2-25.
- Sáenz C, Sepúlveda E, Pak N, Vallejos X (2002) Uso de fibra dietética de nopal en la formulación de un polvo para flan. Facultad de Ciencias Agronómicas. *Arch. Latinoam. Nutr.* 52: 387-392.
- Schmith-Hebbel H (1981) *Avances en Ciencia y Tecnología de los Alimentos.* Merck Química Chilena. Santiago, Chile. 376 pp.
- Shittu TA, Lawal MO (2007) Factors affecting instant properties of powdered cocoa beverages. *Food Chem.* 100: 91-98.
- Villarroel O (1998) *Manual de Métodos de Análisis Físico-Químicos de Alimentos, Aguas y Suelos.* Ministerio de Salud - Andros. Santiago, Chile. 130 pp.