

EFFECTOS DEL ALMACENAMIENTO Y DE LA COCCIÓN SOBRE EL CONTENIDO DE GLICOALCALOIDES EN PAPA (*Solanum tuberosum*)

HECTOR VILLA MARIN *
JAIRO RESTREPO MERINO *

RESUMEN

*Los glicoalcaloides son O-glicósidos derivados de alcaloides 3 hidroxí-esteroides. Son bases débiles, ligeramente solubles en agua, solubles en ácidos débiles y alcoholes acidificados. Los que se encuentran en la papa (*Solanum tuberosum*) son α -solanina y α -chaconina.*

A partir de ciertas concentraciones pueden manifestarse como mutagénicos, teratogénicos y carcinogénicos. Valores superiores a 10 mg/100g de tubérculo fresco imparten un sabor amargo. Contenidos de 20 mg/100g o más, dan sensación de quemadura. Se han reportado muertes a niveles de 30 mg/100g. Se estudiaron los efectos del almacenamiento y de la cocción sobre el contenido de glicoalcaloides totales (cuantitativo) y el sabor amargo (cualitativo), en las dos variedades de papa de mayor consumo en Antioquia: ICA puracé y DIACOL capiro, bajo las condiciones de temperatura 16 y 21.5 °C.

Los contenidos de glicoalcaloides totales fueron: 1.5 mg/100g en el tubérculo fresco variedad DIACOL capiro y 2.6 mg/100g para la variedad ICA puracé. Al pasar de 15 a 30 días el almacenamiento de las dos variedades a ambas temperaturas, se incrementaron los glicoalcaloides totales. No obstante, estos valores están por debajo de los niveles que inciden en el sabor amargo y más distantes aún de los considerados tóxicos. Con respecto a la cocción, hubo una clara reducción en el contenido de los glicoalcaloides. Para

* Profesores Asociados. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia, Seccional Medellín. Apartado Aéreo 3840.

la variedad ICA puracé, hubo menores niveles de glicoalcaloides a la temperatura 21.5 °C, pero la variedad DIACOL capiro no mostró esa diferencia.

Palabras claves: Fitoalexinas, glicoalcaloides, papa, solanina, teratógenos.

ABSTRACT

EFFECTS OF STORAGE AND COOKING ON THE GLYCOALKALOIDS CONTENT IN POTATO (*Solanum tuberosum*)

Glycoalkaloids are O-glycosides 3 hydroxiesteroidal derivatives. They are weakly basic substances, readily soluble in weak acids and acidified alcohols and only slightly soluble in water. The major glycoalkaloids in most cultivated potato (*Solanum tuberosum*), species are α -solanine and α -chaconine. Over certain concentrations, the glycoalkaloids may show teratogenic, mutagenic and carcinogenic properties. Values over 10 mg/100g of raw tubers can impart a bitter flavor. 20 mg/100g or more of fresh potato would produce burning sensation. Cases of death with levels of 30 mg/100g have been reported.

In this paper are studied the effects of storage and the cooking on the glycoalkaloids content (quantitative) and the bitter flavor (qualitative) into the two potato varieties of major consumption in the human diet in Antioquia: ICA puracé and DIACOL capiro, under the temperature conditions 16 °C and 21.5 °C.

The total glycoalkaloids content were: 1.5 mg/100g into the fresh tuber DIACOL capiro variety and 2.6 mg/100g for the ICA puracé variety. In going to 15-30 days of the storage of the two varieties with both temperature conditions, the total glycoalkaloids increased. However, the values are under the levels that have bitter action and they are even far from the toxic concentrations. About the cooking, it was a noticeable reduction in the glycoalkaloids contents. For the ICA puracé variety, the glycoalkaloids levels were lower at the temperature of 16 °C than that of 21.5 °C, but DIACOL capiro variety didn't show that difference.

Key words: Phytoalexins, glycoalkaloids, potato, solanine, teratogens.

INTRODUCCION

Los glicoalcaloides son compuestos de tipo esteroide que se encuentran en los tubérculos de papa. A partir de ciertas concentraciones afectan la calidad del producto en cuanto a características organolépticas y de salud para los consumidores, llegando inclusive a ser teratogénicos, carcinogénicos y mutagénicos, debido a los daños que pueden ocasionar en el DNA (Brown y Keeler 1978).

En varios reportes de otros países (Kuc 1984, Munshi y Mondy 1988), se informa que algunos autores han logrado establecer correlaciones significativas entre los niveles de glicoalcaloides totales y las características organolépticas de variedades de papa producidas en sus áreas agrícolas.

En Colombia existen restricciones en cuanto a las fuentes alimenticias para humanos, lo cual conlleva la utilización amplia de la papa como artículo de consumo diario obligado para niños, ancianos y mujeres embarazadas. La papa cocida y la papita frita son dos formas de presentación del alimento para consumo rápido y de utilización masiva en nuestro medio.

La literatura refiere cambios en los contenidos de glicoalcaloides totales por diversas formas y tiempos de almacenamiento, incluyendo daños mecánicos de índole variada.

El método de análisis químico desarrollado en este trabajo es efectuar determinaciones cuantitativas de glicoalcaloides totales en dos variedades de papa autóctonas, ICA puracé y DIACOL capiro, procedentes del municipio de La Unión y sujetas a almacenamiento bajo dos condiciones de temperatura: 16°C y 21,5°C. Con las determinaciones citadas se busca relacionar el contenido de glicoalcaloides con los factores sabor amargo y modalidad de tiempo de almacenamiento y escaldado para dos condiciones de temperatura.

REVISION DE LITERATURA

Naturaleza de los glicoalcaloides y factores que los incrementan

Los glicoalcaloides son O-glicósidos derivados de alcaloides 3 hidroxisteroides. Son bases débiles, ligeramente solubles en agua, solubles en ácidos débiles y alcoholes acidificados.

Los principales glicoalcaloides en especies de papa cultivadas (Woolfe 1987) son α solanina y α chaconina. En ambas, la aglicona es el alcaloide solanidina, pero difieren en que la primera posee solatriosa y la segunda chacotriosa. La solatriosa se forma por unión de glucosa y rhamnosa a galactosa, en tanto que la chacotriosa surge de la unión de dos unidades de rhamnosa a una de glucosa (Woolfe 1987, Tingey 1984). Los glicoalcaloides se consideran fitoalexinas, es decir, compuestos que se forman antes de la infección por un patógeno y contribuyen a impedir que éste se propague en el tubérculo (Sizer 1980, Gregory 1984), en las variedades comerciales.

Entre los factores ambientales que pueden incrementar los niveles de glicoalcaloides están: la exposición a la luz ultravioleta, el almacenamiento, incluso al oscuro o a baja temperatura, y el daño mecánico. Obviamente, la luz y las altas temperaturas los incrementan bastante (Sizer 1980).

Las mayores concentraciones de glicoalcaloides se acumulan en la piel (3 mm externos) y en los brotes (Sizer 1980) y otros tejidos de alta actividad metabólica (Mondy 1983).

Las papas peladas tienen menos cantidad de glicoalcaloides puesto que hasta el 60% de éstos se remueve por el pelado.

El almacenamiento prolongado hace que los glicoalcaloides penetren más al centro del tubérculo (Woolfe 1987)

Las temperaturas bajas de almacenamiento causan menor incremento que las altas, aunque los reportes de unos pocos casos señalan lo contrario. El contenido de glicoalcaloides es mayor en papas cultivadas en regiones de clima cálido que en las montañosas. La exposición de los tubérculos a la luz los vuelve verdes por síntesis de clorofila. Mucha gente asocia el enverdecimiento con el sabor amargo, sabor éste que resulta del incremento en el contenido de glicoalcaloides. Existe estrecha relación entre la síntesis de clorofila y la de glicoalcaloides (Woolfe 1987).

La luz del sol y la luz artificial aumentan bastante la clorofila y los glicoalcaloides antes y después de la cosecha. El cultivo inadecuado que expone los tubérculos a la luz del sol o los que quedan al descubierto resultan de menor calidad debido al incremento en el contenido de glicoalcaloides.

El daño mecánico (cortado, pinchado, golpe por caída, martillado, cepillado) incrementa el contenido de glicoalcaloides, incluso

al oscuro (Wu y Salunke 1976) pero el incremento es mayor cuando el daño mecánico va seguido de iluminación o de alta temperatura durante el almacenamiento. La formación de glicoalcaloides se presenta en gran medida dentro de los 15 días después del daño, con poco incremento después de 30 días (Salunke 1972).

Los métodos de procesamiento pueden afectar el contenido de glicoalcaloides en los productos de papa. Sizer citado por Woolfe (1987) encontró que en las papitas fritas no quedan destruidos los glicoalcaloides, sino que se concentran aún más, si antes no se remueve la piel. Algunos reportes muestran reducción del contenido de glicoalcaloides por horneado usual y por fritura (Pon-nampalam 1983).

La papa normal cocida no tiene sabor (amargo, agrio, dulce o salado) pero si se somete a la luz, puede volverse amarga o dulce por inadecuado almacenamiento.

Concentraciones de glicoalcaloides de menos de 10 mg/100 g de tubérculo fresco son normalmente imperceptibles por el gusto. Valores superiores al anterior imparten al tubérculo un sabor amargo. Contenidos de 20 mg/100 g o más dan sensación inmediata de quemadura y, en general, se consideran peligrosos para el consumo humano. En efecto, a niveles de 30 mg/100 g o más, se han reportado casos de muertes (Sinden y Deahl 1976). En las papitas fritas la sal y el aceite pueden enmascarar el sabor amargo causado por altas concentraciones de glicoalcaloides (Woolfe 1987).

Sinden y Deahl (1976) utilizaron 13 clones de papa para evaluación de sabor amargo y sensaciones afines según el método de comparación pareada. Encontraron que la magnitud de las sensaciones de quemadura y amargura están altamente correlacionadas con el contenido de glicoalcaloides. De otra parte, observaron que los fenoles no contribuyeron al menos significativamente, al amargo, quemadura o astringencia.

Métodos de determinación de glicoalcaloides

Método de Sanford y Sinden: Combina los principales métodos clásicos. Se emplea sólo cuando hay solanidina. Es reproducible, pero requiere para la coloración reactivos desagradables y tóxicos. Además como método colorimétrico clásico, sólo detecta glicoalcaloides insaturados β 5. Tampoco detecta glicoalcaloides no precipitables por amoníaco.

Los métodos que implican cromatografía de capa fina son útiles en lo concerniente a la identificación cualitativa ya que la cuantificación es difícil.

La cromatografía de gases presenta complicaciones de tipo práctico, como por ejemplo, el operar con las columnas en el límite superior de su intervalo de temperatura.

El radio-inmunoanálisis (RIA) y el análisis con sorbente inmune ligado a enzima (ELISA) apelan el uso de compuestos radiactivos peligrosos o al empleo de antisueros específicos respectivamente (Coxon 1984).

El primer método de amplia cobertura para la determinación de glicoalcaloides fue reportado por Fitzpatrick y Osman (1974). El procedimiento involucra la extracción bisolvente de Wang (metanol: cloroformo), seguida de una adición de solución acuosa de sulfato de sodio para lograr la separación de las fases. Se toman alícuotas de la fase metanol acuoso que contiene los glicoalcaloides, se evaporan a sequedad y se pasa luego por hidrólisis a la aglicona. Se extrae ésta con benceno, se evapora el extracto y se recupera la aglicona con metanol anhidro. Se titula con una solución de azul de bromofenol disuelto en una mezcla de fenol-metanol (Fitzpatrick y Osman 1974).

Mackensie y Gregory (1978) con un método modificado de Fitzpatrick (1974) encontraron recuperaciones de solanina y tomatina del 73% y 78% respectivamente cuando el glicoalcaloide se agregó al extracto de papa.

Bushway *et al.* (1980) propusieron otra variante al método de Fitzpatrick eliminando la separación de fases y la hidrólisis de los glicoalcaloides. Speroni y Spell (1980) usaron ácido acético al 5% para la extracción y precipitaron los glicoalcaloides con amoníaco. Ambos métodos requieren el uso de oscilador ultrasónico.

MATERIALES Y METODOS

Materiales

Papas de las variedades DIACOL capiro e ICA puracé; bolsas negras de polietileno perforadas; embudos de filtración de vidrio

aglomerado; embudos de separación de 500 ml; vasos de precipitación de 50, 250 y 400 ml; cilindros graduados de 10, 50 y 100 ml; matraces volumétricos de 100, 250, 1.000 y 2.000; pipetas volumétricas y graduadas de 5, 10 y 25 ml; bureta de 10 ml graduada en centésimas de ml; erlenmeyers de 100 y 250 ml; vidrios de reloj; baños maría; espátulas; soporte universal; pinzas varias; balanza analítica y de plataforma; cuchillo; bomba de vacío o trompa de succión; estufa y plancha de calentamiento; extractor Soxhlet o extractor de fibra; solanina; metanol; cloroformo; benceno grado analítico; ácido sulfúrico; sulfato de sodio; hidróxido de sodio; fenol; azul de bromofenol; papel indicador y papel de filtro.

Métodos

Se tomaron 70 kilogramos de cada variedad de papa tamaño mediano a pequeño y al azar de varios productores. Se repartieron en 14 bolsas de polietileno perforadas; se dejaron seis bolsas, tres en un sitio y tres en otro en el municipio de La Unión, temperatura 1 (16°C) y seis bolsas en la ciudad de Medellín, temperatura 2 (21,5°C), con distribución similar. Las otras dos bolsas de cada variedad se llevaron inmediatamente al laboratorio para hacer las determinaciones. Estos análisis se realizaron entonces para cada variedad sobre muestras de 20 gramos obtenidas de:

- Las bolsas que contenían tubérculos recién cosechados.
- Las bolsas almacenadas a temperatura 1 y a temperatura 2, al término de 15 y 30 días.
- Tubérculos almacenados durante 30 días y escaldados inmediatamente antes de su análisis.

Paralelamente duplicados de las muestras analizadas se sometieron a cocción y posteriormente a evaluación organoléptica, con el fin de detectar posible sabor amargo (Sinden y Deahl 1976).

Para estudiar el efecto del calor mediante escaldado se escogió el último período de almacenamiento, dado que durante este tiempo los factores a los cuales quedan sometidos los tubérculos pueden incrementar los glicoalcaloides (Wu y Salunke 1976).

Los análisis químicos se hicieron siguiendo el método de Fitzpatrick y Osman, citados por Coxon (1984).

La visión general de la investigación se resume en la figura 1.

ESQUEMA GENERAL DE LA INVESTIGACION



FIGURA 1

Los procedimientos seguidos para la determinación cuantitativa del contenido de glicoalcaloides totales se muestran en la figura 2.

ANALISIS CUANTITATIVO DE GLICOALCALOIDES TOTALES

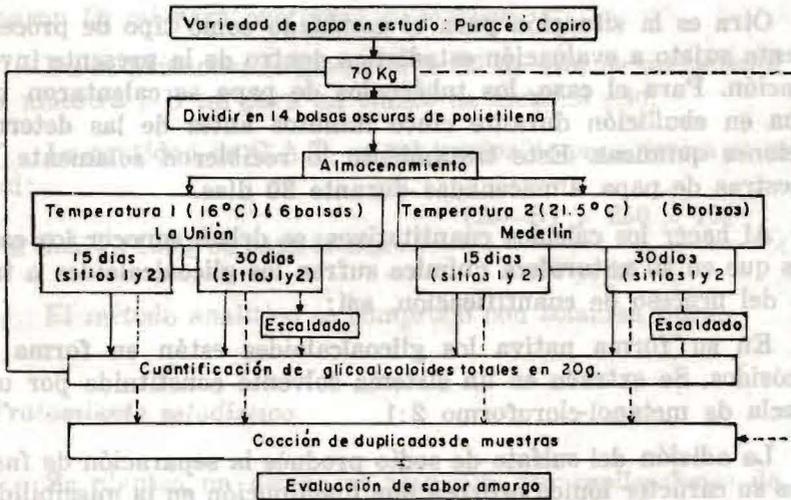


FIGURA 2

Para la elaboración de patrones de sabor amargo se escogió como testigo de nivel bajo un tubérculo de entre varios recién cosechados que tuviese el menor sabor amargo detectable. Esta condición se reprodujo con cinco gotas de un extracto patrón. Para definir los subsiguientes niveles (medio y alto), se estudió el mínimo número de gotas que pudieran representar una diferencia en intensidad de sabor con respecto al testigo anterior.

Se encontró que al agregar cinco nuevas gotas se podía tener un nuevo valor de referencia en la escala.

De esta manera quedaron establecidos los patrones de sabor nulo, bajo, medio y alto, correspondientes a cero, cinco, diez y quince gotas del extracto amargo respectivamente.

Nueve jueces asimilaron esta escala y después de probar las muestras las ordenaron.

Debe aclararse que para la evaluación organoléptica las muestras sufrieron un tratamiento de cocción hasta obtener la consistencia bajo la cual es costumbre consumir la papa cocida.

Otra es la situación para el escaldado como tipo de procesamiento sujeto a evaluación estadística dentro de la presente investigación. Para el caso, los tubérculos de papa se calentaron con agua en ebullición durante cinco minutos antes de las determinaciones químicas. Este tratamiento lo recibieron solamente las muestras de papa almacenadas durante 30 días.

Al hacer los cálculos cuantitativos, se deben conocer los cambios que en su naturaleza química sufren los glicoalcaloides a través del proceso de cuantificación, así:

En su forma nativa los glicoalcaloides están en forma de glicósidos. Se extraen en un sistema solvente constituido por una mezcla de metanol-cloroformo 2:1.

La adición del sulfato de sodio produce la separación de fases pues su carácter iónico provoca una disminución en la miscibilidad del cloroformo en el metanol. Los glicoalcaloides quedan así disueltos en la fase metanólica, dado que su carácter de glicósido favorece la disolución en los solventes más polares.

El residuo obtenido por evaporación del metanol se somete a hidrólisis ácida con el fin de liberar la aglicona, la cual se encuentra protonada en forma de sal no muy soluble en benceno.

La aglicona, alcalinizada a pH 10 que queda en su forma básica, se recupera con benceno. El exceso de hidróxido se elimina

por lavado y el agua se remueve por secado. Es necesario efectuar las anteriores operaciones puesto que los hidroxilos, aun los del agua, interfieren la titulación, la cual debe hacerse en medio no acuoso (metanol anhidro). El fenol con agua produce fenolato que tñe de azul al indicador (forma de base conjugada).

CALCULOS

La solanina, constituida por solanidina y solatriosa, tiene un peso mol de 870 g, o sea, 400 g + 470 g respectivamente.

El titulante azul de bromofenol 670 g/mol, 10^{-3} moles/litro (10^{-3} M). La solanina y el titulante reaccionan 1:1 moles, luego 1 ml de azul de bromofenol corresponde a 0,87 mg de solanina.

Durante el proceso se tomaron 20 g de muestra los cuales quedaron representados en 250 ml de metanol, pero de allí se tomaron 50 ml para continuar el análisis.

En la titulación se gastaron A ml de azul de bromofenol para la muestra y B ml para un blanco de metanol solo.

La cantidad de G.A.T. en tubérculos de papa fresca se calcula así:

$$\text{mg G.A.T./100 g de papa fresca} = \frac{(A-B) \times 250 \times 100}{50 \times 20} \times 0,87$$

El método analítico se comprobó con solanina pura.

Tratamiento estadístico

Se planteó un diseño al azar con dos replicaciones de cada tratamiento, en el cual se define como variable el contenido de glicoalcaloides totales, si bien se hicieron pruebas de degustación de sabor amargo como complemento de los resultados.

Se estudiaron dos condiciones de temperatura, t_1 (16°C) y t_2 (21,5°C) y tres modalidades: 15 días de almacenamiento, 30 días de almacenamiento y 30 días de almacenamiento seguido de escaldado.

El resultado es un factorial 3×2 o sea, seis tratamientos

con dos replicaciones, para un total de 12 unidades experimentales.

Los tratamientos se presentan a continuación: t_1m_1 , t_1m_2 , t_1m_3 , t_2m_1 , t_2m_2 y t_2m_3 donde t_1 es 16°C , t_2 es $21,5^\circ\text{C}$, m_1 , m_2 y m_3 corresponden a la medición de la variable a los 15 días de almacenamiento, a los 30 días de almacenamiento y a los 30 días de almacenamiento seguido de escaldado respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSION

Determinación de glicoalcaloides

En las tablas siguientes se presentan los contenidos de glicoalcaloides encontrados en las variedades de papa DIACOL capiro e ICA puracé.

TABLA 1. Contenido de glicoalcaloides totales, mg/100 g de tubérculo fresco, en la variedad Diacol capiro

<i>Tratamientos</i>	t_1m_1	t_1m_2	t_1m_3	t_2m_1	t_2m_2	t_2m_3
Replicación 1	2,0	3,5	1,3	2,0	2,4	0,65
Replicación 2	2,2	3,5	2,0	2,0	2,8	2,0

Realizando el análisis de varianza se encontró que de los tres efectos: temperatura, modalidad e interacción $T \times M$, solamente la modalidad resultó altamente significativa. Ni la temperatura ni la interacción fueron significativas.

Estudiando la interacción $T \times M$ se deduce que dentro de cada modalidad, el cambio de temperatura no hizo variar significativamente el contenido de glicoalcaloides. Esto quiere decir que el almacenamiento de papa capiro por 15 y 30 días, así como el escaldado hacen variar significativamente el contenido de glicoalcaloides totales. Como resultó significativo el efecto de la modalidad, se le hizo la prueba de Duncan y se hallaron diferencias significativas entre los niveles de glicoalcaloides al pasar de una a otra modalidad.

El efecto lineal no fue significativo y el cuadrático fue altamente significativo. En otras palabras, para una temperatura da-

da, al considerar las dos modalidades no hubo cambio en los glicoalcaloides.

De acuerdo con el efecto cuadrático, los cambios aunque no significativos entre los niveles de glicoalcaloides, no fueron constantes al considerar las modalidades.

TABLA 2. Contenido de glicoalcaloides totales. mg/100 g de tubérculo fresco, en la variedad Ica Puracé

Tratamientos	t_1m_1	t_1m_2	t_1m_3	t_2m_1	t_2m_2	t_2m_3
Replicación 1	2,6	3,5	1,1	2,8	3,5	3,0
Replicación 2	2,8	3,5	1,7	3,7	3,9	2,2

Realizando el análisis de varianza se encontró que de los tres efectos: temperatura, modalidad e interacción $T \times M$, la temperatura resultó significativa. La modalidad lo fue altamente significativa. La interacción $T \times M$ no fue significativa.

Para la interacción $T \times M$, se deduce que, independientemente de la modalidad, la papa variedad puracé modificó significativamente el contenido de glicoalcaloides cuando el almacenamiento se hizo a la temperatura de 16°C y de 21,5°C. Así mismo, almacenar la papa variedad puracé por 15 y 30 días, como escaldarla, afecta en forma altamente significativa su contenido de glicoalcaloides.

Como el efecto de la temperatura fue significativo y la modalidad fue altamente significativa, se les hizo la prueba de Duncan y se deduce que hay diferencias significativas en el contenido de glicoalcaloides totales de una a otra modalidad y de una a otra condición de temperatura. El efecto lineal lo fue significativo y el cuadrático altamente significativo.

En otras palabras, al considerar las modalidades para una temperatura dada hubo cambios en el contenido de glicoalcaloides según el efecto lineal. De acuerdo con el efecto cuadrático, los cambios entre los niveles de glicoalcaloides no son constantes.

Con respecto a la temperatura, queda claro que no se requiere estudiar los efectos lineal y cuadrático, ya que siendo solamente dos los valores no se pueden inferir tendencias.

Evaluación organoléptica

TABLA 3. Calificación del sabor amargo, promedio de nueve jueces para la variedad Diacol capiro

Tratamientos	t_1m_1	t_1m_2	t_1m_3	t_2m_1	t_2m_2	t_2m_3
Calificación promedio (escala 0 a 3)	1,7	1,3	1,1	1,1	1,4	0,9

Discusión

Los únicos parámetros considerados como respuesta fueron contenido de glicoalcaloides (cuantitativo) y sabor amargo (cualitativo). Para el almacenamiento se buscaron temperaturas representativas de sitios de producción y de consumo no extremas.

Los contenidos de glicoalcaloides totales hallados al hacer los análisis cuantitativos de las variables DIACOL capiro e ICA puracé, fueron de 1,5 y 2,6 mg/100 g de tubérculo fresco, respectivamente. Estos valores están muy por debajo de los niveles que según la literatura son los mínimos causantes de sabor amargo (10 mg/100 g) o peligrosos para consumo humano (20 mg/100 g).

Se esperaba que la respuesta de ambas variedades no fuera exactamente la misma por ser genéticamente diferentes. No obstante, debería ser baja, como en efecto se encontró, si se tiene presente que estas variedades son las de mayor consumo en nuestro medio y fueron el fruto de investigaciones de entidades como el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) cuyos objetivos van dirigidos a lograr un producto con buenas condiciones de gustosidad.

Al cambiar el tiempo de almacenamiento de los 15 a los 30 días tanto en la variedad DIACOL capiro como en la ICA puracé, se incrementaron los glicoalcaloides bajo ambas condiciones de temperatura.

Los incrementos no fueron de importancia en cuanto a su incidencia en el sabor como tampoco representan algún grado de peligro para la salud, debido a que se tomó el máximo de precauciones para evitar los factores que favorecen su incremento tales como luz solar o fluorescente, temperatura alta y daños. Por esto se empacaron los tubérculos en bolsas negras y se almacenaron en sitios frescos.

Hubo menores niveles de glicoalcaloides totales por almacenamiento a la temperatura t_1 (16°C, La Unión) que a la temperatura t_2 (21.5°C, Medellín) para la variedad ICA puracé, pero el contenido casi no afectó en el caso de la variedad DIACOL capiro. Este hecho se dio a pesar de que ambas variedades se manejaron en las mismas condiciones. Siendo ello así, es factible pensar que el origen de tal comportamiento sea genético.

Con respecto al proceso de escaldado, al comparar los tratamientos t_{1m_2} con t_{1m_3} y t_{2m_2} con t_{2m_3} se aprecia una clara reducción en el contenido de glicoalcaloides para ambas variedades. Podría decirse que tal disminución sería atribuible al incremento en el contenido de agua que el proceso de escaldado genera en los tubérculos. Tal caso daría lugar a que la cantidad de muestra tomada para el análisis tuviera una mayor proporción de agua que la que tiene la papa fresca. La situación que se presumía no se dio debido que al determinar en varias oportunidades las diferencias de peso de los tubérculos antes y después de ebullición, éstas se mantuvieron en aproximadamente 0,3%.

En concordancia con los resultados del presente trabajo, relativos al descenso del nivel de glicoalcaloides, Zaletskaya *et al.* (1977) citados por Woolfe (1987) encontraron que los tubérculos "Loshitskii" que contenían 31 mg/100 g con base en peso fresco bajaron 7 mg/100 g después de limpieza mecánica y ebullición.

Con fundamento en los hallazgos de Zitnak y Johnston (1970) en cuanto a que la temperatura de descomposición inicial de la solanina es 243°C, y el punto de fusión 285°C, parece improbable que los glicoalcaloides de la papa se destruyen por preparaciones caseras o por la mayoría de los tipos de procesamiento comercial.

Algunos autores como Bushway y Ponnampalam (1981), tienen la convicción de que el descenso en el nivel de glicoalcaloides por algunos de los tratamientos térmicos obedece simplemente a la dificultad de extraer estos compuestos, más que a una degradación.

Una explicación similar se podría dar a la disminución manifiesta del contenido de glicoalcaloides en papas DIACOL capiro e ICA puracé escaldadas, estudiadas en el presente trabajo.

Se planteó correlacionar el contenido de glicoalcaloides totales y el sabor amargo para observar si esta condición era o no atribuible a los niveles de tales compuestos.

Sinden *et al.* (1976) presentaron una tabla de glicoalcaloides y fenoles en relación con el sabor amargo. En ella se observa que cuando los niveles de glicoalcaloides están por debajo de 10 mg/100 g con base en peso fresco, prácticamente no inciden en el sabor amargo. Sin embargo, si éste se presenta es atribuible a los fenoles.

De otra parte, cuando los niveles de glicoalcaloides superan los 10 mg/100 g de peso fresco, estos compuestos son los responsables del sabor amargo.

Se presentaron a nueve jueces muestras de niveles bajo y medio dentro de las cuales el sabor amargo es debido no sólo a los glicoalcaloides sino también a los polifenoles de la papa. Se asignó igualmente un sabor amargo alto comparable al dado predominantemente por los glicoalcaloides. Los jueces dispusieron de muestras de papa exentas de los compuestos sometidos a evaluación, así como del carácter organoléptico que éstos le confieren. Los jueces casi en su totalidad centraron sus respuestas en las denominaciones de niveles bajo y medio.

En otras palabras, varias de las muestras no presentaron ningún sabor amargo y prácticamente la generalidad de ellas lo hicieron en un grado más bien leve en el cual los glicoalcaloides no constituyen un parámetro determinante. La calificación relativa promedio en escala de 0 a 3 fue de 1,38 para la variedad DIACOL capiro y de 1,47 para la ICA puracé, lo que indica claramente que les corresponde el nivel bajo de sabor amargo.

CONCLUSIONES

Los resultados promedios de los análisis cuantitativos de los glicoalcaloides totales fueron de 1,5 y 2,6 mg/100 g de tubérculo fresco para las variedades capiro y puracé, respectivamente.

Los incrementos en el contenido de glicoalcaloides totales en las variedades de papa estudiadas, al modificar el tiempo de almacenamiento de los 15 a los 30 días bajo cualquiera de las dos condiciones de temperatura estudiadas no fueron de importancia en cuanto a su incidencia en el sabor, como tampoco representa algún grado de peligro para la salud.

Hubo menores niveles de glicoalcaloides totales por almacenamiento a 16°C (municipio de La Unión) que a 21,5°C (Mede-

lín) para la variedad puracé, pero el contenido casi no se afectó en el caso de la variedad capiro.

Al someter los tubérculos de papa de las variedades estudiadas a ebullición durante un período igual al del tratamiento escaldado retuvieron un 0,3% de agua adicional.

Con respecto al proceso de escaldado con ambas variedades, al comparar los tratamientos 30 días a 16°C con 30 días a 21,5°C pero con escaldado previo al análisis de los parámetros, se apreció una clara reducción en el contenido de glicoalcaloides totales.

En la evaluación del sabor amargo, los jueces encontraron que la mayoría de las muestras presentaron niveles bajos en los cuales, según algunos autores, los glicoalcaloides totales no constituyen un parámetro determinante. Los valores fueron 1,38 para la variedad capiro y 1,47 para la variedad puracé, en una escala de cero a cinco.

BIBLIOGRAFIA

- BROWN, D. and KEELER, R. F. Structure-activity relation of steroid teratogens 2.N substituted jervines. *En: Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Vol. 26 (1978); pp. 564-566.
- BUSHWAY, R. J. and PONNAMPALAM R. α -chaconine and α -solanine content of potato products and their stability during several modes of cooking. *En: Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Vol. 29 (1981); pp. 814-817.
- ; WILSON, A. M. and BUSHWAY, A. A Determination of total glycoalkaloids in potato tubers using a modified titration method. *En: American Potato Journal*. Vol. 57 (1980); pp. 561-565.
- COXON, D. T. Methodology for glycoalkaloid analysis. *En: American Potato Journal*. Vol. 61 (1984); pp. 169-183.
- FITZPATRICK, T. J. and OSMAN, S. F. A comprehensive method for the determination of total potato glycoalkaloids. *En: American Potato Journal*. Vol. 51 (1974); pp. 318-323.
- ; MACKENZIE, J. D. and GREGORY, P. Modifications of the comprehensive method for total glycoalkaloid determination. *En: American Potato Journal*. Vol. 55 (1978); pp. 247-248.
- GREGORY, P. Glycoalkaloid composition of potatoes: diversity and biological implications. *En: American Potato Journal*. Vol. 61 (1984); pp. 115-121.
- KUC, J. Steroid glycoalkaloid and related compounds as potato quality factors. *En: American Potato Journal*. Vol. 61 (1984); pp. 123-135.

- MONDY, N. I. and MUNSHI, C. B. Effect of soil applications of molybdenum on the biochemical composition of katahdin potatoes: Nitrate nitrogen and total glycoalkaloids. *En: Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Vol. 36 (1988); pp. 688-689.
- . Effect of cooking on the total glycoalkaloid content of potatoes. *En: Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Vol. 31 (1983); pp. 493-495.
- MONDY and PONNAMPALAM, R. Determination of total glycoalkaloids (TGA) in dehydrated potatoes. *En: Journal of Food Science*. Vol. 48 (1983); pp. 612-614.
- SALUNKE, D. K.; WU, M. T. and JADHAV, S. J. Effects of light and temperature on the formation of solanine in potato slices. *En: Journal of Food Science*. Vol. 37 (1972); pp. 969-970.
- SINDEN, S. L. and DEAHL, K. L. Effects of the glycoalkaloids and phenolics on potato flavor. *En: Journal of Food Science*. Vol. 41 (1976); pp. 520-523.
- SIZER, CH. E.; MAGA, J. A. and COLLETE, J. C. Total glycoalkaloids in potatoes and potato chips. *En: Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Vol. 28 (1980); pp. 578-579.
- SPERONI, J. J. and SPELL, E. J. Modified methods for tuber glycoalkaloids and leaf glycoalkaloid analysis. *En: American Potato Journal*. Vol. 57 (1980); pp. 537-542.
- TINGEY, W. Pest resistance factors. *En: American Potato Journal*. Vol. 61 (1984); p. 160.
- WOOLFE, J. A. The potato in the human diet. Cambridge University, 1987. 231 p.
- WU, M. T. and SALUNKE, D. K. Changes in glycoalkaloid content following mechanical injuries to potato tubers. *En: Journal American Society for Horticultural Science*. Vol. 101 (1976); pp. 329-331.
- ZITNAK, A. and JOHNSTON, G. R. Glycoalkaloid content of B 5141-6 potatoes. *En: American Potato Journal*. Vol. 47 (1970); pp. 256-260.