


Original

Evolución de la calidad nutritiva en almacenamiento frigorífico de dos variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.)

Evolution of the nutritional quality in refrigerator storage of two potato variety (*Solanum tuberosum* L.)

Melquiades Ramos Escalona. Doctor en Ciencias Técnicas Agropecuarias. Profesor Auxiliar. Departamento de Química, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Granma, Bayamo, Granma, Cuba. [mramose@udg.co.cu] .

Alejandro Alarcón Zayas. Doctor en Ciencias Técnicas Agropecuarias. Profesor Titular. Departamento de Química, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Granma, Bayamo, Granma, Cuba. [aalarconz@udg.co.cu] .

Recibido: 4 de septiembre | **Aceptado:** 3 de febrero

Resumen

El presente trabajo investigativo se desarrolló en el periodo comprendido de enero a marzo/2018 en el frigorífico de Bayamo, Granma, Cuba, con el objetivo de evaluar el comportamiento de la evolución de la calidad nutritiva de diferentes indicadores químicos (contenido de humedad, sólidos solubles totales, almidón, proteínas, vitamina C y cenizas) de dos variedades de patata Spunta y Romano, a lo largo del almacenamiento frigorífico. Se realizaron determinaciones de los diferentes indicadores químicos al inicio y a 60 días del almacenamiento, tomando al azar treinta tubérculos del conjunto de 150 para cada variedad y tiempo de almacenamiento. Se aplicaron técnicas multivariantes para evaluar el seguimiento en almacenamiento de las dos variedades y establecer el comportamiento diferencial de ambas. La variedad Spunta mostró una variación significativa de la mayoría de estos indicadores químicos, lográndose un incremento en los azúcares reductores (0,24-0,33 %) y una disminución en el contenido de humedad (74,21-68,41 %), almidón (21,68-16,33 %) y vitamina C (18,4-11,65 mg/100 g-1MF). En la variedad Romano, se producen disminuciones significativas en el contenido de humedad (70,74-65,70 %). No se produjeron variaciones significativas en los contenidos de proteínas, sólidos solubles totales y ceniza para ambas variedades.

Palabras claves: indicadores químicos; calidad; patata; almacenamiento frigorífico

Abstract

The present investigating work developed during January to March/2018 in Cold Room Storage belong to Bayamo, Granma, Cuba with the objective to evaluate on evolution behavior of the nutritious quality of different chemical indicators (humidity contents, total soluble solids, starch,

proteins, vitamin C and ashes) from two potato varieties Spunta and Romano a long of the refrigerating storage was carried out. The determinations of the different chemical indicators were developed to the start and 60 days of storage, taking at random from thirty tubers of the set of 150 for each variety and storage time. Multivariants techniques were applied to evaluate the tracking in storage of the two varieties and to establish the both differential behavior. The Spunta variety showed a significant variation in the majority of these chemicals indicators, with an increment in reducing sugar (0,24-0,33 %) and decreasing the humidity content (74,21-68,41 %), starch (21,68-16,33 %) and vitamin C (18,40-11,65 mg100 g-1MF). In the Roman variety, they produce sensible decreases in the humidity content (70,74-65,70 %). They did not produce significant variations in the proteins content, total soluble solids and ash for both varieties.

Keywords: chemical indicators; quality; potato; refrigerating storage

Introducción

La patata (*Solanum tuberosum*) es uno de los cultivos alimentarios más valiosos para la humanidad, la cual ocupa un rango ecogeográfico muy amplio, Jerez, Martín, Morales y Reynaldo (2017), constituyendo el cuarto más importante en el mundo, superado solamente por el arroz, el trigo y el maíz, De Almeida, Torres de la Noval, Cabrera, Arzuaga y Sánchez (2018). En Cuba, se considera uno de los tubérculos más importante con gran demanda por la población por sus aportes nutricionales (Díaz, Liriano y Abreu, 2019).

Durante el almacenamiento frigorífico, la composición química del tubérculo de la patata puede variar en dependencia de las condiciones ambientales, la variedad y su calidad nutricional, la cual está determinada por la combinación de varios factores fisicoquímicos y nutricionales por ser una fuente de carbohidratos, proteínas, vitaminas (B6, B3 y C) y minerales (potasio, fósforo y magnesio) Gutiérrez, Vuorinen, Kallio, y Yang (2018) Por lo que el objetivo del trabajo es evaluar el comportamiento de la evolución de diferentes indicadores químicos (contenido de humedad, sólidos solubles totales, almidón, proteínas, vitamina C y cenizas) en la calidad de dos variedades de papa, a lo largo del almacenamiento frigorífico.

Población y Muestra

Localización del experimento y condiciones experimentales

Este trabajo se llevó a cabo en el periodo comprendido de enero a marzo/2018 en el frigorífico Bayamo, Granma, Cuba, a temperaturas de 5 a 7 °C y humedad relativa del 90 % durante 60 días, con el propósito de mantener condiciones óptimas de la actividad interna del tubérculo.

Se emplearon tubérculos de las variedades comerciales de patata: Spunta y Romano, que se colocaron en 36 sacos de dos palets cada uno, los cuales se dividieron en tres capas (inferior,

intermedia y superior), constituyendo estas, las tres réplicas por tratamiento que se ubicaron sobre un diseño estratificado completamente aleatorizado. Se tomaron cinco sacos por réplicas y 10 patatas por cada saco de los bordes y del centro, las cuales se distribuyeron de forma homogénea para tener una muestra representativa de 150 patatas para cada variedad.

Materiales y métodos

Para la evaluación de la calidad, se tomaron al azar, treinta tubérculos del conjunto de 150 de cada variedad y tiempo de almacenamiento, los cuales fueron llevados inmediatamente al laboratorio de Bioquímica de la Universidad de Granma y se evaluaron los siguientes indicadores químicos: contenido de humedad, sólidos solubles totales, almidón, proteínas, vitamina C y cenizas, según los procedimientos y metodologías orientadas por la Association of Official Agricultural Chemists (2012).

- Contenido de humedad: se determinó por el método de gravimetría por volatilización, colocando las muestras en un horno estufa a temperatura de 105 °C durante 72 horas hasta peso constante y por diferencia de peso entre la muestra humedad y seca se determinó el porcentaje humedad.

A partir de las muestras secas de patatas se determinaron los contenidos de proteínas y cenizas:

- Proteínas: se cuantificaron por el método de Kjeldhal, mediante la digestión húmeda de la muestra seca con H_2SO_4 concentrado con un 98 % de pureza mediante calentamiento a temperatura entre 350-380 °C, hasta que el líquido toma una coloración de color verde-azul claro a totalmente transparente, usando un catalizador de selenio, de forma tal que el nitrógeno orgánico se transforme a sulfato de amonio. Posteriormente, a la muestra digerida con las sales amoniacaes se le añade una solución de NaOH al 40 % y luego se somete a un proceso de destilación, el amoníaco liberado se recoge en un Erlenmeyer que contiene una solución de ácido bórico al 4 % con el indicador rojo de metilo y se realiza la valoración con HCl (ácido fuerte) de concentración conocida. El contenido total de proteínas en porciento se puede obtener multiplicando el porcentaje de nitrógeno total por el factor 6,25.
- Cenizas: se determinaron mediante el método de calcinación, colocando las muestras en una mufla Heron 12-PR/300, a 550 °C durante 24 horas mediante el método seco propuesto por Ismail (2017).

Para la determinación de los restantes indicadores químicos de la calidad, se tomaron seis tubérculos por variedad a partir de los cuales se pesaron 30 g, se colocaron en un mortero y se

tritularon bien, el macerado se utilizó para cuantificar: sólidos solubles totales, almidón y azúcares reductores.

- Sólidos Solubles Totales: se determinaron por el método refractométrico, utilizando un refractómetro digital de mesa modelo “WYA-2S” de procedencia China con una precisión de $\pm 0,1$ °Brix y se expresaron en °Brix.
- Contenido de almidón: se determinó por el método polarimétrico, utilizando un polarímetro manual modelo “WXG-4” de procedencia China, realizando la determinación del poder rotatorio de dos soluciones. En la primera solución, la muestra se trata en caliente con ácido clorhídrico diluido, previa desecación y filtración. En la segunda, la muestra se extrae con etanol al 40 %, acidificación del filtrado con ácido clorhídrico, desecación y filtración. El porcentaje de almidón de la muestra se determina por la diferencia entre ambas mediciones y multiplicadas por el factor +185,4°.
- Azúcares reductores: se cuantificaron mediante la técnica colorimétrica de Nelson y Ting, utilizando una solución patrón de glucosa con una concentración de 300 $\mu\text{g mL}^{-1}$, a partir de la cual se prepararon soluciones de concentraciones: 300, 150, 75 y 30 $\mu\text{g mL}^{-1}$. La solución muestra se preparó, realizando una dilución del jugo extraído anteriormente de la muestra (1:49) y de este se toman 5 mL y se añaden a un matraz volumétrico de 250 mL, del cual se tomó 1mL para desarrollar el color de la misma forma que la serie de patrones. Para desarrollar el color tanto de las soluciones patrones como de la solución muestra, se utilizó 1 mL del reactivo de Somogyi-Nelson en medio alcalino y 1 mL de arsenomolibdato y los valores de absorbancia se determinaron en un espectrofotómetro UV-visible modelo ZUZI-4200 de procedencia Alemana a una longitud de onda de 520 nm.
- Vitamina C: se determinó por el método volumétrico de oxidación-reducción, mediante extracción con una disolución de ácido acético-ácido metafosfórico, usando el 2,6-diclofenolindofenol como agente valorante hasta la aparición de un color rosado y se expresó en mg 100 g⁻¹ MF.

A los datos experimentales se les verificó la normalidad por la prueba estadística de Kolmogorov-Smirnov y la homogeneidad de varianza por la prueba de Bartlett y se procesaron estadísticamente mediante un análisis de varianza de comparación doble y comparación múltiple de medias por la prueba paramétrica de Tukey, a una probabilidad de error al 5 % ($p \leq 0,05$), empleando el paquete estadístico STATISTICA para Windows, versión 7.0. El análisis

estadístico de los indicadores expresados en porcentajes se realizó mediante la transformación (donde p =porcentaje). Se realizaron análisis de componentes principales, basados en una matriz de distancia euclidiana y de correlación de las variables con dichos componentes principales.

Análisis de los resultados

Comportamiento de los indicadores químicos al inicio del almacenamiento frigorífico

En la Tabla 1 se muestra el comportamiento de los indicadores químicos evaluados al inicio (0 días) del almacenamiento frigorífico a temperaturas entre 5 y 7 °C, donde se observa que los tubérculos de patata contienen como promedio un 80 % de agua y un 20 % de sólidos totales (expresados en carbohidratos, proteínas, lípidos, vitaminas y minerales), lo que indica que los tubérculos de este cultivo contienen un alto valor nutritivo, aspecto que coincide con lo planteado por (Moreno, Andrade, Oña, Llumiquinga, y Comellón, 2015).

Variedad	Humedad (%)	SST (%)	Almidón (%)	AR (%)	Proteínas (%)	Vit C (mg 100g ⁻¹ MF)	Cenizas (%)
Romano	70,74	22,93	17,51	0,24	2,65	12,68	1,21
Spunta	74,21	19,23	21,68	0,18	1,97	18,40	1,10
SE	0,79	0,84	0,94	0,014	0,15	1,28	0,04
CV (%)	2,66	9,72	11,74	16,19	16,02	20,14	0,05
	*	*	*	*	*	*	*

SST- Sólidos Solubles Totales. AR- Azúcares reductores. * Significación al 5 % en un análisis de varianza.

Tabla 1. Caracterización química de las variedades de patata Romano y Spunta al inicio de la conservación (0 días).

La caracterización química de los tubérculos de las dos variedades estudiadas al inicio del almacenamiento, presentó diferencias significativas en todos los indicadores evaluados.

Estas variaciones en las cualidades nutricionales podrían estar relacionadas con la variedad, calidad de suelo, prácticas de cultivo y condiciones agroecológicas propias de la naturaleza del cultivo (Moreno et al., 2015).

De las variedades estudiadas, la que presenta significativamente mayor contenido de humedad es la Spunta (74,2 %), por lo que se deduce que es la menos nutritiva, aunque dispone de una calidad significativamente mayor en cuanto al contenido de almidón y vitamina C, superando las cualidades de la variedad Romano.

La variedad Romano es la que presenta significativamente mayor contenido de sólidos solubles totales, azúcares reductores, proteínas y cenizas, lo que le confiere un alto valor nutritivo y buena calidad para el consumo.

Evolución de los indicadores químicos de la calidad de la patata a los 60 días de almacenamiento frigorífico

La evolución de los indicadores químicos de la calidad de ambas variedades de patata a los 60 días durante el almacenamiento frigorífico se refleja en la Tabla 2, donde se observa que existe diferencia significativa entre las dos variedades estudiadas y el tiempo de almacenamiento en la mayoría de los indicadores evaluados, con excepción del contenido de cenizas, que solo difiere entre variedades.

Variedad	Humedad (%)	SST (%)	Almidón (%)	AR (%)	Proteínas (%)	Vit C (mg 100g ⁻¹ MF)	Cenizas (%)
Romano	65,70	21,14	13,28	0,34	2,48	8,49	1,24
Spunta	68,41	18,68	16,33	0,33	1,88	11,65	1,13
SE	0,67	0,56	0,71	0,008	0,13	0,71	0,025
CV (%)	2,44	6,83	11,63	6,36	15,13	17,18	5,21
	*	*	*	*	*	*	*

SST- Sólidos Solubles Totales. AR- Azúcares reductores. * Significación al 5 % en un análisis de varianza.

Tabla 2. Evolución de los indicadores químicos de la calidad de la patata a los 60 días de almacenamiento frigorífico

La variedad Spunta mostró una variación significativa de la mayoría de estos indicadores químicos, lográndose un incremento en los azúcares reductores (0,24-0,34 %) y una disminución en el contenido de humedad (74,21-68,41 %), almidón (21,68-16,33 %) y vitamina C (184-11,65 mg100 g-1MF). En la variedad Romano, se producen disminuciones significativas solamente en el contenido de humedad (70,74-65,70 %). Es importante señalar que para ambas variedades, no se produjeron variaciones significativas en los contenidos de proteínas, sólidos solubles totales y ceniza.

El análisis de varianza de los indicadores químicos de la calidad se muestra en la Tabla 3, donde se observa que el contenido de humedad, almidón y vitamina C estuvieron significativamente afectados tanto por la variedad como por el tiempo de almacenamiento. De este análisis se deduce además, que el contenido en Vitamina C es mucho más variable que el contenido de humedad para ambas variedades.

Factor	F de Fisher nivel de significación						
Variedad	Humedad (%)	SST (%)	Almidón (%)	AR (%)	Proteínas (%)	Vit C (mg 100 g ⁻¹ MF)	Cenizas (%)
Tiempo	63,7*	11,3*	55,3*	32,0*	14,7*	40,8*	2,0 NS
Variedad	91,0*	214,1*	144,1*	18,3*	903,4*	113,9*	82,6*

SST- Sólidos Solubles Totales. AR- Azúcares reductores. * Significación al 5 % en un análisis de varianza.

Tabla 3. Análisis de varianza para cada uno de los indicadores químicos evaluados

Estos resultados están en correspondencia con lo planteado por Granitto (2017), el cual afirma que las patatas sufren pérdida de peso y agua por evaporación y transpiración durante el almacenamiento, las cuales dependen de diferentes factores tales como: temperatura, humedad relativa, grado de suberización de la piel, producción de calor, número de tubérculos sanos y sin brotar.

Los restantes parámetros de la calidad: proteínas (%), los sólidos solubles totales (°Brix) y cenizas (%) están fundamentalmente afectadas tanto por la variedad como por el tiempo de almacenamiento. Las mayores diferencias entre variedades se deben al contenido de proteínas y la disminución significativa de este nutriente podría estar relacionado al tiempo de almacenamiento de los tubérculos, los cuales comienzan a sintetizar proteínas y su mayor concentración se obtiene al salir del período de reposo (Inostroza y Méndez, 2011).

En el análisis de varianza se demostró que los azúcares reductores constituyen el parámetro nutritivo que más se ve afectado por el tiempo de almacenamiento y la variedad, no existiendo grandes diferencias en relación con este indicador, ya que estos compuestos orgánicos son sintetizados a partir de la degradación del almidón, y su contenido aumenta al almacenarlos a temperaturas inferiores a 10 °C (Morillo, 2018).

Según Chacha (2012), la vitamina C es un derivado de los hidratos de carbono, que se encuentra principalmente en frutas, vegetales frescos y cereales. Siendo la vitamina más inestable y la más reactiva, ya que se oxida en ácido L-dehidroascórbico (DHAA), el cual es inestable debido a la sensibilidad a la hidrólisis irreversible del enlace de lactona formando ácido 2,3-dicetogulónico, responsable de la pérdida de la actividad vitamínica. Asimismo, Badui, (2013) reporta que, durante el almacenamiento el mecanismo predominante de pérdida de ácido ascórbico es debido a la catálisis de trazas de metales.

Saci y Hayette (2015), confirman que bajo cualquier condición de almacenaje, el contenido de Vitamina C disminuye durante el primer mes de almacenamiento ya que es la más afectada por

factores como la temperatura y el tiempo de almacenamiento. No obstante, se ha demostrado en trabajos desarrollados por Brito, Villacrés, y Vaillant, (2014), que el contenido de esta vitamina puede disminuir por el efecto de otros factores tales como: acción de la luz, concentración de enzimas, carotenos y contenido de agua, los que facilitan su degradación por oxidación.

Análisis multivariante

Para determinar el comportamiento de los indicadores químicos durante el almacenamiento se realizó un análisis factorial multivariado de componentes principales sobre las variables químicas centradas y reducidas (media 0 y varianza 1), procedimiento que elimina el efecto de la magnitud. Este procedimiento permite reducir el número de variables sin reducir la calidad de información.

Cada componente principal es una combinación lineal de las variables originales que retiene una porción de la varianza inicial definida por su autovalor; así, un factor con un autovalor de cinco explica el equivalente a cinco variables originales, si estas han sido normalizadas previamente. En este caso 4,9 (70,1 %) y 1,75 (25,8 %) para el primero y segundo factor, respectivamente (Tabla 4).

	Valores propios	varianza total (%)	varianza acumulada (0/1)	varianza acumulada (%)
Factor 1	4,9	70,1	4,9	70,1
Factor 2	1,8	25,8	6,7	95,9
Factor 3	0,16	2,3	6,9	98,2

Tabla 4. Valores propios asociados a los tres primeros componentes principales

Las variables originales pueden representarse en relación con los nuevos componentes principales y en este caso, cuanto más cercana se encuentra una variable respecto al perímetro del círculo de correlación, mejor representada está en dicho plano factorial (Figura 1). En este caso, todas las variables están bien representadas, no en vano el plano explica el 6,75 de 7 de la varianza original (95,9 %).

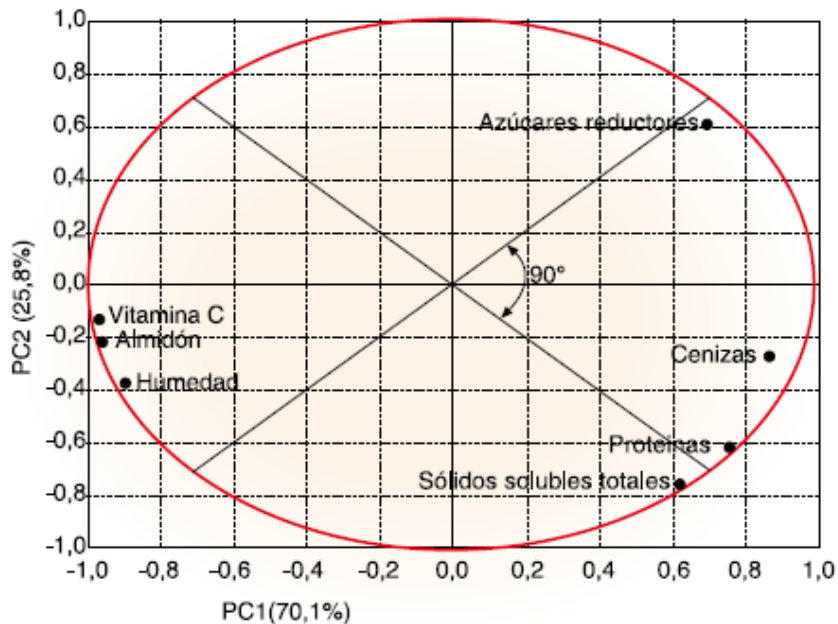


Figura 1: Círculo de correlaciones de las variables originales con los componentes principales (PC1 y PC2).

Un aspecto especialmente interesante es la ortogonalidad que se observa entre los azúcares reductores con las proteínas y los sólidos solubles totales, ambos grupos no están relacionados entre sí. Sin embargo, la variable que mejor representa el almacenamiento son los azúcares reductores, y los peores son los sólidos solubles y las proteínas (perpendiculares a la anterior). El contenido en humedad, almidón y vitamina C (alineados con el primer componente principal) reflejan de, forma combinada, variedad y almacenamiento.

Conclusiones

1. La variedad Spunta presentó los mejores indicadores químicos (mayor valor nutritivo) de la calidad y mostró altos índices de conservación a temperaturas entre 5 °C y 7 °C y humedad relativa del 90 %.
2. Con el incremento del tiempo de almacenamiento se produce una variación del contenido de los indicadores químicos evaluados, con excepción de las cenizas, lográndose una disminución significativa en los contenidos de almidón y vitamina C, así como el incremento de los azúcares reductores.

Referencias Bibliográficas

- Association of Official Agricultural Chemists (AOAC). (2012). In: Hortwitz, W., Latimer, G.W. (ed.): *Official Methods of Analysis*, 18th Ed. Gaithersburg, Maryland, USA.
- Badui, S. (2013). *Química de los Alimentos* (5ta Ed.). México: PEARSON.

- Brito, B., Villacrés, E., & Vaillant, F. (2014). *Physalis peruviana L. Fruta andina para el mundo*
Capítulo: Alternativas competitivas de transformación para la valoración de producción de
Physalis peruviana L. para los países andinos. Tesis de Maestría, Escuela Politécnica
Nacional, Departamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología, Quito, Ecuador.
- Chacha, G. (2012). *Estudio del proceso de rehidratación a partir de frutilla (Fragaria vesca)*
deshidratada. Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo,
Riobamba- Ecuador.
- De Almeida, F.M., Torres de la Noval, W., Cabrera-Rodríguez, J.A., Arzuaga, P., & Sánchez, J.
(2018). *Crecimiento de plantas de papa (Solanum tuberosum L, cv Romano), en la*
provincia de Huambo, Angola, bajo dos densidades de plantación. *Cultivos Tropicales*,
39(3): 31-40.
- Díaz, H.J., Liriano, R., & Abreu, E. (2019). *Evaluación agronómica de fertilizantes de fórmula*
completa mezclados con zeolita natural en el cultivo de la papa (Solanum tuberosum L.).
Revista Centro Agrícola, 46(1): 24-30.
- Granitto, G. (2017). *Cultivo y manejo de la papa. Horticultura y floricultura*. La Plata, Argentina.
- Gutiérrez-Quequezana, L., Vuorinen-Anssi, L., Kallio, H., & Yang, B. (2018) *Improved analysis*
of anthocyanins and vitamin C in blue-purple potato cultivars. *Food Chemistry*, 242: 217-
224.
- Inostroza, J., & Méndez, P. (2011). *Almacenaje de la papa*. Instituto de Investigaciones
Agropecuarias (INIA).
- Ismail, B.P. (2017). *Ash Content Determination*. In: *Food Analysis Laboratory Manual*. Food
Science Text Series. Springer, Cham. USA.
- Jerez-Mompie, E., Martín-Martín, R., Morales-Guevara, D., & Reynaldo- Escobar, I. (2017).
Efecto de oligosacarinas en el comportamiento de la papa (Solanum tuberosum L.)
variedad Romano. *Cultivos Tropicales*, 38(1):. 68-74.
- Moreno, C., Andrade, M.J., Oña, G., Llumiquinga, T., & Comellón, A. (2015). *Efecto de la*
cocción sobre la composición química y capacidad antioxidante de papas (Solanum
tuberosum L.) nativas del Ecuador. *Ecuador es Calidad*, 2(2):8-12.
- Morillo, F.E. (2018). *Comportamiento poscosecha de tres Variedades de papa (Solanum*
tuberosum L.) en dos condiciones de almacenamiento. Tesis previa a la obtención del
título de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Técnica del Norte. Facultad de Ingeniería
en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Ibarra, Ecuador.

- Ñústez, C., Tinjacá, S., & Cortes, J. (2012). *Endulzamiento de genotipos de papa (S. phureja) en dos ambientes de almacenamiento*. XXV Congreso de la asociación Latinoamericana de la papa ALAP-ENB. 17-20 p.
- Saci, F. & Hayette, L. (2015). *Effect of Storage on the Nutritional Quality, Carotenoid and Ascorbic Acid Contents of Two Commercial Beverages*. International Journal of Chemical and Biomolecular Science, 2(2):49.