

VARIABLES RELACIONADAS CON LA CALIDAD CULINARIA DE LA PAPA AMARGA *Solanum Juzepczukii* Y *Solanum curtilobum*

Variables related to the culinary quality of the bitter potato *Solanum Juzepczukii* and *Solanum curtilobum*

Dina Alcon Callejas¹; Alejandro Bonifacio²

RESUMEN

La producción y consumo de papa amarga se encuentra en descenso, lo que deriva en erosión genética. Según los consumidores, las variedades de papa amarga son diferentes en el sabor del tubérculo, lo cual no ha sido estudiado. Por lo que se ha propuesto evaluar la gravedad específica, contenido de materia seca y almidón y calidad culinaria. Las muestras de papa amarga fueron recolectadas de la Marka Aransaya. El contenido de materia seca se determinó por el peso seco y peso fresco, la gravedad específica por peso volumétrico y flotación en soluciones salinas, el contenido de almidón y sus características en laboratorio (LAYSA s.r.l.), la calidad culinaria mediante el tiempo de cocción y degustación directa. La gravedad específica por el método volumétrico. En *S. juzepczukii* varía de 0.985 a 1.124 g cm⁻³ y en *S. curtilobum* de 1.002 a 1.042 g cm⁻³ y por el método de soluciones salinas varía de 1.091 a 1.108 g cm⁻³ en *S. juzepczukii*; y 1.096 a 1.115 g cm⁻³ en *S. curtilobum*. El contenido de materia seca varía entre 18.5 (Q'aysa 2) y 30.4 % (K'awna Luk'i). La variedad Qita tiene 24 % de materia seca y la variedad Muruq Luk'i 19.5 %. El contenido de almidón de ambas especies es similar. La temperatura de gelatinización del almidón de *S. juzepczukii* es de 76 a 92 °C y de *S. curtilobum* de 79 a 86 °C. El tiempo de cocción varía entre 60 y 115 minutos. Las variedades Chuqipitu y Umaluru son de sabor poco amargo y las variedades Qita y Muruq Luki son de sabor neutro. En conclusión, las variedades de papa amarga presentan diversidad en gravedad específica, materia seca, contenido de almidón y calidad culinaria.

Palabras clave: Papa amarga, *Solanum juzepczukii*, *S. curtilobum*, calidad culinaria.

ABSTRACT

The production and consumption of bitter potatoes is in decline, resulting in genetic erosion. According to consumers, bitter potato varieties are different in the taste of the tuber, which has not been studied. Therefore, it has been proposed to evaluate the specific gravity, dry matter and starch content and culinary quality. Bitter potato samples were collected from Marka Aransaya. Dry matter content was determined by dry weight and fresh weight, specific gravity by volumetric weight and flotation in salt solutions, starch content and its characteristics in laboratory (LAYSA s.r.l.), culinary quality by cooking time and direct tasting. The specific gravity by the volumetric method. In *S. juzepczukii* it varies from 0.985 to 1.124 g cm⁻³ and in *S. curtilobum* from 1.002 to 1.042 g cm⁻³ and by the salt solution method it varies from 1.091 to 1.108 g cm⁻³ in *S. juzepczukii*; and 1.096 to 1.115 g cm⁻³ in *S. curtilobum*. The dry matter content varies between 18.5 (Q'aysa 2) and 30.4 % (K'awna Luk'i). The Qita variety has 24 % dry matter and the Muruq variety Luk'i 19.5 %. The starch content of both species is similar. The gelatinization temperature of *S. juzepczukii* starch is 76 to 92 °C and of *S. curtilobum* from 79 to 86 °C. The cooking time varies between 60 and 115 minutes. The Chuqipitu and Umaluru varieties are not very bitter and the Qita and Muruq Luki varieties are neutral in taste. In conclusion, the bitter potato varieties present diversity in specific gravity, dry matter, starch content and culinary quality.

Keywords: Bitter potato, *Solanum juzepczukii*, *S. curtilobum*, culinary quality.

¹ Emprendimiento privado en hortalizas, San Andrés de Machaca, Bolivia. dynalcon88@gmail.com

² Docente, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés; Investigador, Fundación PROINPA, Bolivia. bonifloresflores@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La zona altoandina de Bolivia es parte del centro de origen de la papa, por lo que se cuenta con una diversidad amplia de papa. Según criterios taxonómicos y herramientas de biología molecular, la papa cultivada está integrada por al menos cuatro especies que son *Solanum tuberosum* dos grupos de cultivares Andignum y Chilotanum, *S. ajanhuiri*, *S. juzepczukii* y *S. curtilobum* (Spooner et al., 2007).

Desde el punto de vista del consumo, la papa presenta características diferenciadas de cocción, sabor y textura, con respecto al sabor, la primera diferenciación se relaciona con el mayor o menor contenido de glicoalcaloides que determina que la papa sea dulce o amargo. Según el saber local, la papa amarga está clasificada en dos grupos de variedades conocidos como Luk'i y Ch'uqipitu, aunque en algunas zonas el nombre varietal de Luk'i incluye ambos grupos. Sin embargo, según la clasificación taxonómica, la papa amarga pertenece a dos especies *S. juzepczukii* y *S. curtilobum* (Estrada, 1992).

Estrada (1992), indica que existen unos 20 clones de *S. juzepczukii* y de 2 a 3 clones de la especie *S. curtilobum*, ambas especies son consideradas como papas amargas por el mayor contenido de glicoalcaloides, la cual las hace no aptas para su consumo directo, por la cual la papa amarga debe ser sometida a procesos que reducen el contenido de los principios amargos (chuño o tunta). Los tubérculos de papa Luk'i tienen sabor amargo, por lo tanto, no se consumen directamente, sino, después de ser procesados en chuño, moyara o tunta (Egúsqiza, 2000; Chávez, 2006).

Tapia y Saravia (1997); Canqui y Morales (2009); Bonifacio, 1992; Bonifacio et al. (2013), indican que los tubérculos de papa Luk'i debido al alto contenido de glicoalcaloides son de sabor amargo y según Rea (1992) las papas amargas pierden el amargor durante el almacenamiento y se ponen dulces luego de unos tres meses y pueden consumirse directamente.

El amargor de los tubérculos se da por los glicoalcaloides, cuyo contenido varía de 13 a 49 mg 100g⁻¹ de peso fresco, por lo que las papas de las variedades Luk'i o Ruck'i son de sabor amargo (Rea, 1992). Según Huanco (1992) el alto contenido de glicoalcaloides llega hasta 49 mg 100g⁻¹ de papa fresca y dificulta el consumo en estado fresco; por lo que para

ser consumido necesariamente deber ser procesado para obtener el chuño o tunta.

Según INIA (2003) el uso de variedades de papa depende del contenido de materia seca y azúcares reductores (glucosa, fructosa); la materia seca determina la textura o harinosidad después de cocido, los niveles elevados de azúcares ocasionan color oscuro en papas fritas.

Según Coraspe (2008) la gravedad específica es un indicador del contenido de almidón de la papa, siendo los siguientes métodos para su determinación: a) volumétrico, b) peso en el aire y en el agua (el más exacto) y c) flotación en solución salina. La gravedad específica se usa para medir la relación de la cantidad de materia seca y agua, se expresa en g cm⁻³, cuando el contenido de agua es menor, la gravedad específica de la papa es alto (Martínez, 2009).

El porcentaje de materia seca y la gravedad específica están altamente correlacionados siendo dos maneras alternativas de estimar el contenido sólido de los tubérculos; ambas variables dan una indicación de la calidad de procesamiento y cocción; en general, son aceptables el contenido de materia seca mayor al 20 % y una gravedad específica de 1.080 o mayor (CIP, 2010).

Para Capezio et al. (1993) el contenido de materia seca es uno de los atributos que definen la calidad culinaria de la papa, ya que las papas con mayor porcentaje de materia seca producen alto rendimiento del producto procesado y mejor calidad. Considerando el alto contenido de materia seca a valores mayores de 20.5 %, intermedio a valores entre 19.0 y 20.4 % y bajo contenido de materia seca a valores menores de 19.0 %. La calidad culinaria de la papa está relacionada con su contenido de materia seca y se clasifica en papa para consumo doméstico cuando contiene 20.7 % de materia seca, para todo propósito cuando tiene 22.1 a 22.7 % de materia seca y para uso industrial los tubérculos que tienen 24.5 % o más de materia seca (Cortez y Hurtado, 2002).

Según Durán (2007) el contenido de almidón tiene una gran relación con las características culinarias y organolépticas de las papas, principalmente con el sabor y textura variando los rangos del porcentaje de almidón de 8 a 29 %. Uno de los procesos para evaluar la calidad de papa es sometiendo a cocción las papas y midiendo el tiempo de cocción desde el momento en

que el agua con tubérculos alcance su punto de ebullición hasta que los tubérculos tengan una consistencia suave (Martínez, 2009).

Coraspe (1998) menciona que el color de los tubérculos son resultantes de ciertas condiciones fisiológicas y reacciones químicas por lo que la decoloración enzimática es el resultado de las oxidaciones enzimáticas en las células cuando éstas son expuestas al aire y el oscurecimiento después de la cocción es uno de los factores indeseables que tienen la tendencia a tornarse de color oscuro o gris y el sabor es una característica que se refiere a la evaluación del paladar, pudiendo ser las papas insípidas o gustosas que se debe principalmente a la cantidad de compuestos volátiles.

Monteros et al. (2010), evaluaron la calidad de papa para el consumo considerando el tiempo de cocción, sabor, textura, tiempo de verdeamiento, materia seca, gravedad específica, porcentaje de hojuelas fritas de buena calidad y tiempo de pardeamiento, el sabor y textura se evaluó con un panel de 10 consumidores, realizando la evaluación en papas enteras cocidas para que calificaran mediante escala hedónica de 1 a 5. La calidad culinaria de papa amarga fue probada por Bonifacio (1992), siendo la evaluación por degustación directa en forma de papas hervidas y papas blancas.

Actualmente, debido a las condiciones ambientales, tecnológicas, sociales y económicas; la producción de papa amarga está en un proceso evidente de reducción del área de cultivo y el consumo de la papa amarga se da solamente en los hogares de familias rurales que habitan las zonas marginales de producción de papa. Lo anterior deriva en la erosión de la diversidad genética y pérdida de conocimientos sobre las especies y variedades de papa amarga.

El consumo de papa amarga en estado fresco es muy bajo en la alimentación diaria. La papa amarga en estado fresco no se encuentra en los mercados de ciudades principales, solamente las formas procesadas (chuño, moraya y tunta) se pueden encontrar en ciertos nichos de mercado. Sin embargo, los agricultores de zonas altas y frías consumen ampliamente la papa amarga tanto en su estado fresco como en productos artesanalmente procesados especialmente en las zonas de producción con limitaciones de tipo climático (heladas). En el conocimiento de los consumidores, las especies y variedades de papa amarga son diferentes en el sabor

del tubérculo, estas diferencias no han sido estudiadas.

La presente investigación se realizó para describir los criterios de calidad en el consumo local de la papa amarga manejada por los productores de las comunidades de la Marka Aransaya del municipio de San Andrés de Machaca, planteándose los siguientes objetivos: Evaluar la gravedad específica, contenido de materia seca, contenido de almidón y sus proporciones de amilosa y amilopectina, determinar el tiempo de cocción y evaluar la papa amarga mediante la degustación sensorial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la zona de estudio

El municipio de San Andrés de Machaca se sitúa entre los 16° 58' de latitud sur y 68° 58' de longitud oeste, a una altura promedio de 3 800 m s.n.m. y geopolíticamente está ubicado al sur oeste del departamento de La Paz, provincia Ingavi donde la temperatura promedio anual máxima es 18.39 °C y temperatura mínima promedio anual de 6.53 °C, la precipitación promedio anual es de 331.29 mm con mayor precipitación en los meses de diciembre (86.5 mm), enero (61.5 mm) y febrero (156.1 mm) mientras que los otros meses del año son secos (Mamani et al., 2012).

Metodología

El material biológico fue integrado por tubérculos de papa amarga (Luk'i) *Solanum Juzepczukii* y *Solanum curtilobum* recolectado de las comunidades del Ayllu Collana, Ayllu Levita y Ayllu Choque de la Marka Aransaya del municipio de San Andrés de Machaca. El material de laboratorio empleado en el trabajo fue integrado por balanza digital, calibrador digital, sal, agua, lupa, probeta, bisturí, botellas de plástico, agua y termómetro. Se utilizaron materiales de cocina y cronómetro. La gravedad específica fue determinada mediante dos métodos: a) peso en aire y peso en agua (Martínez, 2009; Monteros et al., 2010) y b) flotación en solución salina (Montaldo, 1984).

a) El procedimiento consistió en pesar cinco tubérculos de cada muestra colectada (peso en aire), luego la muestra se sumergió en una probeta de 500 ml con 250 a 300 ml de agua (según tamaño del tubérculo) y se registró el volumen desplazado. Para sacar la gravedad específica se ha basado en la metodología de Martínez (2009) y Monteros, et al. (2010).

$$\text{Gravedad específica} = \frac{\text{Peso de papa (g)}}{\text{Volumen final (agua+papa) - Volumen inicial del agua (cc)}} \quad (1)$$

b) El procedimiento de Moltando (1984), consistió en hacer flotar los tubérculos en soluciones de sal, para lo cual se prepararon soluciones de sal con diferentes cantidades de soluto (gamos de sal) en un litro de agua. Se hizo pasar los tubérculos por diferentes soluciones hasta que floten, obteniendo el peso específico. Las concentraciones salinas y su relación con el peso específico descrita por Montaldo (1984) se ha ampliado por el método de extrapolación lineal, proyectando para los números de soluciones salinas de 13 hasta 21, porque algunos tubérculos de papa amarga no flotaron en ningún número de solución salina indicado por el citado autor.

Para determinar el contenido de materia seca se procedió a cortar tres tubérculos de cada variedad en rodajas y registrando el peso fresco, posteriormente se ha colocado cada muestra en una bolsa de papel o recipiente abierto y fue sometida en una estufa a 45 °C por 42 horas, luego se pesó las muestras y se registró el peso seco. Para calcular el porcentaje del contenido de materia seca se ha aplicado la siguiente fórmula:

$$\text{Materia seca} = \frac{\text{Peso seco}}{\text{Peso fresco}} \times 100 \quad (2)$$

La extracción del almidón fue realizada por el método de decantación adaptada a partir de los métodos de Aristizábal y Sánchez (2007); Melian (2010); Guadrón (2013). Para determinar el porcentaje de almidón (rendimiento) se aplicó la fórmula de Romero y Garnica (2009):

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Peso almidón}}{\text{Peso inicial de la papa}} \times 100 \quad (3)$$

Para la determinación de los componentes del almidón como la amilosa y amilopectina, las muestras de tubérculos de papa amarga de las variedades K'auna Luk'i (KL), Mulunkhu (MK), Q'aysa (QS), Pinku (PK), Sisu (SS), Muruq Luk'i (ML), Laram Luk'i (LL), Chuqipitu (CHP) y Umaluru (UL) fueron analizados en Laboratorio de Análisis y Servicios de Asesoramiento en Alimentos (LA Y SAA s.r.l.).

Para el tiempo de cocción, los tubérculos de papa fueron lavadas y colocadas en bolsas de malla individualizadas con su respectiva codificación que fueron sometidas a cocción a 90 °C por ebullición en

2.5 a 3.0 litros de agua sin sal y registrando el tiempo de cocción controlado para todas las variedades.

La evaluación degustativa se realizó por el método de análisis sensorial (descriptivo y cualitativo), utilizando una escala de evaluación para cada atributo y un panel de tres jueces productores y consumidores de papa previamente entrenados. La escala utilizada para medir los distintos atributos constó de cinco caracteres con una escala de valores de pésimo a excelente. A cada juez degustador se le dio una planilla de valoración y una guía de caracteres evaluados con sus respectivas ponderaciones. Los evaluadores realizaron la degustación de un tubérculo por cada variedad, neutralizando el sabor que queda en el paladar con la ingesta de una mezcla de agua y phasa (arcilla neutralizadora del amargor de papa). Las categorías de calificación fueron las siguientes:

- Color de la pulpa: 1. blanco, 2. blanco grisáceo, 3. blanco amarillento, 4. amarillo pálido, 5. amarillo, 6. amarillo intenso, 7. otros.
- Sabor: 1. neutro, 2. poco amargo, 3. amargo, 4. muy amargo.
- Textura: 1. fino, 2. moderadamente fino, 3. basto, 4. bastante basto.
- Dureza: 1. blando, 2. firme, 3. duro.
- Adhesividad: 1. no pegajoso, 2. poco pegajoso, 3. pegajoso, 4. muy pegajoso, 5. muy muy pegajoso.
- Harinosidad 1. no harinoso, 2. ligeramente harinoso, 3. harinoso, 4. muy harinoso.

La información de tipo cualitativo fue descrita textualmente proporcionando argumentos y comparaciones con otros trabajos. Los datos registrados fueron analizados para su interpretación mediante la estadística descriptiva. Algunos resultados fueron representados mediante gráficas ilustrativas de las tendencias de los valores promedio obtenidos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados registraron diferencias notables entre variedades y dentro variedades, la cual puede ser atribuido a diferencias genéticas y la influencia ambiental en las que fueron producidos (Tabla 1). Las papas amargas de la especie *Solanum juzepczukii* presentan el peso específico promedio en un rango de 0.985 a 1.124 g cm⁻³. Mientras que en *S. curtilobum* el

peso específico promedio varía entre 1.002 a 1.042. Los valores de la desviación estándar que expresa la variabilidad al interior de las variedades son relativamente altos, pudiendo considerarse que el método no es muy preciso.

Tabla 1. Gravedad específica determinado por el método peso en aire en relación al volumen

Especie	Variedad	Media (g cm ⁻³)	Mínimo (g cm ⁻³)	Máximo (g cm ⁻³)	Desviación estándar
S. <i>juzepczukii</i>	K'auna	1.107	0.467	1.763	0.3263
	Luk'i				
	Q'aysa	1.062	0.222	1.410	0.3171
	Q'aysa 2	1.006	0.993	1.021	0.010
	Wila	1.009	0.993	1.082	0.217
	Q'aysa				
	Luk'i	1.037	0.933	1.078	0.027
	Laram	1.007	0.985	1.033	0.018
	Luk'i				
	Pinku	1.071	0.983	1.132	0.052
	Wila Pinku	1.041	0.928	1.152	0.073
	Torillo	1.003	0.995	1.008	0.004
	Wajra				
	Sisu	0.985	0.669	1.173	0.178
	Sisu 2	1.124	0.669	1.250	0.192
	Laram	1.068	0.224	1.580	0.355
	Sisu				
	Mulunkhu	1.002	1.000	1.280	0.067
S. <i>curtilobum</i>	Chuqepitu	1.004	1.000	1.008	0.003
	Umaluru	1.029	0.713	1.138	0.006
	Qita	1.002	0.514	1.375	0.311
	Muruq	1.042	0.881	1.193	0.112
	Luk'i				

La gravedad específica determinada por el método de soluciones salinas muestra diferencias varietales y entre especies, observándose valores más altos (Tabla 2) frente al anterior método (Tabla 1). Sin embargo, el grado de variación al interior de cada variedad representada por la desviación estándar fue mucho menor, deduciéndose que el método es más preciso.

Según el método de soluciones salinas, los tubérculos de *Solanum juzepczukii* presentan una gravedad específica promedio de 1.087 a 1.115 g cm⁻³ y las variedades de *Solanum curtilobum* presentan una gravedad específica de 1.096 a 1.120 g cm⁻³.

Tabla 2. Gravedad específica por el método de flotación en solución salina.

Especie	Variedad	Media (g cm ⁻³)	Mínimo (g cm ⁻³)	Máximo (g cm ⁻³)	Desviación estándar
S. <i>juzepczukii</i>	K'auna	1.108	1.100	1.125	0.009
	Luk'i				
	Q'aysa	1.104	1.100	1.110	0.004
	Q'aysa 2	1.100	1.100	1.100	0.000
	Wila	1.100	1.100	1.100	0.000
	Q'aysa				
	Luk'i	1.100	1.090	1.110	0.008
	Laram	1.112	1.110	1.120	0.004
	Luk'i				
	Pinku	1.087	1.070	1.090	0.008
	Wila Pinku	1.115	1.100	1.120	0.008
	Turillwajra	1.091	1.090	1.105	0.007
	Sisu	1.100	1.100	1.100	0.000
	Sisu 2	1.103	1.100	1.105	0.002
	Laram	1.102	1.120	1.130	0.006
	Sisu				
	Mulunkhu	1.098	1.080	1.105	0.007
S. <i>curtilobum</i>	Chuqipitu	1.096	1.070	1.110	0.014
	Umaluru	1.111	1.100	1.120	0.009
	Qita	1.113	1.120	1.120	0.000
	Muruq	1.120	1.105	1.120	0.005
	Luk'i				

Fuente: Alcon, 2016.

En la Figura 1 se observa claramente dos aspectos. Los valores de peso específico son muy variables para las variedades por el método de volumen y peso, mientras que por el método de soluciones salinas la variabilidad es menor. Por otra parte, los valores de peso específico obtenidos por el método de soluciones salinas fueron más altos frente a los obtenidos por el método de peso volumen.

Martínez (2009) indica que los tubérculos con gravedad específica mayor a 1.085 g cm⁻³ permiten obtener un buen rendimiento de hojuelas con un menor contenido de aceite además de mejor textura y color. Palacios et al. (2008) mencionan que las papas para ser procesadas en chips son recomendables aquellas con valores de gravedad específica superiores a 1.090, la gravedad específica de una misma variedad puede variar por el tipo de suelo y según el tamaño del tubérculo.

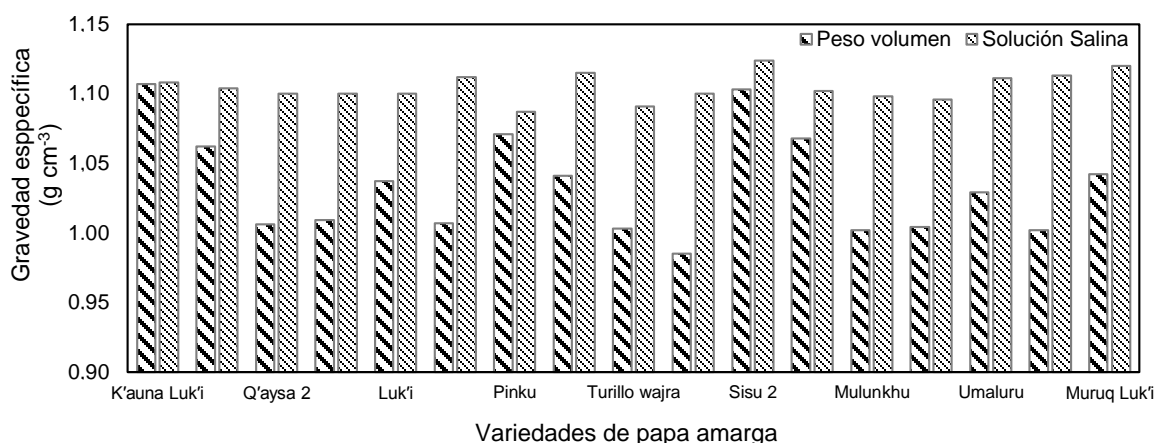


Figura 1. Comparación de pesos específicos obtenidos por los métodos peso volumen y soluciones salinas (Alcon, 2016).

El porcentaje de materia seca de las papas amargas de la especie *Solanum juzepczukii* varía entre 18.52 % registrada para la variedad Q'aysa 2 como

valor mínimo y 30.46 % como máximo obtenido para la variedad K'awna Luk'i (Figura 2). Los rangos de variación dentro las variedades fueron de 12 %.

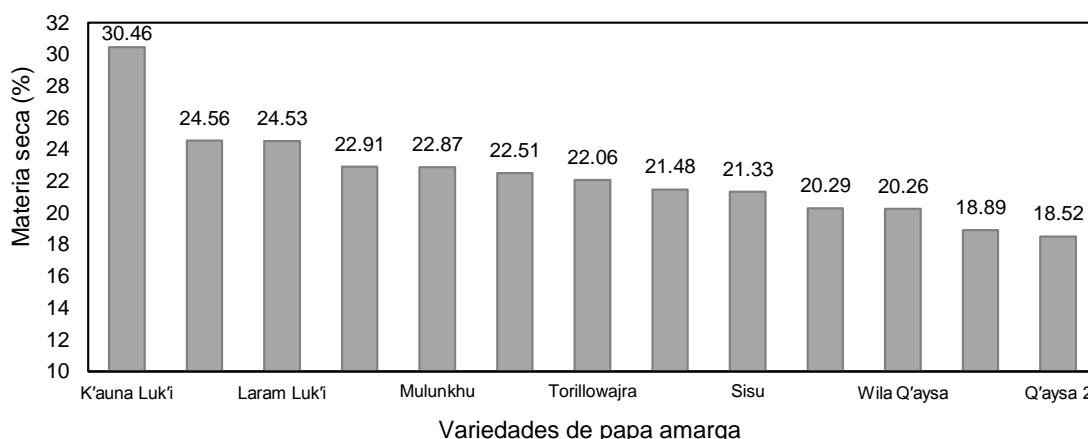


Figura 2. Contenido de materia seca de la especie *Solanum juzepczukii* (Alcon, 2016).

La variedad Qita obtuvo 24.2 % de materia seca, seguido de la variedad Amarulu con 23.4 %, Chuqipitu con 20.1 y como mínimo la variedad Muruq Luk'i con 19.6 %.

Dentro de las especies de papa amarga, las variedades Q'aysa 2, Muruq Luk'i y Luk'i presentan menor porcentaje de materia seca. Según el CIP (2010) se consideran aceptables el contenido de materia seca mayor a 20 %, por lo tanto, las variedades amargas aceptables serían Chuqipitu, Wila Q'aysa, Pinku, Sisu, Q'aysa, Torillwajra, Laram Sisu, Mulunkhu, Wila Pinku, Umaluru, Qita, Laram Luk'i, Sisu 2 y K'auna Luk'i. Capezio et al. (1993) consideran alto contenido de materia seca a valores mayores a 20.5 %, intermedio a valores entre 19.0 y 20.4 % y bajo contenido de materia seca a valores menores a

19.0 %. De acuerdo a esta descripción, en el presente estudio el 64.7 % de las variedades son de alto contenido de materia seca y 29.4 % de las variedades considerados como intermedio y un 11.8 % de las variedades presentan bajo contenido de materia seca. Los mismos autores indican que la materia seca es un atributo que define la calidad culinaria de la papa, ya que las papas con mayor porcentaje de materia seca producen alto rendimiento del producto procesado y una mejor calidad.

Según la Tabla 3, en las variedades de *S. juzepczukii* se observa un rango amplio en el contenido de almidón que va desde 9.27 % (Pinku) hasta 20.5 % (K'auna Luk'i). En las variedades de la especie *S. curtilobum* el contenido de almidón varía entre 11.69 % (Umaluru) y 19.42 % (Muruq Luk'i). Sin embargo, el promedio en el

contenido de almidón de ambos grupos de variedades es similar. Cabe mencionar que en el momento de la decantación del almidón algunas variedades como Q'aysa, Sisu y Muruq Luk'i cambiaron el color del agua de blanco a rosado, en cambio en las demás variedades el color del agua se mantuvo sin variación evidente en color, lo cual podría atribuirse a la presencia de azúcares reductores u otra sustancia sensible a la acción de la luz o la interacción con el oxígeno.

Tabla 3. Porcentaje de almidón obtenido de tubérculos de papa amarga de las especies *Solanum juzepczukii* y *S. curtilobum*.

<i>Solanum juzepczukii</i>		<i>Solanum curtilobum</i>	
Variedad	Almidón (%)	Variedad	Almidón (%)
Pinku	9.27	Umaluru	11.69
K'auna Luk'i	20.50	Chuqepitu	13.83
Laram sisu	11.57	Muruq Luk'i	19.42
Q'aysa	13.89	Qita	14.13
Laram Luk'i	18.74		
Mulunkhu	14.28		
Sisu 2	13.74		
Luk'i	20.00		
Wila Pinku	10.59		
Promedio	14.73	Promedio	14.77

Fuente: Alcon, 2016.

Los gránulos de almidón de *S. juzepczuki* (Tabla 4) presentaron variación entre 68 y 89 micras siendo de mayor amplitud de variación, mientras que *S. curtilobum* presentaron tamaños entre 72 y 80

micras. La temperatura promedio de gelatinización del almidón de la papa amarga de la especie *Solanum juzepczukii* es de 68 a 89 °C con rango de variación de 21 °C y de la especie *Solanum curtilobum* de 72 a 80 °C (Tabla 4). La la temperatura de gelatinización de la papa amarga es mayor a la temperatura de gelatinización de la papa *Solanum tuberosum* L. subespecie andigena que oscila entre 61 a 65 °C (Garnica et al., 2010)

El almidón de las variedades de papa amarga de la especie *Solanum juzepczukii* contiene de 18.45 a 23.11 % de amilosa y de 64.24 a 70.66 % de amilopectina (Tabla 5) y las variedades de la especie *Solanum curtilobum* contienen de 19.78 a 22.11 % de amilosa y de 62.66 a 69.13 % de amilopectina (Tabla 6).

En general las variedades de ambas especies de papa amarga presentaron mayor contenido de amilopectina que amilosa. Según Guadrón (2013) el almidón de papa común contiene 20 % de amilosa y 80 % de amilopectina, Zárate et al. (2014) mencionan que los almidones con alto contenido de amilopectina se pueden emplear en la industria panificadora haciendo que los productos tengan más estabilidad y suavidad y los almidones con alto contenido de amilosa pueden ser usadas para elaborar productos extruidos, freídos y postres lácteos. Según los resultados obtenidos, los almidones de papa amarga se pueden emplear en la industria.

Tabla 4. Características del almidón de la papa amarga.

Especie	Variedad	Gránulo de almidón (μ)	Temperatura de gelatinización		Porcentaje de gelatinización
			Mínimo	Máximo	
<i>S. juzepczukii</i>	Mulunkhu	87	76	80	90.15
	Pinku	75	80	83	95.48
	K'auna Luk'i	83	83	87	89.11
	Sisu	85	77	79	95.24
	Q'aysa	89	80	84	95.16
	Laram Luk'i	68	80	82	88.78
<i>S. curtilobum</i>	Umaluru	72	79	81	93.14
	Chuqepitu	79	84	86	90.21
	Muruq Luk'i	80	90	92	88.24

Fuente: Alcon, 2016 con datos de LAYSA s.r.l.

Tabla 5. Amilosa y amilopectina en almidón de papa amarga *Solanum juzepczukii*.

Variedad	Amilosa (%)	Amilopectina (%)
Mulunkhu	23.11	65.89
Pinku	19.15	67.97
K'auna Luk'i	18.45	70.66
Sisu	20.45	64.24
Q'aysa	21.14	68.31
Laram Luk'i	20.17	64.98
Promedio	20.41	67.01

Fuente: Alcon, 2016 con datos de LAYSA s.r.l.

Tabla 6. Amilosa y amilopectina en almidón de papa amarga *Solanum curtilobum*.

Variedad	Amilosa (%)	Amilopectina (%)
Umaluru	19.78	64.37
Chuqipitu	19.98	69.13
Muruq Luk'i	22.11	62.66
Promedio	20.62	65.38

Fuente: Alcon, 2016 con datos de LAYSA s.r.l.

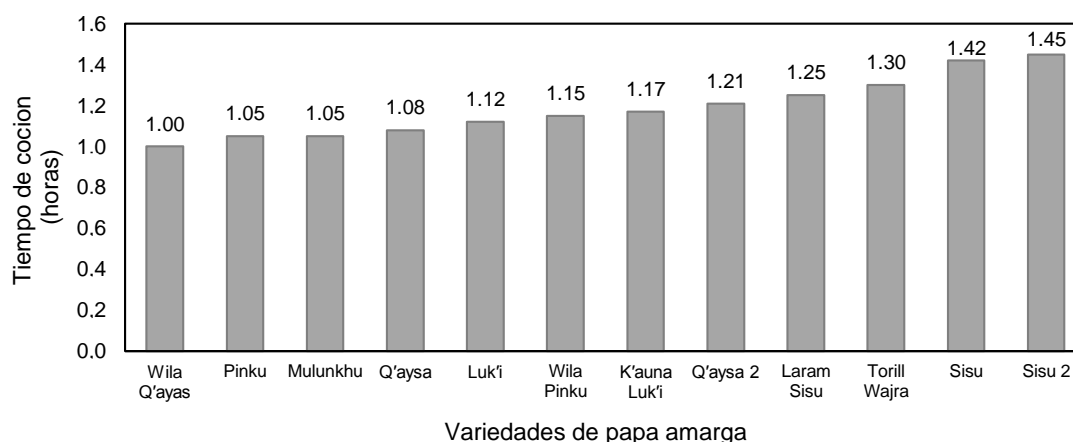
Según Aristizábal y Sánchez (2007) las altas concentraciones de amilosa implican formación de geles fuertes, opacos y que sufren sinéresis, asimismo, tienen una retrogradación muy rápida mientras las bajas proporciones de amilosa generan dispersiones claras y viscosas que no gelifican. La mayor proporción de amilosa en el almidón es importante para el uso industrial, ya que pueden ser usados modificado con diferentes tratamientos para mejorar sus propiedades de consistencia, viscosidad, estabilidad a cambios del pH y temperatura, gelificación, dispersión y de esta

manera poder usarlo en diferentes aplicaciones industriales.

La amilosa favorece la retrogradación de sus pastas durante el enfriamiento, ocasionando el indeseable fenómeno de sinéresis, mientras que la amilopectina favorece a que forme pastas espesas que no se retrogradan fácilmente al enfriarse (Hoover, 2002 citado por Alvis et al., 2008). La formación del gel depende del contenido de amilosa, del tamaño y de la forma del gránulo del almidón (Alvis et al., 2008). Según Zárate et al. (2014) 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 es el polisacárido más empleado en la industria de alimentos como ingrediente funcional (espesante, estabilizante y gelificante) el almidón nativo no es considerado aditivo sino ingrediente, una de las materias primas utilizadas para la extracción del almidón son los tubérculos de papa (Garnica et al., 2010).

Con relación a la calidad culinaria, los tubérculos de papa amarga en estado fresco en promedio presentan un tiempo de cocción en un rango de una hora hasta una hora con cuarenta y cinco minutos (Figura 3). Las variedades conocidas como Sisu son las que requieren mayor tiempo para la cocción.

Figura 3. Tiempo de cocción de tubérculos en estado fresco de *Solanum juzepczukii* (Alcon, 2016)

Las variedades de papa amarga de la especie *Solanum juzepczukii* almacenados requieren un tiempo de cocción mínimo de una hora y ocho minutos hasta un máximo de una hora y treinta minutos (los resultados son de tubérculos procedentes de un solo lugar). En las variedades K'auna Luk'i, Wila Pinku,

Luk'i, Pinku, Chuqila, Turillwajra, Laram Luk'i y Mulunkhu el tiempo de cocción esta de una hora a una hora con quince minutos. Las variedades Qaysa y Sisu tienen el mayor tiempo de cocción de una hora con treinta minutos siendo similar con el tiempo de cocción de tubérculos frescos.

El tiempo de cocción en tubérculos almacenados es mayor que en tubérculos en estado fresco de las variedades Q'aysa, Wila Q'aysa, Pinku, Q'aysa 2 y

Mulunkhu mientras de las variedades Luk'i, Kauna Luk'i, Turillwajra y Chuqila reduce el tiempo de cocción de tubérculos almacenados frente a tubérculos en fresco.

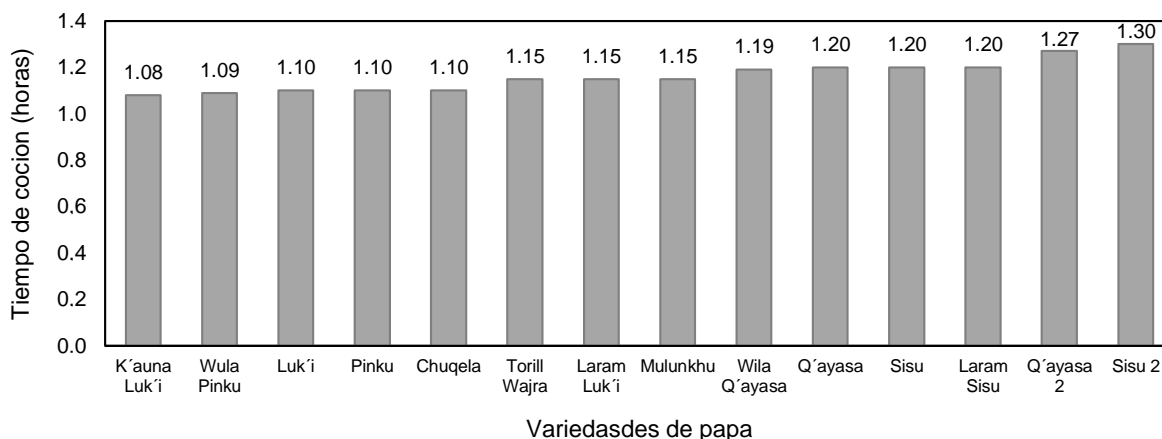


Figura 4. Tiempo de cocción de tubérculos almacenados de *Solanum juzepczukii* (Alcon, 2016).

Los tubérculos en estado fresco de esta especie *S. curtilobum* en promedio presentan un tiempo de cocción en un rango de una hora hasta una hora con treinta minutos. En variedades Qita y Chuqipitu, el tiempo de cocción es de una hora y para la variedad Muruq Luk'i el tiempo de cocción es una hora y 30 minutos, siendo la variedad con mayor tiempo de cocción en comparación con las demás variedades de esta especie.

Los tubérculos almacenados de las variedades de *S. curtilobum* en general requieren un tiempo de cocción mínimo de una hora y cinco minutos (variedad Qita) hasta un máximo de una hora y veinte minutos (variedades Chuqipitu, Uma Luru y Muruq Luk'i).

Estos resultados muestran que las papas amargas tienen un tiempo de cocción prolongada ya sea en estado fresco o almacenado. El tiempo de cocción puede variar dependiendo del tamaño del tubérculo. Según Cadima et al. (2003) las papas harinosas son de cocción rápida y se consumen preferentemente en forma de "wayk'u" o "qhati" (papa hervida con cáscara)

en cambio las papas aguanosas son de cocción morosa.

En cuanto a la evaluación degustativa de tubérculos de papa amarga el parámetro de mayor importancia fue el sabor, ya que muchos autores mencionan que los tubérculos de papa amarga no son aptos para el consumo en estado fresco por su sabor amargo condicionado por el contenido de glicoalcaloides, pero también se evaluaron otros aspectos como la textura, dureza, harinosidad, adhesividad. Los resultados en la Figura 5 presenta la variabilidad de dichos aspectos en cada variedad.

Las variedades Pinku y Q'aysa fueron calificadas como de sabor amargo mientras Turillwajra y Qaysa 2 como muy amargo. Las demás variedades son de sabor neutro. Todas las variedades de esta especie son adhesivos y no harinosos. Según los productores, el sabor puede ser influenciado por efectos del clima (helada, granizo) y por el tipo de fertilizante. En cuanto a la textura las variedades Mulunkhu, Torillwajra y Laram Sisu son de textura fina.

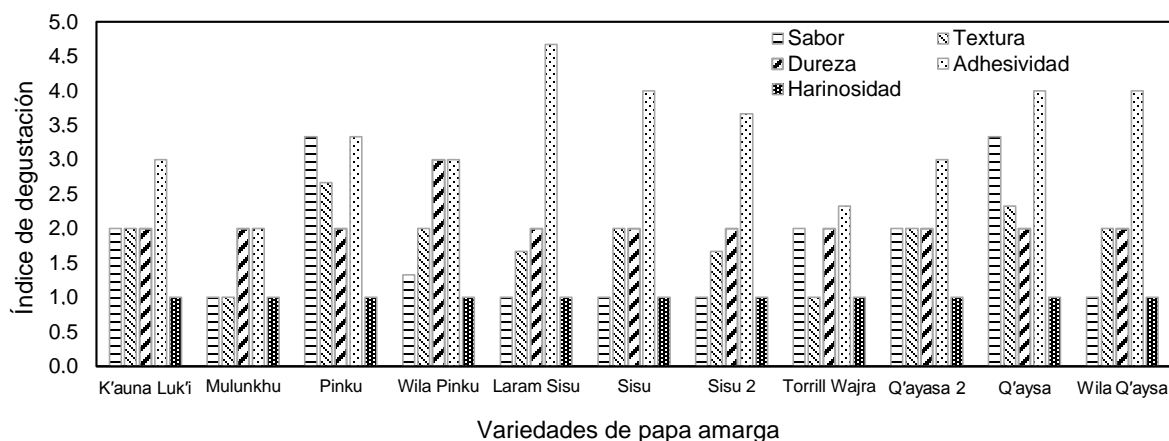


Figura 5. Evaluación degustativa de papa hervida de tubérculos de estado fresco de la especie *Solanum juzepczukii*.

En *Solanum juzepczukii* las variedades clasificadas de sabor amargo en estado fresco después del almacenado mantienen el sabor amargo, pero en

cuanto a la adhesividad la variedad Sisu después del almacenado se vuelve más pegajoso (Figura 6).

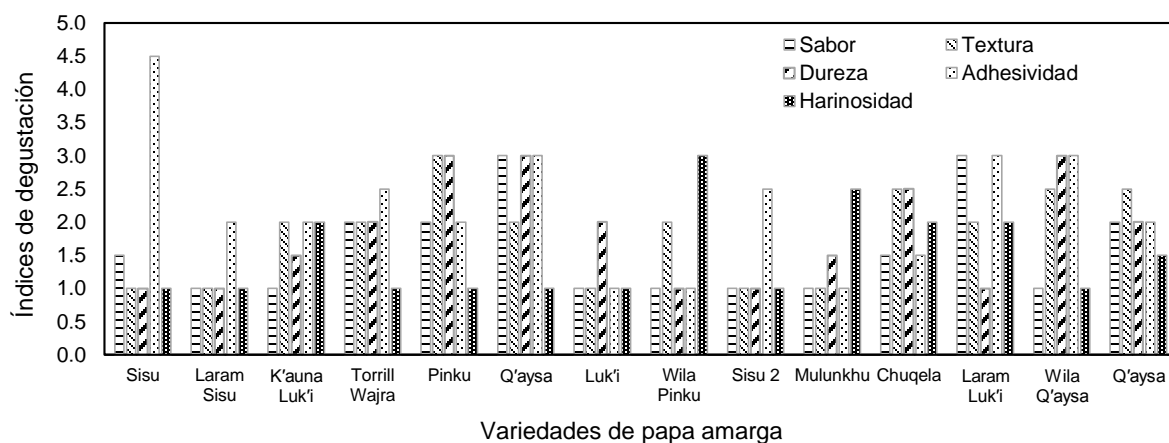


Figura 6. Evaluación degustativa de tubérculos almacenados de la especie *Solanum juzepczukii* (Alcon, 2016).

Las variedades Chuqipitu y Umaluru en estado fresco son de sabor poco amargo y las variedades Qita y Muruq Luk'i son de sabor neutro (Figura 7). La pulpa

cocida de estas variedades son adhesivos sobresaliendo la variedad Muruq Luk'i.

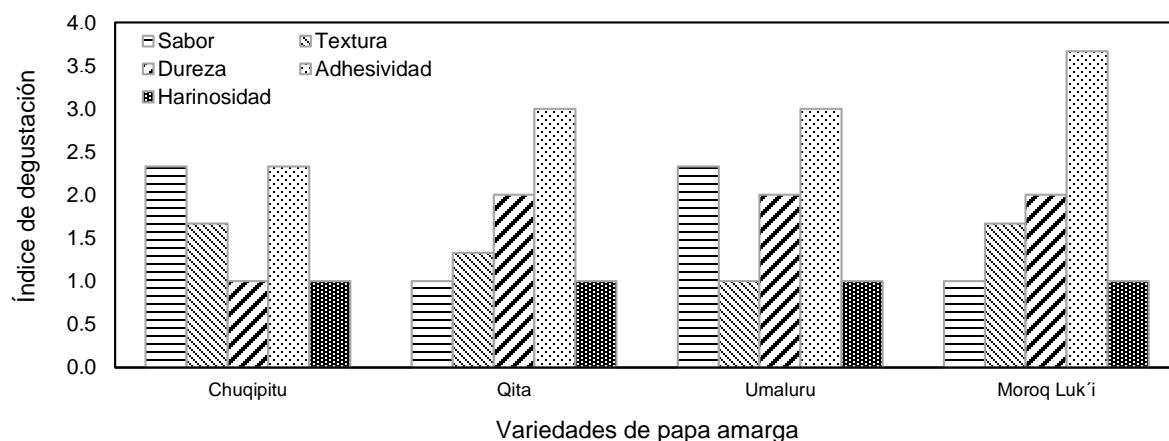


Figura 7. Evaluación degustativa de tubérculos frescos de la especie *Solanum curtilobum* (Alcon, 2016).

Los tubérculos almacenados, la variedad Umaluru es de sabor neutro Qita y Muruq Luk'i son de sabor poco

amargo y Chuqipitu es de sabor muy amargo y todas son menos adhesivos que en estado fresco (Figura 8).

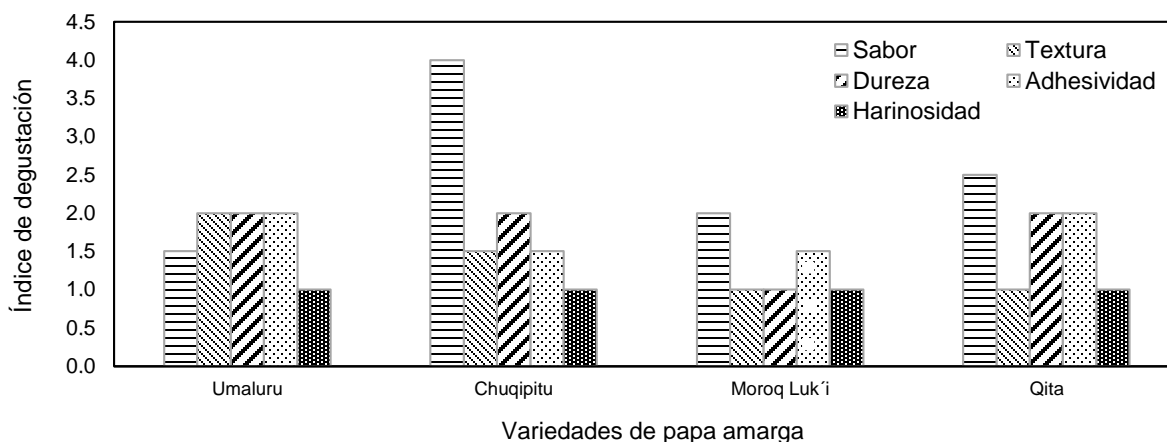


Figura 8. Evaluación degustativa de tubérculos almacenados de la especie *Solanum curtilobum* (Alcon, 2016).

Las variedades de papa amarga muestran diferentes características organolépticas, como dureza, sabor, textura que varían de una variedad a otra. Bonierbale y Amorós (1999) mencionan que cada variedad de papa muestra diferentes características organolépticas, tales como el color, olor, sabor, textura, oscurecimiento, la mayoría de estas características de la papa puede cambiar debido a las diversas condiciones ambientales, así mismo influye el clima, manejo y tipo de suelo.

En general, la degustación de la papa amarga ha permitido diferenciar grados de amargor de la papa amarga, siendo algunos calificados como de sabor neutro o no amargo, siendo esta la explicación del consumo de papa amarga en estado fresco o almacenado, no necesariamente en forma procesada para chuño o tunta.

CONCLUSIONES

Las variedades de papa amarga *S. juzepczukii* y *S. curtilobum* presentan variación en la gravedad específica con valores superiores a 1.087 g cm⁻³ alcanzando valores requeridos por la agroindustria de la papa en general, lo cual podría abrir nuevas opciones de usos de la papa amarga.

En las variedades de *S. juzepczukii* en contenido de materia de 18.6 a 30.5 % mientras que en *S. curtilobum* la materia seca varía entre 19.6 y 24.2 %, lo cual indica que algunas variedades de papa amarga pueda ser aceptables para la industria ya que los valores obtenidos superan el 20 %.

Las variedades de papa amarga contienen entre 9.27 y 20.5 % de almidón y en cuanto a sus componentes, presentan mayor contenido de amilopectina que amilosa, estos almidones se pueden emplear en la industria de la panificación.

Los tubérculos de papa amarga en estado fresco en promedio presentan un tiempo de cocción de una hora hasta una hora con cuarenta y cinco minutos, siendo la pulpa cocida de sabor amargo, poco amargo hasta neutro, lo cual explica el consumo de estas papas en estado fresco y/o almacenado por las familias de productores de estas variedades, contrastando con la afirmación de que la papa amarga necesariamente debe ser procesada en chuño o tuta. La textura los tubérculos cocido de la papa amarga varía entre fino, moderadamente fino y basto.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcon, D. 2016. Caracterización morfológica del tubérculo y criterios de calidad culinaria en variedades de papa amarga (*Solanum juzepczukii* y *Solanum curtilobum*) en el municipio de San Andrés de Machaca. Tesis Lic. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 128 p.
- Aristizábal, J; Sánchez, T. 2007. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca, FAO, Roma. Boletín de servicios agrícolas de la FAO N° 163. 134 p.
- Alvis, A; Vélez, CA; Villada HS; Rada, M. 2008. Análisis físico-químico y morfológico de almidones de ñame, yuca y papa y determinación de la viscosidad de las pastas. Información tecnológica. 19(1):19-28.

- Bonifacio, A. 1992. Germoplasma de papa amarga y caracterización preliminar en el altiplano boliviano. In Mesa redonda Perú-Bolivia. La Paz, Bolivia. Rea, J y Vacher, JJ. (eds), La Paz, Bolivia. 27-31 p.
- Bonifacio, A; Ramos, P; Alcon, M; Gabriel, J. 2013. *Solanum x curtilobum* Juz. et Buk.: papa amarga cultivada con potencial para el mejoramiento genético. Revista Latinoamericana de la papa 17:117-129.
- Bonierbale, M; Amorós W. 1999. Perspectivas de la papa para la industria. In Seminario Nacional Perspectivas tecnológicas del germoplasma nativo de papa para el tercer milenio (1 era 1999, Huancavelica, Perú). Ministerio de Agricultura, INIA y CIP (eds.). Lima, Perú. 23-28 p.
- Cadima, X; Almanza, J; García, W; Terrazas, F; Gonzáles, R; Gandarillas, A. 2003. Etnobotánica de tubérculos andinos en Candelaria. In Manejo sostenible de la agrobiodiversidad de tubérculos andinos: Síntesis de investigaciones y experiencias en Bolivia. Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos: Una década de investigación para el desarrollo (1993-2003, Cochabamba, Bolivia). García, W; Cadima X. (eds), Fundación PROINPA-Alcaldía de Colomi, CIP, COSUDE. Cochabamba, Bolivia. 50-56 p.
- Canqui, F; Morales, E. 2009. Conocimiento local en el cultivo de Papa. A. Alemán, S Cabrera. Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia. 266 p.
- Capezio, S; Huarte, M; Carrozzi, L. 1993. Selección por peso específico en generaciones tempranas en el mejoramiento de la papa. Revista Latinoamericana de la Papa. 5(6):54-63.
- Chávez Alfaro, R. 2006. Sobre el origen, evolución y diversidad genética de la papa cultivada y la silvestre. Ciencia y Desarrollo 10:111-120.
- CIP (Centro Internacional de la Papa). 2010. Procedimientos para pruebas de evaluaciones estándar de clones avanzados de papa. Guía para Cooperadores Internacionales. M. Bonierbale, S. de Haan, A. Forbes y C. Bastos (eds.). Trad. T. Ames, Mc Lauchlanz. Lima, Perú. 151 p.
- Coraspe, León HM. 1998. La calidad del tubérculo de papa (en línea). Estación experimental Trujillo (en línea). FONAIAP (60):1-3. Consultado 28 mar. 2015. Disponible en http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd60/papa.html.
- Coraspe, León HM. 2008. La calidad del tubérculo de papa. FONAIAP. Estación experimental Trujillo. Consultado 8 oct. 2015. Disponible en <http://eagroagricultura.blogspot.com/2008/11/la-calidad-del-tuberculo-de-papa.html>
- Cortez, R; Hurtado, G. 2002. Cultivo de la papa. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA) (en línea). Consultado 20 sep. 2015, disponible en <http://docplayer.es/5817796-Guia-tecnica-cultivo-de-la-papa.html>
- Durán, IDC. 2007. Determinación de calidad culinaria y organoléptica de 50 variedades de papa nativa originaria de Chiloé. Tesis Lic. Valdivia Chile. Universidad Austral de Chil. 144 p.
- Egúsquiza, BR. 2000. La papa producción, transformación y comercialización. Trad. W. Hurtado de Mendoza. PRISMA-Proyecto PRODECCE, PROYECTO PAPA ANDINA (CIP-COSUDE). Bolivia - Ecuador - Perú. 192 p.
- Estrada, N. 1992. Importancia genética de las papas amargas. In Mesa redonda Perú-Bolivia (1ra, 1991, La Paz, Bolivia), Rea, J.y Vacher, JJ. (eds.). La Paz, Bolivia. p. 11-14.
- Garnica, AM; Romero, ÁR; Cerón, M del S; Prieto, CL. 2010. Características funcionales de almidones nativos extraídos de clones promisorios de papa (*Solanum tuberosum* L. *subespecie andigena*) para la industria de alimentos. Hoy, 19 (21): 125-129.
- Guadrón, EN. 2013. Diseño y desarrollo del proceso para la extracción de almidón a partir de guineo Majoncho verde (*Musa sp.* variedad Cuadrado), para su uso en la industria de alimentos. Tesis Lic. Universidad de El Salvador. 166 p.
- Huanco, V. 1992. Potencial de las papas amargas en el altiplano de Puno, Perú. In Mesa redonda Perú-Bolivia (1ra, 1991, La Paz Bolivia). Rea, J y Vacher, J J. (eds.), La Paz. p. 25-26.
- INIA. 2003. Calidad de consumo en variedades de papa. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Comisión Administradora de Mercado Modelo, Asociación Nacional de Semilleristas de Papa, Montevideo, Uruguay. 9 p.
- Mamani, M; Laura, J; Luna, R; Huanca, E; Choque, D; Escobar, B.; Ajata, SD. y Enorio N. 2012. Plan Territorial de Desarrollo Integral de San Andrés de Machaca PDM- PTDI. 2012-216. 257 p.
- Martínez, FA. 2009. Caracterización morfológica e inventario de conocimientos colectivos de variedades de papas nativas (*Solanum tuberosum*) en la provincia de Chimborazo. Tesis Lic. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba Ecuador. 159 p.

- Melian, DE. 2010. Ensayo comparativo de dos metodologías de extracción de almidón de papa usando muestras de diez variedades nativas de Chiloé y dos variedades comerciales. Tesis Lic. Valdivia Chile. Universidad Austral de Chile. 72 p.
- Montaldo A. 1984. Cultivo y mejoramiento de la papa. J Escobo (ed.). San José Costa Rica, CIDIA - IICA. 681 p. (serie de libros y materiales educativos/IICA n° 54)
- Monteros, C; Yumisaca, F; Andrade-Piedra, JL; Reinoso, I. (eds.). 2010. Cultivares de papas nativas, sierra centro y norte del Ecuador: Catalogo etnobotanico, morfologico, agronomico y calidad. Quito (Ecuador). Instituto Nacional Autonomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP); Centro Internacional de la Papa (CIP); Fontagro; Iniciativa Papa Andina; Proyecto InnovAndes, Quito Ecuador. 144 p. (Miscelánea N° 179).
- Palacios, B; Jaramillo, V; González, S; Cotes T. 2008. Efecto de la fertilización sobre la calidad de la papa para procesamiento en dos suelos antioqueños. Agronomía Colombiana 26(3): 487-496.
- Rea, J. 1992. Vigencia de las papas nativas en Bolivia. In Mesa redonda Perú-Bolivia (1ra, 1991, La Paz, Bolivia), Rea, J y Vacher, JJ. (eds.). La Paz, Bolivia. p. 15-23.
- Romero, B; Garnica AM. 2009. Caracterización de clones promisorios de papa (*Solanum tuberosum* subespecie *andigenum*) por su potencial para la producción de almidones nativos. Trabajo de grado. Bogota D.C. Colombia. Universidad de La Salle. 125 p.
- Spooner, DM; Núñez, J; Trujillo, G; Herrera, M; Guzmán, F; Ghislain, M. 2007. Extensive simple sequence repeat genotyping of potato landraces supports a major reevaluation of their gene pool structure and classification. PNAS 104 (49) 19398-19403.
- Tapia, N; Saravia, G. 1997. Biodiversidad en papas amargas. AGRUCO, Cochabamba, Bolivia. 53 p. (Serie técnica Nro 36).
- Zárate, LM; Ramírez, LM; Otálora, NA; Prieto, L; Garnica, AM; Cerón, MS; Argüelles, JH. 2014. Extracción y caracterización de almidón nativo de clones promisorios de papa criolla (*Solanum tuberosum*, Grupo Phureja). Revista latinoamericana de la papa 18(1):1- 24.

Artículo recibido en: 07 de octubre 2020

Aceptado en: 14 de diciembre 2020