

EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ALMIDÓN NATIVO DE CLONES PROMISORIOS DE PAPA CRIOLLA (*Solanum tuberosum*, Grupo Phureja)

L.M. Zárate-Polanco¹; L.M. Ramírez-Suárez¹; N.A. Otálora-Santamaría¹; L. Prieto¹; A.M. Garnica-Holguín¹; M.S. Cerón-Lasso²; J.H Argüelles²

Resumen

La papa criolla colombiana es apetecida en países europeos y asiáticos como un producto novedoso, sin embargo, a nivel nacional se desaprovecha como fuente importante de almidón. Por esto, Corpoica y la Universidad de la Salle evaluaron almidones nativos de clones promisorios de papa criolla para determinar su uso potencial en la industria de alimentos de acuerdo a sus características fisicoquímicas y funcionales. Los tubérculos de 17 clones promisorios cosechados en dos Municipios del Departamento de Cundinamarca (Colombia), presentaron formas redondas a comprimidas, con color de piel amarilla a negruzca y color de pulpa crema a amarillo, con rangos de contenido de materia seca de 19,17-28,13%; humedad de 72,45-80,83%; azúcares totales de 15,06-24,16%; azúcares reductores de 0,72-6,39% y almidón de 8,67-22,72%. El almidón nativo de los clones promisorios se extrajo por triplicado y se caracterizó fisicoquímicamente presentando los siguientes rangos para los dos Municipios, así: humedad de 9,33-21,67%, amilosa de 14,05-49,0% y amilopectina de 51,0-85,95%. También se les determinaron las propiedades funcionales con rangos de: temperatura de gelatinización de 62-74°C; sinéresis en refrigeración de 2,12-22,52% y sinéresis en congelación de 0,0-33,34%. Estos resultados se analizaron estadísticamente por ANOVA de un arreglo de bloques al azar, prueba de comparación múltiple de

1 Universidad de la Salle, Programa de Ingeniería de Alimentos, Bogotá, Colombia

2 Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica Sede Tibaitatá, Mosquera, Colombia

Tukey ($p < 0,05$) y análisis Clúster. Los clones promisorios y sus almidones se agruparon en 4 (Municipio de Sibaté) y 6 (Municipio de Granada) grupos similares. Los almidones nativos de los clones promisorios 3, 8, 9, 14 y 15 presentaron mejor comportamiento funcional, buena estabilidad, consistencia y emulsión de sus geles.

Palabras claves adicionales:

Propiedad funcional, análisis clúster, industria alimentaria.

Aceptado para publicación: 30 de noviembre, 2013

**EXTRACTION AND CHARACTERIZATION OF NATIVE STARCH
FROM PROMISING CRIOLLA POTATO CLONES (*Solanum
tuberosum*, Phureja Group)**

Summary

Colombian Criolla potato is looked-for in European and Asiatic countries as a novel product, but a national level this tuber has not been seized as an important starch-source. Therefore, Corpoica and Universidad de la Salle evaluated native starches from promising clones of Criolla potato for determining its potential applications into food industry according its physic-chemical characteristics and functional properties. The tubers of 17 promising clones were harvested in two Towns of Departamento de Cundinamarca (Colombia), and showed round and compressed shapes, yellow to blackish colour of skin, and cream to yellow colour of flesh, ranges of dry matter 19.17-28.13%, moisture 72.45-80.83%, total carbohydrates 15.06-24.16%, reduce carbohydrates 0.72-6.39%, and starch 8.67-22.72%. The native starch was extracted by triplicate from promising clones and characterized physic-chemically with the following ranges for two Towns, thus: moisture 9.33-21.67%, amylose 14.05-49.0%, and amylopectin 51.0-85.95%. Moreover, functional properties were determined with ranges of: gelling temperature 62-74°C, refrigeration syneresis 2.12-22.52%, and freeze syneresis 0.0-33.34%.

The results were analysed statistically by ANOVA of a randomized incomplete block arrangement, Tukey's multiple comparison ($p < 0.05$) and Cluster analysis. Promising clones and their starches were grouped in 4 (Sibate Town) and 6 (Granada Town) similar groups. The native starches from promising clones 3, 8, 9, 14, and 15 showed the best functional behaviour, good stability, consistence, and gels emulsified.

Additional keywords:

Functional property, Cluster analysis, food industry.

Introducción

S. tuberosum Grupo phureja, conocida en Colombia como papa criolla, es una especie diploide originaria de América del Sur cultivada en la zona oriental de los Andes generalmente a alturas entre los 2.000-3.400 msnm (Zapata, 2006). La siembra de este tubérculo a nivel nacional se lleva a cabo en pequeña escala debido a que el cultivo es susceptible a heladas, a problemas fitosanitarios, a un tiempo de poscosecha corto y a una brotación rápida; por tanto, ésta papa presenta características precoces, tiempo rápido de maduración y limitado período de reposo. A nivel nacional se cultiva en los Departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Nariño y con menor proporción en Antioquia, Santander y Norte de Santander (CCI, 2008).

La papa criolla cuenta con un alto contenido de materia seca, en la cual el almidón está en mayor porcentaje. Este componente tiene una gran demanda en la industria y es un polisacárido de glucosa compuesto por amilosa (20%-30%) y amilopectina (70%-80%) (Belitz, 1997); específicamente el almidón de papa comercial tiene una relación promedio que varía entre 1:4 y 1:5 de amilosa y de amilopectina (Lehmann, 2008).

El almidón presenta a nivel molecular partículas grandes y con fisuras, tiene brillo evidente, es un polvo blanco suave, inodoro

y de sabor desagradable; el cual, puede ser usado para influir las propiedades físicas de muchos alimentos por sus beneficios que ofrece como: alta temperatura de gelatinización, baja tendencia de retro-degradación, alta capacidad de retención de agua, sabor suave y buena estabilidad. En resumen, el almidón representa una excelente materia prima para la elaboración de productos novedosos y con buenas características (Alvis *et al.*, 2008).

En Colombia aún no se han realizado investigaciones específicas sobre almidones a partir de la papa criolla, por lo cual aún no se ha podido aprovechar el potencial de éste en la industria a gran escala y así satisfacer la demanda de materias primas. Ante este panorama, las entidades como Centro de Investigación Corpoica Tibaitatá (Mosquera) y la Universidad de La Salle (Bogotá) han estado investigando sobre clones promisorios de este tubérculo con el objetivo de extraerles el almidón nativo y caracterizarlo para determinar su uso potencial desde las propiedades funcionales y fisicoquímicas.

Materiales y métodos

Clones promisorios de papa criolla. Los materiales suministrados por Corpoica fueron 17 clones promisorios modificados según el método genotipo-ambiente y procedentes de la colección de trabajo del Programa de Mejoramiento de la Papa. Los clones se sembraron y cosecharon por triplicado en la Región Andina, específicamente en el Municipio de Sibaté (04°30'N 74°17'O) que posee una temperatura promedio anual de 14°C y una altitud de 2.700 msnm, la característica del suelo es ácida, con una alta saturación de aluminio y un grado moderado de fertilidad; y en el Municipio de Granada (04°31'N 74°21'O) con una temperatura anual promedio de 16°C y una altitud de 2.450 msnm, su suelo presenta un bajo grado de fertilidad con característica ácida.

Características de los tubérculos. En la cosecha de los clones se determinó el rendimiento de producción de

tubérculos y las características de estos a partir de los descriptores propuestos por Huamán (2009), los cuales evalúan: forma y tamaño del tubérculo, color de la piel, color de la pulpa y distribución de estos colores. Además, a los clones promisorios se le determinó por triplicado el contenido de materia seca y humedad mediante el método AOAC International 925.10/2005; azúcares totales y reductores por método colorimétrico con ácido dinitrosalicílico (DNS) (Miller, 1959); y almidón por diferencia entre el contenido de azúcares totales y azúcares reductores (Moncada y Gualdrón, 2006).

Lugares de experimentación. La caracterización de los tubérculos y la extracción de almidones nativos con su respectiva caracterización se llevaron a cabo en las Plantas Piloto de la Universidad de La Salle Sede Norte de Bogotá (4°35'53"N 74°4'33"O), con una altitud promedio de 2.630 msnm y una temperatura promedio anual de 15°C.

Extracción de almidón nativo. A los 17 clones promisorios cosechados por triplicado y previamente caracterizados, se les extrajo el almidón por el método de Singh y Singh (2001) y se cuantificaron los materiales en cada etapa para hallar su rendimiento. La extracción se llevó a cabo, así: las papas criollas se lavaron con solución desinfectante de 200 ppm; se les redujo su tamaño en cubos de 0,01 m por medio de una procesadora de vegetales Javar®; luego se trituraron en una licuadora Osterizer® y se les adicionó 0,005 kg de metabisulfito/L de agua para evitar el pardeamiento enzimático; después se filtraron con un lienzo y el residuo sólido se lavó varias veces con agua destilada para retirar todo el almidón hasta que el líquido efluente fue claro; siguió una sedimentación de los lavados durante 1 día y se separó el agua presente; luego se filtraron los sedimentos con lienzos para remover las fibras de la papa que quedaron en el almidón; las pastas resultantes se secaron sobre bandejas de aluminio a la temperatura del medio ambiente; finalmente se molieron los almidones nativos en un molino pulverizador A10 S2 marca IKA® Works, Inc. y se tamizaron sobre una malla No. 100 de la ASTM E11-87 para obtener almidón con un diámetro de partícula de 0,000149 m que se almacenó en

bolsas con cierre hermético de polipropileno calibre de 0,002 m en un ambiente seco.

Caracterización fisicoquímica de los almidones nativos. A los almidones se les halló: humedad, por el método de la AOAC International 925.10/2005 con 0,02 kg de almidón nativo a 100 °C en una estufa Memmer®; amilosa y amilopectina mediante el método modificado de Hoover y Ratnayake (2001) con una solución patrón de mezcla de amilosa y amilopectina (0,000005 kg) en 0,002 L de dimetilsulfóxido (DMSO) que se mantuvo en baño maría (85°C) durante 15 minutos. Las absorbancias se leyeron a una longitud de onda de 600 nm en un espectrofotómetro Genesis®.

Propiedades funcionales de los almidones nativos. A los almidones nativos se les determinó las propiedades funcionales para establecer su aplicación potencial en la industria alimentaria, como: temperatura de gelatinización por el método de Grace (1977), que consistió en la formación de una pasta que se mantuvo a temperatura constante por unos segundos; y porcentaje de sinéresis en refrigeración y congelación, por el método modificado de Eliasson y Kim (1992) en el cual se prepararon suspensiones al 9% de almidón, calentadas a 92 °C por 30 minutos con agitación constante, luego se almacenaron a una temperatura de refrigeración de 4 °C y de congelación a -10 °C durante 4 días que correspondieron a 4 ciclos. En cada ciclo se descongelaron las muestras que se centrifugaron durante 20 minutos a 3.000 rpm en una centrífuga Sanyo® y se les determinó el porcentaje de pérdida de agua por ciclo.

Evaluación estadística. Los resultados se evaluaron estadísticamente ($p < 0,05$) por medio del programa Statistical Analysis System - SAS® versión 9.1 con el fin de agrupar los clones promisorios potenciales de papa criolla para la extracción de almidones nativos y sus posibles aplicaciones. La evaluación estadística se desarrolló con análisis de varianza (ANOVA) de un arreglo de bloques incompletos al azar, comparación múltiple de varianzas de Tukey y análisis de Clúster.

Resultados y discusión

Características de los clones promisorios. Los tubérculos cosechados presentaron variadas características entre ellos. En la Tabla 1 se muestran tres clones promisorios diferentes en su apariencia.

Durante la cosecha las plantas presentaron alturas entre 0,55 a 1,02 m con 22 a 24 días de emergencia y se cosecharon hasta 20 tubérculos/planta a partir de 2.295 plantas sembradas en cada Municipio. Los 17 clones promisorios mostraron diferentes formas: redondas, alargadas y comprimidas; predominando los tubérculos redondos. La piel mostró diferentes colores como amarillo, anaranjado, morado y negruzco; y la pulpa presentó color crema a amarillo intenso con anillo vascular morado en algunos clones promisorios.

Entre los clones promisorios de papa criolla evaluados, se presentaron 8 clones de color de piel amarillo-anaranjado generalmente de forma redonda exceptuando dos clones con forma oblonga y elíptica con pulpa de color crema, por otro lado también se presentaron 4 clones de color rojo con forma redonda, de color de pulpa generalmente crema con anillo vascular ancho y medular; por último, se clasificaron 5 clones de color negruzco de color de pulpa amarillo intenso con anillo vascular medula violeta.

En la Tabla 2 se muestra el resumen de los rangos obtenidos en la caracterización fisicoquímica de los clones promisorios cosechados en los Municipios de Sibaté y Granada.

A partir de estos resultados se observó que la mayoría de los clones promisorios tuvieron un alto contenido de materia seca y de almidón, lo cual beneficia a la industria de alimentos porque requiere papa con un contenido de materia seca superior al 22%, pues a mayor contenido de materia seca mayor contenido de almidón y así mismo, mayor porcentaje de rendimiento de extracción del polisacárido.

Tabla 1. Características generales de algunos clones promisorios de papa criolla

CLON PROMISORIO	FORMA Y TAMAÑO DEL TUBÉRCULO	COLOR DE LA PIEL	COLOR DE LA PULPA
	Redondo	Color predominante anaranjado	Color predominante Amarillo intenso
	Redondo	Color predominante rojo, color secundario amarillo en forma de anteojos	Color predominante crema, color secundario anillo vascular ancho violeta
	Comprimido	Color predominante negruzco	Color predominante Crema con un color anillo vascular medula secundario morado

Tabla 2. Caracterización fisicoquímica de clones promisorios de papa criolla

MUNICIPIO	MATERIA SECA (%)	HUMEDAD (%)	AZÚCARES TOTALES (%)	AZÚCARES REDUCTORES (%)	ALMIDÓN (%)
GRANADA	(19,17 – 26,42)±1,95	(74,44 – 80,83)±1,59	(15,06 – 22,57)±1,90	(1,46 – 6,39)±1,65	(8,67 – 19,28)±2,82
SIBATÉ	(20,29 – 28,13)±2,56	(72,45 – 79,71)±2,38	(17,52 – 24,16)±2,07	(0,72 – 2,98)±0,63	(16,82 – 22,72)±1,74

En el caso de variedades comerciales de papa criolla, se ha reportado cifras de un contenido de materia seca que oscila entre 20,1% y 21,6% (Mendoza, 2009), pero en los resultados hallados se valoraron clones promisorios con cifras superiores a lo reportado; esto indicó que el contenido de materia seca del tubérculo dependió de las prácticas de cultivo, clima, tipo de suelo e incidencia de plagas y enfermedades (Andrade, 1997).

Estadísticamente se corroboró que los clones promisorios de papa criolla procedentes del Municipio de Sibaté presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el contenido de azúcares reductores, debido a que comenzaron a degradarse en los tubérculos por el manejo poscosecha (Bajaj, 2009). Mientras que en el contenido de materia seca, humedad, azúcares totales y almidón no se hallaron diferencias significativas. Entre tanto en los clones del Municipio de Granada, tuvieron diferencias significativas en el contenido de materia seca y humedad por el manejo agrícola y ambiental durante la producción de estos.

Relacionando los resultados de las características fisicoquímicas para los clones promisorios de los dos Municipios, se hallaron diferencias entre sus datos. Por tanto, se concluyó que cada clon de cada Municipio presentó características particulares; no obstante, los tubérculos de los dos Municipios son aptos para extraer almidón nativo por su alto contenido de materia seca.

Almidón nativo de los clones promisorios. La extracción de almidón nativo determinó las condiciones del proceso en cada etapa realizada y el rendimiento del almidón extraído. En la Figura 1 se muestra el proceso de extracción para el clon promisorio nombrado como 3 y cosechado en los dos Municipios puesto que obtuvo mayor rendimiento de almidón nativo. Además, se observa en la Figura 1 cada etapa del proceso las cantidades de materiales y las pérdidas debido a la eficiencia de los equipos empleados, a la separación de las fibras de los tubérculos y al retiro de la humedad.

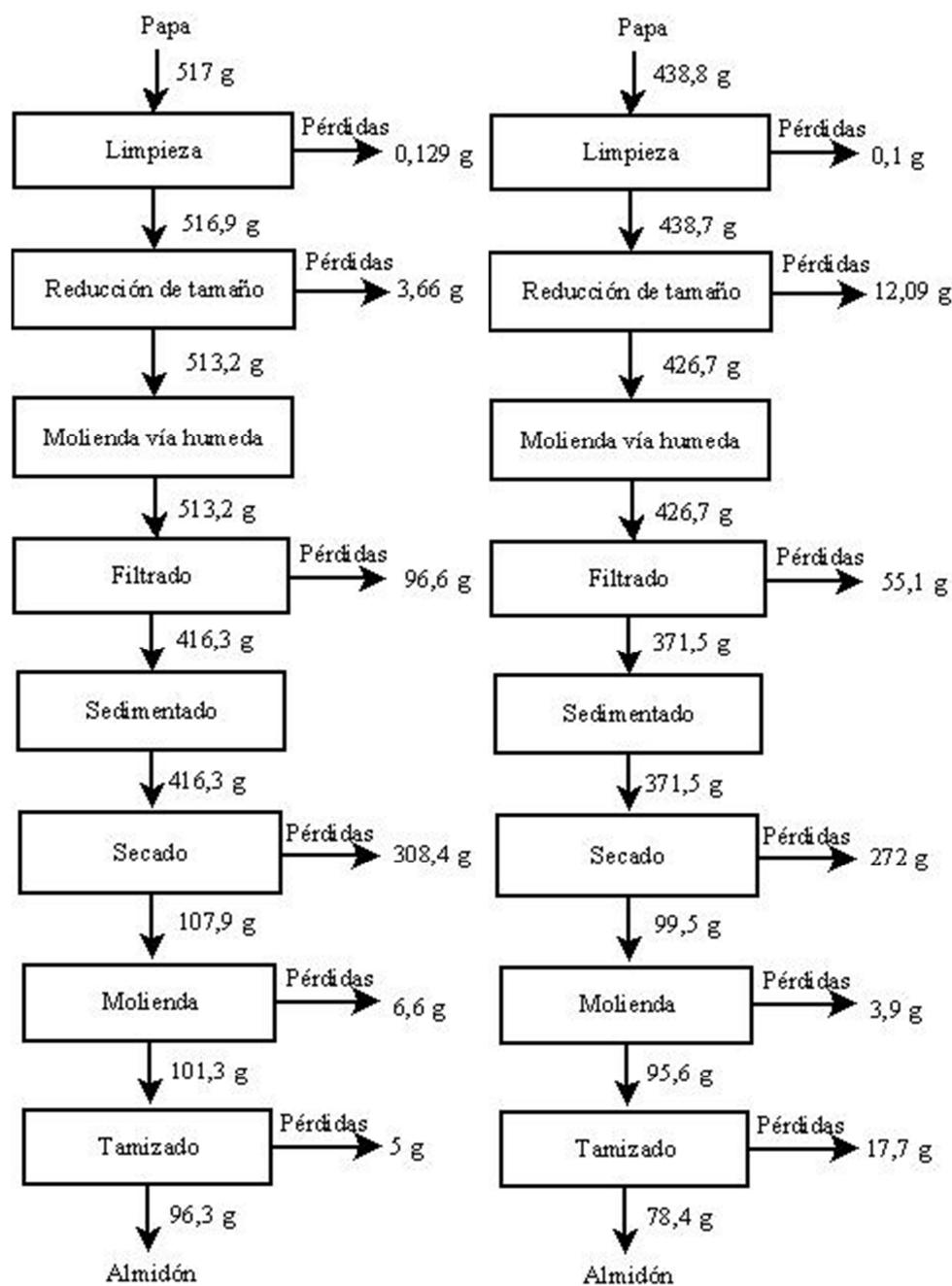
Durante el proceso de extracción se halló que el filtrado y el secado presentaron pérdidas de 80,42% y 15,89% respectivamente (Figura 1). En la etapa de filtrado las pérdidas incluyeron los residuos de la papa criolla (afrecho) que son potenciales para la alimentación ganadera por su contenido de fibra y como materia prima para la producción de ácido cítrico (Marney, 2004).

El rendimiento de la extracción depende de la materia seca y del contenido de almidón del tubérculo. Sin embargo, algunos clones promisorios que presentaron más contenido de almidón no arrojaron mayor porcentaje de rendimiento, debido a la madurez del tubérculo en el momento de la extracción, puesto que el almidón inicia el proceso de hidrólisis después de cosechado el tubérculo, por lo tanto su contenido se reduce gradualmente a medida que el fruto madura (Arcila, 2002) y es importante extraer el almidón una vez se cosecha la papa. Los rangos con las desviaciones estándar de los rendimientos de almidón nativo extraído de los clones promisorios de los dos Municipios, se muestran en la Tabla 3.

Caracterización fisicoquímica de los almidones nativos. En la industria de alimentos se requieren almidones con un contenido de humedad entre el 11% y 13%, no obstante el almidón de los clones promisorios de papa criolla presentó un contenido superior a este requerimiento (Tabla 3), siendo propensos a sufrir ataques microbiológicos e inestabilidad durante su conservación.

La amilosa y la amilopectina determinan el comportamiento funcional de los almidones, debido a que a partir de su estructura y concentración dependen las características de los geles. El almidón de papa comercial contiene el 25% de amilosa y el 75% de amilopectina (Singh y Kaur, 2010), mientras que los almidones nativos de los Municipios de Sibaté y de Granada al presentar una alta desviación estándar, se obtuvo un amplio rango en los porcentajes de amilosa y amilopectina (Tabla 3) proporcionando características propias para cada almidón (Espinosa, 2008), puesto que tuvieron geles opacos y brillantes con diferentes propiedades

Figura 1. Proceso de extracción de almidón del clon promisorio 3 cultivado en los Municipios de Sibaté y de Granada



funcionales, que se explican más adelante, lo cual permitió su agrupamiento para diferentes aplicaciones de la industria de alimentos.

El análisis estadístico de las pruebas fisicoquímicas del almidón nativo reveló que en cada Municipio no hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) para las distintas pruebas, pero los resultados de cada prueba en los dos Municipios presentaron diferencias significativas, exceptuando el rendimiento, es decir, el cruce estadístico de la prueba de comparación múltiple de Tukey de los análisis fisicoquímicos para los dos Municipios, señaló que los clones promisorios de papa criolla cambian de un Municipio a otro debido a las condiciones agronómicas del cultivo.

Propiedades funcionales de los almidones nativos. Los resultados de estas propiedades se observan en la tabla 3. En cuanto a la temperatura de gelatinización de los almidones, los valores altos correspondieron a una mayor estabilidad interna del gránulo, asociado a un mayor contenido de amilosa (Alvis, 2008), así como el almidón de papa comercial que presenta un rango de 66 - 68°C de temperatura de gelatinización (Liua *et al.*, 2007). Lo anterior indica que el contenido de amilosa, las cadenas de amilopectina, la relación almidón-agua y el tipo de gránulo influye en la temperatura de gelatinización (Hoover, 2009).

El análisis estadístico de la temperatura de gelatinización mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los almidones de los Municipios y entre los clones promisorios. Estas diferencias o variaciones se debieron a otros compuestos que se encuentran asociados con almidón en el perisperma, como: azúcares, proteínas, lípidos, ácidos y agua; los cuales pueden retardar o inhibir la gelatinización (Hevia, 2001). Según el análisis estadístico de Tukey, todos los clones exceptuando el 10 y el 16 se reúnen en un grupo de temperatura de gelatinización alta.

El porcentaje de sinéresis en refrigeración y congelación se refleja en la pérdida de agua durante el almacenamiento, que

Tabla 3. Caracterización de los almidones nativos extraídos

CARACTERÍSTICAS	MUNICIPIO DE SIBATÉ	MUNICIPIO DE GRANADA
Rendimiento de extracción (%)	(9,09 - 17,87)±1,27	(8,59 - 19,43)±1,55
Humedad (%)	(14,4 - 21,67)±1,96	(9,33 - 18,4) ±2,59
Amilosa (%)	(14,05 - 49)±9,80	(15,62 - 46,91)±9,07
Amilopectina (%)	(51 - 85,95)±9,80	(53,09 - 84,39)±9,07
Temperatura de gelatinización (°C)	(63,5 - 74)±2,69	(61,9 - 68)±1,88
Sinéresis en refrigeración (%)	(3,94 - 21,19)±5,03	(2,12 - 22,52)±4,41
Sinéresis en congelación (%)	(1,2 - 33,34)±9,61	(0,0 - 18,47)±5,67

afecta las características de los productos y su vida útil. Por ello, se consideraron con mejor estabilidad aquellos almidones que presentaron menor pérdida de agua en refrigeración y congelación como los extraídos de los clones promisorios 8, 12 y 17 (Municipio del Sibaté); 2, 3, 5 y 14 (Municipio de Granada); aunque el almidón de papa comercial presenta un valor máximo de 31,08% de sinéresis (Arocas *et al.*, 2009), los almidones nativos de los clones promisorios de papa criolla mostraron mejor estabilidad debido a sus porcentajes menores frente al almidón comercial.

El análisis estadístico del porcentaje de sinéresis en refrigeración y congelación, señaló diferencias significativas ($p < 0,05$) para los almidones del Municipio de Sibaté en cuanto a la sinéresis en refrigeración porque tuvieron una alta variabilidad. El porcentaje de sinéresis en refrigeración fue mayor que el porcentaje de sinéresis en congelación en los dos Municipios, debido a que en este último se presenta una reorganización de las moléculas de agua formando cristales de hielo, lo que hace más fuerte la estructura del gel y no permite la expulsión del agua (Hernández-Medina *et al.*, 2008).

Aplicaciones potenciales de los almidones extraídos. El análisis Clúster de los resultados de las características de la tabla 3 arrojó los dendogramas de las figuras 2 y 3, los cuales agruparon a los almidones nativos de los 17 clones promisorios de papa criolla de los Municipios de Sibaté y de Granada por similitud de sus propiedades fisicoquímicas y funcionales. Además, los almidones de los clones promisorios que estuvieron cercanos al cero tuvieron mayor similitud entre sí.

En la Tabla 4 se recopilan los grupos obtenidos a partir de los dendogramas, 6 grupos para el Municipio de Granada y 4 grupos para el Municipio de Sibaté.

Figura 2. Dendrograma del análisis Clúster para el Municipio de Sibaté

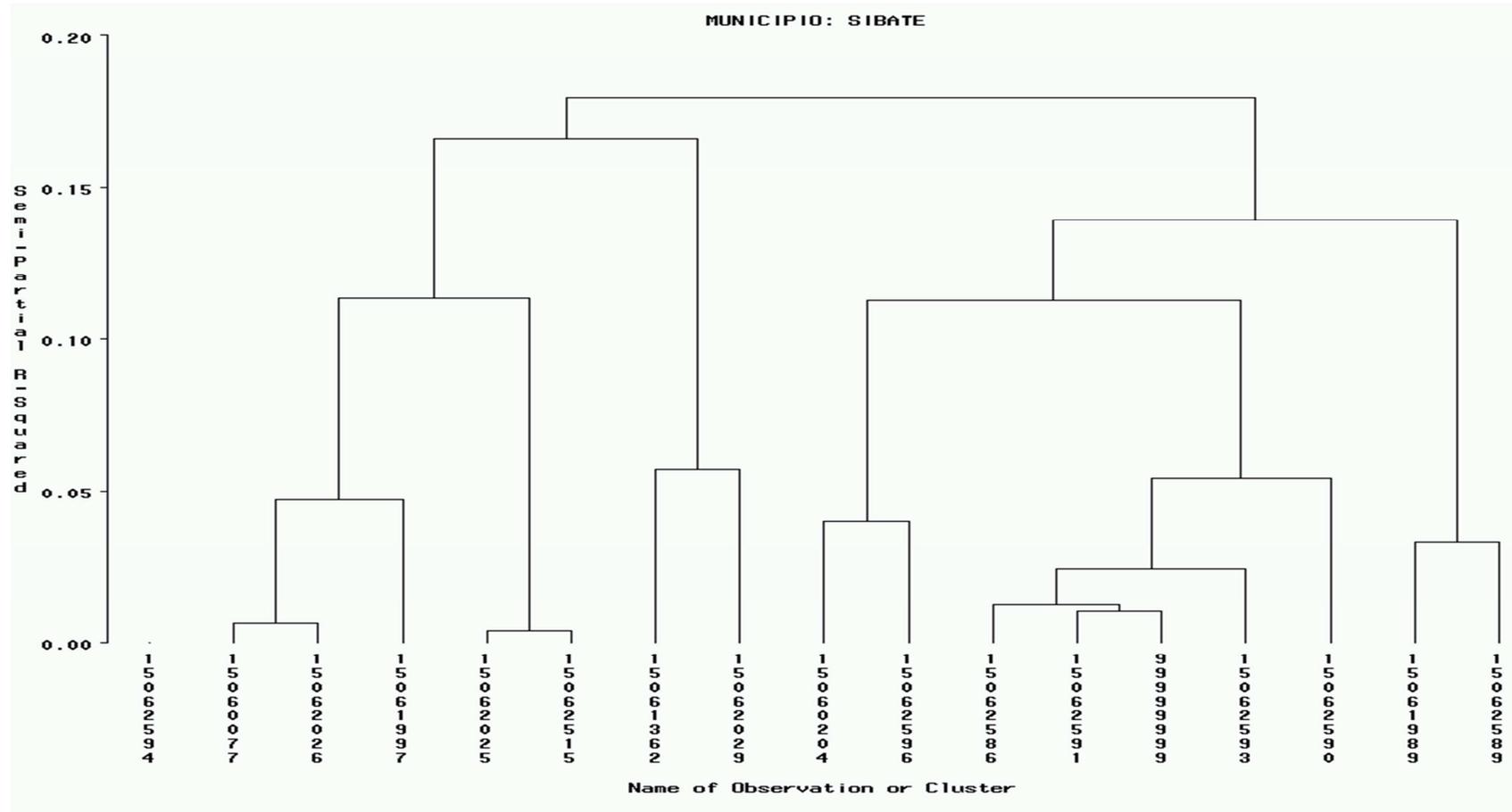


Figura 3. Dendrograma del análisis Clúster para el Municipio de Granada

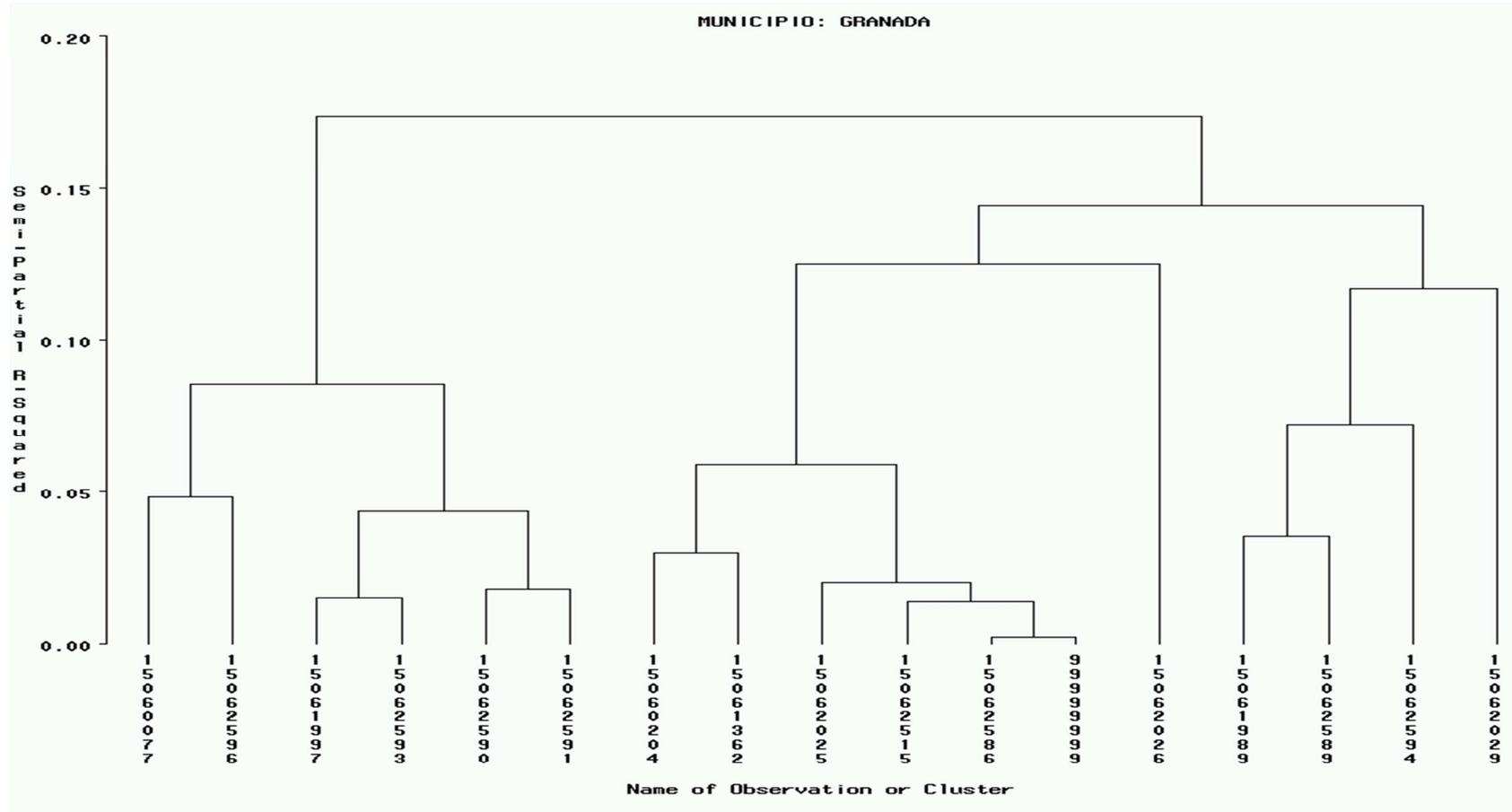


Tabla 4. Grupos de almidones nativos y resultados promedios de sus características

GRUPO	GRUPO 1		GRUPO 2		GRUPO 3		GRUPO 4		GRUPO 5	GRUPO 6
MUNICIPIO	SIBATÉ	GRANADA	SIBATÉ	GRANADA	SIBATÉ	GRANADA	SIBATÉ	GRANADA	SIBATÉ	SIBATÉ
Clones	5-10	2-5-8-9 -10-11	1-4-6	4-13-14-15	8-17	1-17	3-12	3-12	9-11-13-14- 15	2-7
% Rendimiento de extracción	13,98	14,02	13,37	13,84	14,60	14,39	16,31	15,25	13,72	12,42
% Humedad	17,50	13,52	17,30	16,84	17,62	16,43	19,83	15,80	17,74	18,83
Temperatura de gelatinización (°C)	64,5	63,35	67,55	64,07	69,58	64,80	67,08	66,83	68,06	67,7
% Sinéresis refrigeración	15,09	7,13	18,30	14,85	11,50	10,22	12,85	5,75	10,66	17,58
% Sinéresis congelación	17,63	8,31	7,93	4,80	8,25	2,28	10,52	12,53	12,71	10,53
% Amilosa	18,17	41,64	21,84	25,32	33,95	28,75	22,53	36,14	21,96	28,48
% Amilopectina	81,83	58,363	78,16	74,68	66,04	71,25	77,46	63,87	78,03	71,51

El análisis estadístico señaló que los clones variaron de un municipio a otro debido a las condiciones agronómicas del cultivo. Por consiguiente, la agrupación de los almidones nativos expusieron las siguientes consideraciones: **Grupo 1** presentó menor temperatura de gelatinización y es ideal para aplicarlo en salsas, sopas y pasta delgada debido a que se hidratan rápidamente y procede un producto rico, espeso y cremoso; **Grupo 2** con alto contenido de amilopectina se puede emplear en la industria panificadora evitando la retrogradación, haciendo que los productos tengan más estabilidad y suavidad; **Grupos 3, 4 y 5** mostraron alto contenido de amilosa para elaborar productos extruidos, freídos, cárnicos y postres lácteos, también presentaron mejores comportamientos en cuanto a las características funcionales y por esto se pueden considerar de buena calidad, debido a que son buenos emulsificantes, espesantes, retenedores de agua y con tendencia a almidones opacos; y **Grupo 6** con almidones de clones promisorios de sinéresis de refrigeración alta y mayor humedad para aplicarlos en productos alimenticios que requieran aumento de sólidos (Eliasson y Kim, 2004; ISI, 2000).

Conclusión

De acuerdo con lo anterior se pudo determinar los mejores almidones según su calidad y comportamiento en sus características; por ello, los clones promisorios cosechados en los dos Municipios como 3, 8, 9, 14 y 15 fueron los que presentaron mejor comportamiento influenciado por sus propiedades fisicoquímicas y funcionales, porque proporcionaron una buena estabilidad, consistencia, retención de agua y emulsión de sus geles.

Agradecimientos

A Corpoica y a la Universidad de la Salle por sus instalaciones para las experimentaciones y por el suministro de materiales

que hicieron parte de una investigación financiada por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia.

Referencias bibliográficas

Alvis, A.; C. Vélez; H. Villada; M. Rada-Mendoza. 2008. Análisis Físico-Químico y Morfológico del Almidones de Ñame, Yuca y Papa y Determinación de la Viscosidad de las Pastas. Información Tecnológica Vol. 19, No. 1, pp. 19-28

Anderson, R.; H.Conway; V. Pheiser; E. Griffin. 1969. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. *Cereal Science Today*, Vol. 14, pp. 4-12.

Andrade, H. 1997. Requerimientos cualitativos para la industria de la papa. En: INIAP (Instituto Nacional autónomo de Investigaciones Agropecuarias). No, 9, pp. 23.

ASTM. Standard Specification for Wire-cloth Sieves for Testing Purposes. ASTM E11-87. United States.

Association of Official Analytical Chemists. Official Methods 925.10 (32.1.03) – Solids (total) and Moisture in Flour – Air Oven Methods: Official Methods of Analysis of AOAC International, 2005

Aristizábal, J.; T. Sánchez.. 2007. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO 163. Roma.

Arcila P.; G. Giraldo; F. Celis; J. Duarte. 2002. Cambios físicos y químicos durante la maduración del plátano dominico-hartón (*Musa AAB Simmonds*) en la región cafetera central colombiana. En: ACORBAT. (15: 27-2, octubre-noviembre, 2002: Cartagena, Colombia). Reunión. Medellín: Asociación de Bananeros de Colombia AUGURA. pp 455-463.

Arguello, M. 2006. Extracción y caracterización almidón de papa criolla. Tesis de Especialista en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia. Programa interfacultades, pp 44

Aristizábal, J; T. Sánchez. 2007. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Boletín de servicios agrícolas de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma, Vol. 163, pp. 137.

Bajaj, S. 2009. Biotechnology of nutritional improvement of potato. Citado por HASBÚN, Jorge et al. Propiedades fisicoquímicas y parámetros de calidad para uso industrial de cuatro variedades de papa. En: Agronomía Costarricense. Vol. 1, no. 33, pp. 83.

Arocas, A.; T. Sanz; S. Fiszman. 2009. Improving effect of xanthan and locust bean gums on the freeze-thaw stability of white sauces made with different native starches. Food Hydrocolloids, Vol. 23, pp. 2478–2484

Belitz, H. 1997. Química de los alimentos. Zaragoza: ACRIBIA, pp 813.

Corporación Colombia Internacional CCI. 2008. Análisis de precios de la papa criolla. Revista Sembramos. En: http://www.cci.org.co/publicaciones/1_Dic-19-8%20Precios%20papa%20criolla.pdf. Consulta: Abril, 2012

Craig, S. 1989. Starch Paste Clarity. American Association of Cereal Chemists. Vol. 66, No. 3. pp. 173-182. En: http://www.aaccnet.org/cerealchemistry/backissues/1989/66_173.pdf. Consulta Mayo, 2012.

Eliasson, A. C.; H.R. Kim. 1992. Changes in rheological properties of hydroxypropyl potato starch pastes during freeze-thaw treatments. I. A rheological approach for evaluation of freeze-thaw stability. Journal of texture studies, Vol. 23, pp. 279 - 295.

Espinosa, V. 2008. Estudios estructurales de almidón de fuentes no convencionales: mango (*Mangifera indica* L.) y plátano (*Musa parisiaca* L.). Tesis para obtener título de Maestría en desarrollo de productos bióticos. Instituto Técnico Nacional. Yauatepec, Morelos.

Federación Colombiana de Productores de Papa FEDEPAPA y Gobernación de Cundinamarca. 2009. Recopilación de la Investigación del sistema productivo papa criolla. Bogotá D.C., pp 154

Garnica, M; A. Romero. 2009. Caracterización de clones promisorios de papa (*Solanum tuberosum subespecie andigenum*) por su potencial para la producción de almidones nativos. Trabajo de grado Ingeniero de Alimentos. Bogotá D.C.: Universidad de La Salle. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería de Alimentos. pp 136

Grace, M. 1977. Elaboración de la yuca. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma. pp 116.

Hernández-Medina, M.J. Torruco-Uco; L. Chel-Guerrero; D. Betancur-Ancona. 2008. Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, *Ciência y Tecnología de Alimentos*, Vol. 28, N. 3, pp. 718-726, México. En: <http://www.scielo.br/pdf/cta/v28n3/a31v28n3.pdf>. Consulta: Febrero, 2012

Hevia, F; Wilckens,; Rosemarie Berti, Marisol; Ricardo Badilla. 2001. Características del almidón y contenido de proteína de Quinoa (*Chenopodium Quinoa w.*) cultivada bajo diferentes niveles de nitrógeno en Chillán. *Agrosur*. Vol. 29, no. 1. En: http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?pid=S0304-88022001000100006&script=sci_arttext. Consulta: Marzo, 2012

Hoover, R.; W. Ratnayake. 2001. Determination of Total Amylose Content of Starch. En: *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*; Copyright © by John Wiley & Sons, Inc. ISBN 9780471142911.

Hoover, R.;C. Hyun-Jung; L. Qiang. 2009. Impact of annealing and heat-moisture treatment on rapidly digestible, slowly digestible and resistant starch levels in native and gelatinized corn, pea and lentil starches. *Carbohydrate Polymers*. Volume 75, Issue 3, pp. 436–447

Huaman, Z. 2009. Descriptores morfológicos de la papa (*Solanum tuberosum* L). Centro de Conservación de la Biodiversidad Agrícola de Tenerife CCBAT. Cabildo de Tenerife, España. 36 pp.

Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, 2005. Tabla de composición de alimentos colombiano.

ISI. 2000. Determination of viscosity of starch by Brabender. ISI 19-6e. In: *Laboratory methods*. Science Park, Aarhus, Dinamarca, International Starch.

Lehmann, N. 2008. Potato starch a versatile commodity. Courier online-news. En: [http://www.bayercropscience.com/bayer/cropscience/cscms.nsf/id/Potato_Starch_Agro/\\$file/potato_starch.pdf](http://www.bayercropscience.com/bayer/cropscience/cscms.nsf/id/Potato_Starch_Agro/$file/potato_starch.pdf). Consulta: Marzo, 2012.

Liu, Q; R. Tarnb; D. Lynch; N. Skjodt, 2007. Physicochemical properties of dry matter and starch from potatoes grown in Canada. Food Chemistry. Vol. 105, pp. 897-907

Marney, P.; F. Olivier. 2004. Technology, use and potencialities of Latin American starchy tubers. NGO Raíces and Cargill Foundation. En: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1028s/a1028s03.pdf>. Consulta: Febrero, 2012

Mendoza, R. 2009. Producción de almidón a partir de papa criolla (*Solanum phureja*). Tesis de Especialista en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia. Programa interfacultades, pp 51.

Moncada, L.; L. Gualdrón. 2006. Retención de nutrientes en la cocción, freído y horneado de tres alimentos energéticos. Redalyc. Vol. 6, No. 2, pp. 179-187.

National Starch Food Innovation NSFI. Almidones nativos funcionales: el factor de la vitalidad. Énfasis Alimentación. En: <http://www.alimentacion.org.ar>. Consulta: Marzo, 2012

Ojeda, M. 2005. Comparación de Algunas Propiedades Físicas y Composición Química del Almidón de Piñón (*Araucaria araucana* (Mol) K. Koch), Papa (*Solanum tuberosum* L. ssp. *tuberosum* Hawkes) y Maíz (*Zea mays* L.). Trabajo de grado Ingeniero de Alimentos.: Universidad Austral de Chile. En: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/fao.39c/doc/fao.39c.pdf>. Consulta: Febrero, 2012

Singh, J; H. Singh, H.;J. Owen McCarthy. 2006. Physico-chemical and morphological characteristics of New Zealand Taewa (Maori potato) starches. Carbohydrate Polymers. Vol. 64, No, 4, pp. 569-581

Sinhg, K; M. Kaur. 2010. Studies on noodle quality of potato and rice starches and their blends in relation to their physicochemical, pasting and gel textural properties. Food Science and Technology, Vol. 4, pp. 1289e -1293

Villegas, C. 2010. Funcionalidad del Almidón de Yuca Proyuca en la Industria Cárnica. En: *Tecnocárnicos andina*. (2: 25-26, octubre: Bogotá. Colombia). Memorias. Bogotá: SOFEX AMERICAS, pp. 16-18.

Zapata, L. 2006. Manejo agronómico de la Papa Criolla para el procesamiento industrial. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. CORPOICA. Centro de Investigación "La Selva". Rionegro Antioquia. Boletín Técnico No 19. 44