

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA

ESCUELA DE POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE MEDICINA



**EFFECTO DEL PROCESAMIENTO LABORATORIAL DE CHUÑO BLANCO
SOBRE LA PERDIDA DE GLICOALCALOIDES TOTALES DE LA PAPA
AMARGA *Solanum juzepczukii* Y *Solanum curtilobum***

**Tesis presentada por la Maestra:
LUZ CARDENAS HERRERA**

**Para optar por el Grado
Académico de Doctora en
Ciencias: Biomédicas.**

**Tutor: DR. JUAN LUIS AQUINO
PUMA**

AREQUIPA – PERÚ

2021

La presente tesis está dedicada a mi familia y a la memoria de mi padre, a quienes debo mucho, por estar en mis mejores y malos momentos por su apoyo incondicional y por demostrarme su amor día a día gracias por llenar mi vida

Con amor

Luz

A mis amigos por su inestimable apoyo, que me acompañaron durante este camino de superación va mi profundo agradecimiento

¡Mil gracias!

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCION.....	3
CAPITULO I.....	7
MARCO TEORICO	7
CAPITULO II.....	29
METODOLOGÍA.....	29
CAPITULO III.....	37
RESULTADOS	37
CAPITULO IV	49
DISCUSION.....	49
CAPITULO V	58
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	58
BIBLIOGRAFÍA.....	60
ANEXOS.....	67

RESUMEN

Introducción. La papa es uno de los alimentos más valioso del mundo, de donde deriva el chuño, pero tienen glicoalcaloides que son nocivos para la salud humana, de ahí la importancia de determinar el porcentaje de su pérdida en su elaboración.

Objetivo. Es evaluar en cuál de las etapas del procesamiento laboratorial con remojo de 15 y 30 días de Chuño blanco se pierde el mayor porcentaje de glicoalcaloides totales de la papa amarga según especie y sus variedades.

Metodología. En el laboratorio se procesó chuño blanco con remojo de 15 y 30 días de las papas amargas *Solanum juzepczukii*, variedades *piñaza*, *rucky*, *ketta* y *anchauri* y *Solanum curtilobum* variedades *ocucuri morado* y *parina* de la cosecha del mes de mayo de la localidad de llave-Puno, las cuales fueron sometidas a congelado, remojo, lavado, congelado, descongelado, apisonado, secado, frotado y venteado. En las diferentes etapas se fueron retirando muestras para la determinación del contenido de glicoalcaloides por el método de Fitzpatrick y Osman. Se realizaron las siguientes pruebas estadísticas, coeficiente de variación, t de Student, ANOVA con una significancia de 0.05%

Resultados. El mayor porcentaje de pérdida de glicoalcaloides de *Solanum juzepczukii* con remojo de 15 días, es en: *anchauri* (54.11%) en el lavado, *ketta* (57.10%), *rucky* (49.96%) en la primera congelación y *piñaza* (41.03%) en el segundo congelado y descongelado; con 30 días de remojo, *anchauri* (67.26%), *piñaza* (42.92%), *rucky* (38.70%) en el lavado, *ketta* (53.02%) en la primera congelación. *Solanum curtilobum*, con 15 y 30 días de remojo: *ocucuri morado* (60.48 y 56.93%) en la primera congelación y *parina* (39.42 y 68.26%) en el lavado. Siendo significativamente mayor la pérdida con remojo de 30 días

Conclusión. La mayor pérdida de glicoalcaloides se da en el lavado en *anchauri* de *Solanum juzepczukii* y en *parina* de *Solanum curtilobum*, el tiempo de remojo influye significativamente en la pérdida de los mismos.

Palabras clave: Chuño Blanco, pérdida, glicoalcaloides totales, papa amarga

ABSTRACT

Introduction. Potatoes are one of the most valuable foods in the world, from which chuño derives, but they have glycoalkaloids that are harmful to human health, hence the importance of determining the percentage of its loss in its preparation.

Objective. It is to evaluate in which of the stages of the laboratory processing with 15 and 30 day soaking of Chuño Blanco the highest percentage of total glycoalkaloids is lost from the bitter potato according to species and its varieties.

Methodology. In the laboratory, white chuño was processed with soaking for 15 and 30 days of the bitter potatoes *Solanum juzepczukii*, varieties *piñaza*, *rucky*, *ketta*, and *anchauri*, and *Solanum curtilobum*, *ocucuri morado* and *parina* varieties from the harvest of the month of May from the town of Ilave- Puno, which were subjected to freezing, soaking, washing, frozen, thawed, tamped, dried, rubbed and vented. In the different stages, samples were withdrawn for the determination of the glycoalkaloid content by the Fitzpatrick and Osman method. The following Kolmogorov-Smirnov statistical tests were performed, coefficient of variation, Student's t, ANOVA with a significance of 0.05%.

Results. The highest percentage of loss of glycoalkaloids from *Solanum juzepczukii* with soaking for 15 days, is in: *anchauri* (54.11%) in the wash, *ketta* (57.10%), *rucky* (49.96%) in the first freezing and *piñaza* (41.03%) in the second frozen and thawed; with 30 days of soaking, *anchauri* (67.26%), *piñaza* (42.92%), *rucky* (38.70%) in the wash, *ketta* (53.02%) in the first freeze. *Solanum curtilobum*, with 15 and 30 days of soaking: *ocucuri morado* (60.48 and 56.93%) occurred in the first freezing and *parina* (39.42 and 68.26%) in the wash. The loss being significantly greater with soaking of 30 days.

Conclusion. The greatest loss of glycoalkaloids occurs in the washing of *Solanum juzepczukii anchauri* and *Solanum curtilobum parina*, the soaking time significantly influences their loss.

Key words: Chuño Blanco, loss, total glycoalkaloids, bitter potato

INTRODUCCIÓN

Millones de personas consumen diariamente papa, siendo el consumo de este producto únicamente superado por el de trigo, maíz y arroz (1). La papa (*Solanum tuberosum* L.) es uno de los cultivos alimenticios más diversos y valioso del mundo, es originaria del Perú, se encuentra en los Andes del sur y el altiplano (2). Se cuenta con más de 4000 variedades de papa y una gran variedad de productos derivados, en su mayoría deshidratados (3), como: la papa seca (4), chuño negro (5), tocosh (6) y Chuño Blanco o tunta (3).

Son pocas las variedades de papa, que crecen en las montañas que bordean el lago Titicaca, como las papas nativas amargas; las cuales, son ideales para elaborar el Chuño blanco y negro, se caracterizan por su alta resistencia a temperaturas bajas de -5 °C, crecen en ambientes de alta montaña a más de 3800 metros sobre el nivel del mar (7).

El Chuño blanco y negro son subproductos de la papa nativa amarga deshidratada obtenidos mediante un proceso artesanal aprovechando el clima invernal seco de junio a agosto en el sur del país, por tanto, no tiene implicancias ambientales negativas, debido a que su elaboración es netamente artesanal y respetuosa con el medio ambiente (7) (8) (9). En la actualidad la región Puno, es el principal productor de Chuño blanco, con aproximadamente el 80% de la producción nacional y las técnicas del procesamiento han pasado de generación en generación, desde la época incaica. Se produce mediante técnicas de deshidratación natural, sometida a congelación e insolación indirecta, con periodos breves de fermentación en agua natural, *paja ichu* y tierra húmeda. Su tratamiento requiere de ciertas condiciones ambientales, como una humedad entre 30% - 40%, días soleados y noches frías (9). Son alimentos funcionales con propiedades prebióticas (10), con un tipo de almidón lento en la digestión, que genera saciedad; por lo cual son positivos para la dieta en personas con sobrepeso y obesidad, y

ayuda a estabilizar los niveles de azúcar en la sangre; de modo que es recomendable para las personas que sufren diabetes (11) (12), son componentes importantes en la dieta de los pobladores rurales y urbanos, debido a que previenen enfermedades gastrointestinales y cáncer al colon, es consumido en las zonas alto andinas del Perú, sur de Bolivia, norte de Argentina, norte de Chile y el sur de Ecuador (13)

La producción de Chuño blanco y negro en el Perú se estima alrededor de 6,000 Tn/año y se comercializan 4,000 Tn/año; donde el 80 % de esta producción se destina al mercado boliviano y solo el 20 % se vende en el Perú.

Las papas amargas se caracterizan por presentar un alto contenido de una serie de tóxicos naturales, los glicoalcaloides, tales como la α solanina y la α chaconina, que le confiere cierto sabor amargo. Estas sustancias son metabolitos secundarios, como respuesta a situaciones de estrés o defensa de los insectos, depredadores y parásitos. Se trata de un tipo de pesticida natural que aparece en grandes concentraciones en los tallos tiernos de la papa y en sus hojas, y en menor medida en los tubérculos, que es lo comestible (14).

Las intoxicaciones por glicoalcaloides afectan a nuestro organismo mediante desajustes gastrointestinales, alteran la estructura de la membrana celular, y neurológicos como consecuencia del efecto inhibitorio sobre la actividad de la acetilcolinesterasa. Las manifestaciones de la ingesta excesiva de glicoalcaloides son frecuentemente malestar estomacal y digestivo, vómitos, diarreas, náuseas, dolor de cabeza, vértigos, escozor de garganta, reacciones alérgicas diversas. Aunque depende mucho del grado de toxicidad, pero en casos extremos se ha llegado a casos de pérdida de conciencia, alucinaciones, hipotermia, hipotensión arterial (15).

Nunca hemos reparado en la posible toxicidad de la papa, y mucha gente no sabe que este alimento que aparentemente es inofensivo puede resultar muy perjudicial para nuestra salud si no lo consumimos adecuadamente; por los glicoalcaloides que contiene.

En todas las noticias de prensa y demás medios de comunicación, se informa acerca de la contaminación que se puede producir en los alimentos, por el uso de plaguicidas para proteger el cultivo o aditivos para conservarlos más tiempo o para mejorar alguna de sus propiedades; pero, en pocas ocasiones, se habla del riesgo de consumir alimentos con sustancias tóxicas inherentes a él.

La evidencia de las acciones toxicas de los glicoalcaloides hace necesaria su cuantificación en todas las variedades disponibles para el consumo. En este sentido se ha considerado que las variedades que contengan más de 14 mg. de glicoalcaloides por 100g de peso de papa, deben ser retiradas del mercado por superar los límites de seguridad en su consumo.

En este contexto, este trabajo de investigación es de gran interés debido a que se va a determinar el efecto del procesamiento laboratorial de Chuño blanco sobre la perdida de glicoalcaloides totales de las papas amargas *Solanum juzepczukii* y *Solanum curtilobum*, de acuerdo a variedad y tiempo de remojo de 15 y 30 días, con la idea que nuestras poblaciones consuman alimentos que además de ser nutritivos sean seguros, porque, el contenido de glicoalcaloides se encuentra dentro de los límites de seguridad permisibles para el consumo humano.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿En cuál de las etapas del procesamiento laboratorial de Chuño Blanco con remojo de 15 y 30 días se pierde el mayor porcentaje de glicoalcaloides totales de la papa amarga según especie y sus variedades?

HIPOTESIS

El procesamiento laboratorial de Chuño Blanco de la papa amarga *Solanum juzepczukii* variedades *piñaza*, *rucky*, *ketta* y *anchauri* y *Solanum curtilobum* variedades *ocucuri morado* y *parina* disminuye el contenido de glicoalcaloides totales con un mayor tiempo de remojo.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar en cuál de las etapas del procesamiento laboratorial de Chuño Blanco con remojo de 15 y 30 días se pierde el mayor porcentaje de glicoalcaloides totales de la papa amarga según especie y sus variedades.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Determinar en cuál de las etapas del procesamiento laboratorial de Chuño Blanco con remojo de 15 y 30 días se pierde el mayor porcentaje de glicoalcaloides totales (TGA) de la papa amarga *Solanum juzepczukii* según variedad.
- 2) Determinar en cuál de las etapas del procesamiento laboratorial de Chuño Blanco con remojo de 15 y 30 días se pierde el mayor porcentaje de glicoalcaloides totales (TGA) de la papa amarga *Solanum curtilobum* según variedad.
- 3) Determinar si el tiempo de remojo influye significativamente en la pérdida de glicoalcaloides totales (TGA) en el procesamiento laboratorial de Chuño Blanco a partir de la papa amarga *Solanum juzepczukii* y *Solanum curtilobum* según sus variedades.

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 La Papa:

Solanum tuberosum, pertenece a la familia de las solanáceas. La parte comestible, el tubérculo, son tallos carnosos modificados que se originan en el extremo de los estolones y fue el primer cultivo de raíz que se convirtió en alimento básico de una civilización, los incas. Aunque éstos también producían maíz, algodón, lana de llama, y contaban con sofisticados sistemas de riego, elaboración de alimentos y tecnologías de almacenamiento, dependían de la capacidad de la papa para darse en todas las zonas cultivables de la dura región de los altiplanos andinos en América del Sur (16).

Posteriormente la papa fue llevada a Europa, gracias a que puede cultivarse de forma rápida y barata, liberó a las masas del hambre, permitió que la clase obrera creciera más robusta y que más personas que trabajaban en las granjas pudieran incorporarse a las fábricas del siglo XIX, lo que democratizó Europa.

Actualmente la papa forma parte de la alimentación básica de todo el mundo, ocupa el quinto lugar en consumo humano y es el cuarto producto de mayor producción, tras el arroz, el trigo y el maíz, con una producción anual de más de 300 millones de toneladas cultivadas en todo el mundo (17). La papa es uno de los cultivos de mayor importancia alimenticia, superior a todos los otros cultivos en la producción de proteínas, por unidad de tiempo, superficie, y en la producción de energía. La papa posee los mayores recursos genéticos conocidos para un cultivo, tiene alrededor de 200 especies silvestres con gran diversidad de caracteres y con la ventaja de poder incorporarlos en cultivares mediante

cruzamientos y manipulaciones genéticas. Por otra parte, la riqueza enorme del germoplasma cultivado de los Andes está representado por ocho especies cultivadas en una serie poliploide ($2n=24, 36, 48$ y 60), que incluye unas 4000 variedades, además su alto potencial genético da una información genotípica más completa. Se decidió usar los marcadores micro satélites, por ser más informativos para estudios genético poblacionales, por su característica genética codominante, su alto grado de polimorfismo, su fácil reproducibilidad y por la existencia de protocolos estandarizados por el Centro Internacional de la Papa. (18).

Además, la papa, debido a su alto potencial genético para el rendimiento y su amplia adaptabilidad bajo diferentes climas lo hace un cultivo muy valioso para contribuir a solucionar los problemas de la alimentación (19). Debido a estas características, en los últimos años ha aumentado el interés de las especies de papa nativa por su potencial en la agrobiodiversidad, mejorando variedades comerciales, contrarrestando plagas e inclusive en el mercado industrial y farmacéutico.

Así, la papa es uno de los pilares en nuestra alimentación actual debido a las propiedades nutritivas que forman parte de su composición, en especial los hidratos de carbono y el potasio. Actualmente, de la producción total de papa solo el 25% se destina a consumo humano, siendo el resto usado para la fabricación de piensos, espesantes y madera (17).

1.2 La papa amarga (*Solanum juzepczukii* Buk)

Se caracteriza por la presencia de glicoalcaloides que impiden su consumo en forma directa y se deben procesar en chuño negro y blanco. La papa común tiene un tenor de glicoalcaloides menor de 12 mg/100 g, mientras que la papa amarga está por encima de esa cifra. Asimismo, presenta un contenido significativo de azúcar (de 0,3 a 0,5%) y alrededor de 12% de almidón.

Éste es un producto estratégico de elevado impacto para la alimentación de la población rural, a la que proporciona el mayor porcentaje de calorías con

relación a los demás alimentos de la dieta diaria. A través del tiempo los agricultores andinos han desarrollado cultivos alimenticios resistentes a la helada y a la sequía, los mismos que se cultivan entre los 3.500 a 4.000 m de altitud sobre el nivel del mar. Entre estas especies está el grupo de las papas amargas *S. juzepczukii* y *S. curtilobum*, las que pertenecen a la gran familia de las papas nativas, estas papas tienen gran adaptación a las zonas alto andinas, no experimentan mayores limitaciones para su normal desarrollo a pesar de las extremas condiciones climáticas a esas altitudes.

1.2.1 Origen y Características.

Las papas amargas *Solanum Juzepczukii*. ($2n=3x=36$) y *Solanum curtilobum* ($wn=5x=60$) derivan de la especie silvestre *Solanum acaule* Bitt por cruzamientos naturales, según el esquema mostrado en la Figura.1.1.

Solanum acaule es una especie muy prevalente en alturas de 3000 a 4000 msnm en los Andes y posee características muy valiosas como resistencia a las heladas (-6°C) a la sequía, resistencia al PVX (virus X) y al nematodo del quiste, como consecuencia, las especies híbridas *S. Juzepczukii* y *S. curtilobum* heredaron en buena parte la resistencia de *S. acaule*.

S. Juzepczukii, siendo el resultado de la primera generación de cruzarse *S. acaule* con *S. stenotomum* ($2n=2x=24$), es un híbrido triploide, $2n=36$, con alta tolerancia a heladas (-5°C), altamente estéril y rendimientos generalmente medianos.

Solanum curtilobum es el resultado del cruzamiento de la especie híbrida *S. Juzepczukii* con *S. andigena* ($2n=4x=48$), tiene buena tolerancia a las heladas, pero por tener una segunda generación de cruzamiento, su resistencia es menor (-3°C) pero, por otra parte, sus rendimientos son mayores que *juzepczukii* (17). Cabe señalar que, la gran mayoría de las papas amargas son bastante susceptible a la verruga causada por el hongo *Synchytrium endobioticum*, el cual causa tumores y deformación de los tubérculos (20).

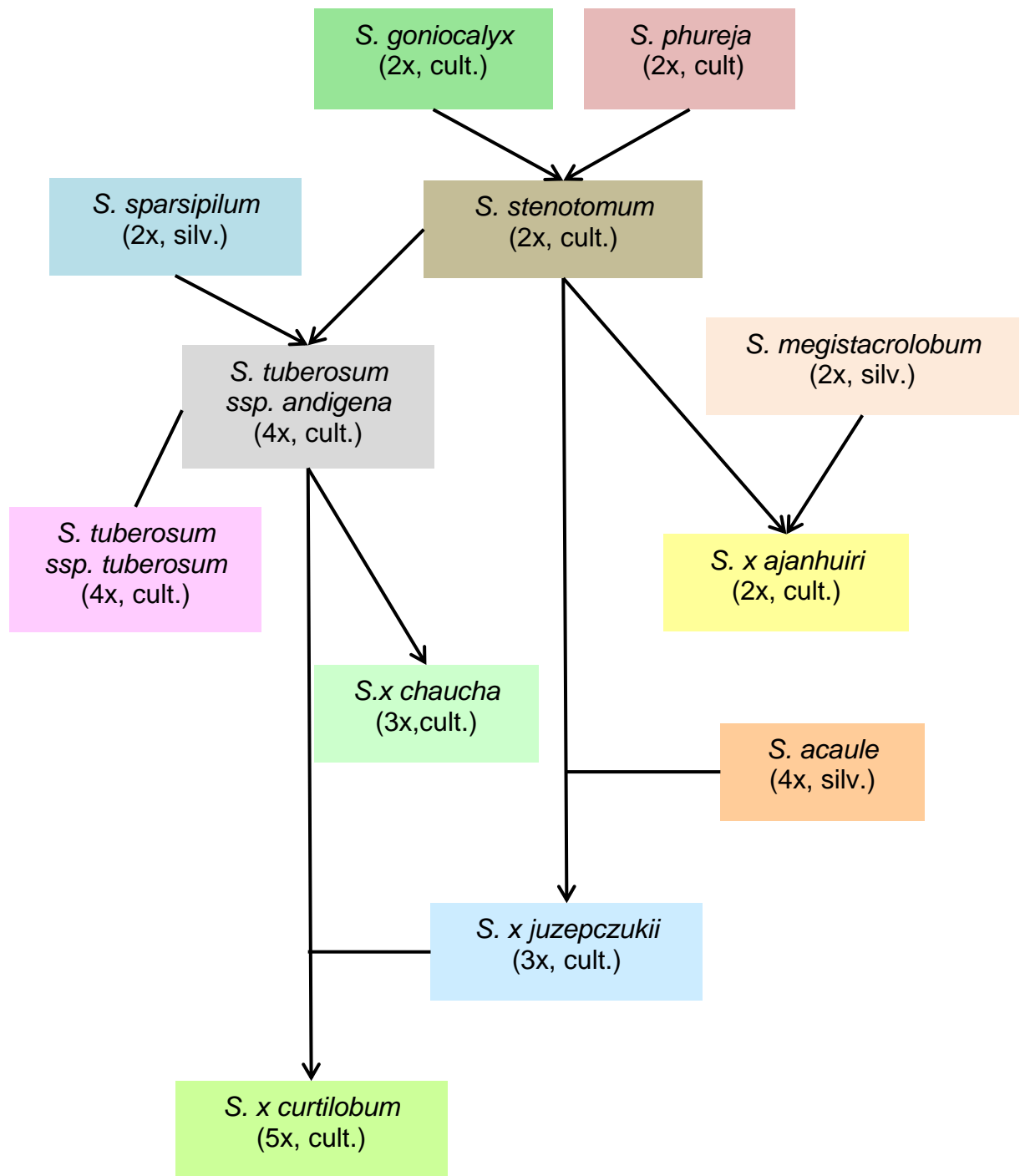


Figura1.1. Esquema de generación de las especies de papa amarga (20)

La condición ideal para su desarrollo es un clima frío y húmedo, con temperaturas de 15 a 20° C para el crecimiento de las plantas y de 14 a 18° C para la tuberización. La papa amarga tiene un fotoperiodo de días cortos, entre 10 a 13 horas luz por día y requiere precipitaciones de 600 a 800 mm por campaña agrícola. En cuanto al suelo, prefiere los de textura franco, franco limoso y franco arcilloso, de estructura granular, bien drenados, profundos, fértiles, buen contenido de materia orgánica y pH ligeramente ácido a neutro (5,6 a 7).

La papa amarga presenta ventajas comparativas por su alta tolerancia a bajas temperaturas (hasta -5° C) y resistencia prolongada a periodos de deficiencia hídrica (sequías), características que confieren al cultivo un alto valor de tolerancia a las condiciones climáticas adversas del Altiplano. Entre las propiedades que explican en parte estas características de adaptabilidad, se tiene la estructura morfológica propia del cultivo, que al tener un hábito de crecimiento arrosetado (postrado) y follaje apretado, proporciona una resistencia natural a las heladas y granizadas; además posee un sistema radicular profundo, lo que le confiere resistencia a la sequía.

Las plantas alcanzan de 30 a 50 cm de altura, presentando un follaje de color verde claro a verde oscuro y de uno a tres tallos aéreos semiramificados a ramificados. Sus inflorescencias son simosas, tiene flores de variados colores y un hábito de crecimiento postrado o semipostrado. El diámetro de la planta varía entre 30 a 60 cm, los tubérculos son cilíndricos, gruesos y alargados de diferentes colores y con abundantes yemas en el ápice, frutos de color verde a verde oscuro de forma ovoide con un número variable de semillas.

La emergencia de la papa inicia a los 30-35 días después de la siembra, alcanzando el 100% a los 40-45 días. Entre 10-15 días después de la emergencia el cultivo inicia la fase de floración, la cual tiene una duración de aproximadamente 60 días, donde se presentan de 2 a 3 estadios (1ra, 2da y 3ra floración), durante este periodo se presenta la estolonización como un estadio intermedio a los 45-65 días después de la siembra. La fase de tuberización plena comienza a los 90 días

de la siembra y tiene una duración de 70-80 días aproximadamente. La madurez fisiológica se observa a los 165 a 170 días después de la siembra (21).

1.3 Chuño: Usos y Propiedades.

1.3.1 Origen.

Deviene de la palabra quechua *ch'uñu*, es la papa procesada principalmente a partir de las papas amarga, es originario del altiplano de América del sur, se produce en Perú, Bolivia, Ecuador, Argentina y Chile. Es conocido como papa eterna, papa milenaria y papa deshidratada. En el Perú se consume mayormente en los departamentos de Puno, Huánuco, Cusco, Apurímac, Huancavelica, Moquegua y Arequipa; asimismo como en otras regiones del país (22). Son de 2 clases el Chuño Blanco o tunta o moraya y el chuño negro.

1.3.2 Usos y Elaboración.

El chuño principalmente el blanco es el más cotizado, se consume cocido en diversos potajes tradicionales (timpo, caldo blanco, caldo de cabeza, entre otros), así como mazamorra de chuño, natilla de chuño, chuño con leche, puré de chuño, chuño pasi (de Puno) y otros platos típicos del país.

Por siglos se ha utilizado y procesado el chuño en diversas regiones, se ha podido hacer efectivo gracias a las fuertes heladas del altiplano. Los habitantes de estas regiones, empleaban métodos de liofilización para conservar la papa; lo cual consiste en el desecamiento del tubérculo; la papa se: congela, deshidrata al sol, seca, lava y se obtiene el chuño, producto elaborado y descubierto por los Incas para conservar la papa por muy largo tiempo, que sirven de sustento a los pobladores andinos (23).

La época más adecuada para la elaboración de chuño es desde mayo hasta fines de julio; donde se registran las temperaturas más bajas del año, pudiendo llegar hasta -17°C , se le denomina también “época de heladas”. En dichos meses se produce una fuerte radiación solar, escasa nubosidad y baja

humedad relativa (menor de 40%). Estos factores favorecen el congelado y secado natural de la papa para transformarse en chuño. A medida que la temperatura desciende por debajo de -5°C , se requiere una o dos noches de exposición del tubérculo o más para un congelado completo (23).

1.3.3 Zonas de Producción.

El chuño se elabora en la región alto andina sobre los 3800 m.s.n.m. la zona altiplánica de Puno tiene aproximadamente el 80% de la producción nacional, destacando las provincias de El Collao, Carabaya, Lampa, Chucuito y Azángaro, las cuales poseen clima frío, geografía plana y ríos con caudal apropiado, condiciones favorables para su elaboración (24), pero existe otros departamentos en los cuales está distribuido el 30% restante, estos son Apurímac con un 2 %, Junín 8%, Huancavelica 2 %, Ancash 3 % y Cuzco 15 % (25). Además, el Chuño blanco o tunta se produce a altitudes de más de 4000 msnm durante el invierno al exponer, al tubérculo a temperaturas heladas, radiación solar y al agua que fluye del río. Este proceso produce un alimento básico, deshidratado y altamente nutritivo (26).

1.3.4 Propiedades del Chuño

- ✓ Es un alimento energético. Es una fuente de calcio y hierro.
- ✓ Es una fuente de almidón, protege las paredes del estómago.
- ✓ Sirve para evitar la gastritis y úlcera.
- ✓ Se puede consumir de diversas maneras, una de las utilizadas es la harina de chuño para los postres o mazamoras. En la actualidad, se utiliza en las nuevas tendencias culinarias.
- ✓ Se utiliza como acompañamiento de algunas comidas; el uso es similar al de la *oca* o el *mashua*.

1.3.5 Chuño negro

Se adquiere directamente de la congelación, pisado y re congelación.

1.3.5.1. Origen y definición

La elaboración del chuño negro, fue dada hace muchos años atrás, por culturas prehispánicas del área andina, con el propósito de almacenar los tubérculos de papa para una larga conservación, por un tiempo de seis meses aproximadamente (27) Sin embargo, en la actualidad las papas amargas, que se cultivan en las alturas, debido a su resistencia a las heladas, sirven para la producción del chuño, la cual se realiza en los meses de junio y julio cuando ocurren fuertes heladas durante la noche. Según el calendario Inca, la noche del 24 de junio es el momento en que se supone que las heladas más fuertes del año caen y los agricultores usan esta fecha para comenzar su producción del chuño. En esta fecha es donde su elaboración al aire libre aprovecha la baja humedad relativa, las condiciones alternas de las heladas y la alta radiación solar. Incluso las poblaciones andinas usan la liofilización tradicional como una tecnología de procesamiento lista y confiable para preservar los tubérculos durante períodos prolongados y para proporcionar alimentos durante períodos de escasez (28).

Asimismo, Jallaza (29) menciona que el chuño negro es el resultado de una congelación, trillado, re congelación y secado al sol, para que se convierta en chuño, pero a causa de la fricción con la atmósfera donde se produce una oxidación, da un color característico que va del color marrón oscuro hacia un color negro. Christiansen y Thompson (30) indican que las papas amargas no eran aceptables para el consumo, pero eran buenas para la producción del chuño, la posibilidad de almacenar "papas amargas" durante varios años en forma de chuño los convierte en una importante fuente de proteínas y calorías. En la actualidad, se cultivan cientos de variedades de este popular tubérculo en todo el mundo, que difieren en textura, sabor, forma, color y contenido mineral (Zn, Fe, Ca, K, P, Mg y Na), por lo tanto, son idóneas para el consumo (31) (13).

1.3.5.2. Valor nutritivo

Se describe la composición nutricional del chuño negro por 100 g en la **Tabla 1.1.**, cabe mencionar que, el contenido de proteína en el chuño negro es

mayor que en el blanco, se pierde de 18 a 41 % de la proteína durante la elaboración del chuño (28).

Tabla 1.1. Composición nutricional del chuño negro por 100 g (Tablas Peruanas de Composición de alimentos, 2018) (32)

COMPOSICIÓN	CANTIDAD
Energía (Kcal)	333
Agua (g)	14.1
Proteína (g)	4
Grasa (g)	0.2
Carbohidrato (g)	79.4
Fibra (g)	1.9
Ceniza (g)	2.3
Calcio (mg)	44
Fosforo (mg)	20.3
Hierro (mg)	0.9
Retinol	-
Tiamina (mg)	0.13
Rivoflavina (mg)	0.17
Niacina (mg)	3.40
Ácido ascórbico (mg)	1.7

1.3.5.3. Calidad y tamaño

Cuanto mayor sea el tamaño del chuño, mayor será el precio que se pagará, sin embargo, los consumidores prefieren comprar el chuño más pequeño, porque su sabor es mejor ya que absorben la humedad de manera más equilibrada (33). La calidad del producto está de acuerdo a los cuatro tamaños

diferentes presentados en la **Tabla 1.2**, los cuales son primordiales para la calidad del producto.

Tabla 1.2. Calidad y tamaño del chuño según su calidad (33)

Calidad	Tubérculos redondos	Tubérculos largos
1 ra	Diámetro mayor a 4cm	Diámetro mayor a 3cm
2 da	Diámetro de 3-4cm	Diámetro de 2.1-3cm
3 ra	Diámetro de 2-2.9cm	Diámetro de 1.5-2cm
4 ta	Diámetro menor a 2cm	Diámetro menor a 1.5cm

1.3.5.4. Proceso tecnológico del chuño

En el proceso de la chuñificación, los tubérculos primero son extendidos en el suelo y son cubiertos por pajas, para que se congelen por la misma temperatura helada del ambiente (aproximadamente por tres noches). Cuando ya estén congelados, se procede a retirarlos del lugar, para ser expuestos a la eliminación del líquido por pisoteo (deshacer la poca agua que contienen los tubérculos), luego otra vez se congelan y finalmente expuestos al sol.

1.3.6 Chuño Blanco

Se conoce como **moraya** en las zonas de habla quechua y **tunta** en las zonas de habla aimara que viene de la palabra “tunt jata” que significa remojado; es un producto deshidratado que se obtiene de los tubérculos de la papa de color blanco, su peso es muy liviano, sus formas y tamaños son diversos, entre redondos y alargados, con una superficie áspera con hendiduras propia de los ojos del tubérculo le dio origen (8).

1.3.6.1. Valor nutricional del Chuño Blanco

Destaca en su composición nutricional la concentración de almidón, que le confiere un alto valor calórico, también el contenido de minerales como el calcio y el hierro **Tabla 1.3.**, en concentraciones superiores a las del arroz y del trigo (24). La resistencia que tiene el chuño blanco y el alto contenido de calorías en comparación con la papa fresca, hace que este producto sea un alimento importante para la seguridad alimentaria de las familias, por su contenido de almidón que se puede digerir fácilmente en nuestro organismo, es sugerible como alimento para niños y en otras dietas, que necesitan alimentos nutritivos de fácil asimilación. Pero por efecto de lixiviación, la papa que es convertida en chuño blanco, pierde vitamina C, por ser hidrosoluble y provoca un incremento en el contenido de calcio y de hierro.

1.3.6.2. Características Organolépticas del Chuño Blanco

El chuño blanco posee características singulares, son tubérculos deshidratados, de color blanco con un peso muy liviano, sus formas y tamaños son diversos, entre redondos y alargados de acuerdo a la variedad de la papa empleada; un lote de chuño blanco de buena calidad desde el punto de vista comercial debe reunir las siguientes características básicas que se describen en la **Tabla 1.4** (34).

El resultado de que el Chuño blanco sea de buena calidad, es de acuerdo a las condiciones realizadas durante su procesamiento dependiendo ello de la experiencia y las prácticas campesinas que la realizan (35).

De otro lado, Fonseca y Ordinola (34) corroboran que el Chuño Blanco tiene 14 – 16 % de humedad, alta concentración de almidón (80 %), fibra (20 %), también es rico en calorías y minerales (calcio y hierro); las variedades más comúnmente empleadas son 23 las nativas dulces llamadas Imilla, y las variedades agrias como la Locka. También se usan otras variedades contemporáneas, como el Ch'aska.

Es un alimento, al que se le atribuye desde funciones alimenticias hasta curativas. La organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación (FAO), indicó que en el 2005 había dos millones de bolivianos desnutridos, es decir, el 22% de la población y que este porcentaje sería mayor si no existiera este tubérculo.

Tabla 1.3. Composición nutricional del Chuño Blanco 100 gramos (24)

COMPONENTES	COMPOSICION en 100g.
Energía (Kcal)	326.0
Agua (ml)	16.5
Proteínas (g)	3.8
Grasa (g)	0.2
Carbohidratos totales (g)	78.9
Fibra (g)	3.1
Ceniza (g)	1.8

MINERALES	
Calcio (mg)	40.0
Fosforo (mg)	51.0
Hierro (mg)	3.2

VITAMINAS	
Tiamina (mg)	0.03
Riboflavina (mg)	0.44
Ácido ascórbico	2.6
Niacina	3.4

Tabla 1.4. Características básicas que identifican la calidad del Chuño Blanco (8)

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Forma	De forma alargada o redonda de acuerdo a la variedad de papa empleada
Color	El color debe de ser de preferencia blanco intenso, pero la gama de color puede extenderse hasta blanco-mate. No es recomendable la presencia de manchas amarillentas o de color oscuro
Olor	El olor debe ser suave a hierbas acuáticas. No debe presentar olores fuertes o fétidos.
Tamaño	Se considera tres categorías <ul style="list-style-type: none"> • Grandes: redondo, mayor de 5.1 cm. de diámetro; alargado mayor de 7 cm. de largo • Mediano: redondo, de 3.9 cm. a 5 cm. de diámetro; alargado de 5.5 a 7 cm de largo. • Pequeño: redondo, menor de 3.9 cm de diámetro; alargado menor de 5.5 cm de largo.
Rehidratación	Es el tiempo que debe remojar el Chuño Blanco para que se ablande y pueda cocinarse fácilmente. Este tiempo puede variar entre 10 minutos a media hora
Textura	Suave y esponjosa, en especial las variedades nativas
Sabor	Agradable, ligeramente insípido. Combina bien con comidas de sabores fuertes. Tiene la propiedad de absorber los sabores de los ingredientes que lo acompañan durante su cocción.

1.3.6.3. Proceso tecnológico del Chuño Blanco

La materia prima para la elaboración del chuño blanco son los tubérculos frescos de papa; se emplean diversas variedades, entre nativas y mejoradas. En el grupo de las nativas se incluyen las variedades de papas amargas.

Para la producción del Chuño blanco se requieren dos condiciones geográficas: la presencia de una fuente de agua corriente y el acceso a áreas planas. Los ríos con ligero caudal son apropiados para el remojo de los tubérculos, lo que permite el lavado de los “glicoalcaloides”, especialmente en el caso de las papas amargas. También se aprovechan la presencia de lagunas o puquiales de agua corriente. La presencia de áreas planas o pampas, conocidas como “chuñahuis”, permiten una buena exposición de los tubérculos a las heladas y a los rayos del sol, lo cual favorece su congelamiento y secado (8).

El chuño blanco, se elabora mediante un proceso de deshidratación de tubérculos a través de sucesivos congelamientos con protección solar, sumergido en agua corriente (rio) durante un periodo largo, entre 21 a 30 días, después se realiza un apisonamiento, secado por exposición al sol y frotado, para así obtener un tubérculo deshidratado, este proceso dura aproximadamente 50 días, aprovecha las heladas pronunciadas que se presentan en los meses de mayo, junio y julio, acompañado de la fuerte insolación (23). No requiere de insumos adicionales, la parte comestible de la papa toma una consistencia suave y de aspecto lechoso por el contenido de almidón, el cual tiene un alto contenido de penicilina por lo que recomiendan su consumo a las personas con heridas y en forma especial a las mujeres después del parto (8).

Posteriormente, los tubérculos así procesados pueden guardarse durante meses y a veces años, manteniendo casi intactas sus cualidades. Además, son ligeros y pueden ser transportados fácilmente, el consumo del chuño blanco da un valor agregado a la papa nativa de tipo amargo *Solanum ajanhuiri*, *S. juzepczukii* y *S. curtilobum*, por ende, la demanda del mercado de chuño blanco de alta calidad ha aumentado durante la última década y ha llevado a la aplicación de sistemas más estandarizados de control de calidad (34) (36).

Las comunidades que se dedican a producir chuño blanco han desarrollado una estrategia para convertir las papas amargas en un alimento sabroso.

1.3.6.4. Rendimiento de producción de Chuño Blanco

Según Mamani (37), el rendimiento de producción aproximadamente es de 4.48 kg de papa para 1 kg de chuño blanco, esto depende de varios factores tales como la calidad, variedad, el lugar de procesamiento y del número de días que permanece inmerso en el río (37).

1.4 Los glicoalcaloides en papa: Estructura química y generalidades

Los glicoalcaloides pertenecen al grupo de los alcaloides (un grupo muy heterogéneo), los cuales son compuestos básicos nitrogenados (en su mayoría heterocíclicos) provenientes del reino vegetal, pero también podrían tener un origen animal (poco frecuente). Los alcaloides se clasifican según sus precursores moleculares, dentro de los cuales está el grupo terpenoide que contiene acónitos y los alcaloides esteroidales (38). En este último grupo, se pueden distinguir cuatro grupos de origen vegetal: *Veratrum*, *Solanum*, alcaloides esteroidales de *Apocynaceae* y alcaloides *Buxus*, siendo el segundo grupo el que se desarrolla en las plantas de la familia de las solanáceas, normalmente son alquilaminas esteroidales con el esqueleto C27 del colestano que se encuentran en la planta en forma de glucósidos (38).

Este tipo de alcaloides esteroidales se encuentran en las plantas en forma de glucósidos. Estos son ésteres que resultan de la unión entre el aglicón (porción no carbohidratada, que es un alcaloide esteroideal) y una parte carbohidratada, mediante un enlace éster, y se pueden distinguir dos tipos de estructuras: espirosolanas (tomatidina) y solanidinas (como la de los glicoalcaloides) (38).

De esta forma, los glicoalcaloides se encuentran no solo en las papas sino en otros productos de la familia de las solanáceas como el tomate o la berenjena

(38). Son metabolitos secundarios que la propia planta produce en respuesta a situaciones de estrés, como puede ser la temperatura o ataque de insectos u hongos, actuando como un insecticida sobre ellos (22).

Los glicoalcaloides están compuestos de tres partes: una polar, que es la porción oligosacárido soluble en agua, integrada por un monosacárido de número y composición variable unido en el C.3, un esteroide lipofílico no polar y un heterociclo que contiene nitrógeno (22).

Los glicoalcaloides que se pueden encontrar en la papa son la α -solanina, α -chaconina, mayoritariamente, y β -solanina, β -chaconina, γ -solanina, γ -chaconina, α -solamargina y β -solamargina en menor proporción (38). De todos ellos la α -solanina y α -chaconina representan el 95% de glicoalcaloides totales en papa (39).

En relación a la formación de los glicoalcaloides, existen distintas teorías. Si se observa su estructura (**Figura 1.2**), ambos compuestos tienen una parte común, la solanidina. Existen diversas teorías que señalan que probablemente se diera de manera natural la síntesis en la planta de un glicoalcaloide, la solanina (como mecanismo de defensa de la planta) y con el paso del tiempo se formara la chaconina, siendo ésta biológicamente más potente que la solanina. Sin embargo, otra posibilidad indica, que ambos glicoalcaloides se generan al mismo tiempo, para ejercer un efecto sinérgico en la planta (40).

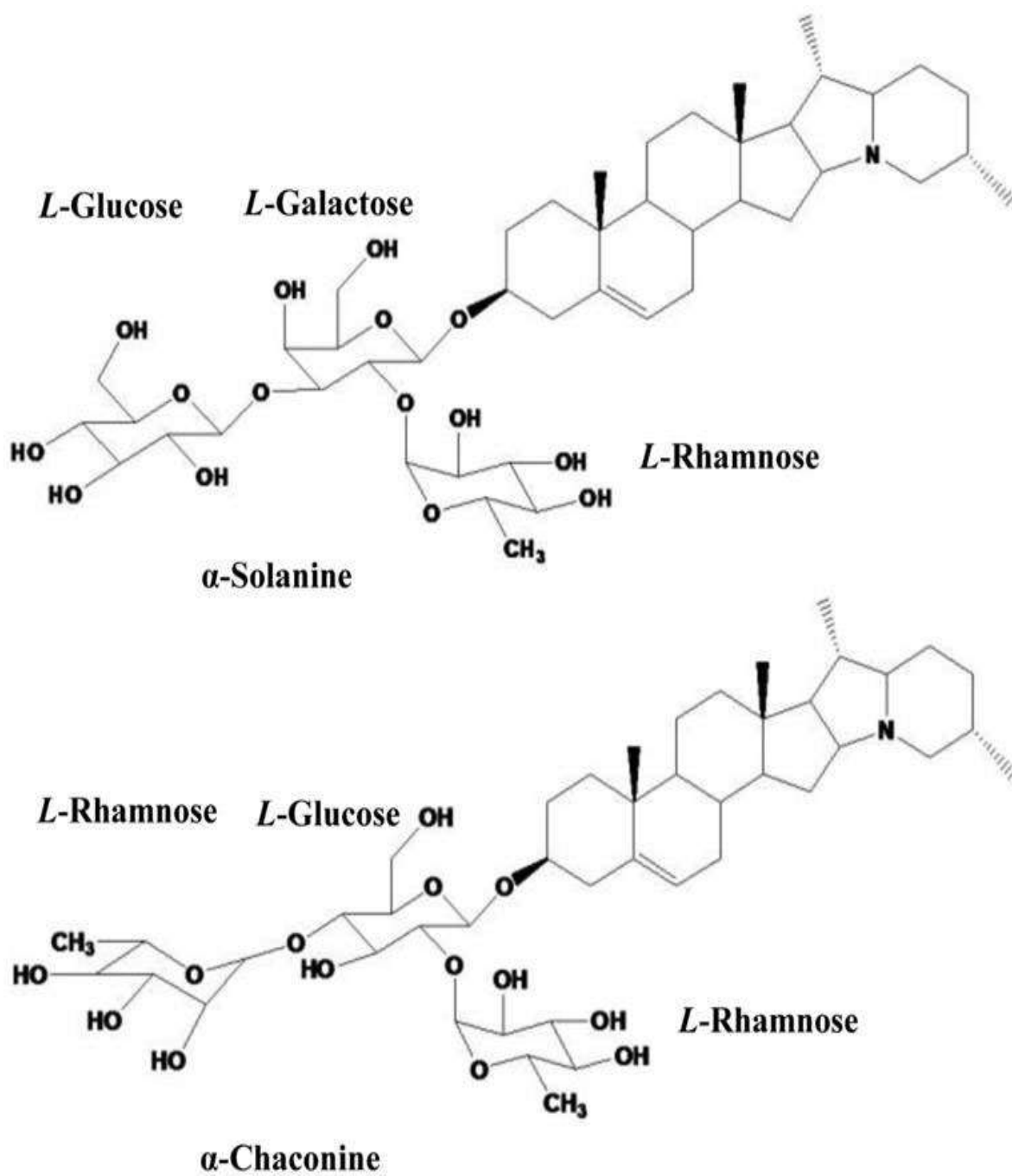


Figura 1.2. Estructura química de los glicoalcaloides esteroidales α -solanina PM: 868.04 g/mol ($C_{45}H_{73}NO_{15}$) y α -chaconina. PM: 852.07 g/mol ($C_{45}H_{73}NO_{14}$). (41)

Por lo tanto, en la biosíntesis de los glicoalcaloides se sabe que (42):

- a. Los alcaloides esteroidales ocurren en las plantas como glucósidos
- b. Los glicoalcaloides son sintetizados y degradados en la planta
- c. Su biosíntesis comienza durante la germinación y alcanza su máximo durante la floración
- d. La naturaleza y concentración de glicoalcaloides está determinada genéticamente
- e. La cantidad se puede ver influenciada por mecanismos de temperatura, estrés, etc.

1.4.1 Efecto de los glicoalcaloides

Están relacionados con la cantidad ingerida, siendo muy tóxicos para humanos y animales a altas concentraciones. Sin embargo, posee efectos beneficiosos que dependen de la dosis y condiciones de uso, así tienen un potencial efecto reductor de colesterol, también actúan como anticancerígenos, antialérgicos, antipiréticos y antiinflamatorio (22). También se ha observado que los glicoalcaloides de especies de *Solanum* podrían ser útiles contra la infección por virus de inmunodeficiencia humana (VIH) y también contra las infecciones intestinales relacionadas con el Síndrome de Inmunodeficiencia Adquirida (SIDA) pero son pocos los artículos que aborden este tema (43).

También hay publicaciones donde se habla de los efectos curativos de la hierba mora debido a su principio activo, la solanina, atribuyendo a esta planta actividad analgésica y sedante, si es aplicada por vía externa. Al parecer, estas acciones las ejercen sobre las placas motrices, narcotizando el bulbo, la médula y los cordones nerviosos, determinando parálisis en las extremidades de los nervios sensitivos y de los motores. Asimismo, se le atribuyen propiedades diaforéticas y purgantes (a bajas concentraciones). Además, se puede aplicar de forma externa como unguento para el tratamiento de heridas, herpes, artritis y contusiones (44). Igualmente, hay estudios donde se relaciona el efecto positivo de la actividad de

los glicoalcaloides sobre células cancerosas en ratas y sobre determinados tipos de herpes.

El contenido de glicoalcaloides en un tubérculo se denomina como TGA (glicoalcaloides totales) y su contenido en un tubérculo maduro oscila de 3 a 10 mg/ 100 g. de papa cuando este valor va de 14 a 15 mg/100g de papa esta presenta un sabor amargo perceptible y si este valor es mayor a 20mg/100g de papa representa un nivel toxico para el ser humano (45).

Los efectos que producen los glicoalcaloides son, similares a los provocados por arsénico y estricnina. Entre los síntomas tóxicos para los seres humanos tenemos gastroenteritis, cólicos estomacales y abdominales, náuseas, diarreas, vomito, fiebre, aceleración del pulso, baja presión sanguínea, desórdenes neurológicos, severos casos de coma y en casos muy graves, edema cerebral y la muerte. Estos alcaloides también producen una elevada letalidad en embriones de animales y malformaciones especialmente a nivel de esquelético (38).

Los glicoalcaloides actúan a nivel del sistema nervioso central inhibiendo la actividad de la colinesterasa que afecta al sistema digestivo y en general al metabolismo del cuerpo Experimentos in vitro mostraron que α solanina y particularmente α chaconina son potentes citotoxinas, que actúan rápidamente para inducir la lisis de células para producir efectos teratógenos (45).

Los síntomas pueden aparecer tan rápido como a los 30 minutos de haber ingerido un alimento con un alto contenido de glicoalcaloides o entre 8 y 12 horas después de la ingesta del alimento (46).

Los glicoalcaloides son menos tóxicos que los aglicones, lo que reduce el riesgo ya que una gran proporción de los ingeridos se hidrolizan rápidamente por acción de las glicosidasas digestivas presentes en el intestino de los mamíferos. También resulta favorable el hecho de que se absorben en una proporción pequeña. Los absorbidos se excretan rápidamente en la orina (47).

1.4.2 Niveles tóxicos de los glicoalcaloides

No existe legislación del contenido de glicoalcaloides, pero si un gran número de publicaciones donde se realizan estudios de sus efectos, así como las dosis que producen intoxicaciones (44). A nivel internacional, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) junto con la Organización Mundial de la Salud (OMS) establecen en 1992 un valor de ingesta diaria aceptable de valores no tóxicos entre 2-10 mg de glicoalcaloides por 100 gramos de peso fresco de papa de consumo humano (48).

Los niveles de glicoalcaloides en papa van a depender de la forma de cultivo, variedad, almacenamiento y temperatura (45) además se pueden ver afectados por el tratamiento culinario al que sea sometido el producto (41). De esta forma, los glicoalcaloides se pueden encontrar tanto en el tubérculo (en menor cantidad) como en las hojas (en mayor cantidad) y en la cáscara, estimándose un promedio de 300-600 mg/kg en la piel de la papa, de 2000-4000 mg/kg en brotes y de 3000-5000 mg/kg en las flores (8). Sin embargo, en las nuevas variedades comerciales se aconseja que los niveles de glicoalcaloides se encuentren por debajo de los 200 mg/kg para papa destinada al consumo humano (47).

Generalmente, es conveniente indicar que la cantidad en la que se van a encontrar en la papa es de 10-350 mg/kg. Siendo de 10-130 mg/kg valores normales, de 140-150 mg/kg, se detectan sabores amargos por los que nuestro organismo rechaza su ingesta y niveles superiores a 200 mg/kg se consideran peligrosos para el ser humano (45).

De forma general, en los documentos encontrados sobre la comercialización de la papa (41), se señalan las características de la calidad de la papa, pero no se indica nada en relación a los contenidos de glicoalcaloides, es decir, aunque pueden resultar tóxicos no están legislados.

Además, hay que tener en cuenta que la papa no se destina solo al consumo humano, sino que existen otros sectores que la utilizan para finalidades distintas. En estos casos, no bastará la simple inspección visual del consumidor

para detectar posibles efectos negativos que pudieran incidir en la presencia de glicoalcaloides, sino que sería necesario la utilización de metodologías analíticas fiables para su determinación

Actualmente no se recoge la importancia de realizar controles de calidad más estrictos a la papa, lo cual es un enorme error ya que como se indicaba anteriormente. La presencia de glicoalcaloides debido a situaciones de estrés en la planta. Cuando esto ocurre existen unas manifestaciones visibles en el producto que hace que sean descartadas para su consumo (piel verde, con heridas, presencia de deformidades, etc.). Hoy por hoy, el consumo de papa elaborada ha aumentado, no viendo el consumidor final la calidad de la papa establecida para la elaboración de esos productos elaborados y en ocasiones los controles de calidad son insuficientes, ya que hay que recordar que este tipo de compuestos está siempre en la planta y las condiciones de almacenamiento o transporte pueden incidir en un aumento de los mismos

Cuando la papa presenta glicoalcaloides, en concentraciones comprendidas entre 140-150 mg/kg su sabor es amargo, por lo que no resulta atractivo para el consumidor y, por lo tanto, es rechazada (toxicidad en 200 mg/kg). Sin embargo, existen papas con sabor amargo, como la papa amarga, no consumida en Europa, pero si en América del Sur, donde se realiza un pre-tratamiento antes de su consumo para eliminar el contenido de glicoalcaloides (47).

Los procesos culinarios hacen que disminuya en gran cantidad. Así el hervido, asado, fritura, etc., transforman el compuesto, reduciendo su toxicidad (46). Sin embargo, conviene destacar que sólo cuando se fríen a 170 °C se asegura que se destruye una gran cantidad. En el hervido se disminuye su cantidad y su toxicidad, pero aún se pueden detectar a concentraciones considerables.

Los glicoalcaloides se encuentran mayoritariamente en hojas y tallos siendo poco probable que aparezcan en el tubérculo, ya que el contenido de glicoalcaloides decrece a medida que nos adentramos en el mismo. Sin embargo, aunque su concentración sea menor, no implica su ausencia, por lo que

representa un peligro y como tal, debería ser analizado para que su concentración no suponga un riesgo para la salud.

Para minimizar el riesgo de la presencia de este tipo de compuestos, se encuentran mejoras genéticas para eliminar el contenido de glicoalcaloides en papa seleccionando genotipos con bajo contenido de glicoalcaloides. Además, los productores de alimentos están obligados por ley a asegurar la inocuidad y la calidad de sus productos.

Por esta razón, es importante disponer de metodologías analíticas que permitan determinar de una manera rápida y fiable este tipo de compuestos en papa.

CAPITULO II

METODOLOGÍA

2.1 **Ámbito de Estudio**

El presente trabajo se llevó a cabo en el Laboratorio Eleazar Guzmán Barrón de la sección de Bioquímica y Biología Molecular del Departamento de Ciencias Fisiológicas de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa- Perú, iniciándose en 1993 para ser finalizado en el 2021 con el informe final.

2.2 **Población de estudio y muestra biológica**

La población de estudio fueron las papas amargas de la cosecha del mes de mayo del distrito de llave ubicado al sur de la provincia del Collao del departamento de Puno.

Se emplearon seis variedades de papas amargas, procedentes del distrito de llave-Puno, que se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 2.1. Especie y variedades de papas amargas utilizadas y su denominación

Especie	Variedad	Denominación
<i>Solanum juzepczukii</i>	<i>piñaza</i>	PÑ
	<i>rucky,</i>	RC
	<i>ketta</i>	KT
	<i>anchauri</i>	AC
<i>Solanum curtilobum</i>	<i>ocucuri morado</i>	OM
	<i>parina</i>	PR

2.2.1 Criterios de Inclusión:

Tubérculos sanos, sin daños o heridas, manchas, cortes y exentos de gusanos, cuyos pesos fueron de 60 a 78 gramos de las papas amargas *Solanum juzepczukii* variedades *piñaza*, *rucky*, *ketta* y *anchauri*; y *Solanum curtilobum* variedades *ocucuri morado* y *parina*, procedentes de la localidad de Ilave-Puno.

2.3 Técnicas y Procedimientos

2.3.1 Tipo de Estudio

Según Altman Douglas el presente trabajo corresponde a un estudio experimental, prospectivo y longitudinal.

2.3.2 Producción y registro de datos

Se solicitó a través de una carta al Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA) la certificación de las variedades y especies de papa amarga (**Anexo 1**).

2.3.2.1. Obtención de la muestra biológica

Las papas amargas se obtuvieron de la cosecha del mes de mayo del distrito de Ilave- Puno las cuales serán certificadas por INIA - Estación Experimental Rinconada Salcedo – Puno.

Para la elaboración de Chuño Blanco o tunta y el análisis de glicoalcaloides en sus etapas, las papas amargas, fueron cepilladas con una escobilla para eliminar la tierra adherida y lavada con agua potable (pH 6,0), enjuagada con agua destilada (pH 7,0) y secada con ayuda de un paño seco.

2.3.2.2. Obtención experimental en el laboratorio de Chuño Blanco o tunta

Después de seleccionar los tubérculos se trabajó en la elaboración del Chuño Blanco en el laboratorio siguiendo las pautas indicadas por el INIA (22) y

durante las diferentes etapas, se fueron monitorizando los niveles de glicoalcaloides tal como se detalla en la **Figura 2.1**.

a) Selección y Pesado

Se seleccionaron las papas amargas según su peso y tamaño, con la finalidad de que la congelación sea igual y el producto final uniforme. Se tomaron muestras de 1 Kg. con pesos de 60 a 78 gramos por tubérculo. **Muestra 1**

b) Primer Congelado

Luego las papas amargas fueron extendidas uniformemente en el congelador a la temperatura de -4°C por 72 horas ininterrumpidamente. El proceso concluye cuando al chocar los tubérculos entre sí, suenan como piedras.

Muestra 2

c) Remojo en agua

Se llevó a cabo en dos intervalos de tiempo de 15 unos y 30 días otros, para este efecto las papas congeladas se colocaron en unas pozas de agua adecuadas, preparadas en forma de nido con paja "Ichu" que cubrían completamente las papas para evitar la incidencia de los rayos solares y el agua era mantenida siempre con una corriente suave. Durante el remojo se llevó a cabo la fermentación, se pudo observar la formación de espuma en la superficie del agua.

d) Lavado

Se realiza con la finalidad de eliminar el olor fétido que adquiere durante la fermentación. **Muestra 3**



Figura 2.2. Diagrama de flujo del procesamiento para la obtención de Chuño Blanco y monitoreo de glicocalcoides Totales (TGA)

e) Segundo Congelado

Una vez lavado y escurrido, el producto se somete a una segunda congelación a -4°C durante 8 horas.

f) Segundo Descongelado

Las papas fueron retiradas del congelador y se colocarán en forma extendida sobre paja al medio ambiente durante 4 horas haciendo incidir los rayos solares **Muestra 4**

g) Apisonado

A medida que se descongelaron los tubérculos por efecto de los rayos solares, fueron plasmolizados por acción mecánica de las manos en vez de los pies que es la forma como lo hace los campesinos. Enseguida se enjuagaron los tubérculos hasta que el agua de enjuague salga transparente. **Muestra 5**

h) Secado al sol

Posteriormente los tubérculos fueron extendidos sobre paja a la intemperie para aprovechar la radiación solar, por 15 días. Durante el secado se removió frecuentemente para acelerar el proceso, garantizándose la prolongación de la vida útil del alimento.

i) Frotado

Una vez secos los tubérculos se colocaron en una manta y se balancearon de un lado a otro, provocando el roce entre ellos para que se produzca el pelado final.

j) Venteado

Inmediatamente se realizó el venteado, técnica utilizada para separar completamente los restos de cascara y las impurezas como polvo, pajas, etc., y se pesó para su respectivo análisis y almacenamiento. **Muestra 6**

2.3.2.3. Determinación de los niveles de glicoalcaloides durante las etapas de elaboración de Chuño Blanco

Para la determinación de los niveles de glicoalcaloides totales (TGA) se retiraron muestras representativas de cada especie y variedad, de las etapas de elaboración de Chuño Blanco: selección (producto inicial), primer congelado, lavado, segundo congelado y descongelado, apisonado y venteado (producto final).

Los tubérculos de las etapas de primer congelado y venteado fueron previamente remojados en agua hasta obtener una consistencia semiblanda, posteriormente siguieron el mismo tratamiento que los otros tubérculos de las otras etapas, fueron lavados, secados y cortados en rodajas de modo que contengan a ambos extremos de la papa hasta un peso de 20 g. de muestra, se le añadió una mezcla de cloroformo-metanol, se homogenizó en una licuadora, filtro, paso por un rotavapor y bomba de vacío para posteriormente ser tratada por el método de Fitzpatrick y Osman (78) modificado en 1980 por Bushway y col. (49) (**Anexo 2**), en el cual los glicoalcaloides se extraen con una mezcla de metanol-cloroformo 1:2 (52), la separación de la fase metanólica en sulfato de sodio acuoso, la sal es removida del extracto metanólico seco por filtración, seguido por la hidrólisis del glicósido y extracción de la aglicona con benceno. La base nitrogenada de la aglicona fue titulada con una solución de azul de bromofenol 0.001M y 10% de fenol en metanol absoluto hasta obtener el cambio de color azul a amarillo que es el punto final. El proceso de titulación fue trabajado por triplicado cuyos resultados fueron colocados en una tabla Excel para generar la matriz de consistencia (**Anexo 3**). El contenido de glicoalcaloides totales (TGA) es expresado como **mg. de TGA en 100g de papa**.

2.3.2.4. Determinación de la etapa en la cual hay el mayor porcentaje de pérdida de glicoalcaloides en el proceso experimental de elaboración de Chuño Blanco

Se procedió a la comparación de los resultados obtenidos en las etapas de elaboración de Chuño Blanco a partir de las papas amargas *Solanum juzepczukii* variedades *piñaza*, *rucky*, *ketta* y *anchauri*; y *Solanum curtilobum* variedades *ocucuri morado* y *parina*, para deducir en cuál de ellas se obtuvo la mayor pérdida de glicoalcaloide.

2.3.3 Consideraciones Éticas y Legales

Se solicitó a través de una carta de autorización dirigida al director del Departamento de Ciencias Fisiológicas de la Facultad de Medicina el uso del laboratorio Eleazar Guzmán de la sección de Bioquímica y Biología Molecular para proceder a la ejecución del presente trabajo de investigación. Las papas amargas tanto en su especie como variedad fueron certificadas por el Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA). Con las medidas de bioseguridad pertinentes, la investigación fue realizada con honestidad, responsabilidad, prudencia y cuyos resultados serán tratados de acuerdo a la normativa y los principios éticos que se establecen.

Es importante resaltar que los reactivos y materiales fueron adquiridos por el proyecto de "Toxicidad de productos andinos" financiado por el CIED de Canadá en convenio con la UNSA - 1993.

2.3.4 Análisis Estadístico

El análisis de los datos se realizó mediante estadística descriptiva, con frecuencias absolutas y relativas para proporciones, con medidas de tendencia central (promedio) y medida de dispersión (rango, desviación estándar) para variables numéricas. Asimismo, para comparar los niveles de glicoalcaloides, se realizó mediante pruebas estadísticas inferenciales de t de Student, ANOVA con

una significancia de 0.05% para determinar la presencia de diferencias entre las muestras estudiadas.

Para el análisis de datos se empleó el programa estadístico SPSS v. 22 para Windows.

CAPITULO III

RESULTADOS

- 3.1. Determinación en cuál de las etapas del procesamiento laboratorial de Chuño Blanco con remojo de 15 y 30 días se pierde el mayor porcentaje de glicoalcaloides totales (TGA) de la papa amarga *Solanum juzepczukii* según variedad.**

Tabla 3.1. Perdida de Glicoalcaloides Totales (TGA) según la etapa del proceso de laboratorio de Chuño Blanco, con remojo de 15 días de las variedades de la papa amarga *Solanum juzepczukii*

GLICOALCALOIDES TOTALES (TGA) mg/100 g de la papa amarga <i>Solanum juzepczukii</i>														
Perdida de Glicoalcaloides Totales (TGA)		mg/100g de papa			%			mg/100g de papa			%			
Etapa	Variedad	Muestras	<i>piñaza (PÑ)</i>		<i>rucky (RC)</i>			<i>ketta (KT)</i>		<i>anchauri (AC)</i>				
Selección (Muestra Inicial)	MEDIA		14.43		14.02			15.22		24.44				
	CV %		4.05		5.97			2.53		5.15				
1ra Congelación (3 días)	MEDIA		12.75	1.68	14.92	9.16	4.86	39.42	7.66	7.56	57.10	18.46	5.98	27.80
	CV %		2,84			3,46			5,57			3,72		
Lavado (15 días)	MEDIA		11.16	1.59	14.12	5.14	4.02	32.60	5.14	2.52	19.03	6.82	11.64	54.11
	CV %		8,50			9,06			3,32			6,92		
2do Congelado y Descongelado (4 horas)	MEDIA		6.54	4.62	41.03	4.25	0.89	7.22	4.50	0.64	4.83	4.25	2.57	11.95
	CV %		8,41			7,99			9,57			7,65		
Apisonado	MEDIA		3.33	3.21	28.51	1.73	2.52	20.44	2.10	2.40	18.13	3.42	0.83	3.86
	CV %		5,63			16,07			8,22			13,01		
Venteadado (Producto Final)	MEDIA		3.17	0.16	1.42	1.69	0.04	0.32	1.98	0.12	0.91	2.93	0.49	2.28
	CV%		3,20			12,95			6,11			10,27		
TOTAL de perdida de TGA			11.26	78.03		12.33	87.95		13.24	86.99		21.51	88.01	

Tabla 3.2. Perdida de Glicoalcaloides Totales (TGA) según la etapa del proceso de laboratorio de Chuño Blanco, con remojo de 30 días de las variedades de la papa amarga *Solanum juzepczukii*

GLICOALCALOIDES TOTALES (TGA) mg/100 g de la papa amarga <i>Solanum juzepczukii</i>													
Perdida de Glicoalcaloides Totales (TGA)		mg/100g de papa			%			mg/100g de papa			%		
Etapa	Muestras	Variedad			Variedad			Variedad			Variedad		
		<i>piñaza (PÑ)</i>			<i>rucky (RC)</i>			<i>ketta (KT)</i>			<i>anchauri (AC)</i>		
Selección (Muestra Inicial)	MEDIA	14.43			14.02			15.22			24.44		
	CV %	4.05			5.97			2.53			5.15		
1ra Congelación (3 días)	MEDIA	12.75	1.68	12.33	9.16	4.86	38.00	7.66	7.56	53.02	18.46	5.98	25.30
	CV %	2,84			3,46			5,57			3,72		
Lavado (15 días)	MEDIA	6.90	5.85	42.92	4.21	4.95	38.70	3.93	3.73	26.16	2.56	15.90	67.26
	CV %	8,50			9,06			3,32			6,92		
2do Congelado y Descongelado (4 horas)	MEDIA	2.56	4.34	31.84	2.41	1.80	14.07	1.92	2.01	14.10	1.71	0.85	3.60
	CV %	8,41			7,99			9,57			7,65		
Aplonado	MEDIA	0.84	1.72	12.62	1.28	1.13	8.84	0.98	0.94	6.59	1.40	0.31	1.31
	CV %	5,63			16,07			0,22			13,01		
Venteado (Producto Final)	MEDIA	0.80	0.04	0.29	1.23	0.05	0.39	0.96	0.02	0.14	0.80	0.60	2.54
	CV%	3,20			12,95			6,11			10,27		
TOTAL de perdida de TGA		13.63	94.46		12.79	91.23		14.26	93.69		23.64	96.73	

3.2. Determinación en cuál de las etapas del procesamiento laboratorial de Chuño Blanco con remojo de 15 y 30 días se pierde el mayor porcentaje de glicoalcaloides totales (TGA) de la papa amarga *Solanum curtilobum* según variedad.

Tabla 3.3. Perdida de Glicoalcaloides Totales (TGA) según la etapa del proceso de laboratorio de Chuño Blanco, con remojo de 15 y 30 días de las variedades de la papa amarga *Solanum curtilobum*

GLICOALCALOIDES TOTALES (TGA) mg/100 g de la papa amarga <i>Solanum curtilobum</i>														
Perdida de Glicoalcaloides Totales (TGA)		Remojo de 15 días						Remojo de 30 días						
		mg/100g de papa		%		mg/100g de papa		%		mg/100g de papa		%		
Etapa	Variedad	Muestras	<i>ocucuri morado (OM)</i>			<i>parina (PR)</i>			<i>ocucuri morado (OM)</i>			<i>parina (PR)</i>		
Selección (Muestra Inicial)		MEDIA	19.97			12.43			19.97			12.43		
		CV %	5.23			2.68			5.23			2.68		
1ra Congelación (3 días)		MEDIA	9.35	10.62	60.48	10.58	1.85	15.85	9.35	10.62	56.82	10.58	1.85	15.74
		CV %	9.09			11.95			9,09			11,95		
Lavado (15 días)		MEDIA	7.66	1.69	9.62	5.98	4.60	39.42	3.41	5.94	31.78	2.56	8.02	68.26
		CV %	8.10			7.16			6,59			11,71		
2do Congelado y Descongelado (4 horas)		MEDIA	4.78	2.88	16.40	3.41	2.57	22.02	1.71	1.70	9.10	1.71	0.85	7.23
		CV %	6.98			13.28			7,50			11,64		
Apsonado		MEDIA	2.57	2.21	12.59	0.84	2.57	22.02	1.57	0.14	0.75	0.76	0.95	8.09
		CV %	7.85			16.50			10,81			11,36		
Venteado (Producto Final)		MEDIA	2.41	0.16	0.91	0.76	0.08	0.69	1.28	0.29	1.55	0.68	0.08	0.68
		CV%	5.21			13.20			8,94			8,70		
TOTAL de perdida de TGA			17.56		87.93		11.67	93.89	18.69		93.59		11.75	94.53

- 3.3. Determinación si el tiempo de remojo influye significativamente en la pérdida de glicoalcaloides totales (TGA) en el procesamiento laboratorial de Chuño Blanco a partir de la papa amarga *Solanum juzepczukii* y *Solanum curtilobum* según sus variedades**

Tabla 3.4. Porcentaje de pérdida de Glicoalcaloides Totales (TGA) en cada etapa del proceso laboratorial de Chuño Blanco con remojo de 15 y 30 días de las variedades de *Solanum juzepczukii* y *Solanum curtilobum*

% Perdida de Glicoalcaloides Totales (TGA)		Remojo en agua por 15 días						Remojo en agua por 30 días					
ESPECIE		<i>S. juzepczukii</i>			<i>S. curtilobum</i>			<i>S. juzepczukii</i>			<i>S. curtilobum</i>		
Etapa	Variedad	PÑ	RC	KT	AC	OM	PR	PÑ	RC	KT	AC	OM	PR
Selección-1ra Congelación		14.92	39.42	57.10	27.80	60.48	15.85	12.33	38.00	53.02	25.30	56.82	15.74
1ra Congelación-Lavado		14.12	32.60	19.03	54.11	9.62	39.42	42.92	38.70	26.16	67.26	31.78	68.26
Lavado - 2do Congelado y Descongelado		41.03	7.22	4.83	11.95	16.40	22.02	31.84	14.07	14.10	3.60	9.10	7.23
2do Congelado y - Apisonado Descongelado		28.51	20.44	18.13	3.86	12.59	22.02	12.62	8.84	6.59	1.31	0.75	8.09
Apisonado-Ventado PF		1.42	0.32	0.91	2.28	0.91	0.69	0.29	0.39	0.14	2.54	1.55	0.68
Selección MI-Ventado PF		78.03	87.95	86.99	88.01	87.93	93.89	94.46	91.23	93.69	96.73	93.59	94.53

Tabla 3.5. Diferencia entre el tiempo de remojo de 15 y 30 días en la pérdida de glicoalcaloides totales en el procesamiento laboral de Chuño Blanco a partir de las variedades de *Solanum juzepczukii* y *Solanum curtilobum*

Prueba de muestras emparejadas							
	Diferencias emparejadas		95% de intervalo confianza de la diferencia		t	Gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Inferior	Superior			
Par 2 <i>rucky</i>	-0,052600	0,049823	-,114463	,009263	-2,361	4	0,078
Par 3 <i>ketta</i>	-0,078200	0,060599	-,153443	-,002957	-2,886	4	0,045
Par 4 <i>anchauri</i>	-0,089600	0,062067	-,166666	-,012534	-3,228	4	0,032
Par 5 <i>ocucuri morado</i>	-0,094600	0,086286	-,201738	,012538	-2,452	4	0,070
Par 6 <i>purina</i>	-0,084800	0,120676	-,234639	,065039	-1,571	4	0,191
Par 7 Total	-0,096933	0,075287	-,190414	-,003452	-2,879	4	0,045

Par: comparaciones entre la disminución que hay con remojo a los 15 y 30 días

Según la prueba de t de Student para muestras emparejadas se observa que existe diferencia significativa en el porcentaje de pérdida de glicoalcaloides entre el tiempo de remojo de 15 y de 30 días

Tabla 3.6. Análisis de varianza para el Contenido de Glicoalcaloides de las papas amargas en las diferentes etapas del proceso laboratorial de Chuño Blanco con remojo de 15 y 30 días.

Fuente de Valor	Suma de cuadrados	GI	Cuadrado medio	Cociente- F	P- valor
Selección					
Entre grupos	4173,481	5	834,696	1155,141	0,000
Intra grupos	223,281	309	0,723		
Total (Corr.)	4396,762	314			
1ra Congelación					
Entre grupos	320,444	5	64,089	869,307	0,000
Intra grupos	22,781	309	0,074		
Total (Corr.)	343,225	314			
Lavado					
Entre grupos	593,508	5	118,702	464,978	0,000
Intra grupos	78,883	309	0,255		
Total (Corr.)	672,391	314			
2do Congelado y Descongelado					
Entre grupos	165,387	5	33,077	221,228	0,000
Intra grupos	46,201	309	0,150		
Total (Corr.)	211,588	314			
Apisonado					
Entre grupos	291,212	5	58,242	925,759	0,000
Intra grupos	19,440	309	0,063		
Total (Corr.)	310,652	314			
Venteado					
Entre grupos	224,188	5	44,838	1520,498	0,000
Intra grupos	9,112	309	0,029		
Total (Corr.)	233,300	314			

El valor de p (0.00) es menor que 0.05, lo que determinó una diferencia significativa entre las medias de los contenidos de glicoalcaloides de las diferentes variedades de papa amarga en las diferentes etapas del procesamiento laboratorial de Chuño Blanco con 15 y 30 días de remojo

Tabla 3.7. Diferencia entre las etapas del proceso laboratorial de Chuño Blanco con remojo de 15 días de las variedades de *Solanum juzepczukii* y *Solanum curtilobum*

				Prueba de muestras emparejadas				
				Diferencias emparejadas		t	Gl	Sig. (bilateral)
				Media	Desviación estándar			
Selección	MI	-	1ra	5,42367	3,30486	8,989	29	0,000
1ra Congelación - Lavado				4,37933	3,87813	6,185	29	0,000
Lavado - 2do Congelado y Descongelado				2,32567	1,89130	6,735	29	0,000
2do Congelado y Descongelado - Apisonado				2,28867	0,88950	14,093	29	0,000
Apisonado - Venteado PF				0,17633	0,21211	4,553	29	0,000
Selección MI - Venteado PF				13,68915	3,12311	7,921	29	0,000

Según la prueba de t de Student para muestras emparejadas se observa que existe diferencia significativa entre los niveles de glicoalcaloides en las diferentes etapas del procesamiento laboratorial de Chuño Blanco con 15 días de remojo

Tabla 3.8. Diferencia entre las etapas del proceso laboratorial de Chuño Blanco con remojo de 30 días de las variedades de *Solanum juzepczukii* y *Solanum curtilobum*

				Prueba de muestras emparejadas				
				Diferencias emparejadas		t	Gl	Sig. (bilateral)
				Media	Desviación estándar			
Selección MI	-	1ra	Congelación	5,42300	3,19280	9,303	29	0,000
1ra Congelación - Lavado				7,40033	4,08802	9,915	29	0,000
Lavado - 2do Congelado y Descongelado				1,92467	1,20649	8,738	29	0,000
2do Congelado y Descongelado - Apisonado				0,86200	0,54732	8,626	29	0,000
Apisonado - Venteado PF				0,18300	0,23017	4,355	29	0,000
Selección MI - Venteado PF				14,23400	3,65556	9,862	29	0.000

Según la prueba de t de Student para muestras emparejadas se observa que existe diferencia significativa entre los niveles de glicoalcaloides en las diferentes etapas del procesamiento laboratorial de Chuño Blanco con 30 días de remojo

Tabla 3.9. Diferencia entre las especies

Prueba de muestras independientes				
Prueba t para la igualdad de medias				
	t	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias
Peso				
Selección (Muestra Inicial)	0,000	58	1,000	0,00033
1ra Congelación	0,000	58	1,000	-0,00033
Lavado	5,766	58	0,000	3,02067
2do Congelado y Descongelado	12,246	58	0,000	2,61967
Apisonado	6,622	58	0,000	1,19300
Venteado (Producto Final)	7,601	58	0,000	1,19967

De acuerdo a la prueba t de Student, para comparar la diferencia entre *Solanum juzepczukii* y *Solanum curtilobum*, no hay diferencia significativa entre ambas especies en ninguna de las etapas.

CAPITULO IV

DISCUSION

La papa, es uno de los productos alimenticios más utilizados por la población en varias partes del mundo. Tiene un gran valor nutricional, es una buena fuente de energía por sus niveles de carbohidratos, tiene escasas proteínas pero de alto valor biológico y su contenido de grasa muy bajo tanto en la papa cruda como en la cocida. Es rica en micronutrientes como la vitamina C, algunas vitaminas del complejo B y minerales como potasio. (50) (51) (52).

Pese a que las papas son una fuente alimenticia rica en nutrientes, estas también contienen un grupo de sustancias tóxicas llamadas glicoalcaloides, que se encuentran predominantemente en la piel de los tubérculos (53) y en las áreas de alta actividad metabólica como la región de los ojos (54), son metabolitos secundarios en *Solanum* y otros miembros de la familia *Solanaceae*, que sirven como defensa química contra hongos, nematodos, herbívoros y otras condiciones de estrés, de los cuales la α -solanina y la α -chaconina son las más abundantes, representando más del 95 % (55).

Este tubérculo constituye un producto básico en la alimentación del pueblo peruano y su cultivo es muy importante en el área andina del Perú y Bolivia, debido a su gran capacidad de adaptarse a diferentes medios ecológicos y alturas sobre el nivel de mar. En la región del altiplano con altitudes de 3500 a 4500 m.s.n.m. existe una gran variabilidad genética de especies silvestres y cultivadas de papa, entre ellas las papas amargas *Solanum juzepczukii* y *Solanum curtilobum* ; las cuales son muy resistentes a las heladas y plagas, que se cultivan desde la época pre-inca, pero poseen un alto contenido de glicoalcaloides que le confieren el sabor amargo haciéndolas verdes y nocivas para el usuario y consumo humano, razón por la cual el habitante andino, desde la época del

incanato, las someten a una serie de “procesos naturales” , aprovechando las condiciones medioambientales, como la chuñificación para eliminar parte de los glicoalcaloides para hacerlas comestibles sin riesgo alguno. Este procesamiento fue simulado en el laboratorio y permitió de una manera más cómoda hacer el monitoreo del contenido de glicoalcaloides, para precisar cuales, son las etapas más críticas del proceso, con la finalidad de optimizar el procedimiento y poder recomendar al productor, permitiendo que el procedimiento sea más corto y efectivo por lo menos en cuanto a la remoción de los tóxicos.

En el laboratorio se ha elaborado chuño blanco con remojo de 15 y 30 días, en las diferentes etapas se fueron retirando muestras para hacer la determinación del contenido de glicoalcaloides por el método volumétrico de Fitzpatrick y Osman (78) modificado en 1980 por Bushway y col. (49), el cual es capaz de medir los glicoalcaloides totales incluyendo aquellos que no son determinados por el método colorimétrico por la ausencia de un doble enlace en la aglicona. Es un método que permite cuantificar los glicoalcaloides totales, sin diferenciación de los componentes como es en el caso del HPLC. Sin embargo, ante la necesidad de implementar métodos muy prácticos para la determinación de los glicoalcaloides en laboratorios que no cuenten con mayor infraestructura y que sirvan al productor para evaluar la seguridad de su cosecha resulta ser útil.

En lo que respecta a los niveles de glicoalcaloides, se encontró una amplia variabilidad en el contenido de glicoalcaloides totales de las papas amargas, observándose que la variedad *anchauri* es la que tiene mayor contenido de glicoalcaloides (TGA) 24.44 mg/ 100g, un valor bastante alto no permisible para el consumo humano, por el contrario la que tiene menor cantidad 12.43mg/100g de papa es la variedad *parina* inclusive en un valor que puede ser consumida al estado fresco; lo que hace una diferencia de 12.01mg/100g de papa.

En las etapas del procesamiento laboratorial de Chuño blanco con remojo de 15 días de la papa amarga *Solanum juzepczukii*; el mayor porcentaje de pérdida de glicoalcaloides totales (TGA) es en *anchauri* (88.01%), seguida de *rucky* (87.95%), *ketta* (86.99%) y finalmente *piñaza* (78.03%) (**Tabla 3.1**). En el

caso de *anchauri* en el lavado 54.11%, favorece la pérdida de “glicoalcaloides” así como pérdida de vitamina C, por ser hidrosoluble y provoca un incremento del contenido de calcio y de hierro (50). Por el contrario, las variedades *rucky* y *ketta* pierden en el primer congelado 39.42% y 57.10% respectivamente; mientras que *piñaza* en el segundo congelado y descongelado pierde 41.03%, lo que estaría implicado una eliminación por lixiviación. Podemos, deducir que, en las primeras etapas del procesamiento, se da la mayor pérdida de glicoalcaloides que en las etapas finales, esto debido a que los glicoalcaloides al ser solubles en agua se pierde una buena cantidad; cabe señalar que el sabor amargo guarda estrecha relación con el contenido de glicoalcaloides de ahí que cuando la papa amarga es convertida en chuño esta pierde en cierto grado su sabor amargo.

Al mismo tiempo, se puede observar que la variedad *anchauri*, al ser transformada en “Chuño blanco” con 15 días de remojo, su contenido de glicoalcaloides de 24.44 mg/ 100g de papa desciende a 2.93, haciendo de esta manera su consumo seguro sin ningún riesgo de toxicidad, salvo que su consumo sea más de 500g de chuño al día, porque si no, se estaría superando la dosis permisible. De igual forma, podemos indicar que para la variedad *rucky* cuando es transformada en chuño su valor desciende a 1.69 mg/ 100g de papa, que para llegar a ser dañino su consumo tendría que superar los 900g de chuño al día. En este sentido, cabe destacar que los glicoalcaloides pueden actuar como anticancerígenos, antialérgicos, antipirético, antiinflamatorio y ayudar a la reducción del colesterol cuando son usados en dosis mínimas, en el laboratorio de Bioquímica de la UNSA, se encontró que ratas alimentadas con una dieta a base de papa durante 10 días, presentan una disminución significativa de los niveles totales de colesterol sanguíneo, los mismos que tienden a recuperarse en 10 días, después de haberles suprimido dicha alimentación (56).

Respecto al porcentaje de pérdida de glicoalcaloides, en el procesamiento laboratorial de Chuño Blanco con remojo de 30 días a partir de *Solanum juzepczukii* y sus variedades, se contempla que a medida que se van combinando etapas de congelación, remojo, deshidratación sucesivamente se va eliminando

los glicoalcaloides, observándose que la mayor pérdida de glicoalcaloides se da en *anchauri* (96.73%), *piñaza* (94.46%), *ketta* (93.69%) y *rucky* (91.23%) (**Tabla 3.2**). En el caso de: *anchauri* (67.26%), *piñaza* (42.92%) y *rucky* (38.70%) la mayor pérdida se en la etapa de lavado; mientras que *ketta* (53.02%) en la primera congelación, cuya pérdida coincide con el proceso artesanal donde se menciona que el remojo prolongado en el río favorece el lavado de los “glicoalcaloides”, de esta manera la papa amarga es convertida en chuño que proporciona una importante red de seguridad nutricional para los pequeños agricultores durante períodos de relativa escasez de alimentos.

Cabe resaltar que los valores del coeficiente de variabilidad son bajos en cada etapa y variedad de papa, como para indicar que la muestra se comportó de forma homogénea.

En lo que concierne, al porcentaje de pérdida de glicoalcaloides totales del proceso de elaboración de Chuño blanco con 15 y 30 días de remojo de la especie *Solanum curtilobum* (**Tabla 3.3**), la variedad *parina* (PR) (93.89% y 94.53%) es la que pierde la mayor cantidad de glicoalcaloides totales tanto a los 15 como a los 30 días de remojo, su mayor pérdida en ambos tiempos de remojo es en la etapa de lavado de 39.42 % y 68.26% respectivamente. En tanto *ocucuri morado* pierde 87.93% y 93.59% a los 15 y 30 días de remojo respectivamente, en ambos tiempos de remojo la mayor pérdida fue en el primer congelado. Las concentraciones de glicoalcaloides pueden ser afectadas por factores genéticos (57), el medio ambiente (58), se incrementan por exposición de los tubérculos a la luz del sol o artificial, aumenta a mayor temperatura y tiempo de almacenamiento (59) y por lesiones y magulladuras causadas durante el transporte y el procesamiento e igualmente fertilizantes como el ácido fosfórico (60) y el sulfato de magnesio (61) incrementan el contenido de glicoalcaloides en los tubérculos. El contenido de Glicoalcaloides totales (TGA) en tubérculos de papa oscila entre 1 y 35 mg por 100g en peso fresco (58) y algunos estudios como el de Bushway y Ponnampalam (49) demuestran que los glicoalcaloides son estables durante los procedimientos de cocción panificación, fritura o secado a altas temperaturas.

En concordancia, con los resultados se encontró que la pérdida de glicoalcaloides fue mayor para el remojo de 30 días de 94.46% , 93.69% y 96.73% para las variedades *piñaza*, *ketta* y *anchauri*, que para un remojo de 15 días donde la pérdida fue de tan solo 78.03%, 86.99% y 88.01% para las variedades mencionadas; con lo cual podemos afirmar tentativamente que la etapa crucial para la eliminación de glicoalcaloides aparte de los ciclos de congelación-deshidratación viene a ser significativamente el remojo con agua, lo que estaría implicando una eliminación por lixiviación (**Tablas 3.4 y .3.5**). Sin embargo, en las variedades *rucky*, *ocucuri morado* y *parina* aparentemente no hay diferencia significativa entre el tiempo de remojo de 15 y 30 días, pero si se tiene en cuenta el promedio del porcentaje de pérdida de glicoalcaloides totales del conjunto el tiempo de remojo influye significativamente en la pérdida de glicoalcaloides totales (TGA) en el proceso laboratorial de Chuño blanco a partir de la papa amarga *Solanum juzepczukii* y *Solanum curtilobum* según variedad. Se demuestra que mientras más largo sea el tiempo de remojo en agua mayor es el porcentaje de pérdida de glicoalcaloides.

El remojo prolongado favorece el lavado de los “glicoalcaloides”, haciendo posible su consumo con lo que se garantiza la producción de alimentos que no constituyen un riesgo para la salud y cumplan con las características nutricionales y de calidad exigidas por los consumidores. Los antiguos peruanos llegaron a domesticar más de dos mil variedades de papa andinos y manejaron la elaboración de productos tales como el chuño blanco y negro, la papa seca y el tocosh, que son alimentos de alto consumo y con importancia comercial en toda la región andina.

En la variedad *ocucuri morado* (OM), al ser transformada en “Chuño blanco” su valor desciende a 2.41 mg/ 100g de glicoalcaloides totales de la papa, haciendo de esta manera su consumo seguro sin ningún riesgo de toxicidad, salvo que su consumo sea más de 600g de chuño al día porque si no se estaría superando la dosis permisible. Asimismo, podemos indicar que la variedad *parina* cuando es transformada en chuño su valor desciende a 0.76 mg/ 100g de papa cuyo valor es

mínimo y bueno para el consumo humano. Cabe destacar que los TGA de la papa a dosis de 3.3mg/100g. tienen efecto terapéutico en las lesiones gástricas producidas por etanol en ratas albinas (62).

Se ha conseguido procesar experimentalmente el Chuño blanco, con 15 y 30 días de remojo, con las mismas características que las obtenidos en el campo, un producto seco, deshidratado, aséptico, de conservación indefinida, de color blanco, gusto especial, menor densidad que la papa, mayor número de calorías y de fácil digestión; a partir de 4 variedades de la papa amarga *Solanum juzepczukii* y 2 de la *Solanum curtilobum*.

Una vez que, las papas amargas son procesadas a Chuño blanco ninguna de las variedades de las dos especies, es toxica, también se observó que la mayor pérdida de glicoalcaloides totales se da en las papas tratadas con 30 días de remojo. Es importante mencionar que los valores del coeficiente de variabilidad son bajos en cada etapa y variedad de papa, lo que indica que la muestra se comportó de forma homogénea. El análisis de varianza (**Tabla 3.5**) para el contenido de glicoalcaloides de las variedades de papa amarga durante los proceso de elaboración de chuño, muestra que el valor de p (0.00) es menor que 0.05, lo que determina una diferencia significativa entre las medias de los contenidos de glicoalcaloides de las diferentes variedades de papa amarga en las diferentes etapas del procesamiento laboratorial de Chuño Blanco con 15 y 30 días de remojo

Según la prueba de t de Student para muestras emparejadas (**Tablas 3.6 y 3.7**) se observó que existe diferencia significativa entre los niveles de glicoalcaloides en las diferentes etapas del procesamiento laboratorial de Chuño blanco con 15 y 30 días de remojo, que va desde el proceso de selección muestra inicial (MI) hasta el final del proceso venteado producto final (PF).

En el mismo contexto también se observó que no hay diferencia significativa entre las dos especies estudiadas *Solanum juzepczukii* y *Solanum curtilobum* en ninguna de las etapas, de acuerdo a la prueba t de Student para comparar la diferencia entre ambas especies (**Tabla 3.8**).

A pesar de que el Chuño blanco analizado no tiene nivel de glicoalcaloides que se considere tóxico para la salud, debemos tener en cuenta que en el Perú, en las zonas rurales se puede llegar a consumir entre 645 a 883 gramos de chuño al día. Se puede asumir que, si bien el chuño por 100g de porción comestible no se considera nocivo, en algunas zonas del país las cantidades de chuño consumidas podrían ser tóxicas para el organismo. Por otro lado, existen comunidades aymaras que la consumen sin ser procesadas junto con una sustancia arcillosa llamada chaco y le dan usos medicinales (63).

De acuerdo a los informes del Centro Internacional de la papa (33) se refiere que el contenido total de glicoalcaloides para la papa amarga *Solanum juzepczukii* es de 30.43 mg / 100g de papa, pero cuando es procesada a chuño negro este valor desciende a 17.97 mg/100g de papa. En esta investigación se determinó que para esta misma especie el valor más alto de glicoalcaloides fue de 24.44 mg/ 100g de papa, el cual desciende a 2.93 mg/100g de papa cuando es procesada a chuño blanco con 15 días de remojo mientras que cuando es procesado a 30 días este valor desciende a 0.80mg/100g de papa, estableciéndose una diferencia de 12.46, 21.51 y 23.64 respectivamente, lo que nos estaría confirmando que en el procesamiento de chuño blanco la pérdida de glicoalcaloides es mayor aun con un remojo de 15 días en comparación con la del chuño negro. También podría explicarse que la diferencia en relación al contenido de glicoalcaloides inicial es debido a las variedades de papa usadas, o las condiciones ambientales de cosecha post-cosecha que afectan la concentración de glicoalcaloides.

Diferentes estudios indican que la mayor cantidad de glicoalcaloides se encuentra en la cascara debido a que en la elaboración del chuño se logra retirar parte de ella con el frotado y venteado observaremos que *anchauri* de 24.44 a disminuido a 2.93 encontrándose una diferencia de 21.51 mg/100 g. de papa para un remojo de 15 días, mientras con 30 días este valor desciende a 0.80 cuya diferencia es mayor a la anterior de 23.64, mientras que para el caso de *rucky* con 15 días de remojo la disminución ha sido de 14.02 a 1.69 la diferencia es de 12.33

mg/ 100g de papa y con 30 días este bajo disminuyó a 1.23 cuyo diferencia sería de 12.79, concluimos que mientras más alto es el contenido de glicoalcaloides así como los días de remojo la pérdida es mayor.

Cabe anotar que, en el procesamiento laboratorio de Chuño blanco con remojo de 30 días, *anchauri*, *parina* y *piñaza* son las variedades que han tenido la mayor pérdida de glicoalcaloides de 96.73%, 94.53% y 94.46% respectivamente. Estos resultados son mayores, que el reportado donde mencionan que hay una pérdida del 89% de glicoalcaloides, cuyo dato sería muy próximo al de las variedades *anchauri*, *rucky* y *ocucuri morado* que tuvieron una pérdida de 88.01%, 87.95% y 87.93% respectivamente con un procesamiento laboratorio de remojo de 15 días, en el cual se observa que *parina* es la variedad que ha tenido la mayor pérdida 93.89%, mientras que *piñaza* tuvo la menor pérdida de 78.03%

Este trabajo de investigación es de gran interés debido a que se ha realizado la evaluación de los niveles de glicoalcaloides en las etapas del procesamiento laboratorio de Chuño blanco o moraya o tunta con remojo de 15 y 30 días, lo que nos asegura de alguna manera, que, el consumo adecuado del contenido de glicoalcaloides se encuentra dentro de los límites de seguridad permisibles para el consumo humano. La cantidad de carbohidratos totales del chuño se triplica incluso cuadriplica al valor de la papa fresca, lo mismo ocurre con el contenido de fibra, en cuanto al contenido de zinc, potasio, fósforo y magnesio disminuye en comparación con el tubérculo sin procesar por lo que sería una pobre fuente de micronutriente (64). Para su preparación del chuño debe ser remojado en promedio 24 a 26 horas antes de su consumo, el tiempo de cocción es de 2 - 3 minutos. Se recomienda realizar estudios similares en las etapas de elaboración del Chuño blanco o moraya o tunta, que se sabe es de mayor consumo, con otras variedades de papa amarga de consumo en las zonas alto andinas donde se sabe que el consumo es mayor y las variedades son diferentes y habría mayor posibilidad de intoxicación por glicoalcaloides. Igualmente se debe evaluar el contenido de nivel de vitamina C para ver si en la etapa final de la elaboración de chuño se pierde esta vitamina necesaria para la absorción de

hierro deficiente en este tipo de poblaciones que tienen una alta incidencia de anemia ferropénica.

Con este trabajo se ha certificado cuantitativamente que el procesamiento del chuño blanco disminuye los niveles de glicoalcaloides de tal manera que puede ser consumido con seguridad, por su contenido en calcio y hierro para evitar los problemas de osteoporosis y anemia.

Se puede notar que en todos los casos el procedimiento es muy eficiente ya que se consiguió remover la mayor parte de glicoalcaloides. También se aprecia que la elaboración de chuño blanco, con remojo de 30 días, resultó ser el procedimiento más exitoso en cuanto a la pérdida de los tóxicos; en relación con el de remojo de 15 días que fue menos eficiente, aunque los valores finales de glicoalcaloides en ningún momento superaron los límites de seguridad cabe resaltar que si bien es cierto los glicoalcaloides a dosis altas son tóxicos, pero a bajas dosis tienen ciertos efectos benéficos para la salud. Se nota igualmente que la cuantía de la remoción de los glicoalcaloides es influenciada por la variedad de papa utilizada y que igualmente hay etapas durante el procedimiento, que tienen mayor efecto en la pérdida de glicoalcaloides como es el caso del remojo o lavado, con lo que se garantiza que nuestras poblaciones consuman alimentos que además de ser nutritivos son seguros por el bajo contenido de glicoalcaloides. En este contexto podríamos aconsejar a los productos en sentido que a mayor tiempo de remojo mayor será la pérdida de glicoalcaloides.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

1. Las etapas del procesamiento laboratorial de chuño blanco con mayor porcentaje de pérdida de glicoalcaloides totales (TGA) de la papa amarga *Solanum juzepczukii* según variedad y con remojo de 15 días son: anchauri (54.11%) en el lavado, ketta (57.10%), rucky (49.96%) en la primera congelación y piñaza (41.03%) en el segundo congelado y descongelado; con remojo de 30 días son: anchauri (67.26%), piñaza (42.92%) rucky (38.70%) en el lavado y ketta (53.02%) en la primera congelación.
2. Las etapas del procesamiento laboratorial de chuño blanco con mayor porcentaje de pérdida de glicoalcaloides totales (TGA) de la papa amarga *Solanum curtilobum* con remojo a los 15 y 30 días, según variedad es: ocucuri *morado* (60.48% y 56.93%) en la primera congelación y en *parina* (39.42% y 68.26% respectivamente) es en el lavado.
3. La pérdida de glicoalcaloides totales (TGA) es significativamente mayor en el procesamiento laboratorial de chuño blanco con remojo de 30 días de la papa amarga *Solanum juzepczukii* y *Solanum curtilobum*

5.2. RECOMENDACIONES

1. Evaluar el contenido de glicoalcaloides en las etapas de elaboración del chuño con otras variedades de papa amarga de consumo en las zonas alto andinas.
2. Evaluar el contenido de glicoalcaloides y su relación con el efecto de los factores a los que están expuesta la papa amarga durante el periodo de la pos cosecha.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. [Online].; 2008 [cited 2021 Mayo. Available from: www.fao.org.
2. Contreras-Liza SE, Noriega H, Valenzuela A, Arias L, Zúñiga D, García-Bendezú S. IDESIA. [Online].; 2019. Available from: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292019000300029>.
3. Fonseca C, Burgos G, Rodriguez F, Muñoa L, Ordinola M. International Potato Center. [Online].; 2014. Available from: <https://books.google.es/books?id=tvvOBQAAQBAJ>.
4. Garavito R, Ernestina V. Repositorio Institucional UNP. [Online].; 2019. Available from: <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1878>.
5. Arratea BY, Mamani Y. Repositorio Institucional UIGV. [Online].; 2017. Available from: <http://repositorio.uigv.edu.pe/handle/20.500.11818/1690>.
6. Velasco-Chong JR, Herrera-Calderón O, Rojas-Armas JP, Hañari-Quispe RD, Figueroa-Salvador L, Peña-Rojas G, et al. Tocosh flour (*Solanum tuberosum* L.): A toxicological assessment of traditional Peruvian fermented potatoes. *Foods*. 2020;; p. 719.
7. Cahuana R, Arcos J. Instituto Nacional de Innovación Agraria del Perú. [Online].; 2002. Available from: http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/898/1/CahuanaVariedades_nativas_Papa.pdf.
8. Fonseca C, Huarachi E, Chura W, Cotrado G. DECODI. [Online].; 2008. Available from: <https://agris.fao.org/agrissearch/search.do?recordID=QP2007000182>.
9. Ramos ER, Santos RA, Velázquez E, Velezmoro CE, Zúñiga DE. Genetic diversity and antimicrobial activity of lactic acid bacteria in the preparation of traditional fermented potato product 'tunta'. *World J Microbiol Biotechnol*. 2018; 34(10): p. 144.

10. Sanabria T. Bolivian thoughts in an emerging world. [Online].; 2013. Available from: <https://bolivianthoughts.com/2013/06/28/boliviano> [de https://bolivianthoughts.com/2013/06/28/bolivian-chuno-and-tuntaprocesed-potato-have-interesting-properties/](https://bolivianthoughts.com/2013/06/28/bolivian-chuno-and-tuntaprocesed-potato-have-interesting-properties/).
11. Nugent A. Health properties of resistant starch. Nutrition Bulletin. 2005; 30: p. 27-54.
12. Aguilera Y. Harinas de Leguminosas deshidratadas: Caracterización Nutricional y Valoración de sus propiedades Tecno-Funcionales (tesis doctoral). Universidad Autónoma de Madrid. 2009.
13. Haan S, Burgos G, Arcos J, Ccanto R, Scurrah M, Salas E, et al. Traditional Processing of Black and White Chuño in the Peruvian Andes: Regional Variants and Effect on the Mineral Content of Native Potato Cultivars. Economy Botany. 2010;; p. 1-18.
14. Lachman M, Hamouz J, Orsák M, Pivec V. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2001;; p. 181-191.
15. Omayio DG, Abong GO, Okoth MWA. Review of Occurrence of Glycoalkaloids in Potato and Potato Products. [Online].; 2016 [cited 2017 Febrero. Available from: <http://WWW.foodandnutritionjournal.org/Volume4number3/a-review-of-occurrence-of-glycoalkaloids-in-potato-and-potato-products/>.
16. FAO , Litaladio N. La papa, alimento de futuro. [Online].; 2005. Available from: www.alimentacion-sana.org.
17. Canahua A. Producción y promoción de semilla de papas amargas en Puno. CEDECUM-CIP. 1998;; p. 42.
18. Ghislain M, Zhang D, Herrera MR. Protocolos de laboratorio de biología molecular-Tipificación genética. Manual de Capacitación CIP (Centro Internacional de la Papa). 1997; Departamento de Recursos Genéticos: p. 30.
19. Estrada R. La biodiversidad en el mejoramiento genético de la papa.

- PROINPA/CIA/CIP. 2000;; p. 21-88.
20. Estrada N. Importancia genética de las papas amargas. In Mesa redonda Perú-Bolivia. 1991;; p. 11-14.
 21. Canqui F, Morales E. Conocimiento Local en el cultivo de la Papa. Fundación PROINPA. 2009;; p. 11-14.
 22. Hellenäs KE, Branzell C, Johnsson H, Slanina P. High levels of glycoalkaloids in the established Swedish potato variety Magnum Bonum. *Journal of the Science of Food Agriculture*. 1995; 1(68): p. 249-255.
 23. Gianella T. Chuño blanco, "tunta" o "moraya": Un proceso natural de conservación. *LEISA Revista de Agroecología: Manejando la poscosecha*. 2004; 20(3): p. 29-31.
 24. Tubérculos procesados: papa deshidratada, tunta, requisitos y definiciones: Norma técnica peruana (NTP). Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI). 2007;; p. 15.
 25. Julca B. Impacto de gorgojo de los andes (*Premnotrypes* spp.) en la producción y comercialización del chuño blanco en las economías campesinas del departamento de Puno. Universidad Nacional Agraria de la Molina, Perú. 2016.
 26. Peñarrieta J, Alvarado J, Bravo J, Bergenstahl B. Chuño and Tunta; the traditional andean sun-dried potatoes. Nova science publishers. 2015;; p. 1-12.
 27. Quispe N. Desarrollo de un producto alimenticio por mezclas de harinas de chuño y trigo para el ayllu majasaya mujlli, provincia tapacari. Universidad Mayor de San Simón. 2009.
 28. Burgos G, Haan S, Salas E, Bonierbale M. Protein, iron, zinc and calcium concentrations of potatoes following traditional processing as "chuño". *Journal of Food Composition and Analysis*. 2009; 22: p. 617-619.

29. Jallaza W. Estudio de la biodiversidad de la papa (*Solanum* sp) y su importancia en la transformación en chuño. Universidad Mayor de San Simón. 2007.
30. Christiansen C, Thompson T. The utilization of "Bitter" Potatoes in the Cold Tropics of Latin America. Proceeding of fourth Symposium of International Society for Tropical Root Crops held at CIAT. 1976;; p. 212-215.
31. Misael LM, Aguilera JM. Propiedades de estructura y textura de los productos de papa frit. *Food Reviews Internationa*. 2006; 22(2): p. 173-201.
32. García Reyes M, Gómez-Sánchez Prieto I, Espinoza C. Tablas Peruanas de Composición de alimentos. : Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud. 2018.
33. Figueroa M. Strategies to develop market Access in the Bolivian highlands: two case studies for chuño and tunta. Universidad de Missouri. 2009.
34. Fonseca C, Huarachi E, Ordinola M. Una experiencia de innovación tecnológica y difusión en la producción artesanal de la papa deshidratada: Tunta. *Revista Latinoamericana de la Papa*. 2011; XVI(1): p. 100-125.
35. Andre C, Legay S, Iammarino C, Ziebel J, Guignard C, Larondelle Y, et al. The Potato in the human diet: a complex matrix with potential health benefits. *Potato Research*. 2014;; p. 1-11.
36. Haan S, Burgos G, Arcos J, Ccanto R, Scurrah M, Salas E, et al. Effect of production environment, genotype and process on the mineral content of native bitter potato cultivars converted into White chuño. *Journal Science Food Agriculture*. 2011; 92(10): p. 1-8.
37. Mamani Quispe E. Análisis de Comercialización del Chuño Blanco del Centro Poblado de Chijichaya de la Provincia del Collao de Ilave Periodo 2000. 2003.
38. Friedman M. Potato Glycoalkaloids and Metabolites: Roles in the plant and in the diet. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2008; 54: p. 8655-8681.

39. Knuthsen U, Jensen B, Schmidt I, K L. Glycoalkaloids in potatoes: Content of glycoalkaloids in potatoes for consumption. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2009; 22: p. 577-581.
40. Knuthsen U, Jensen B, Schmidt I, K L. Glycoalkaloids in potatoes: Content of glycoalkaloids in potatoes for consumption. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2009; 22: p. 577-581.
41. Willmott SG. An investigation of solanine poisoning. *Analyst*. 1933; 58: p. 431-438.
42. M. Friedman GMM. Potato glycoalkaloids: chemistry, analysis, safety, and plant physiology. *Critical Reviews in Plant Science*. 1997; 16: p. 55-132.
43. Friedman M, McDonald G, Haddon WF. Kinetics of acid catalyzed hydrolysis of carbohydrate groups of potato glycoalkaloids α -chaconine and α -solanine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1993; 41: p. 1397-1406.
44. Muñoz Tapara C, Estaña Gonzales W. Diversidad y variabilidad genética de papa nativa en Puno. Dirección Regional Agraria Puno. 2012;: p. 89.
45. Martínez Lombardo C, Cano Ortiz A. Plantas medicinales con alcaloides en la provincia de Jaén. Universidad de Jaén. Boletín. Instituto de Estudios Giennenses Julio-Diciembre. 2009;: p. 125-163.
46. Bonilla A. Asuntos agrícola. [Online].; 2003. Available from: www.alexanderbonilla.com.
47. Machado M, Toledo L. Effect of light and temperature on the formation of glycoalkaloids in potato tubers. *Food Control*. 2007; 18: p. 503-508.
48. NTP. National Toxicology Program, Departament of Health and Human Services. [Online].; 2007 [cited 2018 Junio. Available from: <http://ntp-server.niehs.nih.gov/htdocs/Chem>.
49. Bushway RJ, Ponnampalam R. α -Chaconine and α -solanine content of potato products and their stability during several modes of cooking. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1981; 29(4): p. 814–817.

50. Schieber A, M A. Potato peels: a source of nutritionally and pharmacologically interesting compounds-A review. *Global Science Books, Food 2*. 2009;; p. 23-29.
51. Haase NU. Healthy aspects of potatoes as part of the human diet. *Potato Research*. 2008; 51(3-4): p. 239-258.
52. Chandrasekara A, T.J. K. Roots and tuber crops as functional foods: A Review on phytochemical constituents and their potential health benefits. *International Journal of Food Science*. 2016;; p. 15.
53. Mäder J, Rawel H, Kroh LW. Composition of phenolic compounds and glycoalkaloids α -solanine and α -chaconine during commercial potato processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2009; 57(14): p. 6292-6297.
54. Sanabria-Galindo A, Heredia P, Velásquez MA, Moreno J. Glicoalcaloides como criterio de seleccion en Clones de Papa Colombiana. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*. 1991;(19): p. 63-69.
55. Friedman M, Levin C. Analysis and Biological Activities of Potato Glycoalkaloids, Calys tegine Alkaloids, Phenolic Compounds, and Anthocyanins. *Advances in Potato Chemistry and Technology*. 2009;; p. 127-161.
56. Castillo LR. Medida de la actividad colinesterásica y los niveles de colesterol y HDL colesterol en plasma sanguíneo de ratas alimentadas con papa. In *XVII Congreso Peruano de Química*; 1991.
57. Sandford LL, Sinden SL. *Am. Potato. J.*49. 1972;; p. 204-217.
58. Sinden SL, Webb RE. Effect of variety and location on the glycoalkaloid content of potatoes. *Am. Potato*. 1972; 49: p. 334-338.
59. Patil BC, Sharma RP, Salunkle DK, K S. Evaluation of solanine toxicity. *Interdepartmental Program in Toxicology. Food and cosmetic toxicology*. 1971;(10): p. 395-398.

60. Von Morgenster F, Landw.. Vers. Sta. 65. Vía Chem Abstr. 1. 1907;; p. 301-308.
61. Duane E, Nell M. J. Agric. Food Chem. 1984; 32: p. 465-466.
62. Pastor Secaira Z. Efecto de los glicoalcaloides totales parcialmente purificados de flor de papa sobre las lesiones gastricas producidas por etanol en ratas albinas Arequipa: UNSA; 1995.
63. Gómez R, Roca W, Ordinola M, Manrique K. Papas nativas del Perú: catálogo de variedades y usos gastronómicos. MINAGRI. 2008;; p. 117.
64. Akyol H, Riciputi Y, Capanoglu E, Caboni MF, V V. Phenolic Compounds in the Potato and Its Byproducts. International Journal of Molecular Sciences. 2016; 17(6): p. 835.

ANEXOS

ANEXO 1



CERTIFICADO

El que suscribe, **Director de la Estación Experimental Agraria Illpa Puno – INIA**, certifica que la señora:

- Luz Cárdenas Herrera

Adquirido de los campos comerciales de papa de la localidad de llave las papas amargas que corresponde a la:

Especie: *Solanum juzepczukii*

Variedades: *piñaza*

rucky

ketta

anchauri

Especie: *Solanum curtilobum*

Variedades: *ocucuri morado*

parina

Se expide el presente, para los fines que vieran por conveniente.

Salcedo, 26 de abril del 2017.



Ing. Eduardo Charaja Quispe
Director de la Estación Experimental Agraria Illpa Puno

ANEXO 2

Método de Fitzpatrick y Osman

Procedimiento

- 1.- Cortar la papa en rodajas longitudinales
- 2.- Pesar 20 g. de papa de una o más rodajas de modo que contengan a ambos extremos de la papa. Esto se debe hacer antes de los 5 minutos, para evitar que cualquier acción enzimática pueda tener lugar.
- 3.- Mezclar los 20 g. de papa con 100 ml de la mezcla cloroformo-metanol (1:2), durante 5 minutos en la licuadora.
- 4.- Filtrar la mezcla utilizando un kitazato a través de un papel filtro watman N° 1.
- 5.- Mezclar el residuo del tubérculo con otros 70 ml de solvente y extraer por 3 minutos con una bomba de vacío.
- 6.- Enjuagar con 30 ml de solvente.
- 7.- Transferir a un embudo separador de 500ml.
- 8.- Añadir 100 ml de sulfato de sodio al 8% mezclar y dejar en reposo por unas 12-16 horas.
- 9.- Remover la capa clorofórmica.
- 10.- Filtrar la fase acuosa con papel filtro watman N° 1.
- 11.- Llevar a un volumen total de 250 ml con la adición de metanol absoluto.
- 12.- Evaporar las alícuotas por duplicado (50 ml c/u) hasta que estén secas en un baño de agua hirviente.
- 13.- Añadir 15 ml de ácido sulfúrico 2N
- 14.- Sonificar por 5 minutos
- 15.- Hidrolizar por 2 horas sobre un baño de vapor
- 16.- Realizar la ruptura alcalina por adición de 7 a 8 ml de NaOH 4 N, el pH debe estar por encima de 11.
- 17.- Transferir esta solución pardusca a un embudo separador de 50 ml con 15 ml de benceno.
- 18.- Extraer 3 veces

- 19.- Lavar los extractos combinados con benceno 3 veces con 50 ml de agua aproximadamente
- 20.- Evaporar hasta la sequedad con evaporador rotatorio a 40°C.
- 21.- Disolver en 5 ml de metanol
- 22.- La solución de metanol (5ml. de resuspensión) se titula con 0.067% de azul de bromofenol (0.001M) y 10% de fenol en metanol absoluto. Se usó una microbureta de 10 ml graduada en 0.02 ml.

Cálculo de los resultados

1. Sustraer la titulación del blanco de metanol del total
2. Estándar la solución de titulación contra la solución de tomatina
3. Para efecto de cálculos se utilizó la siguiente formula:

$$\frac{5(250 A \times B)}{50} = mg \text{ de glicoalcaloides totales en } 100g. \text{ de peso}$$

Dónde:

A: Volumen neto de titulación utilizado

B: mg. de tomatina equivalentes a un ml de titulador

ANEXO 3

Matriz de Consistencia

Glicoalcaloides Totales (TGA) según la etapa del proceso de laboratorio de Chuño Blanco , con remojo de 15 días de las variedades de la papa amarga *Solanum juzepczukii*

Variedad	<i>piñaza</i>				<i>rucky</i>				<i>ketta</i>				<i>anchauri</i>			
	M1	M2	M3	P	M1	M2	M3	P	M1	M2	M3	P	M1	M2	M3	P
Procesos																
Selección (Muestra Inicial)	14.42	14.45	14.43	14.43	14.00	14.02	14.04	14.02	15.21	15.23	15.22	15.22	24.44	24.46	24.43	24.44
1ra Congelación	12.73	12.75	12.76	12.75	9.16	9.15	9.16	9.16	7.65	7.64	7.68	7.66	18.45	18.44	18.48	18.46
Lavado (15 días)	11.30	11.10	11.09	11.16	5.13	5.16	5.12	5.14	5.13	5.12	5.16	5.14	6.80	6.83	6.84	6.82
2do Congelado y Descongelado (4 horas)	6.46	6.55	6.60	6.54	4.22	4.23	4.30	4.25	4.40	4.60	4.50	4.50	4.23	4.25	4.26	4.25
Apisonamiento	4.00	3.10	2.90	3.33	1.72	1.73	1.74	1.73	2.10	2.08	2.11	2.10	3.42	3.45	3.40	3.42
Venteado (Producto Final)	3.16	3.14	3.20	3.17	1.67	1.69	1.70	1.69	2.00	1.96	1.97	1.98	2.92	2.94	2.92	2.93

M1 = Muestra 1

M2 = Muestra 2

M3 = Muestra 3

P = Promedio

Matriz de Consistencia

Glicoalcaloides Totales (TGA) según la etapa del proceso de laboratorio de Chuño Blanco , con remojo de 15 y 30 días de las variedades de la papa amarga *Solanum curtilobum*

Variedad	<i>ocucuri morado</i>				<i>parina</i>			
	M1	M2	M3	P	M1	M2	M3	P
Selección (Muestra Inicial)	19.96	19.98	19.97	19.97	12.42	12.44	12.43	12.43
1ra Congelación	9.34	9.36	9.36	9.35	10.57	10.59	10.57	10.58
Lavado (15 días)	7.64	7.67	7.68	7.66	5.97	5.99	5.98	5.98
2do Congelado y Descongelado (4 horas)	4.78	4.76	4.79	4.78	3.40	3.42	3.41	3.41
Apisonamiento	2.56	2.58	2.56	2.57	0.83	0.85	0.84	0.84
Venteado (Producto Final)	2.40	2.42	2.41	2.41	0.75	0.77	0.75	0.76

M1 = Muestra 1

M2 = Muestra 2

M3 = Muestra 3

P = Promedio

Matriz de Consistencia

Glicoalcaloides Totales (TGA) según la etapa del proceso de laboratorio de Chuño Blanco , con remojo de 30 días de las variedades de la papa amarga *Solanum juzepczukii*

Variedad	<i>piñaza</i>				<i>rucky</i>				<i>ketta</i>				<i>anchauri</i>			
	M1	M2	M3	P	M1	M2	M3	P	M1	M2	M3	P	M1	M2	M3	P
Selección (Muestra Inicial)	14.42	14.45	14.43	14.43	14.00	14.02	14.04	14.02	15.21	15.23	15.22	15.22	24.44	24.46	24.43	24.44
1ra Congelación	12.73	12.75	12.76	12.75	9.16	9.15	9.16	9.16	7.65	7.64	7.68	7.66	18.45	18.44	18.48	18.46
Lavado (15 días)	6.89	6.91	6.90	6.90	4.20	4.22	4.21	4.21	3.92	3.93	3.94	3.93	2.54	2.58	2.56	2.56
2do Congelado y Descongelado (4 horas)	2.54	2.57	2.58	2.56	2.40	2.42	2.41	2.41	1.91	1.93	1.92	1.92	1.71	1.69	1.72	1.71
Apisonamiento	0.83	0.85	0.84	0.84	1.27	1.28	1.29	1.28	0.97	0.98	0.99	0.98	1.39	1.41	1.40	1.40
Venteado (Producto Final)	0.79	0.80	0.81	0.80	1.22	1.22	1.24	1.23	0.97	0.96	0.95	0.96	0.79	0.81	0.80	0.80

M1 = Muestra 1

M2 = Muestra 2

M3 = Muestra 3

P = Promedio

Matriz de Consistencia

Glicoalcaloides Totales (TGA) según la etapa del proceso de laboratorio de Chuño Blanco , con remojo de 30 días de las variedades de la papa amarga *Solanum curtilobum*

Variedad	<i>ocucuri morado</i>				<i>parina</i>			
	M1	M2	M3	P	M1	M2	M3	P
Selección (Muestra Inicial)	19.96	19.98	19.97	19.97	12.42	12.44	12.43	12.43
1ra Congelación	9.34	9.36	9.36	9.35	10.57	10.59	10.57	10.58
Lavado (15 días)	3.40	3.42	3.40	3.41	2.55	2.57	2.56	2.56
2do Congelado y Descongelado (4 horas)	1.70	1.72	1.71	1.71	1.71	1.70	1.72	1.71
Apisonamiento	1.56	1.57	1.58	1.57	0.75	0.76	0.77	0.76
Venteado (Producto Final)	1.29	1.27	1.28	1.28	0.67	0.68	0.69	0.68

M1 = Muestra 1

M2 = Muestra 2

M3 = Muestra 3

P = Promedio