



“Determinación de tocoferoles totales en semillas de quinua sometidas a diferentes tratamientos de cocción”

Autoras:

Balladares, María Candela.

Martínez, Fiorela Margarita.

Rojas, Natali Daiana.

Director:

Dr. Guzmán Carlos Alberto.

Co-directora:

Dra. Ryan Liliana Cecilia.

Septiembre 2015

“Determinación de tocoferoles totales en semillas de quinua sometidas a diferentes tratamientos de cocción”

HOJA DE APROBACIÓN

Alumnas:

- Balladares, María Candela.
- Martínez, Fiorela Margarita.
- Rojas, Natalí Daiana.

Director: Dr. Guzmán Carlos Alberto.

Co-directora: Dra. Ryan Liliana Cecilia.

Tribunal evaluador:

.....
Lic. Oberto María Georgina

.....
Lic. Albrecht Claudia

.....
Dr. Guzmán Carlos Alberto

Calificación final:

Córdoba...../...../.....

Art. 28°: “Las opiniones expresadas por las autoras de este seminario final no representan necesariamente los criterios de la Escuela de Nutrición de la Facultad de Ciencias Médicas”.

Córdoba, Septiembre de 2015.

Determinación de tocoferoles totales en semillas de quinua sometidas a diferentes tratamientos de cocción.

Área temática: Tecnología de los alimentos.

Autores: Balladares MC, Martínez FM, Rojas ND, Dr. Guzmán CA y Dra. Ryan LC.

Introducción: la quinua ha recobrado importancia como alimento debido a múltiples factores, entre ellos su destacable valor nutritivo, caracterizado por la cantidad de proteínas e hidratos de carbono, el balance óptimo de aminoácidos, de ácidos grasos esenciales y el contenido de minerales y vitaminas, entre ellas la vitamina E, la cual posee la importante función antioxidante de mantener la integridad de las membranas celulares.

Existe suficiente información acerca de la calidad nutricional de las semillas de quinua crudas, pero no así de lo que sucede luego de su cocción y dado que para su consumo las semillas deben ser previamente cocidas, se consideró la importancia de realizar pruebas para evaluar el impacto de la aplicación de diferentes tratamientos sobre su calidad nutricional.

Objetivo: analizar las variaciones en el contenido de tocoferoles totales, que se producen en las semillas de quinua luego de ser sometidas a distintos métodos y condiciones de cocción.

Diseño metodológico: se determinó espectrofotométricamente a 520nm, el contenido de tocoferoles totales (variable dependiente) en aceite obtenido de semillas de quinua sometidas a diferentes métodos de cocción (vapor, vapor-presión, hervido a presión y hervido a presión atmosférica normal) empleando diferentes condiciones (tiempo de cocción y volumen de agua) (Variables independientes). Pruebas estadísticas: análisis de varianza (ANOVA) aplicando test de comparaciones múltiples DGS ($\alpha=0,05$).

Resultados: el método de cocción hervido durante 10 minutos fue el que menores pérdidas de tocoferoles totales presentó (931,90 μ g), por el contrario el método vapor durante 10 minutos fue el que mayores pérdidas obtuvo (370,11 μ g). Según la porción recomendada de quinua (60g) y considerando las tres variables planteadas el método con menores pérdidas fue hervido 10 minutos 500mL (1331,7 μ g) y el método que mayores pérdidas produjo fue vapor presión durante 20 minutos utilizando 500mL (347,8 μ g).

Conclusión: las diferentes condiciones empleadas (métodos y tiempos de cocción) modifican significativamente las concentraciones de tocoferoles totales. En cambio los volúmenes de agua (400-500mL) no mostraron diferencias significativas. Por esta razón y debido al aumento del consumo de quinua en la actualidad, siendo esta fuente de vitamina E se puede decir que para conservar los mayores niveles de tocoferoles totales, es conveniente utilizar el método de cocción hervido durante 10 minutos con 400 o 500 mL.

Palabras Claves: quinua-vitamina E-tratamientos de cocción.

ÍNDICE



Introducción.....	5
Planteamiento del problema.....	6
Objetivos general y específicos.....	7
Marco teórico.....	8
Quinoa.....	8
Botánica.....	8
Historia.....	8
Cultivo.....	9
Morfología.....	9
Usos y aplicaciones.....	10
Composición nutricional.....	12
Vitamina E.....	15
Funciones.....	16
Estabilidad.....	17
Ración dietética recomendada (RDA).....	18
Fuentes alimentarias.....	19
Métodos de cocción.....	20
Efectos de la cocción en los alimentos.....	22
Ventajas y desventajas de los métodos de cocción.....	25
Extracción del aceite de quinua.....	26
Hipótesis y variables.....	28

Diseño metodológico.....	29
Tipo de estudio.....	29
Universo.....	29
Muestra.....	29
Operacionalización de variables.....	29
Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	30
Plan de tratamiento de datos.....	35
Resultados.....	36
Discusión.....	44
Conclusión.....	47
Bibliografía.....	48
Glosario.....	52
Anexos.....	54

INTRODUCCIÓN



La quinua es un pseudocereal originario de los andes sudamericanos cultivado desde tiempos remotos. Junto con la papa y el maíz han sido parte de la alimentación de los pueblos nativos americanos, pero luego de la conquista española, su cultivo fue reemplazado por trigo y otros cereales provenientes de Europa. Así su cultivo fue quedando reducido a unos pocos países del continente americano como Perú, Bolivia y Ecuador. Argentina no es un país reconocido por su producción en quinua, sin embargo, en Salta y Jujuy existen zonas donde es cultivada, para el consumo interno ⁽¹⁾.

Ha recobrado importancia como alimento debido a múltiples factores, entre ellos su destacable valor nutritivo, caracterizado no sólo por la cantidad de proteínas e hidratos de carbono que posee sino también por el balance óptimo de aminoácidos, de ácidos grasos esenciales y el contenido de minerales y vitaminas, entre ellas la vitamina E. Esta vitamina es un potente antioxidante natural encargado de mantener la integridad de las membranas celulares. La quinua presenta gran adaptación a diferentes condiciones agroclimáticas, se pueden elaborar gran número de alimentos a nivel doméstico o industriales y no posee gluten ⁽¹⁾.

Para su consumo, las semillas de quinua deben ser previamente procesadas, por lo cual las modificaciones nutricionales serán consecuencia de las condiciones de manipulación empleadas ⁽²⁾.

Existe suficiente información acerca de la calidad nutricional de las semillas de quinua crudas, pero no de lo que sucede luego de su cocción.

El método y tiempo de cocción junto a la calidad nutricional, son tres factores determinantes en la elección de un producto alimenticio ⁽³⁾, de aquí la importancia de realizar pruebas para evaluar el impacto de las diferentes metodologías de cocción sobre la calidad nutricional de los granos de quinua.

El eje de este trabajo fue determinar si existen variaciones en el contenido de tocoferoles totales (α , β , γ y δ) luego de someter a las semillas a diferentes métodos de cocción (vapor, vapor-presión, hervido a presión y hervido a presión atmosférica normal) empleando diferentes condiciones (tiempo de cocción y volumen de agua).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y DELIMITACIÓN TEMPORAL



En la actualidad existe amplia bibliografía sobre las características nutricionales de las semillas de quinua. Entre la información disponible se ha determinado que es una fuente interesante de vitamina E, con una concentración de 4,6 – 5,9 mg%. Sin embargo, estos valores representan el contenido de tocoferoles en aceite de quinua cruda. Pero para su consumo el grano requiere ser procesado, por lo tanto resulta necesario contar con información sobre las posibles modificaciones del contenido de esta vitamina.

Es por ello que este trabajo, se focalizó en someter a las semillas de quinua a distintos métodos de cocción (vapor-presión, hervido a presión atmosférica normal, hervido a presión y vapor) cada uno de ellos bajo diferentes condiciones (volumen de agua y tiempo de cocción), con la finalidad de determinar las modificaciones en el contenido de tocoferoles totales. Este estudio se realizó en la Ciudad de Córdoba, durante el año 2015.

OBJETIVOS



Objetivo general.

Analizar las variaciones en el contenido de tocoferoles totales, que se producen en las semillas de quinua luego de ser sometidas a distintos métodos y condiciones de cocción.

Objetivos específicos.

- Determinar el tiempo de cocción que genere menor pérdida de tocoferoles totales durante los distintos tratamientos de cocción.
- Estimar la relación agua-semilla que produzca la menor pérdida de tocoferoles totales durante los distintos tratamientos de cocción.
- Identificar cuál de los tratamientos de cocción producen la menor pérdida de tocoferoles totales.

MARCO TEÓRICO



Quinua.

Botánica.

La quinua es una planta de la familia Chenopodiaceae, género *Chenopodium*, sección Chenopodia y subsección Cellulata. El género *Chenopodium* es el principal dentro de la familia y tiene amplia distribución mundial, con cerca de 250 especies ⁽⁴⁾.

Dentro del género *Chenopodium* existen cuatro especies cultivadas como plantas alimenticias: como productoras de grano, *Ch. quinoa* Willd. y *Ch. pallidicaule* Aellen, en Sudamérica; como verdura *Ch. nuttalliae* Safford y *Ch. ambrosioides* L. en México; *Ch. carnosololum* y *Ch. ambrosioides* en otros países de sudamérica; el número cromosómico básico del género es nueve, siendo una planta alotetraploide con 36 cromosomas somáticos ⁽⁴⁾.

Este género también incluye especies silvestres de amplia distribución mundial: *Ch. album*, *Ch. hircinum*, *Ch. murale*, *Ch. graveolens*, *Ch. petiolare* entre otras ⁽⁴⁾.

Historia.

La quinua es un alimento del hombre andino desde tiempos remotos, con aproximadamente 5000 años de cultivo, en cuya domesticación y conservación han participado grandes culturas como los Mayas, los Aztecas, la Tahuacota y la Incaica ⁽⁵⁾.

La crisis económica de los países andinos, en la década de los 80, estableció modelos de desarrollo económicos diferentes de los tradicionales, que contemplaron el desarrollo de sistemas de exportación no tradicionales, sobre todo de productos alimenticios como la quinua. El bienestar alcanzado por los países desarrollados ha hecho que sus mercados de consumo de alimentos se expandieran en la búsqueda de alimentos nuevos, muchas veces ligados a cultivos ancestrales. Esta situación, ha hecho que la quinua pasara de ser un cultivo de autosubsistencia a un producto con potencial de exportación, correspondiente a la materia prima, es decir el grano que se obtiene de las cosechas ⁽⁵⁾. Para poder alcanzar los volúmenes de exportación demandados, los agricultores y empresas acostumbran a mezclar variedades de semillas de quinua de las cuales Real Blanca, Toledo, Pandela, K`illu, Pisancalia y Negra son las que dominan el mercado de exportación ⁽⁶⁾.

Cultivo.

La quinua se encuentra de forma nativa en todos los países de la región andina, desde Colombia hasta el norte de Argentina y el sur de Chile ⁽⁶⁾. Si bien los principales países productores son Bolivia, Perú y Estados Unidos; el cultivo se está expandiendo a otros continentes, actualmente se está cultivando en varios países de Europa y Asia con altos niveles de rendimiento ⁽⁵⁾.

Gracias a la amplia variabilidad genética que posee el cultivo de quinua, puede desarrollarse en diferentes pisos agroecológicos. Se adapta a diferentes climas desde el desértico hasta climas calurosos y secos, el cultivo puede crecer con humedades relativas desde 40% hasta el 88%, y la temperatura adecuada para el cultivo es de 15°C a 20°C, pero puede soportar temperaturas desde -4°C hasta 38°C. Es una planta eficiente al uso de agua, es tolerante y resistente a la falta de humedad del suelo, obteniéndose producciones aceptables con precipitaciones de 100 a 200mm anuales ⁽⁵⁾.

Morfología.

La semilla es considerada un pseudocereal debido a su alto contenido en carbohidratos, principalmente almidón (50-60%) que hace que se emplee como un cereal, sin embargo, su contenido de grasa y proteínas es mayor que el de éstos ⁽⁷⁾.

El grano constituye el fruto maduro sin el perigonio, es de forma lenticular, elipsoidal, cónica o esferoidal, por su tamaño, menor que el de los cereales (1,8 a 2,6mm) se clasifica en: grande (2,2 a 2,6mm) medio (1,8 a 2,1mm) y pequeño (menor a 1,8mm) y el color del grano lavado (blanco, café o rojo y negro). Presenta tres partes bien definidas que son: episperma, embrión y perisperma. El episperma, constituido por cuatro capas: una externa de superficie rugosa y quebradiza, la cual se desprende fácilmente al frotarla, en ella se ubica la saponina, un glucósido que le da el sabor amargo al grano y cuya adherencia a la semilla varía con los genotipos; la segunda capa es muy delgada y lisa, se observa sólo cuando la capa externa es translúcida; la tercera capa es de coloración amarillenta, delgada y opaca y la cuarta capa, translúcida, está constituida por un solo estrato de células ⁽⁴⁾.

El embrión es de color amarillento y constituye el 30% del volumen total de la semilla; el cual está formado por dos cotiledones y la radícula, aunque con cierta frecuencia se encuentran tres cotiledones. Posee la mayor cantidad de proteína que alcanza el 35 al 40%, mientras que en el perisperma solo el 6,3 al 8,3% de la proteína total del grano. El contenido de lípidos de la semilla puede llegar hasta 10% y la gran mayoría se encuentra en el embrión junto con la vitamina E ^(4, 8).

El perisperma es el principal tejido de almacenamiento y está constituido mayormente por granos de almidón, es de color blanquecino y representa prácticamente el 60% de la semilla ⁽⁴⁾.

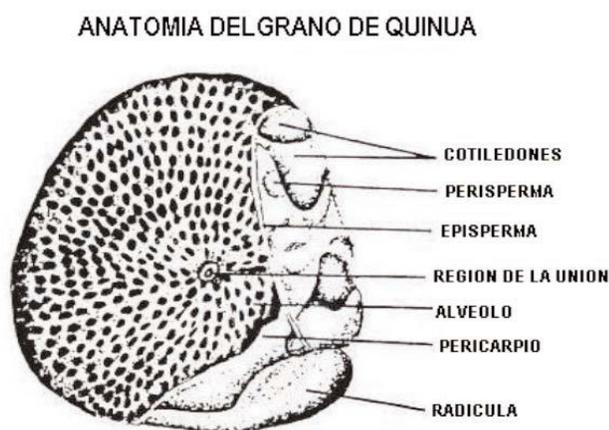


Figura 1. Anatomía del grano de quinua ⁽⁹⁾.

Usos y aplicaciones.

La quinua tiene múltiples usos y se pueden emplear casi todas sus partes. En la alimentación humana, las semillas se utilizan previa eliminación del contenido amargo (saponina del episperma), en forma de ensaladas, entradas, guisos, sopas, postres, bebidas, pan, galleta y tortas ⁽⁶⁾.

Las variedades se diferencian en función del uso, siendo los granos blancos de tamaño mediano a grande los que se utilizan en cocciones a hervor, las variedades de grano rojo, café, negro o phisankalla para tostado y molido y los granos pequeños de color blanco para harinas y sus derivados ⁽⁶⁾.

El embrión puede separarse del resto de las semillas para la obtención de alimentos concentrados en proteínas de alta calidad ⁽⁶⁾.

La planta entera se puede utilizar como forraje verde y los residuos de su cosecha pueden ser destinados para la alimentación animal ⁽¹⁰⁾.

Desde el punto de vista medicinal, las semillas se utilizan para aliviar dolencias y afecciones humanas, por ejemplo, abscesos al hígado, analgésico dental, calmante y desinflamante ⁽⁶⁾.

Además, diversas investigaciones revelan el uso potencial de la quinua en las industrias química, farmacéutica y cosmética. El almidón tiene posibilidades especiales de uso en la industria debido a su pequeño tamaño, en la producción de aerosoles, talcos y papel autocopiativo. Asimismo, las saponinas extraídas del pericarpio de la quinua amarga se pueden usar como bioplaguicidas y en la elaboración de detergentes, pastas de dientes o jabones ⁽¹⁰⁾.

Las variedades de pseudocereales, entre ellas la quinua, han sido cada vez más investigados como ingredientes nutritivos de productos libres de gluten, como pan, pastas y productos de panadería. Sin embargo, la disponibilidad de estos productos en el mercado es todavía muy limitada a pesar de ser una buena alternativa para poblaciones que padecen enfermedad celíaca. Algunas de las características más atractivas de estas semillas incluyen la presencia abundante de fibra y minerales como calcio y hierro, es también una fuente de compuestos bioactivos con efectos promotores de la salud, tales como fitoesteroles y polifenoles ⁽¹¹⁾.

Composición nutricional.

Las semillas de quinua presentan un valor calórico de 350kcal en 100g ⁽⁵⁾. El contenido proteico depende de la variedad, con un rango comprendido entre un 10,4% y un 17,0% ⁽¹⁰⁾.

Los carbohidratos se encuentran ampliamente distribuidos en diferentes órganos de la planta como carbohidratos de reserva. Es el componente más abundante del grano, representando el 66%, de los cuales 58 a 68% corresponden al almidón y 5% a los azúcares ^(4, 5).

La importancia de la quinua en relación a sus proteínas radica en la calidad de las mismas, tiene una composición balanceada de aminoácidos esenciales parecida a la composición aminoacídica de la caseína, la proteína de la leche ⁽¹²⁾.

Sin embargo para determinar el aprovechamiento biológico de los alimentos, no es suficiente saber el contenido de proteínas y aminoácidos sino que es necesario también conocer su valor biológico, es decir, si son aprovechadas por el organismo. La eficiencia proteica de la quinua es superior a la caseína (2,7 y 2,5 respectivamente) ⁽⁹⁾.

Los lípidos totales en la dieta son necesarios para que las vitaminas liposolubles de los alimentos puedan ser absorbidas. El contenido de aceite que poseen las semillas de quinua varía de 1,8 a 9,5%, con una media global calculada de 5,8%. En cuanto a la composición de ácidos grasos, las semillas contienen 21% de ácido oleico, 50,7% de ácido linoleico, 0,8 a 7% de ácido linolénico, 0,4% de ácidos grasos saturados y ácido araquidónico ^(5, 11, 13, 14, 15).

El grano se caracteriza por su alto grado de insaturación, esta es una característica deseable desde el punto de vista nutricional, permitiendo mantener la salud, fluidez de las membranas celulares y la producción de prostaglandinas que regulan diversos procesos corporales, como la inflamación y coagulación de la sangre. En general los ácidos grasos insaturados hacen a los aceites susceptibles a la rancidez oxidativa, pero los aceites de

semillas de quinua poseen un alto contenido de tocoferoles, lo cual le otorga protección frente a procesos oxidativos ^(5, 13).

Respecto de la fibra dietética en la quinua cruda, esta varía entre 13,6 a 16,0g% de peso seco. La mayoría de la fibra dietética es insoluble, con un intervalo de 12,0 a 14,4g en comparación con el contenido comprendido entre 1,4 a 1,6g% de fibra soluble ⁽¹⁰⁾.

En cuanto al contenido de minerales, la quinua es una buena fuente de hierro, magnesio y zinc. Sin embargo, contiene algunos componentes no nutritivos que pueden reducir la digestión y/o absorción de los mismos, entre los que se encuentran el ácido fítico, inhibidores de tripsina, taninos, oxalato y saponina ^(10, 16).

Las saponinas son el principal factor antinutritivo de la quinua, se ubican en la capa exterior de la semilla, es fácilmente identificada por la producción de espuma jabonosa en contacto con el agua; Estas son solubles en agua, alcohol metílico y etílico e insolubles en solventes orgánicos. Normalmente se encuentra en un rango de 0,1 a 2%, sin embargo es de fácil remoción por medio del lavado con agua ^(10, 16).

El contenido promedio de hierro en la quinua es de 12mg% de materia seca, cifra muy por encima de la que poseen los cereales. Además aporta de 114 a 228mg% de calcio y fósforo de 129 a 353mg% ⁽¹⁵⁾.

Tabla 1. Contenido de vitaminas en el grano de quinua (mg/100g)

VITAMINAS	CONTENIDO
Tiamina	0,2 - 0,4
Riboflavina	0,2 - 0,3
Ácido fólico	0,8
Niacina	0,5 - 0,7
Vitamina A (carotenos)	0,1 - 0,5
Ácido ascórbico	0,0 - 8,5
Vitamina E	4,6 - 5,9

Fuente: FAO 2013 ⁽¹⁰⁾.

Vitamina E.

El término vitamina E incluye 8 compuestos estrechamente relacionados: 4 tocoferoles (T - α , T - β , T - γ , y T - δ) y cuatro tocotrienoles (T3 - α , T3 - β , T3 - γ y T3 - δ). Todos los compuestos de vitamina E consisten de un anillo de cromanol polar ligado a una cadena lateral C - 16 de isoprenoides. En los tocoferoles la cadena de isoprenoides está saturada, mientras que los tocotrienoles tienen una cadena insaturada triplemente en las posiciones 3',7', y 11'. Además, los tocoferoles y tocotrienoles se designan como α , β , γ , y δ en función del número y la posición del grupo metilo unido al anillo aromático ⁽¹⁷⁾.

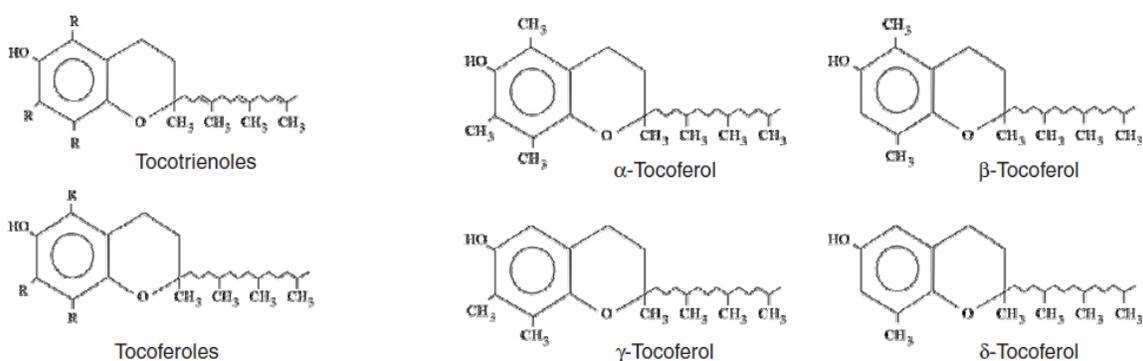


Figura 2. Estructura química de tocoferoles y tocotrienoles ⁽¹⁸⁾.

Los tocoferoles y tocotrienoles junto con las vitaminas A, D y K constituyen el grupo de las vitaminas liposolubles, caracterizadas por ser derivados del grupo isoprenoide, solubles en lípidos y disolventes orgánicos. Son compuestos esenciales, puesto que el organismo no puede sintetizarlos ⁽⁸⁾. Además forman parte de la fracción insaponificable de los lípidos ⁽¹⁹⁾.

Los tocoferoles se encuentran en semillas oleaginosas, hojas y otras partes verdes de las plantas. El α -tocoferol se encuentra principalmente en los cloroplastos de las células vegetales, mientras que sus homólogos β , γ y δ se encuentran fuera de estas células. Por su parte, los tocotrienoles se encuentran en la corteza y en el germen de algunas semillas y cereales ⁽¹⁷⁾.

De todos los compuestos de vitamina E, el α -tocoferol es considerado el de mayor actividad biológica y es también, el más investigado ⁽¹⁷⁾.

Funciones de la vitamina E.

- Es un antioxidante de fase lipídica que evita o reduce la oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados de las membranas celulares lo cual mantiene la integridad de las mismas. Dicha actividad es debida principalmente a su habilidad para donar sus hidrógenos fenólicos a los radicales libres. Aunque generalmente, se acepta la idea de que la actividad antioxidante relativa de los tocoferoles es en el orden siguiente: $\alpha > \beta > \gamma > \delta$, existe una confusión general en relación a su potencia relativa *in vitro* ⁽²⁰⁾. Con fines dietéticos, la actividad de la vitamina E es expresada como equivalentes de RRR- α -tocoferol (α -ET), donde 1 α -ET es la actividad de 1mg de RRR- α -tocoferol. Entonces para estimar el total de α -ETs de dietas mixtas que contienen sólo formas naturales de vitamina E es necesario hacer cálculos basados en la cantidad de actividad biológica relativa de cada forma, para lo cual los multiplicadores de miligramos de tocoferoles α , β y γ son 1,0; 0,5; 0,1 respectivamente ⁽²¹⁾.

El poder antioxidante protege frente a enfermedades relacionadas con la edad, trastornos cardiovasculares y/o alzheimer, entre otras. En contraste a los tocoferoles, hay muy pocos artículos sobre este efecto por parte de los tocotrienoles. Parece que el mecanismo de acción de éstos es similar al de los tocoferoles aunque menos eficiente, una teoría que merece mayor investigación ^(18, 20, 22).

- Protege al sistema nervioso, retina y músculo esquelético ⁽²²⁾.
- Se encuentra involucrada en algunos procesos de síntesis:
 - ✓ Incorporación de pirimidinas al ácido nucleico.
 - ✓ Formación de glóbulos rojos en la médula ósea.
 - ✓ Síntesis de coenzima Q ⁽²²⁾.
- Es importante para la función inmunitaria normal, en especial para la acción de los linfocitos T ⁽²²⁾.

- La vitamina E, específicamente el succinato del α -tocoferol, puede inducir a apoptosis directa o indirectamente en las células tumorales, dependiendo de la dosis, periodo de exposición y tipo de células ⁽¹⁸⁾.
- Puede ayudar a retrasar el inicio de la diabetes mellitus tipo 2, e incluso mejorar el control de azúcar en sangre ⁽¹⁸⁾.
- Previene la oxidación del retinol y carotenos de los alimentos, la vitamina y provitamina A son más efectivas en su acción si se adiciona tocoferol a la dieta ⁽²²⁾.
- Los tocotrienoles parecen inhibir el crecimiento de las células cancerígenas en las glándulas mamarias, mientras que los tocoferoles no exhiben este efecto ⁽²⁰⁾.

Estabilidad.

Debido a su actividad antioxidante, la vitamina E es un compuesto susceptible a la oxidación y la degradación, pudiendo acelerar la destrucción de la misma factores como luz, oxígeno y calor, normalmente presentes durante la elaboración de alimentos, de los cuales el α -tocoferol es el menos estable ante el calor ⁽¹⁷⁾.

Las semillas de quinua si bien tienen cantidades significativas de vitamina E, esta cantidad parece disminuir después de procesarse y cocinarse, aunque no existe suficiente evidencia científica que lo sustente ⁽¹⁰⁾.

Tabla 2. Estabilidad de las vitaminas.

Vitamina	Solubilidad	Oxidación	Reducción	Calor	Luz	Ácidos	Bases
C	+++	+++	O	+++	I	O	+++
B1	+++	+	O	+++	O	O	+++
B2	+	O	+	+	+++	O	+++
B6	+++	O	O	+	+	+	+
B12	+	O	+	+	+	O	+++
Pp	+	O	+		O	O	O
Ácido fólico	+	+++	O	+	I	+	O
Ácido pantoténico	+	O	O	+	O	+++	+
A	O	+	O	+	+	+	O
D	O	+	O	O	+	O	O
E	O	+++	O	O	+	O	O

+++ Importante, + Moderado, O No efecto, I Efecto indirecto.

Fuente: De Cos y col ⁽²³⁾.

Ración dietética recomendada (RDA).

Es el nivel de ingesta suficiente para cubrir las necesidades de un determinado nutriente en casi todos los individuos (97-98%) de un grupo de edad y género ⁽²⁴⁾. Para el caso de la vitamina E su RDA es la siguiente:

- 15mg para adultos de ambos sexos.
- 20mg para embarazadas y lactancia.
- 5mg para lactantes.
- 8mg niños mayores.

La deficiencia de esta vitamina en humanos con un origen exclusivamente alimentario, es bastante rara y queda limitada a los cuadros multicarenciales. La mayoría de los síntomas están relacionados con la ausencia de la protección antioxidante, siendo uno de los signos

más característicos la tendencia de los eritrocitos a la lisis, también suelen manifestarse signos hematológicos, neurológicos, musculares y oftalmológicos. Además pueden aparecer deficiencias asociadas a patologías como el síndrome de malabsorción, fibrosis quística, abetalipoproteinemia, enfermedades crónicas del hígado, enfermedad celíaca y anemias hemolíticas, entre otras ⁽¹⁸⁾.

Fuentes alimentarias.

Se encuentra principalmente en aceites vegetales (maíz, maní, girasol y soja), granos enteros, germen de trigo, vegetales de hoja verde oscuro, legumbres, algas marrones, verdes y rojas, en algunas levaduras y hongos y en productos derivados como manteca, margarina y grasa para cocinar ^(10, 18).

Métodos de cocción.

Durante el procesado de alimentos se utiliza la transferencia de energía en forma de calor para permitir el consumo, preparación o almacenamiento de los mismos. Es por ello, que resulta relevante tener conocimiento de cómo se lleva a cabo la transferencia en los alimentos, para así poder procesarlos de manera efectiva, segura y controlada. La transferencia de calor se puede realizar por medio de uno a más de los siguientes mecanismos: conducción, convección y radiación ⁽²⁵⁾.

Conducción: es la transferencia de energía cinética entre moléculas adyacentes, las moléculas con más energía se encargan de impartirla a las moléculas colindantes que están a niveles energéticos más bajos ⁽²⁵⁾.

Convección: es la transferencia de energía por medio de fluidos. Todo fluido que está en movimiento lleva asociada energía que hace que exista una transmisión de calor desde un punto a otro, si estos se encuentran a diferente temperatura, debido precisamente a este movimiento, este tipo de transmisión de calor se denomina convección ⁽²⁵⁾.

Radiación: es la transferencia de energía a través del espacio por medio de ondas electromagnéticas. Difiere de la conducción y la convección en que no se requiere un medio físico para su transmisión (no hay contacto entre la fuente de calor y el alimento) ⁽²⁵⁾.

Las cocciones pueden clasificarse de la siguiente manera:

Cocciones en medio no líquido: son cocciones con calor seco, donde el alimento se calienta a través de su parte superficial, puesta en contacto con una atmósfera de aire caliente ⁽²⁵⁾.

Cocciones en medio graso: las técnicas utilizadas son el salteado, el rehogado y la fritura ⁽²⁵⁾.

Cocciones en medio acuoso: se emplea un fluido acuoso (agua, caldo, jarabe o, incluso, vapor de agua) como medio de transferencia de calor para el tratamiento térmico del alimento. Así mismo, según sean las condiciones bajo las que se realice el proceso de

cocción, se tendrá una mayor o menor facilidad para la difusión de sustancias hidrosolubles desde el alimento hacia el medio que lo rodea y viceversa ⁽²⁵⁾.

En la práctica culinaria nos encontramos con cuatro tecnologías de cocción en *medio acuoso*:

- **Escaldado o blanqueado:** es una cocción incompleta de un alimento, mediante el efecto térmico del agua hirviendo, durante un período de tiempo muy corto ⁽²⁵⁾.
- **Cocido o hervido:** implica la cocción del alimento por inmersión en agua o en caldo y que puede hacerse a presión atmosférica normal o en hervido a presión.
 - ✓ Hervido a Presión Atmosférica Normal: la temperatura del líquido alcanza aproximadamente los 100°C.
 - ✓ Hervido a Presión: la temperatura del líquido alcanza los 110°C a 120°C y es realizado mediante marmitas ⁽²⁵⁾.
- **Escalfar:** el alimento se cuece en poca cantidad de un líquido (agua, caldo, fumet, leche, jarabe, etc.), justamente por debajo de su punto de ebullición para provocar un intercambio de sustancias entre el alimento y el medio de cocción, con las consiguientes modificaciones en la composición química de ambos ⁽²⁵⁾.
- **Vapor:** los alimentos son expuestos a una fuente de calor uniforme, alcanzando una temperatura que oscila entre los 95°C a 100°C, en la cual se cocina el alimento con vapor de agua, evitando el contacto con el agua líquida, la misma puede ser realizada a presión normal o a alta presión permitiendo que las propiedades organolépticas de los alimentos queden intactas ^(25, 26).
 - ✓ Alta presión: la temperatura oscila entre 110°C y 120°C y presenta las siguientes ventajas: mayor rapidez para alcanzar la cocción de los alimentos, mejor control de los tiempos de cocción y ahorro de energía. Se realiza mediante la utilización de marmitas ⁽²⁶⁾.

La vaporización de los cereales bajo presión en autoclave incrementa la velocidad de gelatinización y disminuye el tiempo de cocción ya que, la

presión acelera el proceso de absorción de agua por parte de las moléculas que constituyen el almidón (amilosa y amilopectina) ^(26, 27).

Cocciones mixtas: incluye cinco métodos de cocción: estofado, braseado, guisado y salteado ⁽²⁵⁾.

Cocciones especiales: comprende la cocción al vacío y en microondas ⁽²⁵⁾.

Las técnicas de elaboración de alimentos suelen ser específicas de una localidad o una cultura, sin embargo, existen algunos principios básicos de carácter universal. Los granos enteros pueden asarse, tostarse o expandirse mediante calor seco o utilizarse también el calentamiento en húmedo, previamente remojados o no, y si se requiere ser secados y molerse ⁽²⁸⁾.

Los granos pequeños se pueden dejar en remojo durante la noche y cocinar a la mañana siguiente, con la misma agua. Cereales como el sorgo y mijo se cocinan como grano entero o quebrado, el grano entero puede cocerse al vapor o hervirse y servirse solo o junto a leguminosas enteras. Por otro lado el maíz maduro y entero se hierve para realizar preparaciones como estofados. El grano que se utiliza en este caso puede ser fresco o tostado en seco antes de hervir ⁽²⁸⁾.

Efectos de la cocción en los alimentos.

La cocción produce cambios físicos y químicos mediante movimiento de moléculas dentro del alimento y mediante intercambio de sustancias químicas ⁽²⁵⁾.

La aplicación de calor se ha relacionado con efectos negativos sobre la composición de los alimentos, provocando a veces pérdidas de algunos nutrientes pero posee también efectos beneficiosos. Entre las modificaciones físicas, los aspectos más afectados son: color, sabor, olor, volumen, peso y consistencia, estas son las que hacen que se modifiquen las propiedades sensoriales. Mientras que las modificaciones químicas son aquellas originadas en los componentes químicos de los alimentos, es decir, sobre los nutrientes: hidratos de carbono, proteínas, lípidos, minerales y vitaminas ⁽²⁹⁾.

En el método de autoclave y hervido se produce una disminución de nitrógeno no proteico, ceniza y grasa, posiblemente debido a la modificación química inducida por remojo y cocción. Además, existe una disminución de aminoácidos aromáticos, azufrados y esenciales. Si bien, por autoclave se producen pérdidas de Na, Mg y Fe atribuidos a la cocción por vapor, las mayores pérdidas de vitaminas del grupo B y minerales Ca, K, Cu, Fe, Mg, Zn y Cu se generan por ebullición ^(30, 31, 32).

El proceso de lavado para eliminar las saponinas y los tratamientos térmicos con elevada temperatura mejoran la digestibilidad proteica debido a la desnaturalización de las proteínas, sólo en cocciones de 60 minutos se presenta una digestibilidad ligeramente menor. Respecto al almidón de las semillas, en la cocción por autoclave la digestibilidad del mismo no mejora significativamente ^(30, 31, 33).

El método vapor y presión conserva las propiedades nutritivas y el grado de gelificación alcanzado del almidón permite incrementar su digestibilidad. Así mismo la disminución de los sólidos y azúcares solubles totales es poco significativa. Respecto a los minerales, las pérdidas son mayores pero no a un grado que afecte demasiado las cualidades nutritivas del grano ⁽²⁾.

Las vitaminas en general, poseen estructuras químicas sensibles a factores como la temperatura, el oxígeno, las radiaciones y el pH. En consecuencia, los procesos culinarios aplicados al alimento provocarán, en mayor o menor medida, pérdida de estos nutrientes. Las vitaminas hidrosolubles (C y aquellas del complejo B), pueden perderse durante el cocinado, principalmente por disolución en el agua empleada para la elaboración de los alimentos. Por otro lado las vitaminas liposolubles (A, D, E y K) pueden verse dañadas por el calor y el aire que aceleran el proceso de oxidación lipídica en los alimentos ⁽²⁹⁾.

La cantidad de agua que se añade durante la cocción influye en la consistencia y la textura final. Si se utiliza un gran volumen de agua y se elimina el exceso, se producen pérdidas de nutrientes solubles en forma de almidón, minerales y vitaminas. Por otra parte, cuando se enjuaga después de la cocción con agua limpia para separar los granos, también aumenta la pérdida de nutrientes solubles ⁽²⁸⁾.

Durante el procesado (desodorización o refinado) y almacenamiento de los aceites y a lo largo de la preparación de los alimentos, ocurren pérdidas considerables en el contenido de vitamina E que causan su desestabilización, siendo los procesos de fritura, asado o cocción a fuego lento aquellos en los que se producen las mayores pérdidas de esta vitamina, al existir un mayor contacto con el calor y el oxígeno ⁽¹⁸⁾.

En cuanto a la acción de los agentes externos, a medida que aumenta la temperatura en cocciones de aceites vegetales disminuye el contenido de tocoferoles siendo el α -tocoferol el menos estable ⁽¹⁸⁾.

Tabla 3. Cuadro de ventajas y desventajas de las técnicas de cocción.

	Ventajas	Desventajas
Cocción a vapor y presión	<ul style="list-style-type: none"> • No hay contacto del alimento con el líquido • Mayor rapidez en la cocción de los alimentos. • Control de los tiempos de cocción. • Menores pérdidas de proteínas. • Desnaturalización y coagulación de proteínas. • Completa gelatinización del almidón. • Mantenimiento de características organolépticas. • Menor pérdida de nutrientes hidrosolubles. • Reduce el riesgo de cocción excesiva. 	<ul style="list-style-type: none"> • Deterioro de algunas vitaminas.
Hervido a presión	<ul style="list-style-type: none"> • Permite una gelatinización del almidón de manera uniforme. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contacto del alimento con el agua • No se conoce el efecto respecto a pérdidas nutricionales.
Hervido a presión atmosférica normal	<ul style="list-style-type: none"> • Favorece la hidratación y gelificación del almidón. • Solubilización parcial de los minerales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contacto de los alimentos con el agua. • Mayores pérdidas nutricionales. • Deterioro de algunas vitaminas en mayor medida que otros métodos. • Facilita la migración de nutrientes solubles hacia el agua de cocción que normalmente se elimina.
Vapor	<ul style="list-style-type: none"> • Permite conservar las propiedades de los alimentos sin pérdida de vitaminas ni sales minerales. • Potencia los sabores, olores y la apariencia visual de los alimentos en mayor medida que los métodos tradicionales. • El vapor de agua a baja temperatura (100° C) permite respetar la estructura molecular de los alimentos • No sólo se recomienda para cocinar verduras y hortalizas, sino que resulta ideal para cocinar cereales, carnes o pescados. • Reduce el riesgo de sobre cocción. • Permite coagulación de proteínas y gelatinización del almidón, lo que mejora la digestibilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Deterioro de algunas vitaminas.

Fuente: Caracuel García; Colina; Gutierrez. (25, 34)

Proceso de extracción de aceite de quinua con solvente.

El proceso de extracción del aceite de quinua normalmente se efectúa siguiendo una serie de pasos a saber:

- 1) Recepción de la semilla de quinua: embaladas en sacos de papel Kraft, se almacenan a temperatura ambiente y en lugar seco.
- 2) Limpieza: se realiza de manera manual para eliminar impurezas, tales como: semillas defectuosas, otras semillas, piedrecillas, etc.
- 3) Lavado: es una etapa necesaria si se desea o requiere desaponificar el grano. Consiste en lavados consecutivos para quitar las saponinas⁽¹³⁾.
- 4) Secado: el secado es un proceso de conservación y acondicionamiento de los granos, en el cual se disminuye la humedad a un rango del 8-12% evitando así el ataque de microorganismos, fermentaciones y germinaciones que desmejoren su calidad. Puede realizarse por diferentes métodos, entre ellos estufas con circulación forzada de aire de modo natural^(7, 13).
- 5) Molienda: es la trituración del grano para obtener harinas gruesas o finas de acuerdo al molino y malla que se emplee.
- 6) Extracción con solvente: la extracción de aceite puede ser realizada en un extractor Soxhlet con hexano, para ello se prepara cartuchos de papel filtro en donde está contenida la semilla molida, luego se ponen en contacto con el solvente con el cual se realiza la extracción, el proceso continúa hasta el agotamiento del aceite⁽¹³⁾. Los solventes que generalmente se emplean son hidrocarburos volátiles purificados, especialmente las distintas clases de bencinas de petróleo, conocidas comúnmente como éter de petróleo, hexano o heptano, de los cuales tradicionalmente el hexano es el más utilizado⁽¹⁶⁾.
- 7) Evaporación del solvente: el solvente mezclado con el aceite extraído se evapora en un rotavapor, en donde se realiza la separación del solvente y el aceite.
- 8) Almacenamiento: se realiza en botellas de vidrio ámbar para protegerlo de la luz⁽¹³⁾.



Figura 3. Diagrama de bloques del proceso de extracción de aceite de quinua ⁽¹³⁾.

HIPÓTESIS Y VARIABLES



Hipótesis.

- Las semillas de quinua sometidas a diferentes tratamientos y condiciones de cocción tienen distinto contenido de tocoferoles totales.
- A medida que disminuye el tiempo, el contenido de agua y se utiliza el método de cocción vapor presión se produce menor pérdida de tocoferoles totales.

Variables.

- **Variable dependiente:** contenido de tocoferoles totales.
- **Variable independiente:** métodos de cocción, tiempo y volumen de agua.

DISEÑO METODOLÓGICO



Tipo de Estudio:

Experimental: se manipula intencionalmente una o más variables independientes para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes, dentro de una situación de control para el investigador.

Transversal: se estudian las variables como se presentan en el momento de la investigación.

Universo: todas las semillas provenientes de los departamentos La Poma (Cosecha 2011) de la Provincia de Salta, Argentina.

Muestra: 2,400Kg de semillas provenientes de los departamentos La Poma (Cosecha 2011) de la Provincia de Salta, Argentina.

Operacionalización de Variables:

- Métodos de Cocción: - Vapor presión.
 - Vapor.
 - Hervido a presión atmosférica normal.
 - Hervido a presión.

- Tiempo: -10min.
 - 15min.
 - 20min.

- Volumen de agua: -400mL.
 - 500mL.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Los métodos que se emplearon en el desarrollo de este trabajo de investigación fueron:

1. **Cocción de las semillas de quinua.**
2. **Determinación de tocoferoles totales.**

1. Cocción de las semillas de quinua:

Lavado: las semillas fueron lavadas en bolsas de lienzo durante 1 hora con agua corriente para eliminar el contenido de saponinas.

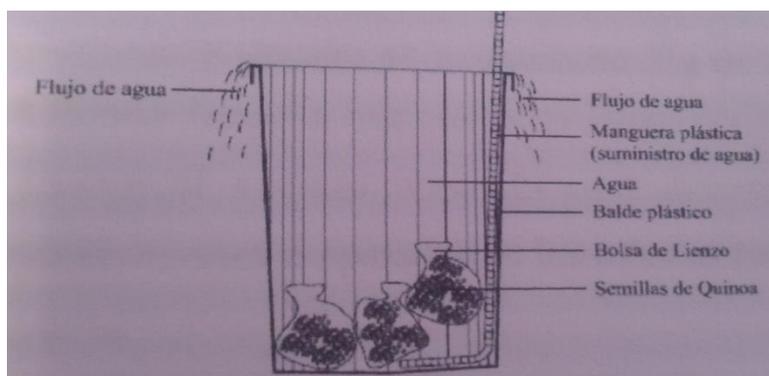


Figura 4. Lavado de semillas de quinua.

Cocción: se pesaron $50 \pm 0,01$ g de semilla de quinua y se llevaron a cocción con los mL de agua indicados en el diseño (400 y 500mL) durante 10, 15 y 20 min en cada uno de los métodos de cocción. Las cocciones se realizaron por duplicado obteniéndose 12 muestras por cada método, lo que dio un total de 48 muestras (Anexo N°1).

- ❖ **Hervido a presión atmosférica normal (H)**: se colocaron a hervir los volúmenes de agua definidos hasta que alcanzaron su punto de ebullición, en ese momento se introdujeron las semillas hasta alcanzar los min establecidos. Luego las semillas fueron coladas durante 10 min para escurrir el exceso de agua.
- ❖ **Vapor (V)**: se colocaron a hervir los volúmenes de agua definidos hasta que alcanzaron el punto de ebullición, en ese momento se introdujo la vaporiera cubierta con un lienzo (para evitar la caída de semillas al agua) hasta cumplirse los

tiempos establecidos. Se procedió a colar las semillas durante 10 min para escurrir el exceso de agua.

- ❖ **Hervido a presión (HP):** las semillas se introdujeron junto a los volúmenes de agua definidos, se cerró la olla a presión y se inició la cocción hasta alcanzar los tiempos establecidos, posteriormente la marmita fue sumergida en agua fría para hacer descender rápidamente la temperatura. Las semillas se colaron durante 10 min para escurrir el exceso de agua.
- ❖ **Vapor a presión (VP):** se pusieron los volúmenes de agua establecidos junto a la vaporiera con un lienzo sobre el cual se colocaron las semillas para evitar que caigan al agua, se cerró la olla a presión y se inició la cocción hasta alcanzar los tiempos establecidos, posteriormente la marmita fue sumergida en agua fría para hacer descender rápidamente la temperatura. Las semillas se colaron durante 10 min para escurrir el exceso de agua.



Figura 5. Olla a presión y olla de aluminio.

Secado: se colocaron las muestras obtenidas en el lecho fluidizado “Fluid Bed Dryer” para su secado durante 30 min a 80°C, luego las semillas fueron almacenadas en bolsas selladas y en cámara de frío hasta la molienda.



Figura 6. Lecho fluidizado “Fluid Bed Dryer”.

Molienda y obtención de harina: se utilizó un molino de martillo marca *Fritsh* que muele por impacto, opera con una frecuencia de 50Hz y una potencia 1590W. Se empleó una malla de 0,25mm.



Figura 7. Molino de martillo Fritsh.

Extracción de aceite a partir de la harina de quinua: se realizó con hexano a temperatura ambiente bajo agitación vigorosa durante 1 h en vasos de precipitado. Luego se filtró al vacío. El filtrado se colocó en tubos Falcon para luego ser centrifugado durante 15 min a 3500rpm. El sobrenadante fue evaporado en un Rotavapor marca Buchi a 60°C con el balón cubierto con papel aluminio para evitar la fotoxidación de los tocoferoles hasta concentrar el aceite. Este último fue colocado en un eppendorf y llevado a freezer en total oscuridad para su posterior análisis químico.



Figura 8. Rotavapor marca Buchi.

2. Determinación de tocoferoles totales (TT): se pesaron $200\text{mg} \pm 10\text{mg}$ de aceite en un tubo de Kahn, luego se agregó 5mL de tolueno y se agitó vigorosamente con un vórtex durante 20 segundos a temperatura ambiente. Posteriormente se agregó 3,5mL de solución etanólica de 2,2-bipiridina al 0,07% p/v y 0,5mL de solución etanólica de cloruro férrico hexahidratado al 0,2% p/v. El volumen final fue de 10mL y se completó con etanol. La solución resultante se homogeneizó y se colocó rápidamente en oscuridad durante 1 min y una alícuota de la misma se midió a 520nm, con Espectrofotómetro UV / Vis Perkin Elmer Lambda 25, utilizando el disolvente puro (tolueno) como referencia. Se realizó un cero con tolueno puro en el porta cubeta de la cubeta de la muestra. Además se preparó un blanco siguiendo la misma metodología previamente descrita sin los 200mg de aceite. La absorbancia del blanco se realizó como si fuera una muestra (absorbancia de los reactivos)

(35)

La concentración de TT se calculó en base a la curva de calibración realizada con el estándar de α tocoferol, según la siguiente ecuación:

$$Y = 0,03837 * T - 0,00198$$

*Ecuación 1: Curva de calibración
con el estándar de α tocoferol*

Donde:

Y: Absorbancia neta = Absorbancia muestra – Absorbancia blanco.

T: concentración de tocoferoles en μg .

El contenido de TT (T), expresado en μg tocoferoles/g aceite, se determinó según:

$$T = \left(\frac{Y + 000198}{0,03837} \right) \frac{10}{g \text{ de muestra}}$$

Ecuación 2: Contenido de TT ⁽³⁵⁾.

Plan de tratamiento de datos.

A partir de los resultados obtenidos se realizó el siguiente análisis estadístico:

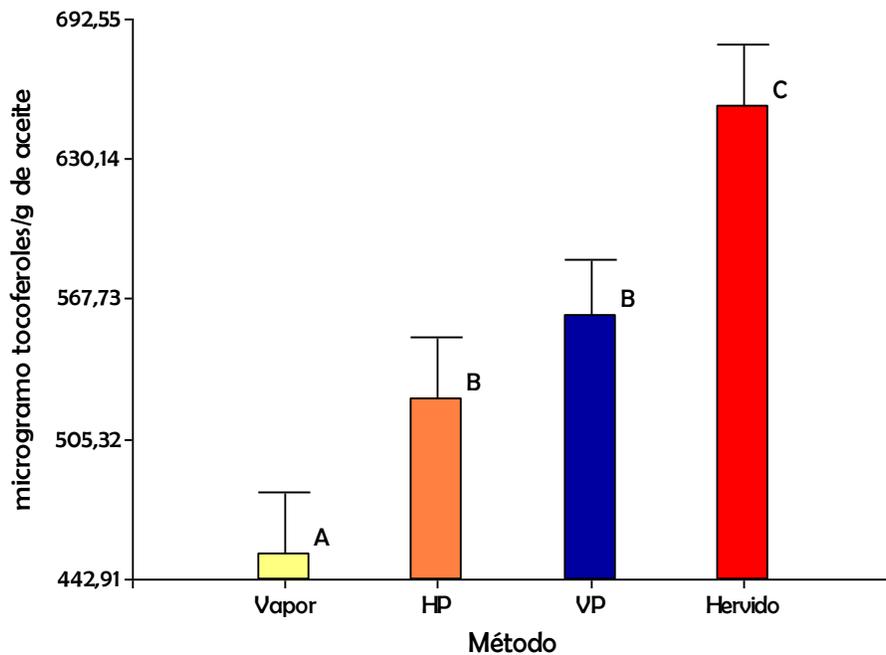
Los datos se expresaron como los valores medio \pm error estándar (E.E.) de dos experimentos independientes. El procesamiento de los resultados obtenidos fue realizado utilizando el programa informático Infostat v.l. en el cual se llevó a cabo el Análisis de varianza (ANOVA) y se aplicó el test de comparaciones múltiples DGS ($\alpha= 0,05$), para detectar diferencias significativas entre los tratamientos y condiciones de los mismos. Donde se presentó la hipótesis nula, la cual plantea que todas las medias son iguales (H_0) y la hipótesis alternativa que contrasta con la anterior (H_1).

RESULTADOS



Con el fin de analizar las modificaciones en el contenido de TT aplicando diferentes tratamientos y condiciones de cocción, se emplearon las pruebas estadísticas establecidas obteniendo los siguientes resultados:

Al evaluar los diferentes métodos de cocción se observó que con V se producen mayores pérdidas de TT, seguido por HP y VP, entre los cuales no existieron diferencias significativas, siendo el hervido el método que menores pérdidas evidenció (Figura 9).

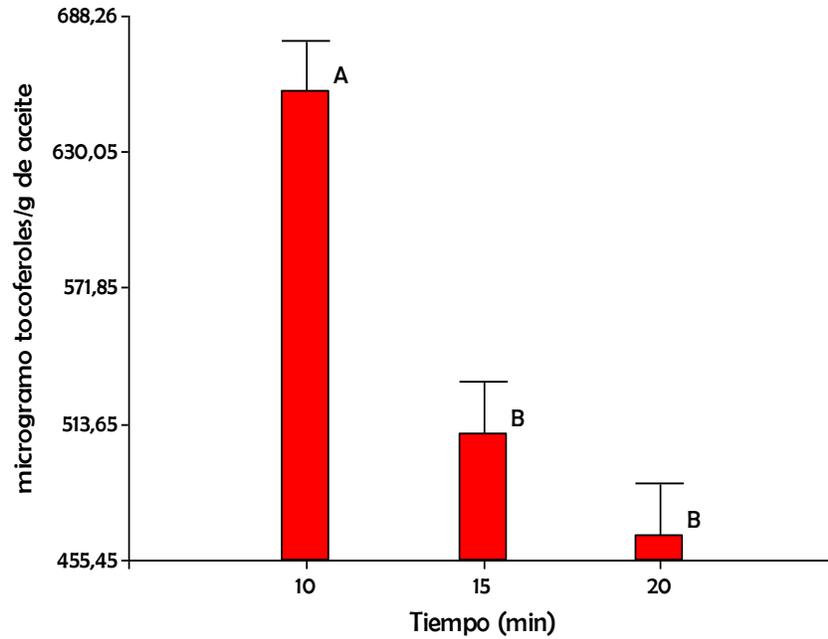


Referencias: Hervido a presión (HP); Vapor a presión (VP).

Letras iguales indica que las medias no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Figura 9. Promedio de tocoferoles totales ($\mu\text{g/g}$ de aceite) en diferentes métodos de cocción.

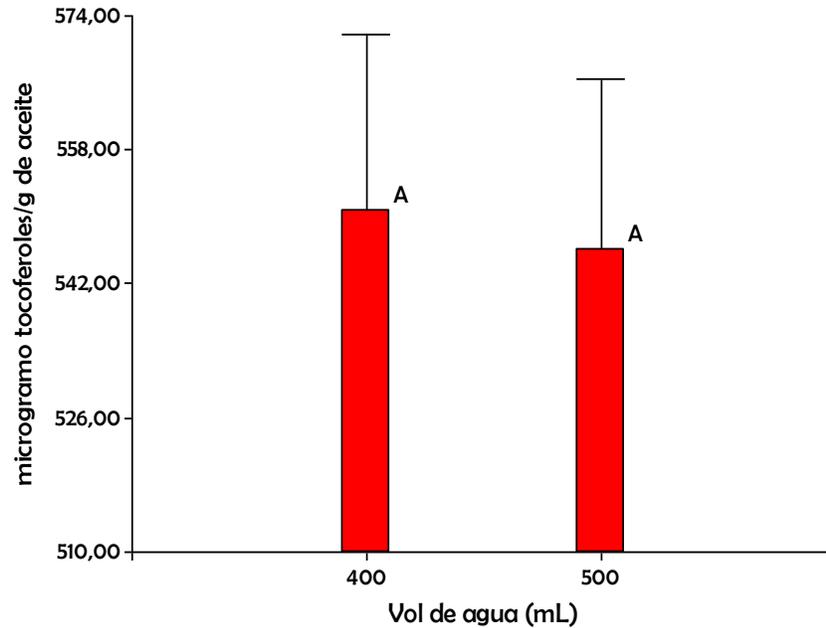
En todos los métodos de cocción, el tiempo que mayores pérdidas de TT presentó fue el de 20 min, seguido de 15 min, siendo el tiempo de 10 min el que mostró menores pérdidas de TT (Figura 10).



Letras iguales indica que las medias no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Figura 10. Promedio de tocoferoles totales ($\mu\text{g/g}$ de aceite) según diferentes tiempos de cocción (min).

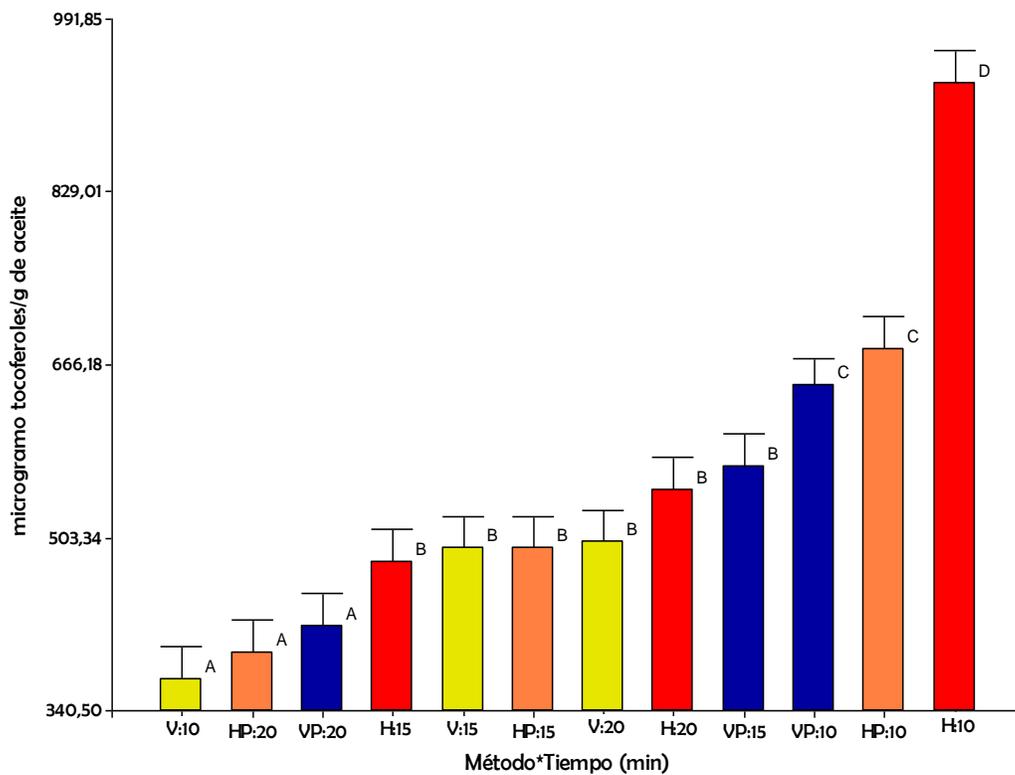
En todos los métodos de cocción, el volumen de agua de 400mL conservó mayor cantidad de TT que el de 500mL, sin embargo no se encontraron diferencias significativas entre ambos (Figura 11).



Letras iguales indica que las medias no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Figura 11. Promedio de tocoferoles totales ($\mu\text{g/g}$ de aceite) en diferentes volúmenes de agua (mL).

En el análisis de los métodos de cocción y tiempos, el H durante 10 min fue el que obtuvo menor pérdida (931,90µg TT) seguido por HP y VP 10 min. El contenido de TT de estos dos últimos procesos no mostró diferencias estadísticamente significativas, sin embargo, si las hubo entre estas y el H por 10 min. Por el contrario el método de V 10 min presento las mayores pérdidas de TT, seguido por HP 20 min y VP 20 min, sin diferencias estadísticamente significativas entre ellos. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los métodos H, V, VP y HP por 15 min; V y H durante 20 min (Figura 12).



Referencias: Vapor (V); Hervido a presión (HP); Vapor a presión (VP); Hervido a presión atmosférica normal (H).

Letras iguales indica que las medias no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Figura 12. Promedio de tocoferoles totales (µg/g de aceite) según métodos y tiempo de cocción.

Tabla 4. Medidas resumen microgramos de tocoferoles/g de aceite.

Vol de agua (mL)	Método	Tiempo (min)	µg de tocoferoles/g de aceite
400	Hervido	10	772,04±27,09
400	Hervido	15	476,61±37,96
400	Hervido	20	564,70±57,11
400	HP	10	654,52±12,37
400	HP	15	495,32±42,10
400	HP	20	457,42±45,47
400	Vapor	10	405,11±30,77
400	Vapor	15	496,53±46,98
400	Vapor	20	497,42±43,08
400	VP	10	624,83±49,61
400	VP	15	642,24±46,99
400	VP	20	522,88±45,20
500	Hervido	10	1091,76±34,54
500	Hervido	15	484,63±26,16
500	Hervido	20	533,03±45,46
500	HP	10	707,24±43,14
500	HP	15	491,30±34,81
500	HP	20	332,86±19,59
500	Vapor	10	335,11±31,07
500	Vapor	15	489,80±22,73
500	Vapor	20	501,59±48,33
500	VP	10	657,47±34,63
500	VP	15	500,00±32,10
500	VP	20	318,32±38,71

La porción diaria recomendada por las Guías Alimentarias para la Población Argentina de cereales es de 60-80g por día. A partir de las extracciones de aceites de 50g de semillas para la determinación de TT realizadas en este estudio podemos llevar a cabo una aproximación de la cantidad total de TT en una porción recomendada de quinua sometida a diferentes tratamientos de cocción.

Tabla 5. Aporte de tocoferoles totales en una porción comestible de quinua en peso seco ($\mu\text{g}/60\text{g}$).

Vol de agua (mL)	Método	Tiempo (min)	μg TT en 60g de semilla	
			mg aceite	μg TT
400	Hervido	10	724,4	823,8
400	Hervido	10	706,2	1029,1
400	Hervido	15	719,8	644,8
400	Hervido	15	724,6	549,7
400	Hervido	20	709,3	773,8
400	Hervido	20	515	621
400	HP	10	998,6	994,7
400	HP	10	784,7	576,1
400	HP	15	889,8	551,5
400	HP	15	1110,6	629,3
400	HP	20	720,2	596,1
400	HP	20	719,8	501,8
400	Vapor	10	728,3	453,3
400	Vapor	10	924,6	519

400	Vapor	15	869,2	539,4
400	Vapor	15	938,2	651,8
400	Vapor	20	501,6	567,9
400	Vapor	20	640,6	625
400	VP	10	669,2	796
400	VP	10	503,4	704
400	VP	15	1032	744,7
400	VP	15	846,5	808,7
400	VP	20	497,6	891
400	VP	20	725,0	363,6
500	Hervido	10	626,5	1331,7
500	Hervido	10	556,2	1288,5
500	Hervido	15	517,4	519,5
500	Hervido	15	667,2	579,6
500	Hervido	20	604,7	694,9
500	Hervido	20	480	585
500	HP	10	686,2	1000,7
500	HP	10	676,6	736,6
500	HP	15	718,2	559,6
500	HP	15	738	619,5
500	HP	20	760,3	399,1
500	HP	20	879,4	399,8
500	Vapor	10	548,4	426,8

500	Vapor	10	720	377,7
500	Vapor	15	544,3	660,8
500	Vapor	15	627,7	594,8
500	Vapor	20	1093,6	619,1
500	Vapor	20	951,7	584,8
500	VP	10	1090,8	795,6
500	VP	10	830,6	704
500	VP	15	803	580,4
500	VP	15	1020,6	616,6
500	VP	20	1065,5	416,1
500	VP	20	846	347,8

DISCUSIÓN



Existen diversas investigaciones sobre la concentración de vitamina E en cereales, pseudocereales y aceites, entre estos últimos se encuentra la realizada por Quest y Leyton (2012) que estudiaron el contenido de α y γ -tocoferol. Los resultados hallados fueron en aceite de soja 0,073 y 0,58; maíz 0,126 y 0,546; canola 0,16 y 0,253; cártamo 0,306 y 0,006; girasol 0,373 y 0,046; oliva 0,126 y 0,006mg/g de α y γ -tocoferol, respectivamente. Estos valores son en general inferiores a los encontrados en los aceites de quinua del presente estudio, en el cual el rango osciló entre 0,318 y 1,091mg de TT/g de aceite.

A partir de los resultados obtenidos se pudo corroborar en coincidencia con FAO (2013) y Sayago y col. (2007), que los niveles de vitamina E se modifican luego de ser sometida a diferentes tratamientos de cocción. En este sentido, Alvarez-Jubete (2009) determinó una pérdida de 7-30% de vitamina E en panes de diferentes cereales (amaranto, quinua, trigo sarraceno y trigo) sometidos a cocción.

Respecto de la quinua sometida a diversos procesamientos, Koziol (1991) determinó una disminución importante en el contenido de α -tocoferol de quinua cruda luego de que la misma fuera lavada y cocinada, siendo 5,37 y 0,35mg de α -tocoferol/100g de peso seco antes y después del tratamiento, respectivamente. Por otro lado, determinó que en 100g de porción comestible, luego del lavado y la cocción el contenido era de 0,2mg/ α -tocoferol. La concentración de vitamina E planteada por dicho autor respecto a la muestra procesada, es inferior a las halladas en este trabajo, donde si se consideran los resultados obtenidos según la extracción de aceite, la misma arrojó un valor aproximado de 0,580 a 1,886mg TT/100g de peso seco, cabe mencionar que el autor solo determinó α -tocoferol y que se desconocen las condiciones de cocción a las que fueron sometidas las semillas en dicha investigación.

En cuanto a los métodos de cocción, en la presente investigación se determinó que el método de vapor fue el que más TT perdió. Esto puede deberse al contacto de las semillas con el oxígeno durante la cocción, en consideración de ser la vitamina E un compuesto susceptible a factores como la luz, la oxigenación y el calor, los cuales pueden acelerar la destrucción de la misma tal como plantearon los autores Alvarez Jubete y col. (2009) y Leenhardt y col. (2006).

Si bien Caracuel Garcia (2008) y Colina (2010), coinciden en que el hervido es el método que mayores pérdidas nutricionales provoca junto con la destrucción de algunas vitaminas, en esta investigación, fue el método que mejor preservó el contenido de TT. Posiblemente esto se deba a que la semilla al estar sumergida en agua no entra en contacto con el oxígeno y al ser liposoluble es menos susceptible a sufrir lixiviación al medio de cocción como plantearon Basulto y col. (2012).

Respecto a los métodos que emplean presión, un estudio realizado por Cervilla y col. (2014) concluyó que la cocción de las semillas de quinua con V con y sin presión conservaron sus propiedades nutricionales (proteínas, gelificación del almidón, sólidos totales, azúcares totales y minerales), sin embargo no estudiaron el efecto de los métodos sobre el contenido de TT. En esta investigación los resultados manifestaron que los métodos que emplean presión producen pérdidas intermedias de TT.

Los investigadores Bergesse y col. (2015) y Gil y col. (2010) plantearon que el método a presión al alcanzar altas temperaturas acorta los tiempos de cocción con lo cual hay menor riesgo de pérdidas nutricionales, y que por ello su aplicación resulta interesante en alimentos con alto contenido vitamínico, coincidiendo en parte con lo observado en el presente estudio, donde se pudo determinar que utilizando tal método (HP y VP) las pérdidas son moderadas, en relación a los demás métodos que no utilizan presión y donde también pudo determinarse que a escaso tiempo las pérdidas de TT fueron menores que cuando se expusieron a tiempos más extensos.

Sayago y col. (2007) publicaron que a mayor tiempo de cocción de las semillas, mayor es la pérdida de TT por acción del calor. Estos resultados coinciden con los abordados en esta investigación, donde se presentaron aumentos progresivos en la pérdida de TT a medida que se incrementó el tiempo de cocción.

Redhead (1990) sostuvo que si en las cocciones se utiliza un gran volumen de agua y se elimina el exceso, se producen pérdidas de nutrientes en forma de solubles de almidón, minerales y vitaminas. Sin embargo, los resultados obtenidos en este estudio demuestran que el volumen de agua no influye de manera significativa en el contenido de TT, debido posiblemente a que las diferencias entre ambos volúmenes es poco significativa y que la

vitamina E no es susceptible a pérdidas por solubilidad en un medio líquido ya que es liposoluble.

CONCLUSIÓN



Si bien existe escasa bibliografía referida a la alteración de tocoferoles totales en semillas de quinua por la aplicación de diversos métodos de cocción, tiempos y volúmenes, en el presente estudio se observó que las diferentes condiciones empleadas modifican significativamente las concentraciones de este nutriente.

Se comprobó en base a los resultados obtenidos que las semillas de quinua sometidas a diferentes tratamientos y condiciones de cocción presentan distinta cantidad de tocoferoles totales, por lo cual se acepta la hipótesis 1.

Se determinó que el menor tiempo de cocción es el que mejor conserva los niveles de vitamina E, aumentando las pérdidas en función del aumento de este, no así con el volumen de agua, el cual no influyó significativamente en los niveles finales. En cuanto al método de cocción vapor presión, no fue el que menores pérdidas produjo como se planteó en primera instancia, por lo tanto se rechaza la hipótesis 2.

Dado el aumento del consumo de quinua en la actualidad y siendo esta fuente de vitamina E, se puede concluir en base a los resultados obtenidos que para conservar los mayores niveles de tocoferoles totales, es conveniente utilizar el método de cocción hervido a presión atmosférica normal y con el menor tiempo, correspondiente a 10 minutos.

Por lo tanto, no resulta conveniente estigmatizar los métodos de cocción ya que teniendo en cuenta que el hervido generalmente produce pérdidas por dilución, en este caso no es aplicable. En consecuencia, al momento de efectuar recomendaciones sobre el uso de diferentes tratamientos de cocción es conveniente evitar generalizaciones y evaluar cual es el principal componente nutritivo que se pretende preservar.

Es importante conocer los efectos de los procesos tecnológicos sobre el valor nutritivo de los alimentos, debido a que tienen gran interés para la nutrición y en definitiva para la salud humana. Es por ello que es necesario comprender de los mecanismos que ocurren durante el procesado de los alimentos y sus características nutricionales con objeto de optimizar sus efectos beneficiosos y así como futuras Licenciadas en Nutrición recomendar a la población los métodos de procesado más convenientes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



- 1) Bonamino MJ, Carreño VI, Cervilla NS. Elaboración de sopas a partir de la molienda de semillas de quinoa. *Invenio*. 2009;12:119-130.
- 2) Cervilla NS, Mufari JR, Calandri EL, Guzmán CA. Pérdidas nutricionales durante la cocción de semillas de *Chenopodium quinoa* Willd bajo presión de vapor. *Nutr. clín. diet. hosp.* 2014;34:54-58.
- 3) Valladares Sevilla BC. Determinación del tiempo de cocción en variedades comerciales de frijol rojo [tesis de grado]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana. Departamento de Agronomía; 1996.
- 4) Mujica A, Izquierdo J, Marathee JP. Origen y Descripción de la Quinoa. En: Mujica A, Jacobsen SE, Izquierdo J, Marathee JP, editores. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), UNA-Puno, CIP; 2001.
- 5) Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos (PROINPA). La quinua: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial [en línea]. Bolivia: FAO; 2011. Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/templates/aiq2013/res/es/cultivo_quinoa_es.pdf. Consultado: [22 de Nov 2014].
- 6) Vargas M. editor. Congreso científico de la Quinoa (Memoria): La Paz- Bolivia; 14-15 de junio 2013. La Paz- Bolivia: GrafikaLeal; 2013.
- 7) Romo S, Rosero A, Forero CL, Ceron E. Potencial nutricional de harinas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) variedad piartal en los andes colombianos, primera parte. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*. 2006;4:112-125.
- 8) Villacrés E, Peralta E, Egas L, Mazón N. Potencial Agroindustrial de la Quinoa. Ecuador. *Boletín Técnico* n° 146. 2011. p. 32
- 9) Edel LA, Rosell C, Gómez Pallarés M, Brites C, Haros M, Trigo MJ, et al. De Tales Harinas Tales Panes. 1ra ed. Hugo Báez Editor: Córdoba; 2007.
- 10) Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) [en línea]. Chile; 2013. Disponible en: <http://www.fao.org/quinoa-2013/es/>. Consultado: [29 May 2014].

- 11) Alvarez-Jubete L, Arendt EK, Gallagher E. Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten free ingredient. *Food Sci. Technol. Int.* 2010;21:106-113.
- 12) Espinoza Silva CR, Repo-Carrasco R, Jacobsen SE. Caracterización de la Fracción Lipídica de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) y Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) [tesis de grado]. Lima (Perú): Universidad Nacional Agraria La Molina; 2000.
- 13) Castro Montero ES. Harina y Aceite de Quinoa (*Quenopodium quinua* Willd) de la Región VI. Chile: Repositorio Académico de la Universidad de Chile; 2010. Disponible en: http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/121448/Harina_y_aceite_de_Quinoa%5b1%5d.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Consultado: [10 Jul 2014].
- 14) Vera JL, Astete FA, Tacora RL. Perfil de ácidos grasos en granos tres cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) sometidos a tres tipos de procesamiento. *Rev. Investig. Altoandín.* 2014;16:13-20.
- 15) Reyes Montaña E. Componente Nutricional de diferentes variedades de Quinoa de la Región Andina. *Avances.* 2006;86-97.
- 16) Rubio Zamorano YP. Extracción de aceite de quinoa (*Chenopodium quínoa* Willd) y su caracterización de dos ecotipos provenientes del secano costero de la región VI de Chile [Tesis de grado]. Chile: Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas; 2005.
- 17) Alvarez-Jubete L, Holse M, Hansen A, Arendt E, Gallagher E. Impact of Baking on Vitamin E Content of Pseudocereals Amaranth, Quinoa, and Buckwheat. *Cereal Chem.* 2009;86:511-515.
- 18) Sayago A, Marin MI, Aparicio R, Morales MT. Vitamina E y aceites vegetales. *Rev grasas y aceites.* 2007;58:76-86.
- 19) Ryan E, Galvin K, O'Connor T, Maguire A, O'Brien N. Phytosterol, squalene, tocopherol content and fatty acid profile of selected seeds, grains, and legumes. *Plant Foods Hum Nutr.* 2007;62:85-91.

- 20) Chasquibol N, Lengua L, Delmás I, Rivera D, Bazán D, Aguirre R, et al. Alimentos funcionales o fitoquímicos, clasificación e importancia. Rev. Per. Quím. Ing. Quim. 2003;5:9-20.
- 21) Kathleen ML, Escott-Stump S. Vitaminas. 13ra ed. En: Nutrición y Dietoterapia de Krause. Elsevier: España; 2013. p. 32-128.
- 22) Blanco A. Química Biológica. 8a ed. El Ateneo: Buenos Aires; 2006. p. 465-497.
- 23) De Cos AI, Riesco EG, López GA, Gargallo FM. Vitaminas. En: Vázquez MC, De Cos AI, López-Nomdedeu C, editores. Alimentación y Nutrición. Díaz de Santos: Madrid; 2005. p. 35-44.
- 24) Chun JY. Vitamin E content and stability in peanuts and peanut products during processing and storage [tesis doctoral]. University of Georgia; 2002.
- 25) Caracuel García A. Técnicas de Cocción Saludables Aplicables a la Alimentación Mediterránea. RACVAO. 2008;21:171-180.
- 26) Gonzalez Morales AF, Montero Tapia IF. Técnicas de cocción al vapor: seco, húmedo, baja y alta presión, aplicadas a los pescados grasos, semi – grasos y magros [tesis de pregrado]. Cuenca (Ecuador): Universidad de Cuenca; 2013.
- 27) Colina J, Guerra M. Obtención y evaluación de arroz integral de cocción rápida. Interciencia. 2009;34:736-741.
- 28) Redhead J. Utilización de alimentos tropicales: cereales. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO); 1990. Cuaderno técnico: 47/1.
- 29) Astiasaran I, Martinez JA. Alimentos, composición y propiedades. 2da ed. McGraw-Hill – Interamericana de España, S. A. U; 2003. p. 317-342.
- 30) Alajaji SA, El-Adawy TA. Nutritional composition of chickpea as affected by microwave cooking and other traditional cooking methods. J Food Compos. Anal. 2006;19:806-812.
- 31) Repo-Carrasco-Valencia RA, Encina CR, Binaghi MJ, Greco CB, Ronayne de Ferrer PA. Effects of roasting and boilig of quinua, kiwicha and kañiwa on composition and availability of minerals in vitro. J Sci Food Agric. 2010.90:2068-73.
- 32) Mubarak, AE. Nutritional composition and antinutritional factors of mung bean seeds as affected by some home traditional processes. Food Chem. 2005;89:489-495.

- 33) Ruales J, Nair B. Effect of processing on in vitro digestibility of protein and starch in quinoa seeds. *Int. J. Food Sci. Technol.* 1994; 29:449-456.
- 34) Gutierrez BJ. Los tipos de cocción. *Ciencia y Tecnología culinaria*. Diaz de Santos S.A: Madrid; 1998. p. 163-168.
- 35) Wong ML, Timms RE, Goh EM. Colorimetric determination of total tocopherols in Palm oil, olein and Stearin. *JAOCS.* 1988;65:258-261.
- 36) Quest AF, Leyton L. Vitamina E. [monografía en línea]. Chile: Instituto Linus Pauling, Oregon State University; 2012. Disponible en: ipi.oregonstate.edu/es/mic/vitaminas/vitamin-E. Consultado: [10 Jul 2015].
- 37) Koziol MJ. Chemical Composition and Nutritional Evaluation of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *J Food Compos. Anal.* 1991;5:35-68.
- 38) Leenhardt F, Lyan B, Rock E, Boussard A, Potus J, Chanliaud E, et al. Wheat lipoxygenase activity induces greater loss of carotenoids than vitamin E during bread making. *J. Agric. Food Chem.* 2006; 54:1710-1715.
- 39) Basulto J, Baladia E, Manera M, Miserachs M, Babio N, Mielgo J, et al. Pérdida de nutrientes mediante la manipulación domestica de frutas y verduras [monografía en línea]. España; 2012. Disponible en: <http://www.grep-aedn.es/documentos/FyH.pdf>. Consultado: [24 Jun 2015].
- 40) Bergesse AE, Boiocchi PN, Calandri EL, Cervilla NS, Gianna V, Guzmán CA, et al. Aprovechamiento integral del grano de quinua. Aspectos Tecnológicos, Fisicoquímicos, Nutricionales y Sensoriales [en línea]. Córdoba; 2015. Disponible en: [https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/1846/Aprovechamiento integral del grano de Quinoa.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/1846/Aprovechamiento%20integral%20del%20grano%20de%20Quinoa.pdf?sequence=4&isAllowed=y). Consultado: [9 Jul 2015].
- 41) Gil HA, Fontecha AJ, Juarez IM. Procesos tecnológicos aplicados a los alimentos. En: Gil HA, editor. *Influencia de los procesos tecnológicos sobre el valor nutritivo de los alimentos*. Tratado de Nutrición: Madrid; 2010. p. 529-562.

GLOSARIO



A

- **Abetalipoproteinemia:** es una rara enfermedad hereditaria, en la cual una persona es incapaz de absorber por completo las grasas de la dieta a través de sus intestinos.
- **Alotetraploide:** individuo tetraploide resultado de la hibridación de dos diploides con series cromosómicas diferentes, por lo que tiene las dotaciones cromosómicas diploides de dos especies distintas.

C

- **Cotiledón:** estructura similar a una hoja que se encuentra en las semillas de las plantas con flores, aparecen durante la germinación de las semillas.

D

- **Desodorización:** procesos que eliminan de una corriente gaseosa los compuestos que provocan los malos olores.

E

- **Equivalentes de α -tocoferoles:** cantidad total de vitamina E, expresión basada en la actividad relativa de la forma más activa de la vitamina (α -tocoferol). Se calcula mediante una fórmula.
- **Enfermedad celíaca:** es una enfermedad que se produce por una intolerancia permanente al gluten del trigo, avena, cebada y centeno.

L

- **Lisis:** destrucción de una célula, normalmente por rotura de la membrana celular mediante un agente específico o un proceso físico.
- **Lixiviación:** fenómeno de arrastre o desplazamiento de sustancias solubles o dispersables hacia un medio líquido.

P

- **Perigonio:** envoltura sencilla o doble de los órganos sexuales de una planta.

R

- **Radicula:** primera raíz que emerge durante la germinación de las semillas.

V

- **Vitaminas hidrosolubles:** son aquellas vitaminas que se disuelven únicamente en agua.
- **Vitaminas liposolubles:** son aquellas vitaminas que se disuelven únicamente en lípidos.

ANEXO



Anexo N° 1 Cocción de las semillas de quinua.

MUESTRA	TIEMPO (min)	VOLUMEN (mL)	PESO DE SEMILLAS		PESO SEMILLAS SECAS (g)
			Antes de la cocción (g)	Después de la cocción (g)	
HERVIDO	10	400	50,04	110,05	44,94
	10	400	50,02	108,54	47,99
	10	500	50,02	108,27	46,86
	10	500	50,01	105,13	47,16
	15	400	50,02	127,52	47,52
	15	400	50,08	131,58	46,05
	15	500	50,04	133,22	48,45
	15	500	50,02	134,33	48,45
	20	400	50	156,21	48,52
	20	400	50,02	154,29	47,38
	20	500	50,01	156,27	44,32
	20	500	50,07	160,42	45,01

VAPOR	10	400	50,01	61,1	43,71
	10	400	50,03	60,79	44,48
	10	500	50,03	52,78	43,74
	10	500	50,03	66,16	44,16
	15	400	49,98	63,44	44,71
	15	400	50,02	57,34	44,10
	15	500	50,02	64,48	44,73
	15	500	50	56,26	43,79
	20	400	50,02	67,76	44,72
	20	400	50,02	49,01	44,30
	20	500	50	67,12	44,80
	20	500	50,01	63,61	44,04
VAPOR-PRESIÓN	10	400	50,01	81,18	44,79
	10	400	50,01	68,29	44,23
	10	500	50,03	77,55	45,03
	10	500	50	65,55	43,90
	15	400	50,02	65,99	44,33
	15	400	50,02	85,33	44,06

“Determinación de tocoferoles totales en semillas de quinua sometidas a diferentes tratamientos de cocción”

	15	500	50,02	83,06	45,10
	15	500	50,04	80,11	44,81
	20	400	50	62,92	44,56
	20	400	50,01	65,08	44,08
	20	500	50,02	57,96	43,63
	20	500	50,03	66,95	45,05
HERVIDO A PRESIÓN	10	400	50,03	84,48	43
	10	400	50,02	98,48	43,79
	10	500	50,10	94,56	41,02
	10	500	50,02	86	43,48
	15	400	50,02	177,64	45,47
	15	400	50,03	164,17	44,72
	15	500	50,01	136,62	44,50
	15	500	50,03	100,59	45,59
	20	400	50,03	195,71	43,40
	20	400	50,02	207,45	44,86
	20	500	50,01	185,25	43,76
	20	500	50	178,99	46,42