

Study of the use of modified atmospheres on the storage of “Sweetcrust pastry” (precooked mass)

Estudio del uso de atmósferas modificadas en el almacenamiento de “masa quebrada de dulce” (masa precocida)

Paola Carrilo¹, Roberto Maldonado¹, Alexandra Palomeque¹, Joselyn Yugsi¹ y Lucía Ramírez-Cárdenas^{1,*}

¹Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Ciencias e Ingenierías - El Politécnico, Departamento de Ingeniería de Alimentos
Diego de Robles y Vía Interoceánica, Campus Cumbayá, Edif. Newton. Casilla Postal: 17-1200-841, Quito, Ecuador.

*Autor principal/Corresponding author, e-mail: lramirez@usfq.edu.ec

Editado por/Edited by: Cesar Zambrano, Ph.D.

Recibido/Received: 31/01/2014. Aceptado/Accepted: 20/03/2014.

Publicado en línea/Published on Web: 13/06/2014. Impreso/Printed: 13/06/2014.

Abstract

The use of modified atmospheres for bakery products has increased in recent years highlighting the use of gases such as carbon dioxide (CO₂) and nitrogen (N₂). Products such as short pastry have great importance due to its wide application in the preparation of salty and sweet meals. This study evaluated the change in physicochemical, organoleptic and microbiological characteristics of a precooked sweet pastry using different storage atmospheres (air, vacuum, 60 % CO₂/40 % N₂, 70 % CO₂/30 % N₂ and 100 % CO₂) at different storage periods (1, 2 and 4 weeks). Treatments were arranged in a completely randomized design with a 5x3 factorial arrangement. It was determined that there is no significant difference in the physicochemical and microbiological characteristics for all types of atmospheres, as well as, for the storage periods. However, through sensory analysis, it was determined that the atmospheres that kept the initial organoleptic characteristics of the product were the samples stored in air, 70 % CO₂/30 % N₂ and 100 % CO₂. Considering the economic factor, it was concluded that the best storage atmosphere for this is air.

Keywords. modified atmospheres, sweet short pastry, precooked mass, shelf life, sensory analysis

Resumen

El uso de atmósferas modificadas para los productos de panadería y pastelería ha incrementado en los últimos años destacándose el uso de gases como el dióxido de carbono (CO₂) y nitrógeno (N₂). Productos como la masa quebrada son de gran importancia en el área pastelería debido a su amplia aplicación en la preparación de comidas de sal y de dulce. En este estudio se evaluó el cambio en las características fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas de una masa quebrada de dulce precocida empleando diferentes atmósferas de almacenamiento (aire, vacío, 60 % CO₂/40 % N₂, 70 % CO₂/30 % N₂, y 100 % CO₂) durante diferentes tiempos de almacenamiento (1, 2 y 4 semanas). Los tratamientos fueron dispuestos en un diseño completamente al azar con arreglo factorial 5x3. Se determinó que no existió diferencia significativa entre los tratamientos en relación a las características fisicoquímicas y microbiológicas. Sin embargo, en el análisis sensorial, solo las muestras almacenadas en aire, 70 % CO₂/30 % N₂ y 100 % CO₂ mantuvieron las características organolépticas iniciales del producto. Considerando además el factor económico, el almacenamiento en aire fue la mejor atmósfera de almacenamiento para este producto.

Palabras Clave. atmósferas modificadas, masa quebrada de dulce, masa precocida, vida útil, análisis sensorial.

Introducción

El uso de atmósferas modificadas para los productos de panadería y pastelería ha incrementado en los últimos años. Esta tecnología implica el uso de concentraciones de oxígeno menores a los niveles atmosféricos, concentraciones de CO₂ relativamente altas (20 % o más) y ni-

trógeno como un gas inerte de relleno, que contribuyen a mantener la frescura y seguridad del producto [1].

Los productos horneados están caracterizados por su estabilidad a corto plazo y limitada vida útil debido a su envejecimiento [2]. Dentro de las alteraciones que sufren los productos de panadería se encuentran el enran-

FV	Fc Acidez	Fc Compuestos Volátiles	Fc Mohos y Levaduras	Ft ($\alpha=0.05$ %)
Tratamientos	0,67 <i>n.s.</i>	0,52 <i>n.s.</i>	0,52 <i>n.s.</i>	2,43
Composición atmósfera (A)	0,47 <i>n.s.</i>	0,18 <i>n.s.</i>	0,18 <i>n.s.</i>	3,06
Tiempo de almacenamiento (B)	0,01 <i>n.s.</i>	0,47 <i>n.s.</i>	0,47 <i>n.s.</i>	3,68
Interacción AXB	0,94 <i>n.s.</i>	0,70 <i>n.s.</i>	0,70 <i>n.s.</i>	2,64

n.s. no significativo al 5 % de probabilidad por la prueba F.

Tabla 1: Resumen del Análisis de Varianza (ANOVA) de Acidez, Compuestos Volátiles y Recuento de Mohos y Levaduras de los tratamientos.

ciamiento, envejecimiento físico, alteración del contenido de agua y deterioro microbiológico [3]. Los principales microorganismos que han sido aislados en productos horneados corresponden a especies de *Eurotium*, *Aspergillus*, y *Penicillium*. Por otro lado, otras especies del género *Cladosporium*, *Rhizopus* y *Mucor* se han encontrado con menor frecuencia [4].

Para la conservación de estos productos destaca el uso del dióxido de carbono (CO_2) y nitrógeno (N_2) en atmósferas modificadas. El CO_2 es el gas más importante en la mezcla, por sus funciones tanto bacteriostáticas como fungistáticas [1]. Por otro lado el nitrógeno puede evitar el colapso de paquetes en productos que pueden absorber CO_2 [5]. Además se considera que al ser los mohos estrictamente aerobios, para prolongar la vida útil del producto, el nivel de oxígeno residual debe ser menor al 1 % [6]. Contradictoriamente, otros estudios han demostrado que los mohos pueden crecer en presencia de elevadas concentraciones de CO_2 solo si hay oxígeno presente [7]. Además de que los hongos pueden tolerar y crecer con concentraciones de oxígeno bajas del 1 al 2 % [8]. Sin embargo, también se ha reportado que a concentraciones puras de CO_2 los mohos son inhibidos en gran medida aunque haya oxígeno residual en el paquete [8].

En general, la combinación recomendada de gases para los productos horneados varía de un 20 a 50 % de CO_2 , y de 80 a 50 % de N_2 [9] respectivamente. Sanguinetti et al. [10] reportaron que en una tarta de queso las proporciones N_2/CO_2 (70/30 y 20/80) extendieron su vida útil hasta 14 y 34 días respectivamente. No obstante se requiere más investigación dependiendo del tipo de producto.

Por otro lado, la masa quebrada de dulce es una masa grasa muy versátil y útil para hacer tartas o quiches, además de tartaletas tanto dulces para postres como saladas para aperitivos o entrantes [11]. Es por esto que su importancia en el área de pastelería es muy amplia constituyendo un mercado creciente a nivel nacional. No hay estudios conocidos de conservación de estas masas en atmósferas modificadas. Este estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de atmósferas modificadas durante el almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, organolépticas así como microbiológicas y sensoriales de una masa quebrada de dulce precocida.

Materiales y Métodos

Elaboración de la masa precocida

Se elaboró la masa quebrada de dulce con la siguiente formulación en base a 1kg de harina de trigo (100 %): mantequilla (65,11 %), azúcar blanca (32,56 %), huevos enteros (23,26 %), sal (0.23 %). Toda la materia prima se adquirió en locales comerciales de Quito-Ecuador.

Los ingredientes secos fueron mezclados, añadiéndose la mantequilla y los huevos hasta obtener una masa uniforme que se almacenó en refrigeración por 30 minutos; continuando con un proceso de laminación manual, utilizando laminadora Marcato, hasta obtener un grosor de 3 a 5mm. Se colocó la masa en moldes de 10cm de diámetro que fueron horneados por 15 minutos a 180°C.

Cada una de las muestras de masa fue almacenada en fundas de polietileno de alta densidad (PEAD) en los diferentes tipos de atmósferas planteadas en el diseño experimental y en una cámara de 15°C simulando condiciones ambientales de manera controlada.

Diseño experimental

El estudio se realizó bajo el diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial 5x3 con dos repeticiones. Los factores a estudiar fueron: composición de la atmósfera en el empaque (100 % CO_2 ; 75 % CO_2 , 25 % N_2 ; 60 % CO_2 , 40 % N_2 ; vacío (763 mbar) y aire) y tiempo de almacenamiento (1, 2 y 4 semanas). Se analizaron cuatro variables de respuesta: acidez, pérdida de compuestos volátiles, recuento de hongos y levaduras y evaluación sensorial.

Análisis de las variables

La acidez se determinó en base a la norma NTE INEN 0095:79 [12]. Para la pérdida de compuestos volátiles se utilizó una lámpara halógena. El análisis microbiológico siguió el método oficial AOAC 997.02 y se establecieron los límites de conteo en base a la norma NTE INEN 2085:2005 [13].

La evaluación sensorial tuvo lugar en el aula de análisis sensorial de la Universidad San Francisco de Quito, y consistió en una prueba de aceptación empleando una escala hedónica de 10 puntos. Los atributos que se evaluaron fueron: sabor, olor, apariencia y textura. La suma conjunta de estos atributos permitió obtener una calificación general de cada muestra.

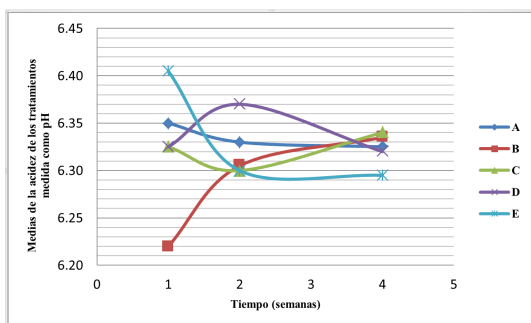


Figura 1: Cambio de la acidez de los tratamientos. A: Aire. B: Vacío. C: 60 % CO₂-40 % N₂. D: 70 % CO₂-30 % N₂. E: 100 % CO₂.

Análisis Estadístico

Los datos fueron analizados mediante el análisis de varianza (ANOVA) con un $\alpha=0,05\%$. Para las variables: acidez, pérdida de compuestos volátiles y recuento de hongos y levaduras se empleó la transformación logarítmica de datos para obtener una distribución normal [14]. Los resultados de la evaluación sensorial se analizaron bajo la prueba *t* de Student empleando un $\alpha=0,05\%$ de dos vías.

Resultados y Discusión

Análisis fisicoquímico

La acidez de todos los tratamientos (Figura 1), se mantuvo entre 6,2 a 6,41 estando dentro del rango exigido por la norma NTE INEN 2085:2005 para galletas (5,5 a 9,5) [13], siendo la formulación de galletas entre varios productos la que más se asemejó a la masa quebrada de dulce.

Varios factores pueden afectar el pH de un producto (definido como acidez según la norma INEN 0095:79), como el enranciamiento de lípidos, que se producen por reacciones de hidrólisis y oxidación [15].

El enranciamiento hidrolítico se debe principalmente a la acción de enzimas lipolíticas (lipasas) presentes en el producto o producidas por ciertos microorganismos [15]. En este estudio es poco probable un enranciamiento con enzimas lipolíticas propias del producto, por lo que si esto se presentara sería por microorganismos presentes en la masa precocida.

El enranciamiento oxidativo se debe a la oxidación de los dobles enlaces de los ácidos grasos insaturados y ocurre en presencia de oxígeno [16], esperándose que el tratamiento envasado en la atmósfera ambiental presente rancidez oxidativa. Además podría existir producción de ácido láctico u otros metabolitos provenientes de la acción microbiana que tendrían influencia sobre la acidez [17].

Después de los 28 días de almacenamiento (cuarta semana) como se observa en la Tabla 1 tanto el factor A (composición de la atmósfera en el empaque) como el

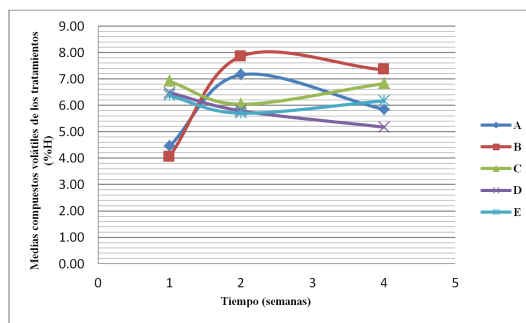


Figura 2: Cambio de los compuestos volátiles de los tratamientos a lo largo del tiempo. A: Aire. B: Vacío. C: 60 % CO₂-40 % N₂. D: 70 % CO₂-30 % N₂. E: 100 % CO₂.

factor B (tiempo de almacenamiento) y su interacción no presentaron ningún efecto significativo sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas de los tratamientos. La acidez se mantuvo estable durante los 28 días en los 5 tipos de atmósferas sin haber diferencias significativas entre los tratamientos. Si bien esta acidez fue determinada siguiendo el procedimiento de la norma INEN 0095:79, coincide también con los datos obtenidos en los estudios realizados en galletas (6,4-6,5) con formulaciones similares a las empleadas en este estudio [18].

La gran mayoría de los compuestos volátiles se originan de los lípidos susceptibles a diferentes reacciones de deterioro (enranciamiento oxidativo o hidrolítico) y al agua presente en el producto [15, 16]. Como la acidez se mantuvo estable no sería la responsable de ningún tipo de proceso de enranciamiento de los lípidos. La Tabla 1 muestra que el factor A, el factor B y su interacción no influyeron en la concentración de compuestos volátiles. Estos resultados también indican que no ingresó agua a través del polietileno de alta densidad, confirmando que este material presenta muy baja permeabilidad al agua [19] y el producto mantuvo una humedad constante durante las cuatro semanas de almacenamiento. En la Figura 2 se observa el comportamiento de los compuestos volátiles a lo largo del tiempo en cada una de las atmósferas.

Análisis microbiológico

De acuerdo a la Tabla 1 no hubo diferencia significativa en el recuento de mohos y levaduras de los tratamientos, además de que tampoco estuvo influenciado por los factores ni su interacción. Durante el tiempo de almacenamiento no hubo un incremento significativo en el recuento de mohos y levaduras, contrario a lo esperado debido a las características de la masa (humedad baja, sometido a un proceso de cocción previo, con una temperatura de almacenamiento de 15°C, 50 % de HR). Al final de las cuatro semanas los recuentos finales para mohos y levaduras cumplieron con la norma NTE INEN 2085:2005 [13]. Otros autores encontraron especies del género *Eurotium*, *Aspergillus*, y *Penicillium* durante el almacenamiento prolongado de productos horneados [4].

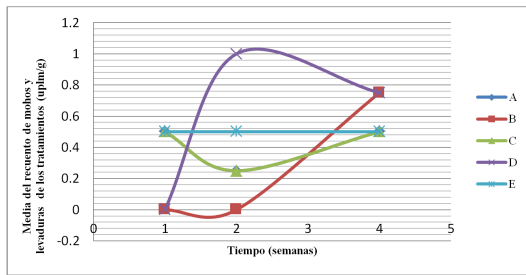


Figura 3: Crecimiento de mohos y levaduras en los tratamientos. A: Aire. B: Vacío. C: 60 % CO₂-40 % N₂. D: 70 % CO₂-30 % N₂. E: 100 % CO₂.

La tendencia de un ligero incremento del recuento de mohos y levaduras se observó en todos los tipos de atmósfera conforme avanzó el tiempo de almacenamiento. Las medias del recuento de mohos y levaduras para las atmósferas de vacío y 70 % CO₂/30 % N₂ mostraron un mayor recuento a la semana 4 de almacenamiento. Por otro lado, para los tratamientos de 100 % CO₂, aire, y 60 % CO₂ 40 % N₂, la medias mostraron una tendencia en el incremento más constante con un valor menor para la semana cuatro.

A pesar de ser los mohos estrictamente aerobios, los resultados del almacenamiento del producto en condiciones de vacío muestra una contradicción al observarse una tendencia de crecimiento como se presenta en la Figura 3, sin embargo, la misma no es significativa. No obstante, Ellis et al. [8] encontraron que a concentraciones puras de CO₂ el crecimiento de mohos se inhibe en gran medida a pesar de haber oxígeno residual en el paquete (Figura 4), lo que concuerda con la tendencia constante de crecimiento observada, al igual que con la media del recuento de los tratamientos. Al no existir diferencia significativa entre los tratamientos, la mejor opción sería el almacenamiento en aire por costo inferior.

Evaluación sensorial

Mediante la prueba t de Student ($\alpha=0,05$ %, dos vías) se observó que las calificaciones obtenidas para las muestras almacenadas tanto en vacío como en atmósfera modificada con 60 % CO₂ y 40 % N₂ diferían significativamente al transcurrir las semanas siendo el tiempo de vida útil sensorial de una y dos semanas respectivamente.

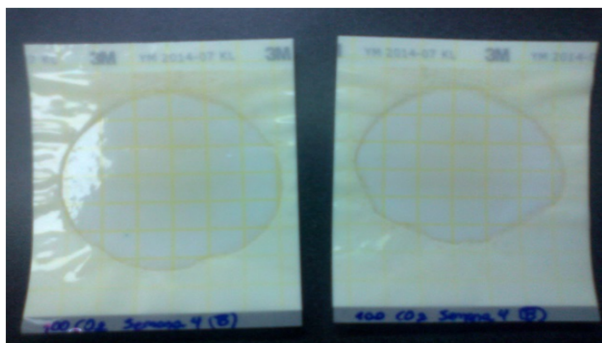


Figura 4: Petrifilm Semana 4 de 100 % CO₂.

Codificación	a	b	c
Atmósfera	AIRE	70/30	100
Juez 1	27	27	31
Juez 2	25	27	27
Σ	52	54	58

n.s. no significativo al 5 % de probabilidad por la prueba F.

Tabla 2: Evaluación sensorial de los tratamientos Aire-Semana 4, 70 % CO₂/30 % N₂-Semana 4 y 100 % CO₂-Semana 4

Codificación	a y b	a y c	b y c
Atmósfera	AIRE-70/30	AIRE-100	70/30-100
Diferencia J1	0	4	4
Diferencia J2	2	2	0
ΣD	2	6	4
ΣD^2	4	36	16
T	1,00	1,00	1,00
t crítico		12,71	

n.s. no significativo al 5 % de probabilidad por la prueba F.

Tabla 3: Diferencias obtenidas de los tratamientos Aire-Semana 4, 70 % CO₂/30 % N₂-Semana 4 y 100 % CO₂-Semana 4 y análisis por t de Student

Sin embargo, para las muestras almacenadas en aire y atmósferas modificadas con 70 % CO₂ y 30 % N₂, y 100 % CO₂, no se observó una diferencia significativa en las calificaciones obtenidas a lo largo de la primera, segunda y cuarta semana a pesar de que la tendencia de aceptación disminuía al pasar el tiempo como se observa en la Figura 5. Es decir que el producto se mantenía fresco conservando sus características organolépticas iniciales, muy importante para que el producto permanezca en percha por más tiempo y sea adquirido por el consumidor [20, 21].

Por lo tanto, estas muestras fueron analizadas utilizando las calificaciones obtenidas a la cuarta semana de almacenamiento (Tabla 2) por comparación pareada para encontrar el mayor tiempo de vida útil del producto. La Tabla 3 mostró que no existió diferencia significativa entre los tres tipos de atmósferas por lo que cualquiera de éstas sería una buena opción para el almacenamiento del producto a temperatura ambiente (15°C).

Sin embargo, se debe evaluar otros factores como rentabilidad, debido a que los tratamientos con 100 % CO₂ o 70 % CO₂/30 % N₂ implican una mayor inversión en la industria; recomendándose el almacenamiento en aire ya que mantiene las características organolépticas del producto de igual forma que lo hacen el uso de atmósferas modificadas. Un estudio realizado en galletas de dulce, con similar formulación a la planteada en este estudio, demostró que mantienen sus características organolépticas hasta 60 días después de su elaboración empleando fundas de polietileno de alta densidad, composición de la atmósfera a condiciones ambientales normales y temperatura ambiente [18] como se plantea finalmente en este estudio.

Conclusiones

No hubo diferencia significativa en las características físico-químicas analizadas (acidez, y pérdida de compuestos volátiles) entre los tratamientos, al variar tanto las atmósferas como el tiempo almacenamiento.

El análisis microbiológico mostró una tendencia al incremento en el recuento de mohos y levaduras conforme al paso de las semanas de almacenamiento, sin embargo no fue estadísticamente significativo. Se esperaría que al almacenarse por un periodo más prolongado existiera un crecimiento más significativo.

Por otro lado, el análisis sensorial mostró que el aire y atmósferas modificadas con 70 % CO₂ y 30 % N₂, y 100 % CO₂, no presentaron diferencia significativa en las calificaciones obtenidas a lo largo de la primera, segunda y cuarta semana, siendo todas las anteriormente mencionadas las de mejor conservación de las características sensoriales.

Considerando la menor inversión en la industria, el almacenamiento en aire durante 28 días a 15°C resultó ser el mejor según el alcance de esta investigación.

Agradecimientos

Al Departamento de Ingeniería de Alimentos de la Universidad San Francisco de Quito, por el uso de sus instalaciones, equipos, materiales y reactivos, además de la importante ayuda del personal docente y técnico para realizar la presente investigación.

A su vez, al Laboratorio de Microbiología por la prestación de materiales y reactivos, y la asesoría de sus asistentes.

Referencias

- [1] Sanguinetti, A.; Secchi, N.; Del Caro, S.; Stara, G.; Roggio, T.; Piga, A. 2009. "Effectiveness Of Active And Modified Atmosphere Packaging On Shelf Life Extension Of A Cheese Tart". *International Journal of Food Science and Technology*, 44(6):1192–1198.
- [2] Fik, M. 2004. "Bread staling and methods of prolonging its freshness". *Zywnosc. Nauka. Technologia. Jakosc.*, 2: 5–22.
- [3] Jakosc, Z. N. T. 2004. "Nuevo tratado de panificación y bollería". *AMV Ediciones: Madrid*: 346–347.
- [4] M., A. 2014. "Caracterización de diferentes productos de bollería industrial. II. Estudio de la micoflora". *Alimentaria*, 287:51–56.
- [5] Daniels, J.; Krishnamurthi, R.; S., R. 1985. "A review of effects of carbon dioxide on microbial growth and food quality". *Journal of Food Protection*, 48:532–537.
- [6] Ortola, C.; Santacreu, C. 1998. "Principios de aplicación del envasado en atmósfera modificada a los productos de panificación y bollería". *Alimentación, equipos y tecnología.*, 17(5):111–117.
- [7] Ellis, W.; Smith, J.; Simpson, B.; Khanizadeh, S.; Oldham, J. 1993. "Control of growth and aflatoxin production of *Aspergillus flavus* under modified atmosphere packaging (MAP) conditions". *Food Microbiology.*, 10(1):9–21.
- [8] Ellis, W.; Smith, J.; Simpson, B.; Ramaswamy, H.; Doyon, G. 1994. "Growth of and aflatoxin production by *Aspergillus flavus* in peanuts stored under modified atmosphere packaging (MAP) conditions". *International Journal of Food Microbiology*, 22(2-3):173–187.
- [9] Kotsianis, I.; Giannou, V.; Tzia, C. 2002. "Production and packaging of bakery products using". *Trends in Food Science & Technology*, 13:319–324.
- [10] Sanguinetti, A.; Secchi, N.; Del Caro, A.; Stara, G.; Roggio, T.; Piga, A. 2009. "Effectiveness of active and modified atmosphere packaging on shelf life extension of a cheese tart". *International Journal of Food Science and Technology.*, 44(6):1192–1198.
- [11] G&Cia. 2008. "Masa quebrada". *Enlace* : <http://www.gastronomiaycia.com/2008/08/17/masa-quebrada/>.
- [12] Instituto Ecuatoriano de Normalización. 1979. "Pan Común Requisitos NTE INEN 0095:79".
- [13] Instituto Ecuatoriano de Normalización. 2005. "Galletas. Requisitos. NTE INEN 2085:2005".
- [14] Sánchez, J. 2012. "Capítulo 9. Transformación de datos o cambios de escala". en "*Introducción al Diseño Experimental*". *Innovación Digital: Quito*.
- [15] Allen, J.; R., H. 1994. "Rancidity in Foods". *Springer-Verlag*.
- [16] Piergiovanni, L. 1997. "Minimizing the residual oxygen in modified atmosphere packaging of bakery products".
- [17] Zambiasi, R. 1999. "Storage stability of genetically modified canola oils". *Canberra, Australia: Proceedings of the 10th International Rapeseed Congress*.
- [18] Chirinos, C.; Chirinos, F.; Aricari, L. 2001. "Elaboración de galletas utilizando harinas sucedáneas obtenidas con productos de la región". *Revista Amazónica de investigación alimentaria.*, 1(1):43–48.
- [19] Vermeiren, L. 1999. *Trends in Food Science and Technology. "Developments in the active packaging of foods"*, 10(3):77–86.
- [20] Van Trijp, H.; Schifferstein, H. 1995. "Sensory analysis in marketing practice: comparison and integration". *Journal of Sensory Studies.*, 10(2):127–147.
- [21] Rodriguez, S.; Qüesta, A. "Evaluación sensorial de vegetales frescos y mínimamente procesados". *Universidad Nacional de Santiago del Estero*. <http://www.fcrai.uncu.edu.ar/upload/29atc-rodriuez-unse.pdf>.