

**VARIABLES TECNOLÓGICAS PARA EL PRETRATAMIENTO Y EL SECADO EN LA  
OBTENCIÓN DE SNACKS A BASE DE HORTALIZAS**

**RAMIRO BAUTISTA RODRÍGUEZ**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
INGENIERÍA DE ALIMENTOS  
PAMPLONA  
2018-2**

**VARIABLES TECNOLÓGICAS PARA EL PRETRATAMIENTO Y EL SECADO EN LA  
OBTENCIÓN DE SNACKS A BASE DE HORTALIZAS**

**RAMIRO BAUTISTA RODRÍGUEZ**

**OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS Y VIDA ÚTIL DE LOS PRODUCTOS  
AGROALIMENTARIOS**

**GIN TAL**

**YANINE TRUJILLO NAVARRO Ing. Ph.D.**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
INGENIERÍA DE ALIMENTOS  
PAMPLONA  
2018-2**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por haber permitido mantenerme firme y no decaer durante este gran esfuerzo que comprendió mi carrera.

A mis padres por la confianza y el apoyo que me ofrecieron incondicionalmente.

A la profesora Yanine Trujillo Navarro Ing. Ph.D. Por su gran ayuda y colaboración en cada momento de consulta y soporte en este trabajo de investigación. (Santo Tomas).

## TABLA DE CONTENIDO

1. ESTADO DEL ARTE .....	11
1. ESTADO DEL ARTE .....	12
1.1 Producción de hortalizas en Colombia.....	12
1.2 Definición de snacks .....	14
1.2.1 Las nuevas alternativas de snacks.....	14
1.2.2 Las hortalizas en los productos snacks .....	15
1.2.3 Procesos tecnológicos en la elaboración de snacks .....	17
1.2.4 Parámetros de calidad de los snacks .....	21
2. OBJETIVOS .....	24
2.1 Objetivo general.....	25
2.2 Objetivos específicos .....	25
3. MATERIALES Y METODOS.....	27
3.1 Determinación de los tratamientos previos requeridos para la obtención de snacks a base de hortalizas .....	27
3.1.1 Material vegetal .....	27
3.1.2 Preparación de las muestras.....	27
3.1.3 Evaluación de la influencia de los pretratamientos en las características de los snacks de hortalizas .....	27
3.2 Identificación del tiempo y velocidad óptima de secado para cada hortaliza en la obtención de snacks .....	29
3.2.1 Proceso de obtención de snacks .....	29
3.3 Efecto de las variables tecnológicas empleadas, en las características fisicoquímicas, sensoriales y nutricionales de los snacks a base de hortalizas .....	30
3.3.1 Análisis de color. ....	30
3.3.2 Determinación de la humedad. ....	30
3.3.4 Determinación de minerales.....	30
3.3.5 Aceptación sensorial.....	30
3.3.6 Análisis estadístico.....	31
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	33
<b>4.1 Evaluación de la influencia de los pretratamientos en las características de los snacks de hortalizas.....</b>	<b>33</b>

4.1.1 Determinación de Sólidos Solubles totales (SST) .....	33
4.1.2 Evaluación del color.....	34
4.1.3. Evaluación sensorial del sabor y crocantes.....	39
4.2 Identificación del tiempo y velocidad óptima de secado para cada hortaliza en la obtención de snacks.....	40
4.3 Efecto de las variables tecnológicas empleadas, en las características fisicoquímicas y sensoriales de los snacks a base de hortalizas .....	43
4.3.1 Evaluación del color.....	43
4.3.2. Determinación contenido humedad en hortalizas y snacks de hortaliza deshidratada. ....	49
4.3.3. Determinación de minerales en hortalizas frescas y snack de hortaliza.....	50
5. CONCLUSIONES .....	53
5. CONCLUSIONES .....	54
5.1 <i>Determinación de los tratamientos previos requeridos para la obtención de snacks a base de hortalizas.</i> .....	54
5.2 <i>Identificación del tiempo y la velocidad de secado para cada hortaliza en la obtención de snacks.</i> .....	55
5.3 <i>Evaluación del efecto de las variables tecnológicas empleadas, en las características fisicoquímicas y nutricionales de los snacks a base de hortalizas.</i> .....	55

## TABLA DE TABLAS

Tabla 1. Resultados estadísticos del color (L*, a* y b*) en rábano .....	34
Tabla 2. Estadística Tukey para la luminosidad (L*) del rábano.....	34
Tabla 3. Estadística Tukey para el tono rojo (a*) del rábano.....	35
Tabla 4. Resultados estadísticos del color (L*, a* y b*) en zanahoria.....	35
Tabla 5. Estadística Tukey para la luminosidad (L*) de zanahoria .....	35
Tabla 6 Estadística Tukey para el tono rojo (a*) de zanahoria .....	36
Tabla 7. Estadística Tukey para el tono amarillo (b*) de zanahoria.....	36
Tabla 8. Resultados estadísticos del color (L*, a* y b*) en arracacha .....	36
Tabla 9. Estadística Tukey para luminosidad (L*) de arracacha.....	37
Tabla 10. Estadístico Tukey para el tono roja (a*) arracacha.....	37
Tabla 11. Estadístico Tukey para el tomo amarillo (b*) arracacha. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 12. Resultado estadístico del color .....	38
Tabla 13. Estadístico Tukey para la luminosidad (L*) de la remolacha. ...	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 14. Estadístico Tukey para el tono rojo (a*) de la remolacha. ....	38
Tabla 15. Estadístico Tukey para el tono amarillo (b*) de la remolacha. ....	39
Tabla 16. Efecto del pretratamiento en el grado de preferencia de los snacks de hortalizas. ....	39
Tabla 17. Resultados estadísticos espacio cromático para rábano seco .....	45
Tabla 18. Resultados estadísticos espacio cromático para zanahoria deshidratada. ....	46
Tabla 19. Resultados estadísticos espacio cromático para arracacha deshidratada.....	48
Tabla 20. Resultados estadísticos espacio cromático para remolacha deshidratada. ....	49
Tabla 21. Resultados estadísticos contenido de humedad en hortalizas secas. ....	49
Tabla 22. Resultados estadísticos contenido de minerales. ....	50
Tabla 23. Aceptabilidad sensorial sabor y color en snacks de hortalizas .....	51

## **TABLA DE FIGURAS**

Figura 1. Datos personales solicitados a los jueces.....	28
Figura 2. Ficha de cata prueba de preferencia.....	29
Figura 3. Ficha de cata prueba de aceptación. ....	31
Figura 4. Sólidos solubles totales de raíces con pretratamiento.....	33
Figura 5. Evolución del porcentaje de humedad en el rábano durante el tiempo de secado. .....	41
Figura 6. Evolución del porcentaje de humedad en la zanahoria durante el tiempo de secado.....	41
Figura 7. Evolución del porcentaje de humedad en la arracacha durante el tiempo de secado.....	42
Figura 8. Evolución del porcentaje de humedad en la remolacha durante el tiempo de secado.....	43
Figura 9. Resultados de color espacio cromático L* para rábano .....	43
Figura 10. Resultados de color espacio cromático a* y b* para rábano. ....	44
Figura 11. Resultado de color espacio cromático L* para zanahoria seca. ....	45
Figura 12. Resultados de color espacio cromático a* y b* para zanahoria.....	46
Figura 13. Resultados de color espacio cromático L* arracacha.....	46
Figura 14. Resultados de color espacio cromático a* y b*para arracacha.....	47
Figura 15. Resultados de color espacio cromático L* para remolacha. ....	48
Figura 16. Resultados de color espacio cromático a* y b* para remolacha.....	48

## RESUMEN

Las hortalizas como el rábano (*Raphanus Sativus*), la zanahoria (*Daucus carota*), la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) y la remolacha (*Beta Vulgaris*), fueron empleadas para la elaboración de snacks. Los snacks es uno de los alimentos consumido con el fin de mitigar temporalmente el hambre entre las comidas, dan placer al paladar por sus atractivos sabores, debido a su poco contenido nutricional la industria se ha dado a la tarea de rediseñar estos productos a fin de que sean más saludables al organismo. A fin de reducir padecimientos cardiovasculares y relacionados en la población especialmente adultos y niños las organizaciones promueven el consumo diario de hortalizas. Hoy en día la industria hace grandes esfuerzos por desarrollar snacks con mayor valor nutricional. Dentro de las hortalizas en los snacks, la industria ha incluido el pimentón, la remolacha, el tomate, la calabaza, la zanahoria y el brócoli, productos que se encuentra disponibles. Las diferentes materias primas empleadas en la elaboración de snacks saludables se tiene: la zanahoria (*Daucus carota*) es una raíz considerada un alimento excelente desde el punto de vista nutricional, debido a que es fuente importante de vitaminas y minerales. La remolacha (*Beta Vulgaris*), quien presenta características similares a la zanahoria pero con mayor contenido de azúcares, el rábano (*Raphanus Sativus*) es otra hortaliza considerada una raíz comestible y finalmente la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*), nutricionalmente destaca el contenido de calcio y fósforo, además del contenido de almidón. Estas hortalizas fueron sometidas a procesos de limpieza y desinfección con hipoclorito de sodio, tratamiento de escaldado usado como método de conservación destruyendo enzimas responsables de pardeamiento en las hortalizas, también fueron empleados tratamientos de enzimáticos con alfa-amilasa para un posterior secado en el túnel de secado computarizado, manejando tiempos de secado en el proceso. La calidad del snack se evaluó mediante prueba sensorial de preferencia enfocada a la textura y sabor del snacks, también color y sólidos solubles totales para dar cumplimiento al primer objetivo. En segunda medida se estableció el secado a través del tiempo teniendo en cuenta el pre tratamiento, asimismo el color y humedad en muestras fresca y secas tratadas. En tercera instancia se identificaron las variables tecnológicas encargadas de modificar las propiedades físicas y químicas en las hortalizas en la obtención de snacks, para lo que se tuvo en cuenta el color fresco y seco de las hortalizas, el % de humedad, el contenido de minerales y una segunda evaluación sensorial mediante prueba de aceptación teniendo en cuenta el color y sabor del snack. Como resultado se obtuvo que los sólidos soluble totales a pesar de las modificaciones causadas por pre tratamientos se mantuvo el contenido de estos. En relación al color, el rábano hidrolizado presento más modificaciones a causa de los pre tratamientos, en la zanahoria se ve modificado significativamente por el escaldado/secado e hidrolisis/ secado, al igual que la arracacha pero con modificación mínima en el color amarillo (b\*), para la remolacha el color rojo se ve significativamente afectado por el escaldado. De acuerdo a los resultados de la evaluación sensorial se obtuvo que para el rábano, la zanahoria y la arracacha el mejor tratamiento para la obtención de snacks fue el escaldado y en el caso de la remolacha fue hidrolisis. El máximo de estracción de humedad en rábano, arracacha y remolacha se dio a las 8 horas y en la zanahoria a las 7 horas. El contenido de humedad en los snacks fue mejor para el rábano y zanahoria seguido de la arracacha y en mayor medida la

remolacha. Los contenidos de minerales en los snack son elevados a comparación de las muestras frescas y en mayor proporción en el rábano. Finalmente de acuerdo a la evaluación sensorial de aceptación los snacks son aceptados moderadamente con tendencia de me gusta a los snacks de zanahoria y remolacha.

Por lo mencionado anteriormente se planteó como objetivo de estudio el establecer las variables tecnológicas del secado de hortalizas para la obtención de snacks saludables.

# **1. ESTADO DEL ARTE**



## **1. ESTADO DEL ARTE**

### **1.1 Producción de hortalizas en Colombia**

Colombia para el 2013 tenía un área sembrada de 116.509 hectáreas, produciendo 2.010.102 toneladas de hortalizas, en donde el departamento del Norte de Santander ocupó el quinto puesto en área sembrada, con un total de 7.976 hectáreas, pero ocupó el cuarto puesto en producción de 211.070 toneladas, siendo principalmente la zanahoria, arracacha, rábano y remolacha.

La producción de zanahoria a nivel mundial, para el año 2012, se produjeron de 36.917.246 ton, siendo China el principal país productor con 16.800.000 ton, seguido por la Federación Rusa 1.565.032 ton, Estados Unidos 1.346.080 ton, Uzbekistán con 1.300.000 y Ucrania con 915.900 ton., mientras que en Colombia, para el año 2013 se produjeron 236.834 ton de zanahoria, siendo Antioquia el principal departamento productor con 87.437 ton, seguido de Cundinamarca con 79.237 ton, Boyacá con 32.722 ton, Nariño con 29.833 ton y Norte de Santander con 4.986 ton (“Boletines año 2015 - Cámara de Comercio de Bogotá,” 2015). Existen numerosas variedades, unas aptas para el procesamiento y otras recomendadas para el consumo fresco, un sin número de cultivares híbridos; como por ejemplo la variedad ábaco, la cual se ha mejorado el rendimiento comercial, el color por su alto contenido de carotenoides, la uniformidad y la firmeza. En términos generales se presentan dos grandes grupos de variedades de zanahorias (Gaviola, 2013): bianuales (requieren frío para florecer y su ciclo es largo, sembradas en clima frío o templado) y anuales (ciclo más corto y mayor vigor de plántula, cultivadas en climas subtropicales). De otra parte, las variedades de zanahorias también se clasifican según su color en blancas, amarillas, rojas y violáceas. De igual manera también se pueden clasificar de acuerdo a la longitud de la raíz (larga, semilarga, semicorta y corta) según (Reina & Olaya, 1997).

La zanahoria se destaca por su alto contenido de carotenos, en especial de provitamina A que son entre 10 hasta 1.000 veces más altos que en la mayoría de las hortalizas, y esto aún puede ser superado con las líneas genéticas de mayor contenido que ya se han incorporado a nuevos cultivares disponibles (Krarup, 1998). Aproximadamente el 90% de su peso corresponde a agua. Es un tubérculo hipocalórico que le puede aportar a una dieta normal hasta el 40% de calorías. También la zanahoria es una buena fuente de tiamina, hierro, vitamina C y azúcares (M Helal Uddin et al., 2003).

Con respecto a la arracacha se produce principalmente en Brasil, en Colombia, en Ecuador y en Venezuela, donde es un producto regular de los mercados urbanos (Hermann, 1997). En Perú, se conoce con los nombres de racacha y virraca; en Ecuador, como zanahoria del país o zanahoria blanca; en Venezuela, como apio criollo (Jiménez, 2005) y racacha (Amaya, 2006) y en Brasil, mandioquinha-salsa (Heredia et al., 2009) y batata baroa (Amaya, 2006), entre otros. (Knudsen, Hermann, Dos Santos, & Sorensen, 2004), indican que a pesar que se ha llevado repetidamente a otras regiones, no se ha logrado establecer como cultivo comercial, con excepción de Brasil, donde se siembra más arracacha que en cualquier país andino.

Según el anuario estadístico del sector agropecuario del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, (MADR, 2012), durante el año 2013 se obtuvo una producción total de 73.124 toneladas de arracacha, siendo el departamento del Tolima el de mayor producción, con 29.177 t, seguido por los departamentos de Norte de Santander, Boyacá, Valle del Cauca y Santander (DANE, 2015). En el 2010 se cultivaron en Colombia 772 ha con un rendimiento de 19,6 ton ha<sup>-1</sup>. La mayor área sembrada se encontraba en Boyacá y Antioquia con una participación de 48,63 y 27,44%, del área sembrada en el país en ese año (Agronet, 2011).

La arracacha o zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) pertenece a la familia apiáceae, es originaria de los Andes del norte de Sudamérica, región en la que se han identificado la mayoría de las especies del género *Arracacia*, con una mayor variabilidad genética en el sur de Ecuador. Es una especie de la familia Umbeliferae, las variedades de la arracacha varían de acuerdo a la zona de producción y pueden ser negras, morada, amarilla y blanca (Espinosa, Vaca, Abad, & Crissman, 1997). Dependiendo de la variedad, la altitud, las condiciones ecológicas y el manejo agronómico que se haya dado al cultivo de la arracacha, el período vegetativo entre la siembra y la cosecha puede variar entre 8 y 18 meses, con rendimientos comerciales que varían de 10 a 20 toneladas de raíces por hectárea (DANE, 2015).

En lo relacionado a la producción de rábano, ésta se ubica en el grupo de las hortalizas de raíz (Agronet, 2011). La producción se limita a los departamentos de Cundinamarca y Valle del Cauca, siendo el primero el mayor productor a nivel nacional con una participación del 90,4 % de la producción nacional, con una área de siembra de 8 ha, una producción de 132 toneladas y un rendimiento de 16,5 ton/ha; el municipio de Cota es el mayor productor de rábano en Colombia, ya que concentra el 100 % de la producción de Cundinamarca.

La remolacha es un cultivo que, debido a sus peculiares características de adaptación, vegeta a lo largo de casi todo el año y en casi todo el mundo. La producción se da en los climas templados y húmedos, aunque resiste tanto el calor como el frío, pero la mejor calidad la alcanza cuando su cultivo se realiza en climas fríos. La remolacha (*Beta vulgaris* L) es una planta bianual que se cultiva especialmente por su raíz, para consumir en fresco y en conserva. Dicha raíz es de color rojo, de mayor o menor intensidad, debido a la presencia de diversos pigmentos. La remolacha se utiliza en fresco, una vez cocida y condimentada se emplea en ensalada. La conservación en vinagre, llamada también encurtido, es un método que se utiliza en el hogar, conservando la remolacha su aroma y sabor peculiar. La remolacha se conserva fundamentalmente por apertización, aunque también puede deshidratarse. Se trata de una hortaliza en la que se encuentran las betalaínas que son compuestos importantes en la industria de los alimentos, donde son usados como colorantes naturales solubles en agua para impartir color en productos procesados tales como bebidas carbonatadas, lácteos, cárnicos y confetis. Por otro lado, la industria farmacéutica los utiliza en la manufactura de tabletas, grageas y base para jarabes. Esto es debido a que las betalaínas son pigmentos hidrosolubles y existen como sales en las vacuolas de las células vegetales. La remolacha, de donde se saca un

pigmento rojo violáceo que contiene mayoritariamente dos pigmentos hidrosolubles: la betanina (roja), vulgaxantina (amarilla). También tienen otras betalaínas, la isobetanina, betanidina e isobetanidina además de otra betaxantina: vulgaxantina II. El rendimiento de pigmentos es 0.04–0.21% en el caso de betacianinas y 0.02–0.14% para betaxantinas aunque hay nuevas especies con contenidos mayores.

Finalmente, el rábano se desarrolla bien en climas medios con temperaturas que deberán encontrarse entre los 15 y 18 °C, con mínimas de 4°C y máximas de 21 °C, temperaturas por encima del máximo pueden originar sabores picantes en sus raíces según la variedad. Su ciclo productivo es corto y puede variar entre 20 y 70 días; se adapta a cualquier tipo de suelo, pero los suelos profundos, arcillosos y el pH del suelo deberá encontrarse entre 5.5 y 6.8 (Guía hortofrutícola de Colombia, 2014).

Se trata de una raíz gruesa, carnosa, muy variable en cuanto a la forma y al tamaño, de piel roja, rosada, blanca, pardo-oscura o manchada de diversos colores (“Infoagro,” 2017). Las variedades se clasifican según el tamaño y la forma de la raíz (parte comestible) en: variedades de raíces pequeñas (rabanitos) (*Raphanus sativus L. var. radícula*), los cuales son muy adecuado para su envasado en conos y en bolsas tales como raíces globulares (redondo rosado punta blanca y Redondo escarlata) y raíces oblongas (medio largo rosado, medio largo rosado de punta blanca) y las variedades de raíces grandes (rábanos) de los cuales se distingue el rábano negro, rosado y blanco (nabo japonés) (“Infoagro,” 2017). El rábano (*Raphanus sativus L.*) es una planta de gran importancia por sus propiedades farmacéuticas y altos contenidos vitamínicos y de minerales; 100 g de materia fresca de rábano contienen 0,86 g de prótidos, 30 UI (unidades internacionales) de vitamina A, 30 mg de vitamina B1, 20 g de vitamina B2 y 24 mg de vitamina C. Presenta además un contenido de 37 mg de Ca, 31 mg de P y 1 mg de Fe (Ramírez & Pérez, 2006).

Hoy por hoy, se presta gran atención al uso de estas hortalizas en la búsqueda de productos alimenticios con mayor aporte nutricional, que puedan aventajar en la competitiva industria agroalimentaria, siendo los productos snacks, una de las gamas en las cuales se está incursionando positivamente y de la cual existe una gran aceptación.

## **1.2 Definición de snacks**

La definición de snacks depende de factores externos como son la hora del día en la que son consumidos, en cuyo caso se describe como un alimento que se consume como merienda en los intervalos de las comidas. Por otra parte de acuerdo a la disponibilidad y tipo del alimento, los snacks se definen como alimentos aperitivos con una carga energética elevada, con altos contenidos de sodio, grasa y poco nutritivos (Bellisle, 2014; Hess *et al.*, 2018; Jenkins *et al.*, 1989).

### **1.2.1 Las nuevas alternativas de snacks**

Los snacks son uno de los alimentos consumidos para satisfacer el hambre temporalmente, que dan placer al paladar por sus sabores atractivos. Debido a su poco valor nutricional, la industria se ha dado a la tarea de rediseñar estos productos para hacerlos saludables y originalmente más naturales. Para el año 2012, fueron lanzados al

mercado, casi el 10% del total de nuevos productos snacks de fruta, constatándose así las amplias posibilidades y expectativas que plantea dicho segmento (Carreres, 2013). Es así como hoy día se encuentran en el mercado snacks Fruit de fruta deshidratada (melocotón, manzana roja y verde, pera y piña), Natursoy sustituyente de las papas fritas (chips de verduras, chip de lentejas, chips de maíz y queso, chips de garbanzo y chips de quinua), Cruchips láminas de carne de vacuno crujientes, Wise Nature Nibs de cacao pepitas de chocolate hechas con cacao de un cultivo ecológico de Perú, el Granero Integral ofrece tortillas de arroz con cúrcuma y pimienta, también de arroz y quinua (Panea, 2018).

La creciente tendencia hacia productos saludables dentro de esta línea podría llegar a reducir el éxito de ciertos productos categorizados hoy día como snacks. La mayor producción de snacks poco saludables está basada en frituras a base de papas (limón, risadas, pollo, mayonesa, tomate, lizas, kaseritas, fosforitos y mixtos), maíz (cochilitos, arepitas empanadistas, doritos, tatos, chitos, chokis y gudiz), plátano (plátano madura, plátano verde, verde ondulado y verde onduladas limón), chicharrón, tocineta y yuca, entre otros. Estas variedades de snacks presentan la particularidad que son añadidos en las loncheras de niños o como pasabocas en reuniones, que son fácilmente utilizados según la ocasión. El excesivo consumo de estos productos son causantes de problemas de salud, en especial, problemas de obesidad causando preocupación entre los consumidores, ya que es una de las principales causas de enfermedades entre las que se mencionan cardiovasculares, cáncer, diabetes, osteoartritis y enfermedades crónicas del riñón, de este modo, a escala mundial, la obesidad se ha convertido en un problema de salud pública.

A fin de reducir estos padecimientos de salud, los Estados miembros de la Organización Mundial de la Salud (OMS), promovieron en el 2013, una resolución para introducir la meta para detener la expansión de la obesidad en 2025 (Romero *et al.*, 2016). La inclusión de hortalizas en un consumo diario evidencia beneficios en la prevención de enfermedades de la vida moderna (hipertensión, diabetes y obesidad) (Chan *et al.*, 2014; Peñas *et al.*, 2013).

Las hortalizas son una fuente destacable de fibra y antioxidantes, además provee varias vitaminas del complejo B como la tiamina, esencial en el metabolismo de carbono (Presti *et al.*, 2015);(Lupín & Rodríguez, 2009). Estas presentan un alto contenido nutricional y medicinal, algunas son muy útiles como desintoxicantes y depuradores de la sangre, por ayudar con la producción de anticuerpos ricos en hierro (Bjarnadottir, 2015). Asimismo algunas de éstas presentan propiedades digestivas al aumentar la producción de jugos biliares, ayudando a disgregar mejor las grasas, así como también logran neutralizar bacterias perjudiciales para la salud (Flores, 2015).

### **1.2.2 Las hortalizas en los productos snacks**

Ante la necesidad de cambiar el concepto de los productos snacks hacia la proyección de mejores hábitos alimenticios, hoy día se están realizando grandes esfuerzos desde la industria para desarrollar snacks con mayor valor nutricional y que además promuevan el consumo de hortalizas, por ser estas reconocidas en su gran aporte en la dieta saludable.

Dentro de las hortalizas en los snacks, la industria ha incluido el pimentón, la remolacha, el tomate, la calabaza, la zanahoria y el brócoli, productos que se encuentran disponibles en mercados especialmente en los países Europeos y Estados Unidos.

### **1.2.2.1 Calidad nutritiva de las hortalizas**

La recomendación habitual de consumo de hortalizas entre las comidas se enfrenta con el estilo de vida de la mayoría de los ciudadanos en países desa

rollados y en las ciudades más avanzadas, donde se hace necesario estar mucho tiempo fuera de casa, que aunque son productos primarios que no requieren mucho tiempo para su preparación, no es fácil su inclusión dentro de la dieta, principalmente la de los niños. Por otro lado, las hortalizas son perecederas y por tanto no pueden ser almacenadas por largos periodos de tiempo, por lo que la su inclusión dentro de los productos snacks permitirá además su conservación, facilitando el acceso a las hortalizas en cualquier momento del día (Méndez, 2013).

Dentro de las diferentes materias primas que se utilizan para la elaboración de snacks se tiene: la zanahoria (*Daucus carota*) pertenece a la familia Umbelíferas, es una raíz considerada un alimento excelente desde el punto de vista nutricional, debido a que es fuente importante de vitaminas y minerales. Es considerada un vegetal con los mayores contenidos de fibra dietética natural. Su mayor componente es el agua seguido de los carbohidratos, el color naranja se debe a la presencia de carotenos, entre ellos el B-caroteno, el cual es un pigmento de la zanahoria que el organismo transforma en vitamina A según la necesidad (Rendón; & Blanco, 2015).

Otra materia prima es la remolacha (*Beta Vulgaris*), quien presenta características similares a la zanahoria pero con mayor contenido de azúcares (10 – 20%). Es una hortaliza de raíz redonda, perteneciente a la familia de las Quenopodiáceas. Inicialmente forma la raíz principal y constituye las reservas energéticas. Su fruto es un agregado de dos o más semillas, recubiertas de una envoltura irregular seca (Vigliola, 1998). El rábano (*Raphanus Sativus*) es otra hortaliza considerada una raíz comestible de la familia *Brassicaceae*. Es un engrosamiento del parénquima tomando forma redonda o alargada, los cuales almacenan sustancias alimenticias y medicinales que le dan un sabor picante bastante fuerte pero generalmente agradables al gusto. (Vigliola, 1998) descubre que la composición del rábano es de alto valor nutricional, por lo que es sugerido como tratamiento alternativo en diferentes enfermedades.

Finalmente la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*), es una especie de la familia umbelífera, la forma de la raíz es recta o encorvada y algunas veces achatada en la parte superior, con terminación en punta similar a una yuca, la superficie es casi lisa, recubierta por película delgada presentando cicatrices transversales similar a la zanahoria (Rodríguez et al., 2000). Nutricionalmente se destaca el contenido de calcio y fósforo (10-25%), además también destaca el contenido de almidón.

La remolacha, la zanahoria y el rábano presentan componentes tales como: la tiamina (vitamina B1), la cual ayuda al buen funcionamiento del sistema nervioso, la riboflavina

(vitamina B2) necesaria para mantener la piel sana y participa en la liberación de la energía que proviene de los alimentos, la vitamina A especial para el crecimiento normal, la buena salud de la piel (antioxidante), ojos, dientes, encías y cabello, el potasio participa en la regulación del balance del agua en el organismo evitando la retención de líquido y mantiene la presión sanguínea, la fibra reduce los niveles de glucosa en sangre, al igual que los niveles de colesterol y aumenta la saciedad (Flores, 2015). Además la zanahoria contiene beta-carotenos que son precursores de la vitamina A y minerales de entre los que se destaca el potasio y en menor medida magnesio, yodo, calcio, azufre, bromo, cobre y hierro. Las fibras solubles de las hortalizas manejan el control del tránsito intestinal, mientras que las solubles el de azúcar en sangre y colesterol. Los folatos de la remolacha generan glóbulos rojos, blancos y aporte de energía, al igual que la riboflavina, la niacina (vitamina B3) tiene su aporte en el sistema digestivo (Laguna & Valdivia, 2015).

### **1.2.3 Procesos tecnológicos en la elaboración de snacks**

#### **1.2.3.1 Acondicionamiento, desinfección y pelado**

Para la elaboración de snacks generalmente se suele partir de procesos como limpieza y desinfección de la hortaliza con hipoclorito de sodio, sanitizante altamente empleado en la industria de futas y hortalizas a una concentración de entre 50 a 200 ppm, siendo el tiempo de contacto entre 1 a 2 minutos (FDA, 2014). El pelado implica la remoción de la corteza de la hortaliza empleando utensilios de acero inoxidable y es realizado manualmente, al mismo tiempo se ejecuta la reducción de tamaño que consta de convertir en rodajas u otro tipo de corte la hortaliza con el fin de facilitar el siguiente proceso.

#### **1.2.3.2 Escaldado**

El escaldado, o sea la exposición de las piezas de fruta a altas temperaturas durante unos pocos minutos, es una operación de control crítica en el procesamiento de frutas autoestables. En métodos tradicionales de conservación, la función principal de este tratamiento es destruir las enzimas que podrían deteriorar las hortalizas y las frutas. Pero en estas técnicas de procesamiento mínimo, el escaldado tiene también el importante rol de reducir la carga microbiana inicial mediante la inactivación de microorganismos sensibles al calor. Las temperaturas utilizadas son letales para las levaduras, la mayoría de los hongos y los microorganismos aeróbicos. Así se ha encontrado que el escaldado reduce la carga microbiana entre un 60 y un 99 por ciento (Alzamora, *et al.*, 1995). Además este tratamiento tiene un efecto sensibilizante sobre los microorganismos sobrevivientes, los que se vuelven menos resistentes a los estreses impuestos por la reducción de pH y de  $a_w$  y por la presencia de sorbatos, sulfitos u otros antimicrobianos.

Aunque muchas tecnologías de procesamiento podrían utilizarse para la vida útil de las frutas y hortalizas, las más usadas en la industria alimentaria actual está blanqueado (escaldado) y deshidratación. El blanqueo es un pretratamiento antes del secado de los frutos y de las vegetales. El principal objetivo del blanqueo es inactivar las enzimas tales como peroxidasa, polifenoloxidasas y fenolasa que causa muchos cambios adversos de un producto (Hiranvarachat, *et al.*, 2011).

El escaldado o blanqueado consiste en sumergir la hortaliza en agua caliente, un promedio de temperatura de 88 a 99 °C y un tiempo de 1 a 3 minutos, estas condiciones pueden variar según el requerimiento de cada hortaliza (Rahman, 2003), el escaldado es efectuado posterior al secado con aire, el fin de emplear escaldado es, inactivar enzimas causantes del deterioro bioquímico en hortalizas, se toma como referencia las peroxidasa, dado que es el sistema enzimático más termoresistente, siendo el causante de cambios en la coloración y sabor de las hortalizas, estos son un importante atributo de calidad (Burnette, 1977; Howard *et al.*, 1996), el escaldado también permite la fijación del color, remover el aire atrapado en los tejidos y remueve los azúcares reductores. Por otro lado durante el proceso de daña la pared celular permitiendo el paso de agua (Guzman *et al.*, 2012), facilitando un posterior secado de la hortaliza. Existen otros métodos de escaldado de entre los cuales tenemos el calentamiento por microondas y calentamiento óhmico, son nuevas tecnologías más costosas y que pueden generar modificaciones en poco conocidas en las hortalizas.

En la elaboración de snacks se han estudiado diferentes tipos de escaldado, como son el escaldado térmico microondas, por radio frecuencia, el homico y el escaldado al vapor y en inmersión en agua y el no térmico que son altas presiones, el ultrasonido y el infrarrojo los cuales causan efectos indeseables principalmente en propiedades de textura, en los nutrientes solubles en la pigmentación y aroma (Gębczyński & Kmiecik, 2007; Gonçalves *et al.*, 2009; Jaworska *et al.*, 2010; Lespinard *et al.*, 2009; Olivera *et al.*, 2007; Rungapamestry *et al.*, 2007; Song *et al.*, 2003; Volden *et al.*, 2009). El escaldado en inmersión en agua es considerado uno de los tratamientos tecnológicos más importantes ya que esto inactiva enzimas responsables de la producción de olores y sabores desagradables así como enzimas que generan pardeamiento. Así mismo el escaldado en agua mantiene el color fresco, estabiliza en calidad de la textura y destruye microorganismos perjudiciales. Sin embargo este es muy asociado a la pérdida de clorofila y carotenoides (Lisiewska *et al.*, 2004).

El escaldado en inmersión ha sido muy empleado en zanahoria (Ando *et al.*, 2016; Chen *et al.*, 2018; Goyeneche, Di Scala, & Roura, 2013; Lemmens *et al.*, 2009; Neri *et al.*, 2014; Wu *et al.*, 2014; Xu, Yu, & Li, 2015) en el rábano solo se (Goyeneche *et al.*, 2013) quienes lo emplearon para inactivar la enzima polifenoloxidasas, pero no se encuentran registros sobre su uso en la remolacha y la arracacha, encontrándose estudios de aplicación del escaldado para éste último en harina.

### **1.2.3.3 Tratamiento enzimático (hidrólisis de almidón)**

La hidrólisis de almidón es la reacción química en la se ioniza la molécula de agua, dividiendo el compuesto hidrolizado. Este proceso tiene reacción por vía hidrotermica, acida, básica o enzimática teniendo como fin la degradar carbohidratos complejos en azúcares más simples (Damien, 2010). Dentro de las hidrólisis la más adecuada para la degradación del almidón es la hidrólisis enzimática la cual emplea enzimas para degradar polisacáridos como el almidón presente en hortalizas, generalmente estas enzimas son amiloglucosidasas y amilasas aplicadas en conjunto para la degradación del almidón (García *et al.*, 2006).

Las enzimas se encuentran en todos los seres vivos y son piezas esenciales en su funcionamiento. Desde el punto de vista bioquímico son proteínas que actúan como

aceleradores de las reacciones químicas, de síntesis y degradación de compuestos. Una de las características más sobresalientes de las enzimas es su elevada especificidad. Esto quiere decir que cada tipo de enzima se une a un único tipo de sustancia, el sustrato, sobre el que actúa.

Las enzimas tienen muchas aplicaciones en diversos tipos de industrias, entre las que se destaca la alimenticia. En algunos casos, como la obtención de yogur, o la producción de cerveza o de vino, el proceso de fermentación se debe a las enzimas presentes en los microorganismos que intervienen en el proceso de producción. Sin embargo, otros procesos de producción de alimentos, pueden realizarse mediante la acción de las enzimas aisladas, sin incluir a los microorganismos que las producen. Desde hace unas décadas se dispone de enzimas relativamente puras extraídas industrialmente de bacterias y hongos, y algunas de ellas de las plantas y los animales y con una gran variedad de actividades para ser utilizadas en la elaboración de alimentos.

En lo que concierne a las enzimas que actúan sobre los carbohidratos, se encuentra las amilasas que se encuentran ampliamente distribuidas en la naturaleza, son las enzimas responsables de la degradación del almidón, hidrolizan los enlaces glucosídicos  $\alpha$ -1-4. Las amilasas se pueden dividir en tres grupos:  $\alpha$  amilasas (E.C 3.2.1.1), las cuales rompen al azar los enlaces en el interior del sustrato (endoamiladas);  $\beta$ -amilasas (E.C 3.2.1.2) las cuales hidrolizan ordenadamente unidades de maltosa a partir de los extremos no reductores del sustrato (exoamilasas) y glucoamilasas (E.C.3.2.1.3) que liberan unidades de glucosa a partir de los extremos no reductores del sustrato. Lo que la diferencia claramente de las  $\alpha$  y  $\beta$  amilasas. La enzima también produce pequeñas cantidades de oligosacáridos.

El proceso de conversión del almidón a glucosa generalmente está representado en dos etapas (licuefacción y sacarificación). La licuefacción se presenta cuando se emplea la enzima  $\alpha$ -amilasa (durante o después de gelatinizar el almidón), cortando las cadenas de los polímeros amilosa y amilopectina en cadenas de tamaño regular, dando como resultado dextrinas, maltosa, maltotriosa y maltopentosa. Para la producción de glucosa, se requiere de una segunda etapa consecutiva a la licuefacción denominada sacarificación, adicionando la enzima amiloglucosidasa (AMG) dando como principal producto la glucosa.

#### **1.2.3.4 Secado**

Una etapa que se emplea para la elaboración de snacks es el secado. Por tratarse que las hortalizas son perecederas y por tanto no pueden ser almacenadas por largos periodos de tiempo, el secado es un método de conservación, que permite acceder a las hortalizas dando origen a los snacks (Méndez, 2013).

Generalmente este tratamiento se suele emplear directamente en el producto crudo fresco o sobre aquel que ha sido sometido a un pretratamiento como el escaldado. En este último caso, después de estar listo el escaldado se pasa al secado, el cual cumple con varios fines tecnológicos como conservar, mejorar propiedades de textura como la crocantes, entre otros.

Actualmente se conocen diferentes métodos de secado dentro de los más comunes esta: la liofilización donde se elimina el agua mediante sublimación y previa congelación, reduciendo daños a componentes termo sensibles y destrucción del tejido debida a la congelación (Cortés *et al.*, 2015). Otro método es el secado en microondas dado por la molécula de agua que al ser un dipolo eléctrico y someterse a un campo eléctrico oscilante de elevada frecuencia, los dipolos son orientados con cada cambio de polaridad produciendo de este modo la fricción en el alimento que hace generar calor.

También están los hornos secadores los cuales manejan diferentes pisos, (Kader, 1992). El secador de bandeja, el cual consiste en una cámara donde se dispone la muestra a un flujo de aire caliente que se mantiene en constante circulación a través de un ventilador (Grau *et al.*, 2001). Para el secado rotatorio o rotativo se aplica a gran cantidad de materiales en la industria dado que es un método económico y rápido. El material dentro del secador se encuentra en constante movimiento y el aire puede ser paralelo o a contracorriente, (Cano, 2014).

Las características fisicoquímicas de los alimentos deshidratados son directamente afectadas por la velocidad de secado, la cual es influenciada por las propiedades del material como la densidad y el contenido de humedad. La velocidad del aire es recomendado no aplicar la máxima dado que causa encogimiento y/o agrietamiento en la superficie, también por la composición de la hortaliza, al deshidratarla sufre cambios en las propiedades fisicoquímicas causadas por la temperatura y reducción del contenido de agua origina la concentración de solutos afectando las vitaminas, carbohidratos y pigmentos (Estrada, 2006). El objetivo del secado es reducir la actividad acuosa en la hortaliza limitar el crecimiento de microorganismos y detienen las reacciones químicas causantes de deterioro. En el secado se debe tener en cuenta el estado en que se encuentra el agua dentro de la hortaliza es importante para conferir estabilidad al producto en el almacenamiento, debido a que en las hortalizas el mayor componente es el agua requiere de mayor energía para que sea eliminada (Marín *et al.*, 2006; Rahman, 2003). En las hortalizas y alimentos en general se encuentra dispuesta como agua libre y agua logada, siendo el agua libre la que se elimina durante el proceso de secado, mientras tanto el agua ligada se encuentra combinada con las proteínas, moléculas de sacáridos, también absorbida en superficie de partículas coloidales (Fennema, 2010). La reducción del contenido de agua en las hortalizas es determinada por la actividad acuosa medida por porcentaje de humedad, a menor porcentaje se asegura un mayor tiempo de vida útil.

El secado es uno de los métodos más utilizados en la industria de alimentos con el objetivo de obtener productos con una vida útil más estable y alargada. De las diferentes aplicaciones el secado se utiliza para obtener frutas y vegetales deshidratados (Cui *et al.*, 2018; Huang *et al.*, 2009). Sin embargo al emplear este proceso tecnológico en el desarrollo de productos snacks es decisivo valorar las variables tecnológicas, como el tiempo de secado con el fin de definir las condiciones más óptimas que generen las menores pérdidas en cuanto a la calidad y a un costo razonable, ante este hecho estudios se han realizado con el fin de obtener un método de secado que permita características únicas en los productos (Clary *et al.*, 2007; Wang *et al.*, 2007; Wang *et al.*, 2004; Zhang *et al.*, 2006).

El secado con aire es un método que ha sido estudiado en la elaboración de productos snacks, en los que se ha empleado frutas, principalmente, manzana (Cui *et al.*, 2018, Djekic *et al* 2018), piña (Mateus de Lima *et al.*, 2016), mango (Sehrawat *et al.*, 2018), en hortalizas más comúnmente zanahoria (Roxana *et al* 2015) y apio (Christian, 2017). Sin embargo, no se registran estudios que identifiquen las variables tecnológicas de procesos como el escaldado, la hidrólisis del almidón y el secado en hortalizas como el rábano, la zanahoria, la remolacha y la arracacha, que permitan establecer un proceso completo en el que se articule hortalizas de bajo consumo con gran riqueza nutricional, con sabores propios sin adición de edulcorantes, endulzantes o saborizantes generados a partir de hidrólisis de compuestos naturales de la hortaliza como el almidón, que además proporcione propiedades organolépticas que induzcan su consumo.

El contenido de humedad en los alimentos, es uno de los factores indicadores de deterioro, algunos alimentos que presentan el mismo contenido de humedad son diferentes en su estabilidad por esto el secado se define en términos de la actividad acuosa. Durante la deshidratación se muestra una cuantiosa reducción del peso y volumen del alimento, así como también en los cambios de tamaño y forma, los cambios de color pueden darse en caso de altas temperaturas, es importante el cambio de textura dado al encogimiento celular provocado por la pérdida de agua, como al posible cambio de estado gomoso a vítreo (Grau *et al.*, 2001).

En el secador el aire es forzado por ventiladores, teniendo como fuente de energética la electricidad encargada de calentar la resistencia. Las condiciones de secado apropiado tiene en cuenta comprensión apropiada de temperatura, velocidad y la humedad relativa del aire empleado en la obtención de producto seco con calidad ideal (Djekic *et al.*, 2018). El hecho de reducir la humedad en el alimento se conocen beneficios de retardo por deterioro microbiano y químico, al igual que reduce en gran medida el volumen, permitiendo un almacenamiento y transporte a bajo costo (Alva *et al.*, 2013).

#### **1.2.4 Parámetros de calidad de los snacks**

Los principales parámetros que se miden en un producto tipo snack son la textura, el color y el contenido de grasa principalmente, (Hasbún, *et al.*, 2009). Estos se refieren a la aceptabilidad sensorial ya que ellos son percibidos directamente por los sentidos (Alvis, *et al*, 2008). Asimismo, se ha de tener en cuenta que los snack saludables deben mantener características originales tales como compuestos que son beneficiosos para el consumidor como pigmentos, vitaminas y minerales especialmente.

La textura, es un conjunto de propiedades que depende de la estructura del alimento, sensorialmente se compone de propiedades mecánicas, geométricas y de la humedad, relacionándose con la deformación, desintegración y flujo del alimento sometido a una fuerza y son medidos en función de la masa, el tiempo y la distancia (Lucas, 2011). En papas fritas la textura es el principal factor que determina la aceptabilidad y depende tanto de la materia prima como del procesamiento y período de posfreído. Una papa frita de buena calidad es aquella que tiene una corteza exterior crocante pero no dura ni chiclosa” y un centro húmedo, como papa cocida. La característica crocante de la corteza proviene

probablemente de la condición vítrea del almidón a baja humedad (2%) la que se pierde al migrar el agua desde el centro húmedo (Aguilera, 1997)

(Shaviklo, *et al.*, 2015), estudiaron el procesamiento y las condiciones óptimas para el desarrollo de un snack extruido de camarones y maíz y su vida de almacenamiento. Se utilizó camarones secos en polvo hechos a partir de camarones Kiddi (Gentek) de bajo valor comercial. Para el óptimo diseño de la mezcla se basaron en los ingredientes principales, es decir en el grano de maíz, el polvo de camarón y el azúcar. Se evaluó el efecto sobre la calidad sensorial. El snack optimizado de maíz hinchado extruido contenía 2,5 g/100 g de humedad, 6,3 g/100 g de proteína, 28,2 g/100 g de lípidos, 4,2 g/100 g de ceniza y 58,8 g /100 g de hidratos de carbono. La ausencia de *E. coli spp.*, *Salmonella* y los bajos recuentos de Coliformes, hongos y levaduras indicaron que los snacks fueron microbiológicamente seguros para el consumo. El desarrollo del producto reveló que los atributos sensoriales de los snacks de control y de camarón de maíz fueron estables durante el almacenamiento, aptos para la comercialización de snack de camarón extruido. Asimismo, la calidad de los snack de maíz-camarón proporciona a las industrias condiciones optimizadas para la utilización de camarones de bajo valor.

De otra parte, (Wang, *et al.*, 2015) utilizaron la harina de plátano verde (GBF), como ingrediente funcional, para sustituir parcialmente al almidón de yuca en dos tipos de snack, Galleta de pescado (FC) y galleta de mandioca (CC). Los resultados mostraron que el uso de GBF aumentó el valor nutricional incluyendo la mejora de la fibra dietética, minerales esenciales, el contenido de polifenoles, la capacidad antioxidante y mostró una disminución del contenido de aceite en las dos galletas. Sin embargo, su uso comprometió las propiedades texturales en términos de la relación de expansión lineal, densidad aparente, porosidad y color. La evaluación sensorial mostró que los productos con un nivel de sustitución no superior a 40 g de GBF por 100 g de almidón de yuca en CC y no más de 15 g de FC fueron aceptables por los panelistas.

Son muy pocos los trabajos desarrollados en el campo alimenticio sobre la zanahoria blanca, pues la mayoría de ellos han sido dirigidos a evaluar la composición química del tubérculo, según (Palacios, *et al.*, 2011) en arracacha blanca la composición en componentes mayoritarios es en humedad es de 71,56%, carbohidratos el 25,13% y almidón el 17,72%, mientras que el arracacha amarilla el contenido de humedad es del 68,8%, carbohidratos el 27,59% y almidón el 18,01%. Por tanto es un producto rico en almidones finos, proteína, caroteno, calcio, fósforo y magnesio, entre otros; esto, aunado a su agradable sabor, hace que sea considerada la raíz andina más promisoría (Hermann, 1997).

(Dietz, *et al.*, 1988) reportaron el 60% de retención de  $\beta$ caroteno en zanahorias escaldadas en agua hirviendo por 30 minutos y 99% cuando se escaldan con vapor durante el mismo tiempo. Por su parte (Bao & Chang, 1994), indicaron que se retiene el 45% de  $\beta$ -caroteno y 50% de  $\alpha$ -caroteno en zanahoria escaldadas por 5 minutos en agua hirviendo.

El color de la zanahoria, que está relacionado con el contenido de carotenos, también puede disminuir después de ser sometidas a escaldado. Para medir el color, es común utilizar un colorímetro, el cual es capaz de medir los colores que reflejan las superficies. El color, tal y como lo percibe el ojo humano tiene tres dimensiones: matiz o tono, cromaticidad y luminosidad (Konica, 2003).

Estudios sobre el procesamiento mínimo de zanahorias han sido estudiados (Bolin & Huxsoll, 1991; Cisneros-Zevallos & Saltveit, 1997). Uno de los riesgos en zanahoria constituye su aporte alto de pigmentos carotenoides y fibra dietética y la importancia de su estabilidad. Así el deterioro de zanahorias mínimamente procesadas se caracteriza por el cambio de color superficial que sufren en consecuencia de la deshidratación parcial y de su fisiología en lo que concierne a la formación de lignina y oxidación de los carotenoides que origina cambio de color de naranja intenso a naranja pálido (Bolin & Huxsoll, 1991; Cisneros-Zevallos & Saltveit, 1997).

Para controlar el color se han ensayado diferentes métodos, tales como inhibir la lignificación mediante el escaldado. En este sentido se han aplicado bajas temperaturas y tiempos muy cortos para evitar daños en la calidad y fisiología del producto (Jackman & Stanley, 1995). Se ha logrado establecer que escaldar zanahorias en medio ligeramente ácido ( $\text{pH} \leq 4,5$ ) a temperaturas de 60 °C protegiéndola de la degradación térmica.

(Carrasco, *et al.*, 2002) estudiaron el efecto individual y combinados del escaldado ( 1% ácido cítrico, 50 °C por 30 segundos) sobre la calidad de zanahorias frescas y pre cortadas encontrando que el tratamiento con solo escaldado a 20°C por 30 segundos y 1% de ácido cítrico y las humectadas con glicerol al 3% con el mismo tiempo y temperatura indujeron menos cambios en la intensidad del color naranja en comparación con tratamientos testigo (escaldado a 20°C por 30 segundo) y en tratamiento combinado con escaldado y combinado a 20 segundo de inmersión.

## **2. OBJETIVOS**



### **2.1 Objetivo general**

Establecer las variables tecnológicas del secado de hortalizas para la obtención de snacks saludables.

### **2.2 Objetivos específicos**

Determinar los tratamientos previos requeridos para la obtención de snacks a base de hortalizas.

Establecer el tiempo y la velocidad de secado para cada hortaliza en la obtención de snacks.

Evaluar el efecto de las variables tecnológicas empleadas, en las características fisicoquímicas de los snacks a base de hortalizas.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**



### **3. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 Determinación de los tratamientos previos requeridos para la obtención de snacks à base de hortalizas**

En la obtención de snacks se hace necesario, en algunos casos, la aplicación de tratamientos previos al proceso de secado con la finalidad de evitar cambios indeseables en los productos empleados. Para el caso del rábano, zanahoria, arracacha y remolacha, por su composición, son propensas a modificaciones en el color que se generan por reacciones de pardeamiento enzimático, las cuales pueden ser controladas a partir de escaldado o hidrolisis. Sin embargo en esta primera fase de la investigación se consideró si son requeridos los tratamientos previos al secado en relación a las características de crocantes, sabor y color del snacks obtenido en cada caso. Se prepararon tres grupos de muestra, (1) Hortalizas frescas sin tratamiento previo, (2) hortalizas escaldadas y (3) hortalizas con tratamiento de hidrolisis de almidón, esto con el fin de determinar si era necesario el tratamiento de escaldado previo al secado.

##### **3.1.1 Material vegetal**

Las hortalizas de remolacha (*Beta Vulgaris*), rábano (*Raphanus sativus*), zanahoria (*Daucus carota L.*) y arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) fueron suministradas por la asociación Asoagromutis de Mutiscua (Norte de Santander).

##### **3.1.2 Preparación de las muestras**

El rábano, zanahoria, arracacha y remolacha fue seleccionada por color y tamaño y sometidas a desinfección en hipoclorito de sodio a 50 ppm durante 3 minutos, posteriormente fue retirado el tallo y se troceo mecánicamente con un grosor de 2 mm. Las láminas de cada hortaliza fueron divididas en tres lotes, el primer lote se llevó a escaldado cuyo tiempo y temperatura fue: rábano y zanahoria 80 °C por 3 min, la arracacha y la remolacha 60°C por un tiempo de 3 min. En el segundo lote la hidrólisis de almidón (1% enzima en relación a la solución por un tiempo de 60 minutos a 40°C), las rodajas fueron dispuestas en la solución de alfa amilasa y llevadas a la incubadora y el tercer lote se estableció como la muestra control, láminas de hortalizas sin tratamiento previo. Posteriormente, se realizó un drenado, secado de las láminas las cuales ingresaron al túnel de secado por aire forzado Marca EDIBON, cuya velocidad empleada fue de 6 m/s y 8 m/s a una temperatura de 60°C, variándose el tiempo de secado para cada raíz (remolacha, zanahoria, rábano y arracacha), hasta que se llegó a una humedad de 3% aproximado.

##### **3.1.3 Evaluación de la influencia de los pretratamientos en las características de los snacks de hortalizas**

La influencia de los pretratamientos se evaluó en el color y los sólidos solubles totales de cada una de las hortalizas sin que estas hubiesen sido sometidas a un proceso de secado.

Para la evaluación de la influencia de los pretratamientos en la crocantes y sabor, las muestras una vez pre tratadas fueron sometidas al proceso de secado a una velocidad de 3,76 m/s por un tiempo de 8 horas, con el fin de realizar el análisis sensorial, y evaluar si

éste es requerido para la elaboración de snacks de remolacha, zanahoria, rábano y arracacha.

### 3.1.3.1 Determinación de Sólidos Solubles totales (SST)

Se obtuvo una rodaja de 1 cm de espesor a nivel ecuatorial, de la cual se extrajo una gota del jugo y por refractometría se determinó el valor expresado en grados Brix (Christian, 2017).

### 3.1.3.2 Evaluación sensorial del sabor y crocantes

El sabor y la crocantes fueron evaluados por el método de preferencia a partir de un panel de 30 jueces consumidores, a estos se les solicitó algunos datos personales descritos en la figura 1, en esta prueba se preguntó a los jueces cuál de las muestras prefería marcando con una X y se pidió que mencionara bajo que atributo (sabor/crocantes) realizaron la evaluación (figura 2). Para lo cual se emplearon tres series de muestras codificadas, los jueces evaluaron cada juego de muestra una vez y se solicitó que al final de cada muestra tomara agua para evitar interferencia entre muestras (Ramírez *et al.*, 2018).

**Figura 1.** Datos personales solicitados a los jueces.

INFORMACION DATOS PERSONALES	
Nombre: _____	Fecha: _____
Lugar de procedencia: _____	Edad: _____
Correo: _____	
Teléfono/celular: _____	
¿Es usted consumidor de snacks saludables?	
<input type="checkbox"/> Sí.	
<input type="checkbox"/> No.	
Si su respuesta es sí indique la frecuencia.	
<input type="checkbox"/> Diaria	
<input type="checkbox"/> Semanal	
<input type="checkbox"/> Quincenal	
<input type="checkbox"/> Mensual	
¿Qué tipo de productos snacks saludables consume?	
<input type="checkbox"/> Frutos secos	
<input type="checkbox"/> Mixtos (frutos y semillas)	
<input type="checkbox"/> Verduras	
<input type="checkbox"/> Hortalizas	
<input type="checkbox"/> Otros: ¿Cuál? _____	
¿Cuál/cuales de las siguientes características considera más importante en los productos snacks saludables que usted consume?	
<input type="checkbox"/> Color	
<input type="checkbox"/> Tamaño	
<input type="checkbox"/> Crocantes	
<input type="checkbox"/> Dureza	
<input type="checkbox"/> Sabor	

**Figura 2.** Ficha de cata prueba de preferencia.

Nombre: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Lugar de procedencia: \_\_\_\_\_

Lugar de prueba: \_\_\_\_\_

**PRUEBA DE PREFERENCIA**

Ante usted tiene 3 series de muestras codificadas que corresponde a snacks de hortalizas, compare cada pareja e indique con una X cuál de las muestras prefiere.

Muestras	Indique cual atributo (sabor / crocantes) es el que marca esa preferencia
267    562	
782    359	
621    472	

Observaciones: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

¡Gracias!

### 3.1.3.3 Evaluación del color

El color de las muestras de snacks fue analizado por triplicado a partir de un espectrofotocolorímetro marca X-RITE modelo SP-62, El instrumento se calibro usando una placa estándar blanca y negra, expresando el color en parámetros CIEL\*a\*b\* donde L\*= 100 es la luminosidad, a\* representa los tonos rojos (+) y verdes (-), y b \* representa los tonos amarillos (+) y azules (-). Para la evaluación del color se tomaron rodajas de al azar de cada muestra y realizando la medición directa con e espectrofotocolorímetro se procedió a la lectura, esto para las muestras frescas y secas de cada hortaliza (Castro, 2015).

### 3.1.3.4 Efecto del pretratamiento en las características de los snacks de hortalizas

Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de la varianza y las diferencias significativas a partir del método post-hoc DMS, Tukey y, considerando un nivel de significación del 5%.

## 3.2 Identificación del tiempo y velocidad óptima de secado para cada hortaliza en la obtención de snacks

Una vez se identificaron los pretratamientos requeridos para cada hortaliza, la segunda fase de esta investigación se estableció el tiempo y la velocidad óptima de secado para cada una de las hortalizas, siendo el porcentaje de humedad final la variable para dicha definición.

### 3.2.1 Proceso de obtención de snacks

Las hortalizas de estudio (rábano, zanahoria, arracacha y remolacha) se sometieron a diferentes procesos tecnológicos, tales como: pelado, troceado, escaldado, hidrólisis y secado, siguiendo la metodología que se describe a continuación.

Una vez seleccionada la hortaliza por color y tamaño, se sometió a la etapa de desinfección en hipoclorito de sodio a 50 ppm por un tiempo de 3 min, tras el cual fue iniciado el proceso de pelado manual y troceado mecánicamente con un grosor de 2 mm. La siguiente etapa se sometió el rábano, la zanahoria y arracacha a un proceso de escaldado y la remolacha a un proceso de hidrolisis, de acuerdo con los resultados obtenidos en el numeral 3.1. Posteriormente, se realizó un drenado, secado de las láminas las cuales ingresaron al túnel de secado por aire forzado, cuya velocidad era 3.76, 6 y 8 m/s a una temperatura de 60°C, variándose el tiempo de secado para cada hortaliza (remolacha, zanahoria, rábano y arracacha). Asimismo, el secado se realizó en diferentes tiempos con el fin de obtener un producto con humedad del 3% aproximado.

### **3.3 Efecto de las variables tecnológicas empleadas, en las características fisicoquímicas, sensoriales y nutricionales de los snacks a base de hortalizas**

Establecido el tiempo de secado requerido para cada hortaliza, se evaluó el efecto de los procesos tecnológicos en las características de color, humedad, minerales; así como sabor y crocantes sensoriales.

#### **3.3.1 Análisis de color.**

El color de las muestras de snacks fue analizado por triplicado a partir de un espectrofotocolorímetro marca X-RITE modelo SP-62, El instrumento fue calibrado usando una placa estándar blanca y negra, expresando el color en parámetros CIEL\*a\*b\* donde L\*= 100 es la luminosidad, a\* representa los tonos rojos (+) y verdes (-), y b \* representa los tonos amarillos (+) y azules (-). Obtenidas las muestras de cada hortaliza y según tratamiento, fue realizada la lectura directamente con el espectrofotocolorímetro.

#### **3.3.2 Determinación de la humedad.**

Se determinó por duplicado, a las cuatro hortalizas (zanahoria, remolacha, rábano y arracacha) por desecación hasta peso constante a  $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$  según el método oficial (AOAC, 1980 No 22 018) partiendo de muestra de 3 g triturada. Para ello se empleó una balanza de humedad OHAUS, para lo cual se colocó a punto el tiempo de exposición.

#### **3.3.4 Determinación de minerales.**

Se determinó, por duplicado a muestras fresca y seca de cada hortaliza previamente macerada, mediante la incineración de la muestra a  $550^{\circ}\text{C}$  hasta peso constante, y posteriormente se determinó la masa del residuo según el método oficial (AOAC, 1994 N° 9 16). Para ello se hizo necesario el uso de crisoles tarados con peso conocido según lo especifica el método oficial antes mencionado.

#### **3.3.5 Aceptación sensorial.**

Se evaluó la aceptabilidad sensorial del producto final mediante una escala hedónica de 7 puntos, 1 (me disgusta mucho) y 7 (me gusta mucho), para seis características sensoriales. Además se incorporó a la ficha de evaluación (figura 3) dos preguntas abiertas de gusto o disgusto según la apreciación propia de los jueces. La evaluación se llevó a cabo con 40 personas de entre 20 y 30 años de edad, que se declaren consumidores frecuentes de productos del tipo snack (consumo mínimo de 1 vez por semana).

### 3.3.6 Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron evaluados mediante análisis estadístico a través del programa SPSS versión 23.0 en español. Para evaluar la diferencia significativa entre los tratamientos, se aplicó una prueba de mínima diferencia significativa al 5% de probabilidad (Castro, 2015).

**Figura 3.** Ficha de cata prueba de aceptación.

Nombre: _____		Edad: _____		Fecha: _____				
Lugar de procedencia: _____								
Lugar de prueba: _____								
<b>PRUEBA DE ACEPTACIÓN</b>								
Frente usted se presenta 4 muestras codificadas que corresponde a snacks de hortalizas, pruebe la muestra e indique con una X según el nivel de aceptación que presento cada muestra, así mismo indique cual atributo (sabor/color) tuvo en cuenta para la calificación.								
Muestra	Me disgusta mucho	Me disgusta poco	Me disgusta moderadamente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta moderadamente	Me gusta	Me gusta mucho	Que atributo (sabor/color) consideró para esta calificación
432								
987								
456								
892								
Observaciones: _____								
_____								
_____								
¡GRACIAS!								

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**



## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

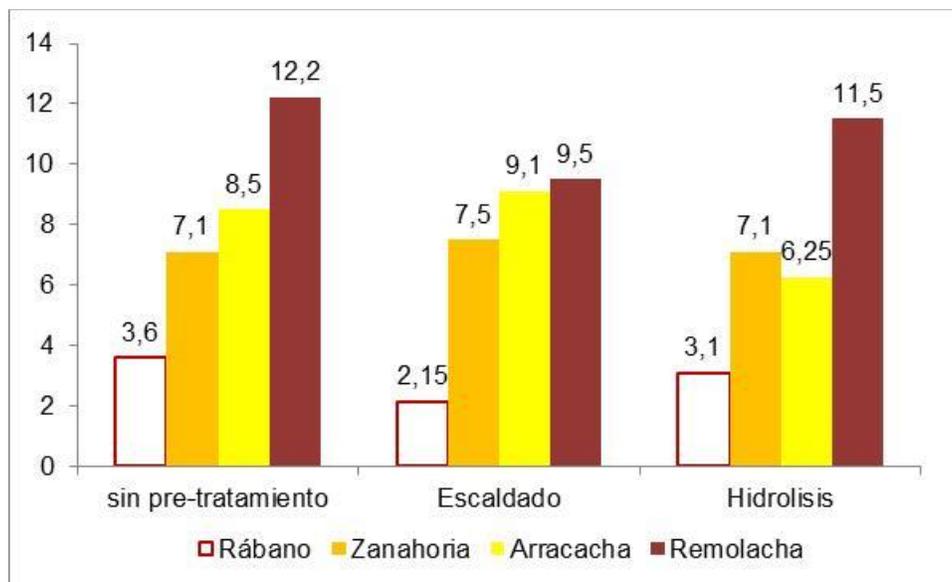
### 4.1 Evaluación de la influencia de los pretratamientos en las características de los snacks de hortalizas

#### 4.1.1 Determinación de Sólidos Solubles totales (SST)

En la figura 4 se presentan los resultados obtenidos del efecto del pretratamiento en el contenido de sólidos solubles totales de las hortalizas en la elaboración de snacks. De las hortalizas consideradas en el presente estudio, la remolacha es la que reporta mayor contenido (12,2 °Brix), seguido por la arracacha, la zanahoria y finalmente el rábano. Al emplear el escaldado como tratamiento preliminar al secado, se demuestra una mayor pérdida de sólidos solubles en las hortalizas, siendo más representativa para los casos de rábano y remolacha. En cualquiera de los dos casos se ha de tener en cuenta que fresco y escaldado son dos materiales diferentes aunque procedan de la misma muestra. En la hortaliza escaldada se observa que tiene lugar una solubilización de este componente, respecto a la muestra fresca.

Para el caso de la arracacha, el pretratamiento de hidrólisis es el que genera una mayor pérdida de los sólidos solubles totales.

**Figura 4.** Sólidos solubles totales de raíces con pretratamiento



Los sólidos solubles en las muestras reflejan que a pesar de la modificación en este componente, con relación al tratamiento previo, continúa respetándose el contenido de esta característica química, siendo el rábano y la remolacha, las raíces que presentan un menor y mayor contenido, respectivamente.

#### 4.1.2 Evaluación del color

En la tabla 1 se exponen los resultados promedios de la influencia del pretratamiento aplicado al color del rábano. El rábano es una hortaliza que en fresco (sin pretratamiento) se caracteriza por presentar un color interno muy luminoso ( $L^*$ ), con tonalidades ligeramente rojas ( $a^*$ ) y amarillas ( $b^*$ ). Al efectuar los tratamientos previos al secado de escaldado y de hidrólisis de almidón, se observa que se genera una pérdida del color, siendo ésta mayor al hidrolizar con  $\alpha$ -amilasa, obteniendo una pérdida del 79,26% en luminosidad, 54,86% en tonos rojos y 61,88% en tonos amarillos.

De acuerdo con la estadística, se presenta que el tratamiento de hidrólisis es el que genera un efecto significativo en la luminosidad del color del rábano, existiendo para las propiedades del color ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ), diferencias mínimas significativas del rábano hidrolizado con respecto al rábano fresco (sin pretratamiento).

**Tabla 1.** Resultados estadísticos del color ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ) en rábano

RÁBANO	$L^*$	$a^*$	$b^*$
Sin pre-tratamiento	77,27±2,38 <sup>a</sup>	1,13±0,29 <sup>abc</sup>	4,88±0,48 <sup>a</sup>
Escaldado	74,17±8,24 <sup>a</sup>	1,77±0,72 <sup>b</sup>	3,44±0,14 <sup>ab</sup>
Hidrolisis	61,25±2,33 <sup>b</sup>	0,62±0,11 <sup>c</sup>	3,02±1,21 <sup>b</sup>
<b>p-valor</b>	0,019	0,057	0,053

n= 3 ± D.T.; p-valor ≤ 0,05 existen diferencias significativas

<sup>a,b,c.</sup> letras diferentes entre filas existen diferencias mínimas significativas

Estos resultados estadísticos (DMS) son corroborados al realizar un análisis de Tuckey, el cual disgrega los pretratamientos en subconjuntos de acuerdo a su similitud, en donde la tabla 2, identifica dos subconjuntos homogéneos, el primero, en donde se conjuga el rábano hidrolizado y el segundo, el rábano escaldado y fresco (sin pretratamiento) para la luminosidad.

**Tabla 2.** Estadística Tukey para la luminosidad ( $L^*$ ) del rábano

Pretratamiento		N	Subconjunto para alfa = 0.05	
			1	2
HSD Tukey	Rábano hidrólisis	3	61,2567	
	Rábano escaldado	3		74,1700
	Rábano sin pre-tratamiento	3		77,2700
	Sig.		1,000	,751
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.				

En el caso de los tonos ( $a^*$ ), Tukey identifica dos subconjuntos, los cuales comparten un elemento en común, que es el rábano sin pretratamiento (fresco), con el cual el hidrolizado y el escaldado no difieren.

**Tabla 3.** Estadística Tukey para el tono rojo ( $a^*$ ) del rábano

Pretratamiento		N	Subconjunto para alfa = 0.05	
			1	2
HSD Tukey	Rábano hidrólisis	3	,6267	
	Rábano sin pre-tratamiento	3	1,1333	1,1333
	Rábano escaldado	3		1,7700
	Sig.		,414	,274

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

En referencia al efecto que causa el pretratamiento de hidrolizado y escaldado en la zanahoria, la tabla 4 muestra que los dos tratamientos previos al secado modifican significativamente los tres parámetros psicológicos que describen el color ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), siendo el escaldado el que causa una mayor pérdida del color de la zanahoria, principalmente en los tonos rojos ( $a^*$ ), siendo la zanahoria escaldada la que presenta diferencias mínimas significativas con respecto a la zanahoria fresca (sin pretratamiento).

En trabajos como el elaborado por Rojas (2012) como el realizado por real en 1997 describen que la variedad Chantenay presenta una coloración con menor intensidad identificados en la escala CIEL  $a^*b^*$  con una luminosidad de 55,66 y tonos rojo y amarillo de 23, 37 y 38,14 respectivamente en producto fresco.

**Tabla 4.** Resultados estadísticos del color ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ) en zanahoria

ZANAHORIA	$L^*$	$a^*$	$b^*$
Sin pre-tratamiento	73,74±4,61a	37,17±2,42a	61,30±2,60a
Escaldado	57,45±1,94b	27,58±2,25b	47,47±2,94b
Hidrolisis	65,68±4,22a	32,02±4,10ab	52,77±3,84b
<b>p-valor</b>	0,006	0,024	0,005

$n = 3 \pm D.T.$ ;  $p$ -valor  $\leq 0,05$  existen diferencias significativas

a,b,c.. letras diferentes entre filas existen diferencias mínimas significativas

Asimismo, Tukey define que el tratamiento de hidrólisis y el escaldado no difieren entre si significativamente en las tonalidades rojas( $a^*$ ) y amarillas ( $b^*$ ), mostrando a su vez que la zanahoria hidrolizada no modifica significativamente la luminosidad y el tono amarillo de la muestra de zanahoria fresca (tablas 5, 6 y 7).

**Tabla 5.** Estadística Tukey para la luminosidad ( $L^*$ ) de zanahoria

Pretratamiento		N	Subconjunto para alfa = 0.05	
			1	2
HSD Tukey	Zanahoria escaldada	3	57,4567	
	Zanahoria hidrolizada	3	65,6833	65,6833

	Zanahoria sin pre-tratamiento	3		73,7467
	Sig.		,083	,089
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.				

**Tabla 6** Estadística Tukey para el tono rojo (a\*) de zanahoria

retratamiento		N	Subconjunto para alfa = 0.05	
			1	2
HSD Tukey	Zanahoria escaldada	3	27,5867	
	Zanahoria hidrolizada	3	32,0200	32,0200
	Zanahoria sin pre-tratamiento	3		37,1700
	Sig.		,253	,177
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.				

**Tabla 7.** Estadística Tukey para el tono amarillo (b\*) de zanahoria

Pretratamiento		N	Subconjunto para alfa = 0.05	
			1	2
HSD Tukey	Zanahoria escaldada	3	47,4733	
	Zanahoria hidrolizada	3	52,7700	
	Zanahoria sin pre-tratamiento	3		61,3000
	Sig.		,183	1,000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.				

En la tabla 8 se observan los resultados del efecto del pretratamiento en el color de la arracacha. La arracacha es una hortaliza que se caracteriza por un tono amarillo luminoso y que presenta algunas tinciones rojizas. De todas las hortalizas consideradas en el presente estudio es la que expone un color más vivo (L\*), propiedad que es significativamente modificada por el escaldado y la hidrolisis, al igual que para el tono amarillo (b\*).

**Tabla 8.** Resultados estadísticos del color (L\*, a\* y b\*) en arracacha

ARRACACHA	L*	a*	b*
Sin pre-tratamiento	84,17±1,73 <sup>a</sup>	5,18±1,19 <sup>a</sup>	40,33±2,59 <sup>a</sup>
Escaldado	66,54±4,17 <sup>b</sup>	5,36±0,81 <sup>a</sup>	50,08±0,42 <sup>b</sup>
Hidrolisis	63,56±2,72 <sup>b</sup>	3,74±0,94 <sup>a</sup>	42,13±1,24 <sup>b</sup>
p-valor	0,000	0,175	0,001

n= 3 ± D.T.; p-valor ≤ 0,05 existen diferencias significativas

a,b,c.. letras diferentes entre filas existen diferencias mínimas significativas

Al analizar estos resultados con la prueba de tuckey, se expone claramente dos subgrupos formados, en donde la arracacha sin pretratamiento muestra una mayor luminosidad que difiere de la arracacha que ha sido sometida a pretratamiento (tabla 9).

**Tabla 9.** Estadística Tukey para luminosidad (L\*) de arracacha.

Pretratamiento		N	Subconjunto para alfa = 0.05	
			1	2
HSD Tukey	Arracacha hidrolizada	3	63,5633	
	Arracacha escaldada	3	66,5433	
	Arracacha sin pre-tratamiento	3		84,1700
	Sig.		0,497	1,000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.				

En lo que respecta los tonos rojos (a\*) la tabla 10 muestra que no hay una variación significativa en las tonalidades rojas presente en la arracacha, es decir los pretratamientos empleados para esta hortaliza no modifica significativamente este parámetro de color

**Tabla 10.** Estadístico Tukey para el tono roja (a\*) arracacha

Pretratamiento		N	Subconjunto para alfa = 0.05
			1
HSD Tukey	Arracacha hidrolizada	3	3,7433
	Arracacha sin pre-tratamiento	3	5,1833
	Arracacha escaldada	3	5,3600
	Sig.		,197
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.			

Finalmente Tukey organiza los resultados del tono amarillo de la arracacha en dos grupos (tabla11), en donde el producto fresco (sin pretratamiento) evidencia un tono más amarillo que se pierde al momento de realizar un pretratamiento en esta hortaliza.

**Tabla 11.** Estadístico Tukey para el tomo amarillo (b\*) arracacha.

Pretratamiento		N	Subconjunto para alfa = 0.05	
			1	2
HSD Tukey	Arracacha sin pre-tratamiento	3	40,3367	
	Arracacha hidrolizada	3	42,1367	
	Arracacha escaldada	3		50,0833

	Sig.		,439	1,000
--	------	--	------	-------

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

En la tabla 12 se exponen los resultados de color para la remolacha, los cuales muestran los valores numéricos de los tres parámetros que definen esta característica en una escala CIEL\*a\*b\*, la cual describe a la remolacha fresca con un color cuya luminosidad es de 24,79 y un tono rojo-amarillo de 27,39 y 15,67 respectivamente. Esta hortaliza es la que presenta mayor tinción en espacio cromático rojo, el cual se modifica significativamente al emplear como pretratamiento el escaldado.

**Tabla 11.** Resultado estadístico del color (L\*, a\* y b\*) en remolacha.

REMOLACHA	L	a*	b*
Sin pre-tratamiento	24,79±1,77 <sup>a</sup>	27,39±2,36 <sup>a</sup>	15,67±2,26 <sup>a</sup>
Escaldado	19,34±1,34 <sup>a</sup>	8,53±1,28 <sup>b</sup>	3,41±0,35 <sup>b</sup>
Hidrolisis	24,74±4,15 <sup>a</sup>	20,79±5,56 <sup>a</sup>	10,18±3,85 <sup>c</sup>
p-valor	0,080	0,002	0,003

n= 3 ± D.T.; p-valor ≤ 0,05 existen diferencias significativas

<sup>a,b,c.</sup> letras diferentes entre filas existen diferencias mínimas significativas

Los análisis post hoc tanto Tukey (tabla 13) como DMS muestran que los pretratamientos no afectan significativamente la luminosidad en el color de la remolacha, resultados que reflejan la poca luminosidad del color de esta hortaliza.

**Tabla 13.** Estadístico Tukey para la luminosidad (L\*) de la remolacha.

Pretratamiento		N	Subconjunto para alfa = 0.05	
			1	
HSD Tukey <sup>a</sup>	Remolacha escaldada	3	19,3433	
	Remolacha hidrolizada	3	24,7400	
	Remolacha sin pre-tratamiento	3	24,7900	
	Sig.		,109	

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

En referencia a la tonalidad roja se demuestra que la hidrolisis a pesar de ser un pretratamiento en inmersión y con temperatura (60°C), no altera el tono que caracteriza esta hortaliza, resultado que se expone en la tabla 14 de acuerdo con la prueba de Tukey siendo estas dos muestras organizadas en un mismo grupo. Sin embargo se representa un segundo sub conjunto establecido por la muestra de remolacha escaldada, la cual difiere de las anteriores.

**Tabla 12.** Estadístico Tukey para el tono rojo (a\*) de la remolacha.

Pretratamiento		N	Subconjunto para alfa = 0.05	
			1	2
HSD Tukey	Remolacha escaldada	3	8,5367	

	Remolacha hidrolizada	3		20,7933
	Remolacha sin pre-tratamiento	3		27,3933
	Sig.		1,000	,138

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

El mismo caso expuesto anteriormente se reflejan los resultados de Tukey para el parámetro b\*, en donde se organizan dos sub conjuntos mostrando que el escaldado genera pérdidas significativas en el tono amarillo

Tabla 13. Estadístico Tukey para el tono amarillo (b\*) de la remolacha.

Pretratamiento		N	Subconjunto para alfa = 0.05	
			1	2
HSD Tukey	Remolacha escaldada	3	3,4133	
	Remolacha hidrolizada	3		10,1800
	Remolacha sin pre-tratamiento	3		15,6700
	Sig.		1,000	,090

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

#### 4.1.3. Evaluación sensorial del sabor y crocantes

En la tabla 16 se presentan los resultados obtenidos en la evaluación sensorial de las muestras de snacks sometidos a diferentes tratamientos previos al secado. De acuerdo con el panel de jueces consumidores, las hortalizas objeto de este estudio requieren un tratamiento previo al secado, ya que este permite obtener mejores características organolépticas del producto snack, hecho que se corrobora con los resultados reportados en la tabla 4.1.2.2, en donde se muestra una baja aceptación de los productos snacks que fueron sometidos al secado sin previo tratamiento (sin pretratamiento/secado). El mayor porcentaje de aceptación se obtuvo al usar el tratamiento de escaldado, previo al proceso de secado, en las hortalizas de rábano, zanahoria y arracacha, en donde el atributo de sabor es el más influyente en dicha aceptación.

Para el caso de la remolacha, la aceptación se dirigió hacia el producto que había sido hidrolizado previamente al secado, en donde propiedades como lo crocantes y el sabor guardan una gran importancia por el consumidor al momento de elegirlo.

Tabla 14. Efecto del pretratamiento en el grado de preferencia de los snacks de hortalizas.

Hortalizas	Tratamiento	No. total de participantes (n)	% de preferencia	No. de jueces que prefieren	No. de respuestas que deben coincidir
------------	-------------	--------------------------------	------------------	-----------------------------	---------------------------------------

				la muestra	para una significancia (5%)
Rábano	Sin pretratam/secado	49	2,04	1	32
	Escaldado/secado		70,83	35	
	Hidrolizado/secado		14,28	7	
Zanahoria	Sin pretratam/secado	56	10,71	6	37
	Escaldado/secado		70,58	40	
	Hidrolizado/secado		8,92	5	
Arracacha	Sin pretratam/secado	45	11,11	5	30
	Escaldado/secado		62,5	28	
	Hidrolizado/secado		13,33	6	
Remolacha	Sin pretratam/secado	56	7,14	4	37
	Escaldado/secado		16,07	9	
	Hidrolizado/secado		55	31	

Estadísticamente, la tabla estándar basada en la aproximación de la ley binomial (ecuación 1), y considerando el modelo bilateral y un nivel de significación del 5%, se establece que para que exista diferencia significativa se requiere un número mínimo de coincidencia en la respuesta de aceptación, la cual se expone en la última columna de la tabla 16.

$$x = \frac{n + 1 + k\sqrt{n}}{2} \quad \text{Ecuación 1}$$

Los resultados revelan que existe diferencia significativa en la aceptación de las muestras de snacks de rábano y zanahoria, es decir que estas hortalizas son más aceptadas cuando han sido sometidas a tratamientos de escaldado y secado, frente a las muestras que solo han sido deshidratadas y/o hidrolizadas/deshidratadas.

La arracacha es un producto snacks que mejora su sabor al ser escaldada, pero que al ser hidrolizada realza su característica de crocantes la cual es muy importante para esta gama de productos alimenticios.

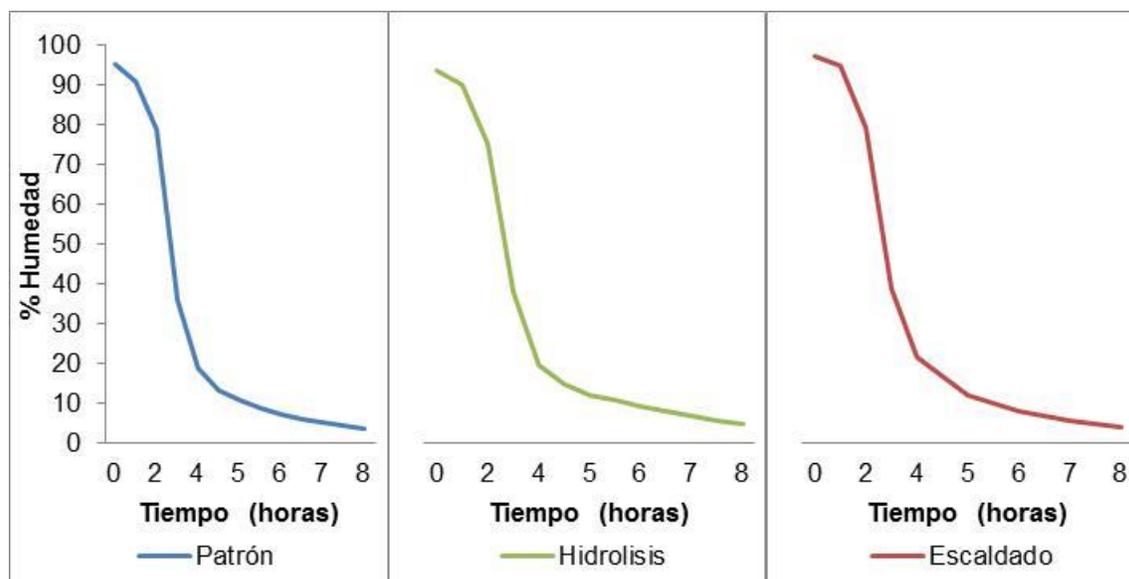
En el caso de la remolacha, se evidenció que aunque estadísticamente no se evidencia una significancia en la preferencia, los jueces manifestaron que ésta hortaliza requiere de un pretratamiento, escaldado o hidrolizado, para que puede ser aceptada, debido tanto al sabor como a la propiedad de crocantes.

#### 4.2 Identificación del tiempo y velocidad óptima de secado para cada hortaliza en la obtención de snacks

En la figura 4 se muestra el contenido de humedad del rábano con respecto al tiempo durante el proceso de secado en el sistema de aire caliente a través del túnel de secado computarizado. En el periodo inicial de secado, el cambio de humedad en el material se

ilustra en la primera hora, tras el cual la curva de secado toma una forma lineal descendente en cuyo periodo la velocidad de secado es constante, para las tres muestras de rábano. A partir de la cuarta hora se obtienen el punto crítico del secado, donde la línea recta tiende a curvarse y a formar una asíntota con el contenido de humedad, tras la cual la velocidad en la reducción del contenido de humedad es mucho menor, es decir el proceso de secado es más lento obteniéndose porcentajes de humedad hasta después de la séptima hora de secado.

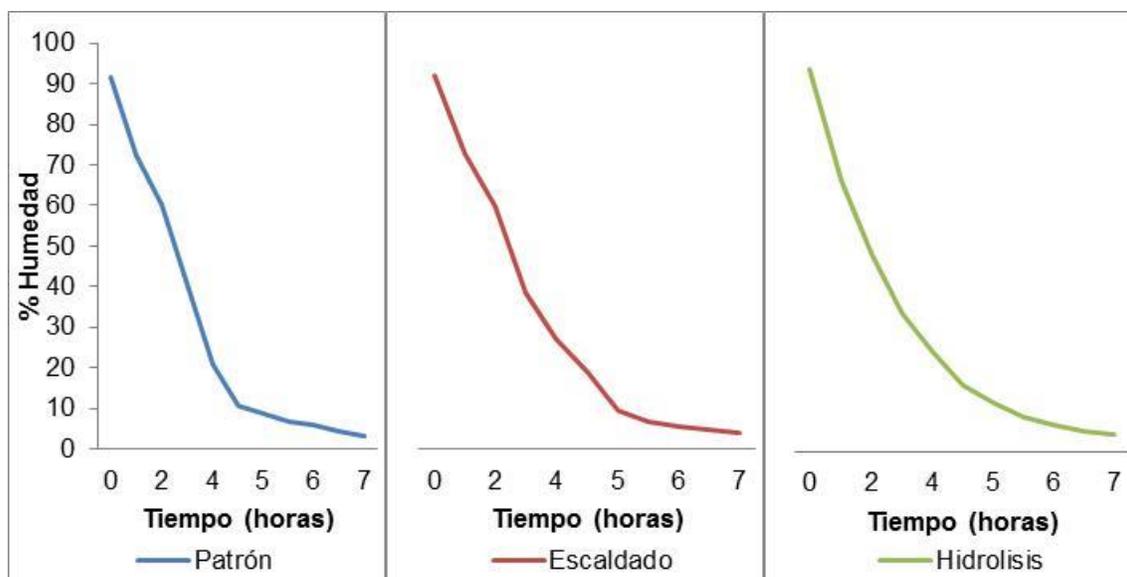
**Figura 5.** Evolución del porcentaje de humedad en el rábano durante el tiempo de secado.



Los pretratamientos empleados en el rábano no afectan la velocidad de secado, obteniéndose niveles de humedad suficientes para la conservación adecuada, en donde la temperatura de 60 °C con una velocidad del aire de 6 m/s se alcanza un contenido de humedad final de 3,54 % para el rábano patrón, 4,67 % en rábano hidrolizado y 3,78 % en rábano escaldado.

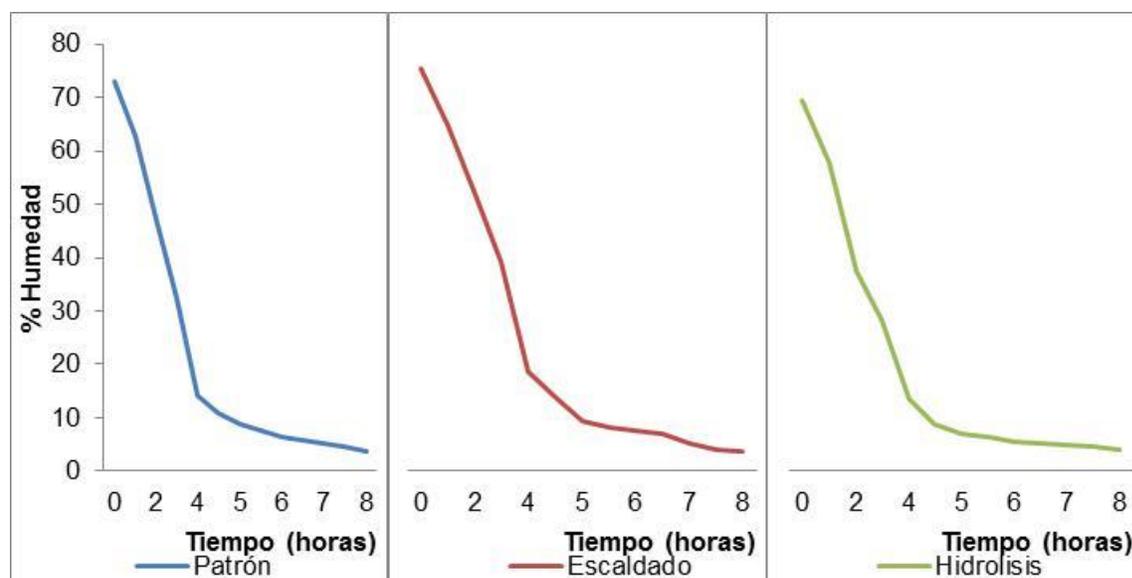
Para el caso de la zanahoria, la figura 5 muestra una mayor pronunciación en la velocidad de caída de la humedad que se proyecta en un menor tiempo para la zanahoria patrón es decir sin pretratamiento, lográndose en este caso obtener el punto crítico a las 4.5 horas. Un comportamiento similar se observa en la curva de secado de la zanahoria escaldada, salvo que para este caso a la quinta hora es donde se marca el punto crítico, momento en el cual se registran los menores valores de humedad en esta hortaliza. Al someter a un tratamiento previo del secado de hidrolisis, la zanahoria muestra una pérdida de humedad más lenta, a un que se logra obtener un porcentaje de humedad óptimo (3,05-4,09%) en el mismo tiempo.

**Figura 6.** Evolución del porcentaje de humedad en la zanahoria durante el tiempo de secado.



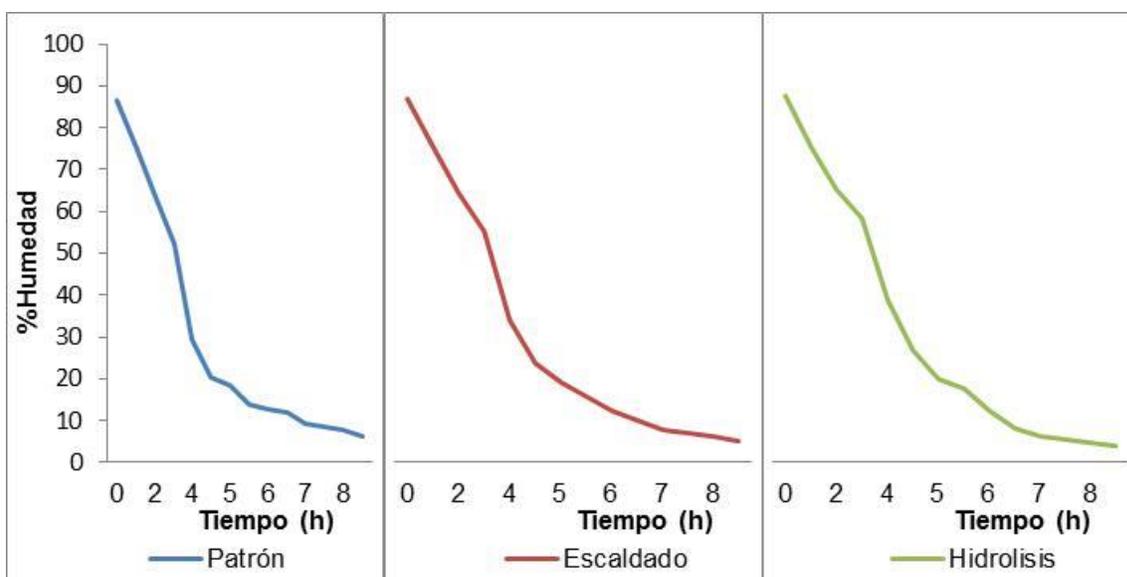
En los registros de evolución del porcentaje de humedad para la arracacha (figura 6) se registra una velocidad muy similar para las tres muestras sometidas al proceso de secado lográndose en los tres casos obtener el punto crítico a la cuarta hora de haber iniciado este proceso. Se observa que al realizar como pretratamiento la hidrolisis del almidón en la arracacha ese punto crítico se pronuncia hasta situarse el porcentaje de humedad óptimo 4,62 en donde la humedad se sitúa, para el caso del patrón el producto logra obtener una mayor reducción de la humedad situándose en 3,75 y 3,8% para la arracacha patrón y la arracacha escaldada respectivamente.

**Figura 7.** Evolución del porcentaje de humedad en la arracacha durante el tiempo de secado.



La figura 8 muestra los resultados de la evolución para la remolacha durante el proceso de secado. Se observa que el comportamiento para cada una de las muestras fue diferente, obteniéndose una calidad más pronunciada y con una mayor velocidad para el caso de la remolacha sin pretratamiento (patrón), en la cual se ubica más rápidamente el punto crítico en la curva de secado. Al escaldar como al hidrolizar esta hortaliza previa al secado, se registró ese punto crítico solo hasta la séptima hora, al parecer estos procesos previos retardan aún más el proceso de secado. Sin embargo si se observa la gráfica del producto hidrolizado se presenta que este tratamiento permite lograr a las ocho horas de secado un porcentaje de humedad óptimo para la conservación de esta hortaliza como producto snacks, ya que este registro 4% de humedad.

**Figura 8.** Evolución del porcentaje de humedad en la remolacha durante el tiempo de secado.

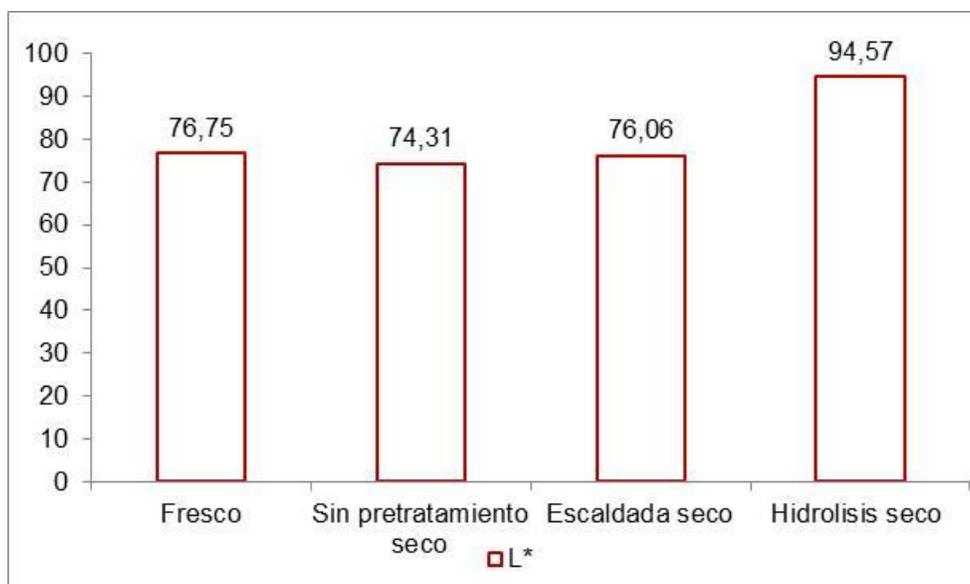


### 4.3 Efecto de las variables tecnológicas empleadas, en las características fisicoquímicas y sensoriales de los snacks a base de hortalizas

#### 4.3.1 Evaluación del color

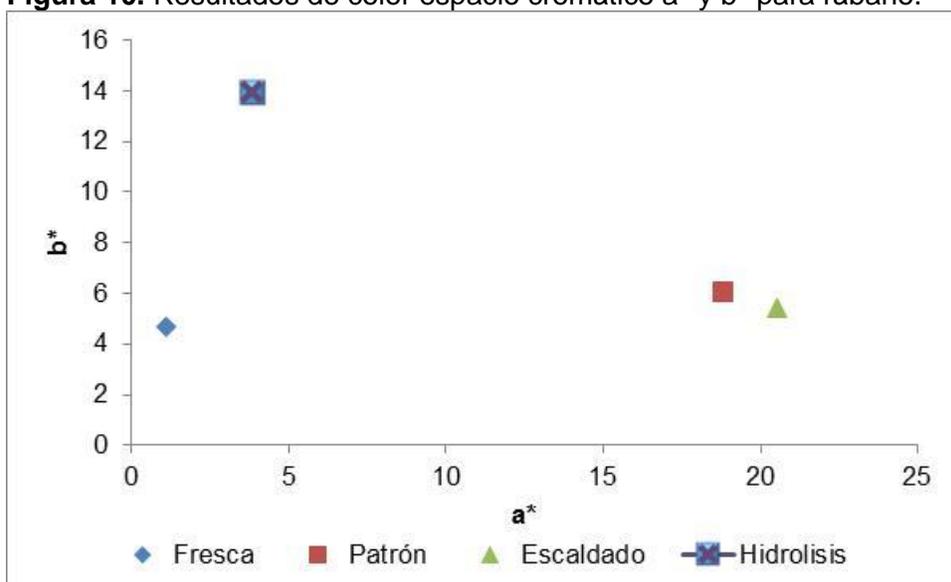
En la figura 9 se muestran los resultados de luminosidad para el rábano, en donde se observa que al realizar hidrolisis en esta hortaliza se obtiene una luminosidad poco usual el cual indica que el producto presenta un color interno un vez hidrolizado y secado casi a un blanco perfecto.

**Figura 9.** Resultados de color espacio cromático L\* para rábano



En lo que respecta a la tonalidad del rabano y el efecto que ejerce las variables tecnologicas como son escaldado, hidrolisado y secado, la figura 9 expone como a medida que es sometido el rabano en estos procesos se generan cambios en esta propiedad fisica. Inicialmente al realizar en el rabano fresco directamente el proceso de escaldado sin someter a un tratamineto previo se observan las mayores modificaciones en los tonos rojos de este producto, cambios que son muy similares al realizar un proceso previo de escaldado y posterior secado. Esto implica que de los procesos tecnologicas mencionados el secado es el que al parecer genera una mayor modificacion del tonno rojo inicial en esta hortaliza. Sin embargo los resultados del producto hidrolizado revelan que este proceso previo al secado reduce esa modificacion del tono rojo en el color interno del rabano pero genera la presencia de tonos mas amarillos comparada con el producto fresco.

**Figura 10.** Resultados de color espacio cromático a\* y b\* para rábano.



Los resultados estadísticos se exponen en la tabla 17 para evaluar el efecto de las variables tecnológicas en el color del rábano. De acuerdo con el análisis anova hay una variación significativa en los tres parámetros de color, lo que demuestra que algún o algunas de las variables tecnológicas aplicadas influyen en este parámetro físico. La mayor modificación que se presenta en la luminosidad es en el rábano hidrolizado/secado resultado que corrobora los obtenidos y analizados anteriormente. Para los parámetros de  $a^*$  y  $b^*$  se establece una diferencia mínima significativa entre el producto escaldado y el hidrolizado siendo este último el que presenta una mayor variación con el producto sin pretratamiento/secado.

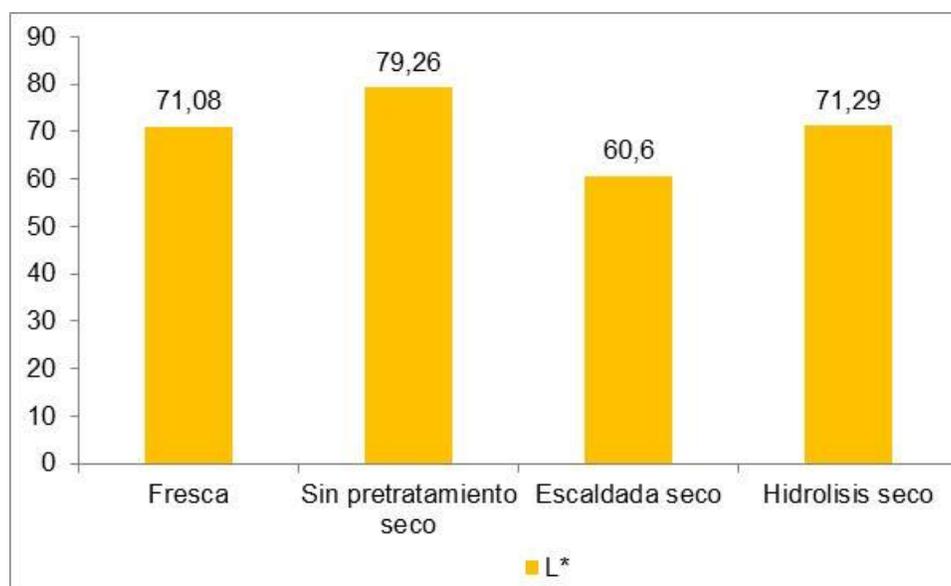
**Tabla 15.** Resultados estadísticos espacio cromático para rábano seco

RÁBANO	L*	a*	b*
Fresca	76,75±3,12a	1,10±0,41a	4,69±0,49a
Sin pretratamiento/secado	74,31±7,38a	13,88±9,5ab	6,707±1,11a
Escaldada/secado	76,06±0,45a	20,20±1,09a	5,197±0,42a
Hidrolisis/secado	94,57±1,35b	3,85±0,88b	12,84±4,29b
p-valor/secado	0,002	0,030	0,024

n= 3 ± D.T.; p-valor ≤ 0,05 existen diferencias significativas

a,b,c.. letras diferentes entre filas existen diferencias mínimas significativas

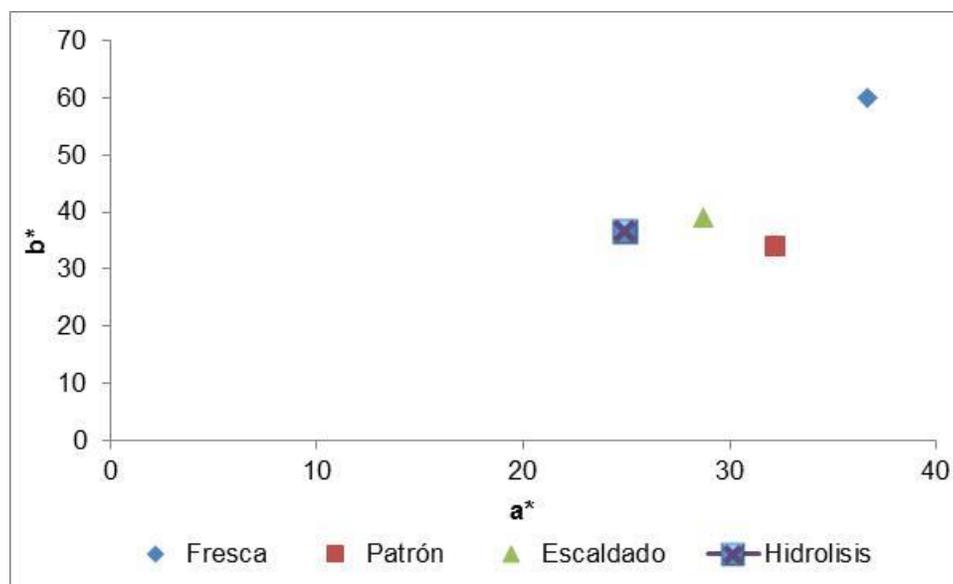
**Figura 11.** Resultado de color espacio cromático L\* para zanahoria seca.



En lo concerniente a los tonos de  $a^*$  y  $b^*$  en la zanahoria, se obtiene una menor modificación en el color para esta hortaliza en comparación con el rábano. Al realizar cualquier proceso tecnológico se observa una reducción principalmente en las tonalidades amarillas siendo este la tonalidad más importante de esta hortaliza en donde se logra reducir hasta 20 unidades numéricas. Nuevamente estos resultados evidencian que solo el proceso de secado genera pérdidas con una magnitud que es muy similar cuando la

zanahoria es sometida tanto a un pretratamiento, bien sea escaldado e hidrolizado, como al ser sometido a un proceso final de secado.

**Figura 12.** Resultados de color espacio cromático a\* y b\* para zanahoria



En la tabla 18, los resultados estadísticos indican que todas las variables tecnológicas evaluadas en el presente estudio modifican significativamente la luminosidad y los tonos rojos y amarillos que caracterizan a esta hortaliza fresca. Claramente se evidencia que el escaldado es el proceso tecnológico que mayores pérdidas en el color genera en la zanahoria, reflejándose para los tonos amarillos que solo el proceso de secado desarrolla una modificación reduciendo esta tonalidad significativamente.

**Tabla 16.** Resultados estadísticos espacio cromático para zanahoria deshidratada.

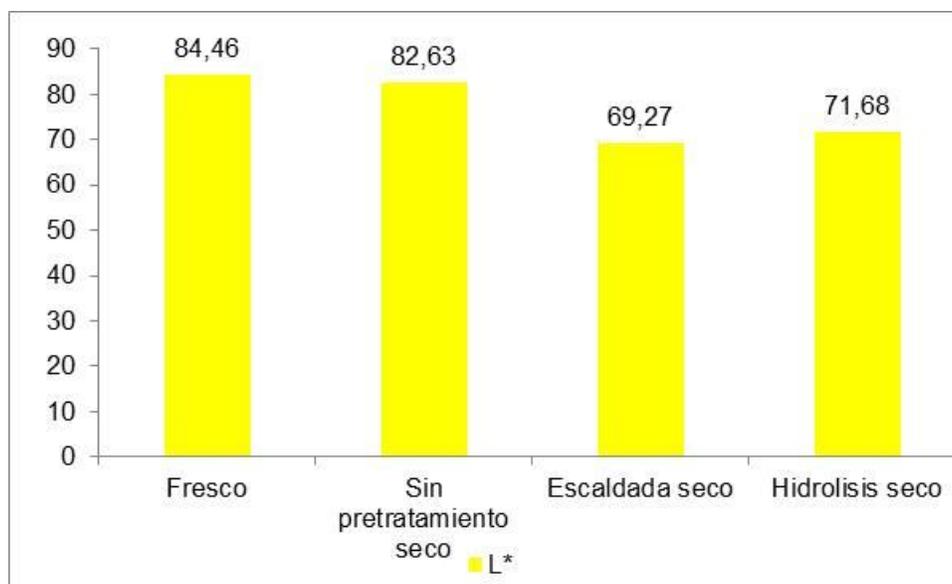
ZANAHORIA	L	a*	b*
Fresco	71,08±0,13a	36,68±3,21a	60,14±2,36a
Sin pretratamiento	79,26±1,91a	31,40±1,45a	36,63±1,51a
Escaldada	60,60±0,90b	28,35±1,02b	38,27±2,16a
Hidrolisis	71,29±0,15c	25,22±1,11c	37,75±5,22a
p-valor	0,000	0,002	0,977

n= 3 ± D.T.; p-valor ≤ 0,05 existen diferencias significativas

a,b,c.. letras diferentes entre filas existen diferencias mínimas significativas

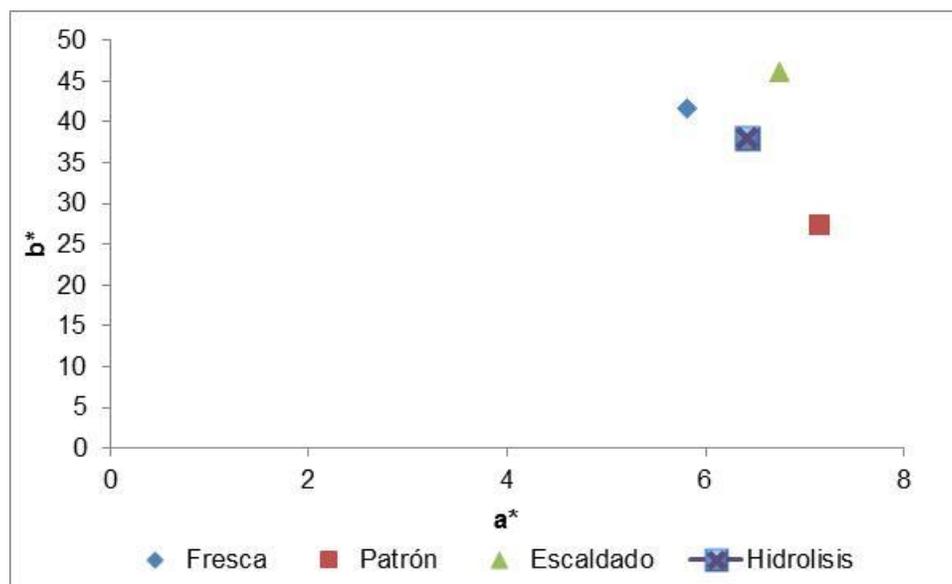
Para el caso de la arracacha la modificación que desarrolla por si solo un proceso de secado (patrón) es más evidente que en la zanahoria (figura 12). Al parecer este tratamiento tecnológico genera una mayor pérdida en hortalizas con una gran riqueza en compuestos carotenoides como para esta investigación son la zanahoria y la arracacha.

**Figura 13.** Resultados de color espacio cromático L\* arracacha.



Los resultados de luminosidad en arracacha indicados en la figura 13 permiten observar que los tratamientos escaldado/seco e hidrolisis/seco generan pérdida en luminosidad a comparación de la arracacha sin pretratamiento seco quien mantuvo valores similares en relación a la muestra fresca. La luminosidad en la zanahoria fresca y sin pretratamiento no presento diferencia mínimas significativas indicando que los tratamientos escaldado/seco e hidrolisis/seco son variables tecnológicas que afectan significativamente el espacio cromático en relación a la luminosidad.

**Figura 14.** Resultados de color espacio cromático a\* y b\* para arracacha



Los procesos tecnológicos empleados avivan el color rojo que caracteriza a la arracacha a un que la magnitud de esa variación es mucho menor al escaldar/secar, hidrolizar/secar. Es importante para esta hortaliza y en lo que respecta al color especificar que la

arracacha al ser escaldada logra obtener un color amarillo más llamativo que incluso la muestra fresca.

**Tabla 17.** Resultados estadísticos espacio cromático para arracacha deshidratada.

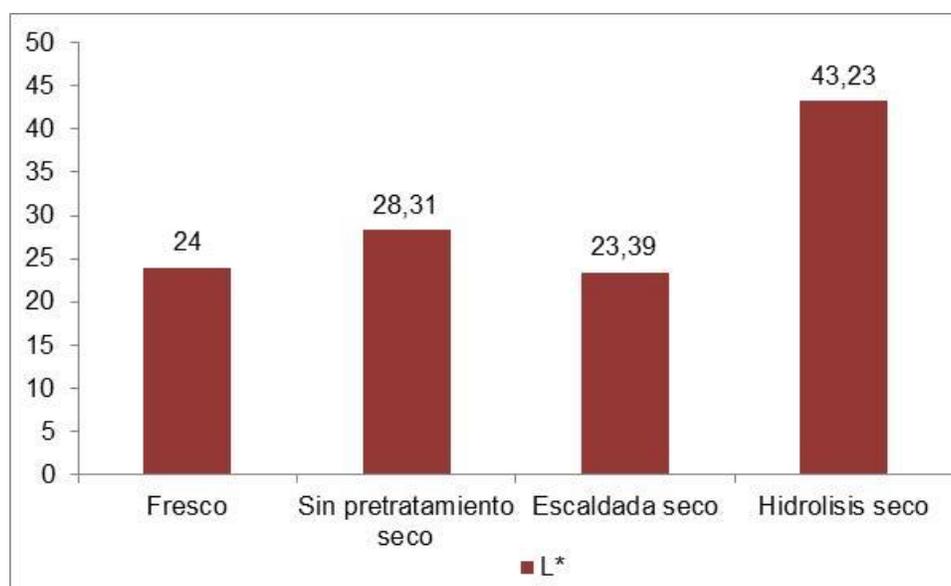
ARRACACHA	L*	a*	b*
Fresco	84,46±2,34 <sup>a</sup>	5,82±0,62a	41,73±1,34a
Sin pretratamiento	82,63±2,11a	7,15±0,01a	27,41±0,01a
Escaldada	69,27±8,84b	7,05±1,38a	45,92±1,72b
Hidrolisis	71,68±5,51a	7,08±1,40a	37,53±2,79c
p-valor	0,078	0,994	0,000

n= 3 ± D.T.; p-valor ≤ 0,05 existen diferencias significativas

a,b,c.. letras diferentes entre filas existen diferencias mínimas significativas

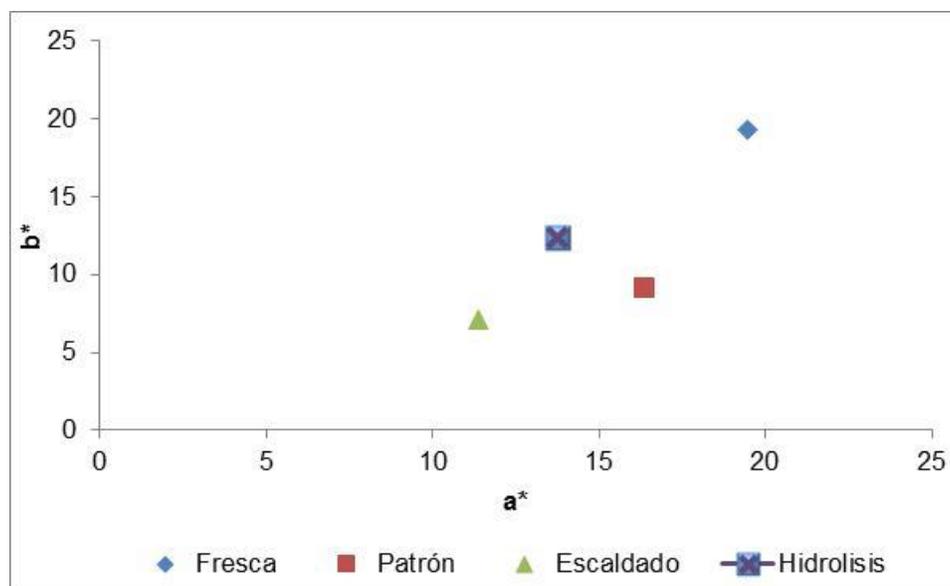
Los resultados de luminosidad para la remolacha se representan en la figura 15, en donde el proceso de hidrolisis/secado genera una modificación en esta propiedad del color, obteniéndose valores que se acercan al producto fresco.

**Figura 15.** Resultados de color espacio cromático L\* para remolacha.



La figura 16 presenta los resultados para los tonos del color de la remolacha, en donde se refleja que tanto los tonos rojos como amarillos se ven reducidos al someter esta hortaliza a los procesos tecnológicos contemplados en este estudio. A diferencia de las anteriores hortalizas descritas el proceso de secado genera una menor pérdida en el color de la remolacha siendo para este caso la muestra previamente escaldada y deshidratada la que reporta una mayor pérdida en los tonos que caracteriza esta hortaliza.

**Figura 16.** Resultados de color espacio cromático a\* y b\* para remolacha.



Comparando estos resultados de tonalidad con la luminosidad y para el caso de la remolacha, tal parece que la tonalidad amarilla es la que desarrolla una elevación de los índices de luminosidad en esta hortaliza.

**Tabla 18.** Resultados estadísticos espacio cromático para remolacha deshidratada.

REMOLACHA	L	a*	b*
Fresco	24,00±5,58a	19,46±7,16 a	9,32±5,03 a
Sin pretratamiento/seco	28,31±4,27a	16,65±0,52a	9,18±1,48abc
Escaldada seco	23,39±1,27a	11,32±0,20b	7,34±1,71b
Hidrolisis seco	43,23±0,92b	13,73±0,38c	12,09±1,06c
ρ-valor	0,000	0,000	0,019

n= 3 ± D.T.; p-valor ≤ 0,05 existen diferencias significativas

a,b,c.. letras diferentes entre filas existen diferencias mínimas significativas

De acuerdo con los resultados estadísticos del espacio cromático (tabla 20), la remolacha sin pretratamiento seco fue quien presento menores modificaciones a comparación de los demás tratamientos, siendo la remolacha hidrolizada quien presento mayores modificaciones en cuanto a luminosidad (L\*) y al tono amarillo (b\*). La luminosidad en remolacha sin pretratamiento/seco presento un leve ascenso a comparación de la escaldada/seco y siendo en mayor medida para la hidrolizada/seco.

#### 4.3.2. Determinación contenido humedad en hortalizas y snacks de hortaliza deshidratada.

Los resultados de humedad dispuestos en la tabla 21, permiten identificar que el rábano y la zanahoria son las que logran reducir en mayor medida el contenido de humedad para todos los tratamientos y en el caso de la arracacha y remolacha estos valores son superiores.

**Tabla 19.** Resultados estadísticos contenido de humedad en hortalizas secas.

Tratamiento	Rábano	Zanahoria	Arracacha	Remolacha
Fresco	94,92±1,66a	87,55±0,49a	72,02±0,17a	84,67±1,02a
Sin pretratamiento/seco	3,55±0,01b	3,27±0,31b	4,43±0,89b	7,20±0,42b
Escaldado/seco	3,81±0,04b	3,70±0,28b	4,70±0,98b	6,19±0,00bc
Hidrolisis/seco	3,67±0,24b	3,77±0,45b	4,28±0,47b	4,08±0,21c
p-valor	0,000	0,000	0,000	0,000

n= 3 ± D.T.; p-valor ≤ 0,05 existen diferencias significativas

a,b,c.. letras diferentes entre filas existen diferencias mínimas significativas

La humedad en la remolacha sin tratamiento/seco y escaldado/seco llegan a su mínimo valor de sacado 7,20 y 6,19 respectivamente, presentando un mejor valor la remolacha hidrolizada/seca. En el caso de los snacks de rábano, zanahoria y arracacha los tratamientos aplicados no son impedimento para obtener mejores contenidos de humedad, involucrados en la conservación del alimento.

#### 4.3.3. Determinación de minerales en hortalizas frescas y snack de hortaliza.

Las cenizas totales, representa el contenido de minerales en los alimentos, estos valores expuestos en la gráfica 17 para las hortalizas con pretratamiento en obtención de snacks. Se reportan mayores contenidos en hortalizas sin pretratamiento/seco, seguido de hidrolisis/seco y por ultimo escaldado/seco, estos bajos reportes son dados al tratamiento previo escaldado. Las cantidades mínimas en muestras frescas son dadas al contenido de agua en las hortalizas frescas y las altas a las secas permitiendo evidenciar que las hortalizas posterior al secado concentran sus contenidos.

**Tabla 20.** Resultados estadísticos contenido de minerales.

Tratamiento	Rábano	Zanahoria	Arracacha	Remolacha
Fresco	0,58±0,00a	0,47±0,12a	0,72±0,03a	0,68±0,08 a
Sin pretratamiento/seco	14,83±0,01b	6,08±0,21bcd	4,09±0,06b	8,14±0,07b
Escaldado/seco	10,03±0,46c	5,15±0,08c	3,36±0,16c	5,99±0,12c
Hidrolisis/seco	13,59±0,20d	6,69±0,46d	3,96±0,01b	8,87±0,18d
p-valor	0,010	0,000	0,369	0,189

n= 3 ± D.T.; p-valor ≤ 0,05 existen diferencias significativas

a,b,c.. letras diferentes entre filas existen diferencias mínimas significativas

Para el caso del rábano sin pretratamiento es quien reporta los mayores contenidos de minerales y los menores en la arracacha siendo un contenido similar en los tres pretratamientos

El contenido de minerales en las muestras reflejan que a causa de las modificaciones en estos componentes, relacionados al tratamiento previo, son seriamente afectados, especialmente el rábano y la remolacha, en menor medida y siendo valores semejantes en los casos de la zanahoria y arracacha.

#### 4.3.4. Evaluación de la aceptación sensorial.

Los datos mostrados en la tabla 23 dejan ver el grado de aceptación de los jueces, presentando un mayor grado de aceptación por la zanahoria con pre tratamiento escaldado e indicando que el atributo tenido en cuenta fue el sabor.

**Tabla 21.** Aceptabilidad sensorial sabor y color en snacks de hortalizas

Hortaliza	Escala	Participantes	% Aceptación	N° preferencia	N° deben coincidir
Rábano escaldado	Me disgusta mucho	40	10	4	27
	Me disgusta		17,5	7	
	Me disgusta moderada mente		17,5	7	
	Ni me gusta, ni me disgusta		12,5	5	
	Me gusta moderadamente		27,5	11	
	Me gusta		10	4	
	Me gusta mucho		5	2	
Zanahoria escaldada	Me disgusta mucho	40	0	0	27
	Me disgusta		2,5	1	
	Me disgusta moderada mente		2,5	1	
	Ni me gusta, ni me disgusta		10	4	
	Me gusta moderadamente		17,5	7	
	Me gusta		40	16	
	Me gusta mucho		27,5	11	
Arracacha escaldada	Me disgusta mucho	40	2,5	1	27
	Me disgusta		0	0	
	Me disgusta moderada mente		10	4	
	Ni me gusta, ni me disgusta		17,5	7	
	Me gusta moderadamente		27,5	11	
	Me gusta		32,5	13	
	Me gusta mucho		10	4	
Remolacha hidrolizada	Me disgusta mucho	40	5	2	27
	Me disgusta		7,5	3	
	Me disgusta moderada mente		7,5	3	
	Ni me gusta, ni me disgusta		22,5	9	
	Me gusta moderadamente		30	12	

	Me gusta		22,5	9	
	Me gusta mucho		5	2	

La aceptación de los snacks evaluados no presentó diferencias significativas, dado que fueron aceptadas con moderación en todas las muestras, siendo más aceptadas las muestras de zanahoria y remolacha con pre tratamiento escaldado/secado. El sabor fue uno de los atributos más influyentes en las calificaciones de los jueces a la hora de establecer el grado de aceptación en cada snack.

## **5. CONCLUSIONES**



## 5. CONCLUSIONES

### **5.1 Determinación de los tratamientos previos requeridos para la obtención de snacks a base de hortalizas.**

Al emplear el escaldado como tratamiento preliminar al secado, se demuestra una mayor pérdida de sólidos solubles en las hortalizas estudiadas, siendo más representativa para los casos de rábano y remolacha.

Al hidrolizar el rábano con  $\alpha$ -amilasa, se genera una pérdida del color, obteniendo una pérdida del 79,26% en luminosidad, 54,86% en tonos rojos y 61,88% en tonos amarillos, existiendo diferencias mínimas significativas del rábano hidrolizado con respecto al rábano fresco (sin pretratamiento).

El escaldado causa una mayor pérdida del color de la zanahoria, principalmente en los tonos rojos ( $a^*$ ), existiendo diferencias mínimas significativas con respecto a la zanahoria fresca (sin pretratamiento).

El color de la arracacha es más vivo ( $L^*$ ), propiedad que se modificada significativamente por el escaldado y la hidrólisis.

La remolacha es la hortaliza que presenta mayor tinción en el espacio cromático rojo, el cual se modifica significativamente al emplear como pretratamiento el escaldado. La hidrólisis a pesar de ser un pretratamiento en inmersión y con temperatura (60°C), no altera el tono que caracteriza esta hortaliza.

Sensorialmente se establece que las hortalizas objeto de este estudio requieren un tratamiento previo al secado, ya que este permite obtener mejores características organolépticas del producto snack. El mayor porcentaje de aceptación se obtuvo al usar el tratamiento de escaldado, previo al proceso de secado, en las hortalizas de rábano, zanahoria y arracacha, en donde el atributo de sabor es el más influyente en dicha aceptación. Para el caso de la remolacha, la aceptación se dirigió hacia el producto que había sido hidrolizado previamente al secado, en donde propiedades como lo crocantes y el sabor guardan una gran importancia por el consumidor al momento de elegirlo.

Existe diferencia significativa en la aceptación de las muestras de snacks de rábano y zanahoria, siendo el pretratamiento de escaldado que permite mayor aceptación frente a las muestras que solo han sido deshidratadas y/o hidrolizadas/deshidratadas.

La arracacha es un producto snacks que mejora su sabor al ser escaldada, pero que al ser hidrolizada realza su característica de crocantes, la cual es muy importante para esta gama de productos alimenticios.

La remolacha, requiere de un pretratamiento, escaldado o hidrolizado, para que puede ser aceptada tanto en el sabor como en la crocantes, de acuerdo con el panel de catadores.

## **5.2 Identificación del tiempo y la velocidad de secado para cada hortaliza en la obtención de snacks.**

Los pretratamientos empleados en el rábano no afectan la velocidad de secado, obteniéndose niveles de humedad suficientes para la conservación adecuada, en donde un tiempo de 8 horas, temperatura de 60 °C, con una velocidad del aire de 6 m/s, se alcanza un contenido de humedad final de 3,54 % para el rábano patrón, 4,67 % en rábano hidrolizado y 3,78 % en rábano escaldado. La zanahoria muestra una pérdida de humedad más rápida, requiriendo un tiempo de 7 horas para obtener un porcentaje de humedad óptimo (3,05-4,09%).

Los pretratamientos de hidrolisis y escaldado retardan aún más el proceso de secado en la arracacha, lográndose porcentajes de humedad óptimos a la octava hora, al igual que en la remolacha con pre tratamiento de hidrolisis.

## **5.3 Evaluación del efecto de las variables tecnológicas empleadas, en las características fisicoquímicas y nutricionales de los snacks a base de hortalizas.**

En el rábano, el secado es el proceso tecnologico que genera una mayor modificacion del tono rojo inicial en esta hortaliza, presentándose diferencia mínima significativa en los parámetros de a\* y b\* entre este y el producto escaldado e hidrolizado

Los procesos tecnológicos reducen principalmente las tonalidades amarillas en la zanahoria, siendo este la tonalidad más importante de esta hortaliza en donde se logra reducir hasta 20 unidades numéricas.

En la arracacha y en lo que respecta al color, se logra obtener un color amarillo más llamativo que incluso la muestra fresca al ser escaldada.

La remolacha sin pretratamiento y sometida a un proceso de secado fue quien presento menores modificaciones en el color.

Los procesos tecnológicos de escaldado, hidrolizado y secado generan modificaciones significativas en el porcentaje de humedad de todas las hortalizas consideradas en el presente estudio, cambios necesarios y esperados para permitir una mayor conservación de un producto snacks.

El contenido de minerales en las muestras reflejan que a causa de las modificaciones en estos componentes, relacionados al tratamiento previo, son seriamente afectados,

especialmente el rábano y la remolacha, en menor medida y siendo valores semejantes en los casos de la zanahoria y arracacha.

Sensorialmente se logra una mayor aceptación de las hortalizas en snacks, al emplear el proceso de escaldado y secado en el rábano, zanahoria y arracacha en donde el atributo del sabor es el más influyente. Para el caso de la remolacha se hace una hidrólisis de los almidones previa al secado para obtener una mayor aceptación en lo que respecta al sabor y crocantes.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda continuar con otros estudios involucrados en extender la vida útil de los snacks de hortalizas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agronet. (2011). *Encuesta nacional de calidad*. Retrieved from [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/condiciones\\_vida/calidad\\_vida/presentacion\\_ecv\\_2011.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/condiciones_vida/calidad_vida/presentacion_ecv_2011.pdf)
- Aguilera, j. (1997). Fritura de alimentos. *Temas en tecnología de alimentos*, *i*, 187–214.
- Alvis, a., villada, h. S., & villada, d. C. (2008). Efecto de la temperatura y tiempo de fritura sobre las características sensoriales efecto de la temperatura y tiempo de fritura sobre las características sensoriales del ñame (dioscorea alata) effect of the time and temperature fried on the sensory characteristics of yam (dioscorea alata), *19*(5), 19–26. <https://doi.org/10.1612/inf.tecnol.3958bit.07>
- Alzamora, s. ., cerrutti, p., guerrero, s., & lópez-malo, a. (1995). Minimally processed fruits by combined methods. In food preservation by moisture control - fundamentals and applications (pp. 463-492). Lancaster, usa, eds. Welti-chanes, j. & barbosa-cánovas, g., technomic pub. Co.
- Amaya, j. (2006). Arracacha, arracacia xan-thorrhiza bancroft. Gerencia regionalde recursos naturales y conservacion del medio ambiente. Gobierno regional la libertad.
- Ando, y., maeda, y., mizutani, k., wakatsuki, n., hagiwara, s., & nabetani, h. (2016). Effect of air-dehydration pretreatment before freezing on the electrical impedance characteristics and texture of carrots. *Journal of food engineering*, *169*, 114–121. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.08.026>
- Bao, b., & chang, c. (1994). Carrot juice color, carotenoids. And nonstarchy polysaccharides as affected by processing conditions., 1155–1158.
- Bellisle, f. (2014). Meals and snacking, diet quality and energy balance. *Physiology & behavior*, *134*, 38–43. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2014.03.010>
- Bjarnadottir, a. (2015). Beetroot 101: nutrition facts and health benefits. Retrieved september 3, 2018, from <https://www.healthline.com/nutrition/foods/beetroot>
- Boletines año 2015 - cámara de comercio de bogotá. (n.d.). Retrieved march 17, 2019, from <https://www.ccb.org.co/inscripciones-y-renovaciones/matricula-mercantil/boletines-del-registro-mercantil/boletines-ano-2015>
- Bolin, h., & huxsoll, c. (1991). Effect of preparation procedures and storage parameters on quality retention of salad-cut lettuce. *Journal of food protection*, *64*.
- Burnette, f. (1977). Peroxidase and its relationship to food flavor and quality: a review. *Journal of food science*, *42*(1), 1–6. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1977.tb01204.x>
- Cano, orlando. (2014). *Tipos de secado en alimentos*. Universidad autónoma agraria antonio narro. Retrieved from [http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/296/t20073\\_cano\\_cruz%2c\\_orlando\\_monog.pdf?sequence=1&isallowed=y](http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/296/t20073_cano_cruz%2c_orlando_monog.pdf?sequence=1&isallowed=y)
- Carrasco, e. U., tudesca, m. V., & cisneros-zevallos, i. (2002). Efecto de recubrimientos comestibles sobre la calidad sensorial de pimentones verdes (capsicum annum l.)

- Durante el almacenamiento. Retrieved from [https://hortsciences.tamu.edu/faculty/cisneros/papers/carrasco\\_2002.pdf](https://hortsciences.tamu.edu/faculty/cisneros/papers/carrasco_2002.pdf)
- Chan, m., & chestnow, o. (2014). *Informe sobre la situación mundial de las enfermedades no transmisibles*. Retrieved from [http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/149296/who\\_nmh\\_nvi\\_15.1\\_spa.pdf;jsessionid=404b92982dd8205ad3bf87b9839956cd?sequence=1](http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/149296/who_nmh_nvi_15.1_spa.pdf;jsessionid=404b92982dd8205ad3bf87b9839956cd?sequence=1)
- Chen, j., venkitasamy, c., shen, q., mchugh, t. H., zhang, r., & pan, z. (2018). Development of healthy crispy carrot snacks using sequential infrared blanching and hot air drying method. *Lwt*, 97(july), 469–475. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.07.026>
- Christian, n. A. (2017). *Capacidad antioxidante y aceptabilidad de snacks de apio (apium graveolens) cortados en dos formatos y elaborados por dos métodos de secado*. Universidad de chile, santiago. Retrieved from [http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/150877/capacidad-antioxidante-y-aceptabilidad-de-snacks-de-apio-\(apium-graveolens\)-cortados-en-dos-formatos-y-elaborados-por-dos-metodos-de-secado.pdf?sequence=1](http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/150877/capacidad-antioxidante-y-aceptabilidad-de-snacks-de-apio-(apium-graveolens)-cortados-en-dos-formatos-y-elaborados-por-dos-metodos-de-secado.pdf?sequence=1)
- Cisneros-zevallos, l., & saltveit. (1997). Un uso alternativo de cultivos hortícolas: plantas estresadas como biofábricas de compuestos fenólicos bioactivos., 259–271.
- Clary, c. D., mejia-meza, e., wang, s., & petrucci, v. E. (2007). Improving grape quality using microwave vacuum drying associated with temperature control. *Journal of food science*, 72(1), e023–e028. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00234.x>
- Cortés, m., herrera, e., & rodríguez, e. (2015). Optimización experimental del proceso de liofilización de uchuva adicionada con componentes activos por impregnación al vacío experimental optimization of the freeze dry process of cape gooseberry added with active compounds by vacuum impregnation. <https://doi.org/10.17533/udea.vitae.v22n1a06>
- Cui, l., niu, l. Ying, li, d. Jing, liu, c. Quan, liu, y. Ping, liu, c. Ju, & song, j. Feng. (2018). Effects of different drying methods on quality, bacterial viability and storage stability of probiotic enriched apple snacks. *Journal of integrative agriculture*, 17(1), 247–255. [https://doi.org/10.1016/s2095-3119\(17\)61742-8](https://doi.org/10.1016/s2095-3119(17)61742-8)
- Damien, a. (2010). *La biomasa: fundamentos, tecnologías y aplicaciones*. A. Madrid vicente.
- Dane. (2015). *Informe de gestión sectorial estadístico*. Retrieved from [https://www.dane.gov.co/files/rendicion\\_cuentas/informe\\_rendicion\\_de\\_cuentas\\_2015.pdf](https://www.dane.gov.co/files/rendicion_cuentas/informe_rendicion_de_cuentas_2015.pdf)
- Dietz, j., kantha, j., & erdman, j. (1988). Reversed phase hplc analysis of  $\alpha$ -and  $\beta$ -carotene from selected raw and cooked vegetables., 333–341.
- Djekic, i., tomic, n., bourdoux, s., spilimbergo, s., smigic, n., udovicki, b., ... rajkovic, a. (2018). Comparison of three types of drying (supercritical co<sub>2</sub>, air and freeze) on the quality of dried apple – quality index approach. *Lwt*, 94(november 2017), 64–72. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.04.029>
- Espinosa, p., vaca, r., abad, j., & crissman, c. (1997). Raíces y tubérculos andinos cultivos

marginados en el ecuador. Situación actual y limitaciones para la producción.

- Estrada, I. (2006). *Tipos de secado y características en algunos alimentos*. Universidad autónoma agraria antonio narro. Retrieved from <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/360/59413s.pdf?sequence=1>
- Fda. (2014). Capítulo v. Métodos para reducir / eliminar los patógenos de productos frescos y productos frescos. Retrieved august 31, 2018, from <https://www.fda.gov/food/foodscienceresearch/ucm091363.htm>
- Fennema, o. (2010). *Química de los alimentos*. (acribia editorial, ed.) (3rd ed.). Acribia. Retrieved from <https://www.casadellibro.com/libro-quimica-de-los-alimentos-3-ed/9788420011424/1693111>
- Gaviola, j. (2013). *Manual de producción de zanahoria*. Retrieved from [https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_-\\_prlogo\\_e\\_ndice.pdf](https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_prlogo_e_ndice.pdf)
- Gębczyński, p., & kmiecik, w. (2007). Effects of traditional and modified technology, in the production of frozen cauliflower, on the contents of selected antioxidative compounds. *Food chemistry*, 101(1), 229–235. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.01.021>
- Gonçalves, e. M., cruz, r. M. S., abreu, m., brandão, t. R. S., & silva, c. L. M. (2009). Biochemical and colour changes of watercress (*nasturtium officinale* r. Br.) During freezing and frozen storage. *Journal of food engineering*, 93(1), 32–39. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.12.027>
- Goyeneche, r., di scala, k., & roura, s. (2013). Biochemical characterization and thermal inactivation of polyphenol oxidase from radish (*raphanus sativus* var. *Sativus*). *Lwt - food science and technology*, 54(1), 57–62. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.04.014>
- Grau, a., maupoey, p., barat, j., & albors, a. (2001). *Introducción al secado de alimentos por aire caliente*. (universitat politècnica de valència, ed.) (1st ed.). València. Retrieved from [www.lalibreria.upv.es](http://www.lalibreria.upv.es)
- Guía hortofrutícola de colombia*. (2014). Retrieved from [http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca\\_30\\_guiahortofruticultura%5b1%5d.pdf](http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_30_guiahortofruticultura%5b1%5d.pdf)
- Guzman, I., acevedo, d., & granados, c. (2012). Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 10(2), 170–176. Retrieved from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=s1692-35612012000200020](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s1692-35612012000200020)
- Hasbún, j., esquivel, p., brenes, a., & alfaro, i. (2009). Propiedades físico-químicas y parámetros de calidad para uso industrial de cuatro variedades de papa. *Agronomía costarricense*.
- Heiler alva;, eduardo bazán cruz;, jorge cabrera sánchez;, kyara huaccha;, & shirley rojas. (2013). Optimización de humedad y textura en snacks de manzana, evaluando espesor y temperatura de secado. Retrieved from <http://www.revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/viewfile/501/476>

- Heredia, n., vieira, m., dimas, j., gonzález, p., brandáo, n., & mazaron, b. (2009). Produtividade de mandiocinha-salsa sob diferentes densidades de plantio e tamanho das mudas, 139–143.
- Hermann, m. (1997). Arracacia xanthorrhiza bancroft. En: herman, m.; hiller, j. Eds. Andean roots and tubers: ahipa, arracacha, maca and yacon. International potato center cip. Lima Perú.
- Hess, j. M., & slavin, j. L. (2018). The benefits of defining “snacks.” *Physiology and behavior*, 193(september 2017), 284–287. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2018.04.019>
- Hiranvarachat, devahastin, & chiewchan. (2011). Effects of acid pretreatments on some physicochemical properties of carrot undergoing hot air drying. *Food bioprocess technology*, 4(1), 116–127.
- Howard, I. R., braswell, d. D., & aselage, j. (1996). Chemical composition and color of strained carrots as affected by processing. *Journal of food science*, 61(2), 327–330. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1996.tb14187.x>
- Huang, l., zhang, m., yan, w., mujumdar, a. S., & sun, d. (2009). Efecto del recubrimiento en post-secado de piezas de fresa liofilizada. *Journal of food engineering*, 92(1), 107–111. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.10.031>
- Infoagro colombia. (2017). Retrieved march 18, 2019, from <http://www.infoagrocolombia.com/>
- Jackman, r. L., & stanley, d. W. (1995). Perspectives in the textural evaluation of plant foods. *Trends in food science & technology*, 6(6), 187–194. [https://doi.org/10.1016/s0924-2244\(00\)89053-6](https://doi.org/10.1016/s0924-2244(00)89053-6)
- Jaworska, g., bernaś, e., biernacka, a., & maciejaszek, i. (2010). Comparison of the texture of fresh and preserved agaricus bisporus and boletus edulis mushrooms. *International journal of food science & technology*, 45(8), 1659–1665. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02319.x>
- Jenkins, e. B., lees, j. F., van dishoeck, e. F., & wilcots, e. M. (1989). Velocities and rotational excitation of interstellar h2 toward pi scorpii. *The astrophysical journal*, 343, 785. <https://doi.org/10.1086/167750>
- Jiménez, faviola. (2005). Características nutricionales de la arracacha (arracacia xanthorrhiza) y sus perspectivas en la alimentación. Retrieved from <https://es.slideshare.net/kevin1990/caracteristicas-nutricionales-de-la-arrecacha>
- Jose, c. (2013). Tendencia snacking: snacks cada vez más saludables. Retrieved august 30, 2018, from <https://www.ainia.es/tecnoalimentalia/consumidor/tendencia-snacking-snacks-cada-vez-mas-saludables/>
- Juan, g., & josé, g. (2006). *Biocarburantes líquidos: biodiésel y bioetanol*. Madrid. Retrieved from [www.madrimasd.org](http://www.madrimasd.org)
- Kader, a. (1992). *Postharvest technology of horticultural crops* (2nd ed.). Retrieved from [https://books.google.com.co/books/about/postharvest\\_technology\\_of\\_horticultural.html?id=3o4dvyhjaxy&redir\\_esc=y](https://books.google.com.co/books/about/postharvest_technology_of_horticultural.html?id=3o4dvyhjaxy&redir_esc=y)

- Knudsen, s., hermann, m., dos santos, f., & sorensen, m. (2004). Inducción de floración en el cultivo de arracacha (*arracacia xanthorrhiza bancroft*). En: seminario, j. (ed.). Raíces andinas: contribuciones al conocimiento y a la capacitación. Serie: conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos:, 197–213.
- Konica, m. (2003). Konica minolta holdings inc. Retrieved from [www.konicaminolta.com/yourcolours/colur\\_knowledge\\_seminar%0d](http://www.konicaminolta.com/yourcolours/colur_knowledge_seminar%0d)
- Krarpup, c. E i. M. (1998). Hortalizas de estación fría. Biología y diversidad cultural.
- Laguna, c., & valdivia, c. (2015, december 15). *Hábitos de consumo de zanahoria y remolacha en la poblaciónestudiantil del octavo grado del instituto nacional san isidro, departamento de matagalpa*. Universidad nacional autónoma de nicaragua unan. Retrieved from <http://repositorio.unan.edu.ni/1781/>
- Lemmens, l., tibäck, e., svelander, c., smout, c., ahrné, l., langton, m., ... hendrickx, m. (2009). Thermal pretreatments of carrot pieces using different heating techniques: effect on quality related aspects. *Innovative food science and emerging technologies*, 10(4), 522–529. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2009.05.004>
- Lepinard, a. R., goñi, s. M., salgado, p. R., & mascheroni, r. H. (2009). Experimental determination and modelling of size variation, heat transfer and quality indexes during mushroom blanching. *Journal of food engineering*, 92(1), 8–17. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.10.025>
- Lisiewska, z., kmiecik, w., & slupski, j. (2004). Contents of chlorophylls and carotenoids in frozen dill: effect of usable part and pre-treatment on the content of chlorophylls and carotenoids in frozen dill (*anethum graveolens l.*), depending on the time and temperature of storage. *Food chemistry*, 84(4), 511–518. [https://doi.org/10.1016/s0308-8146\(03\)00265-6](https://doi.org/10.1016/s0308-8146(03)00265-6)
- Liz, & flores quispe. (2015). *Efecto de las enmiendas orgánicas terramar®, humax® 90 y koripacha – bio®, sobre algunas propiedades del suelo y el rendimiento del cultivo de rabanito (raphanus sativus l.) En el distrito de san jeronimo, provincia de andahuaylas*. Retrieved from <http://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/handle/utea/39/tesis-efecto de las enmiendas orgánicas terramar.pdf?sequence=1&isallowed=y>
- Lupín, b., & rodríguez, e. (2009). El consumo de hortalizas orgánicas: atributos valorados de calidad consumption of organic garden produce: quality value attributes resumen / summary. *Economía* . Retrieved from [http://nulan.mdp.edu.ar/1304/1/faces\\_n32-33\\_25-47.pdf](http://nulan.mdp.edu.ar/1304/1/faces_n32-33_25-47.pdf)
- M helal uddin, a. B., khalid, r. S., abbas, s. A., taylor, j., jaya, s., & darul ehsan, s. (n.d.). Determination of heavy metal concentration of different traditional medicine formulations available at the east coast region of malaysia. *African journal of pharmacy and pharmacology*, 6, 1487–1491. <https://doi.org/10.5897/ajpp12.304>
- Madr. (2012). *Informe anual 2012 ministerio de agricultura y desarrollo rural-corporacion colombia internacional*. Retrieved from [http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4532/1/informe\\_panela.pdf](http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4532/1/informe_panela.pdf)
- María roxana rendón hernández;, & blanco gómez danny javier. (2015). *Evaluación de*

- polvos de zanahoria obtenidos por deshidratación por aire forzado a diferentes temperaturas evaluation of carrot powder obtained by forced-air dehydration at different temperatures (vol. 33). Venezuela . Retrieved from <https://scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v33n4/art10.pdf>
- Marín, e., lemus, r., flores, v., & vega, a. (2006). La rehidratación de alimentos deshidratados, 33.
- Mateus de lima, m., tribuzi, g., souza, j. A. R. De, souza, i. G. De, laurindo, j. B., & carciofi, b. A. M. (2016). Vacuum impregnation and drying of calcium-fortified pineapple snacks. *Lwt - food science and technology*, 72, 501–509. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.05.016>
- Méndez, m. (2013). *Universidad de chile facultad de ciencias agronómicas escuela de pregrado memoria de título elaboración y caracterización de un snack de zapallo italiano (cucurbita pepo l.) Con incorporación de esencias aromáticas maría fernanda méndez beretta*. Universidad de chile. Retrieved from [http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/116349/ma\\_fernanda\\_méndez\\_beretta.pdf?sequence=1](http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/116349/ma_fernanda_méndez_beretta.pdf?sequence=1)
- Neri, l., hernando, i., pérez-munuera, i., sacchetti, g., mastrocola, d., & pittia, p. (2014). Mechanical properties and microstructure of frozen carrots during storage as affected by blanching in water and sugar solutions. *Food chemistry*, 144, 65–73. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.07.123>
- Olivera, d. F., viñ, s. Z., marani, c. M., ferreyra, r. M., mugridge, a., chaves, a. R., & mascheroni, r. H. (2007). Effect of blanching on the quality of brussels sprouts (brassica oleracea l. Gemmifera dc) after frozen storage. *Journal of food engineering*, 148–155. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.05.005>
- Palacios, r., morales, m., & arias, g. C. (2011). Evaluación químico bromatológica de tres variedades de arracacia xanthorrhiza "arracacha" bromatological chemical evaluation of three varieties of arracacia xanthorrhiza "arracacha". *ciencia e investigación*, 14(2), 12–14. Retrieved from [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/ciencia/v14\\_n2/pdf/a03v14n2.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/ciencia/v14_n2/pdf/a03v14n2.pdf)
- Panea, a. (2018). 7 snacks de bolsa sanos y saludables. Retrieved august 30, 2018, from <https://www.elle.com/es/belleza/salud-fitness/g20659687/snacks-de-bolsa-sanos-y-saludables/>
- Peñas, e., sidro, b., ullate, m., vidal-valverde, c., & frias, j. (2013). Impact of storage under ambient conditions on the vitamin content of dehydrated vegetables. *Food science and technology international*, 19(2), 133–141. <https://doi.org/10.1177/1082013212442188>
- Presti, g., cau, s., oppo, a., & moderato, p. (2015). Increased classroom consumption of home-provided fruits and vegetables for normal and overweight children: results of the food dudes program in italy. *Journal of nutrition education and behavior*, 47(4), 338–344.e1. <https://doi.org/10.1016/j.jneb.2015.04.331>
- Rahman, m. S. (2003). *Manual de conservación de los alimentos*. (acribia, ed.) (1st ed.). Acribia. Retrieved from <https://www.casadellibro.com/libro-manual-de-conservacion-de-los-alimentos/9788420009896/868057>

- Ramírez, r., & pérez, m. (2006). Evaluacion del potencial de los biosó evaluacion del potencial de los biosólidos procedentes del lidos procedentes del tratamiento de aguas residuales para uso agrícola y su efecto sobre el cultivo de efecto sobre el cultivo derabano rojo ( rabano rojo (raphanus sativus l.). *Rev.fac.nal.agr.medellín*, 59(2), 3543–3556. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v59n2/a10v59n2.pdf>
- Reina, c., & olaya, j. (1997). *Manejo postcosecha y evaluación de calidad para zanahoria (daucus carotas l) que se comercializa en la ciudad de neiva*. Retrieved from [http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4697/2/manejo\\_poscosecha\\_y\\_evaluacion\\_de\\_la\\_calidad\\_en\\_zanahoria.pdf](http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4697/2/manejo_poscosecha_y_evaluacion_de_la_calidad_en_zanahoria.pdf)
- Rodríguez, g., garcía, h., camacho, j., arias, f., rivera, j., & de la torre, f. (2000). *La harina de arracacha*. Retrieved from [http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4714/1/harina\\_de\\_arracacha.pdf](http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4714/1/harina_de_arracacha.pdf)
- Romero, i., díaz, v., & aguirre, a. (2016). *Fortalecimiento de la cadena de valor de los snacks nutritivos con base en fruta deshidratada en el salvador*. Ciudad de méxico. Retrieved from [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40251/s1600668\\_es.pdf?sequence=1&isallowed=y](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40251/s1600668_es.pdf?sequence=1&isallowed=y)
- Rungapamestry, v., duncan, a. J., fuller, z., & ratcliffe, b. (2007). Effect of cooking brassica vegetables on the subsequent hydrolysis and metabolic fate of glucosinolates. *Proceedings of the nutrition society*, 66(01), 69–81. <https://doi.org/10.1017/s0029665107005319>
- Sehrawat, r., nema, p. K., & kaur, b. P. (2018). Quality evaluation and drying characteristics of mango cubes dried using low-pressure superheated steam, vacuum and hot air drying methods. *Lwt*, 92(march), 548–555. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.03.012>
- Shaviklo, a., azaribeh, m., moradi, y., & zangeneh, p. (2015). Formula optimization and storage stability of extruded puffed corn-shrimp snacks. *Lwt-food science and technology*, 307–314.
- Song, j.-y., an, g.-h., & kim, c.-j. (2003). Color, texture, nutrient contents, and sensory values of vegetable soybeans [glycine max (l.) Merrill] as affected by blanching. *Food chemistry*, 83(1), 69–74. [https://doi.org/10.1016/s0308-8146\(03\)00049-9](https://doi.org/10.1016/s0308-8146(03)00049-9)
- Vigliola, m. (1998). *Manual de horticultura*. Buenos aires.
- Volden, j., borge, g. I. A., hansen, m., wicklund, t., & bengtsson, g. B. (2009). Processing (blanching, boiling, steaming) effects on the content of glucosinolates and antioxidant-related parameters in cauliflower (brassica oleracea l. Ssp. Botrytis). *Lwt - food science and technology*, 42(1), 63–73. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.05.018>
- Wang, d. , li, dj , jiang, n. , zhang, zy , niu, ly , cui, l. , song, jf , liu, cj , liu, c. (2007). Efecto de los métodos de secado en la calidad y el consumo de energía de la barra crujiente de okra, 38, 101–105. Retrieved from <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85044740239&origin=inward&txgid=f4a8170097afea546e492f0648b6b77b>

- Wang, j., xiong, y.-s., & yu, y. (2004). Microwave drying characteristics of potato and the effect of different microwave powers on the dried quality of potato. *European food research and technology*, 219(5), 500–506. <https://doi.org/10.1007/s00217-004-0979-1>
- Wang, k., wambugu, p., zhang, b., henry, r., & gilbert, r. (2015). The biosynthesis, structure and gelatinization properties of starches from wild and cultivated african rice species (*oryza barthii* and *oryza glaberrima*)., 92–100.
- Wu, b., pan, z., qu, w., wang, b., wang, j., & ma, h. (2014). Effect of simultaneous infrared dry-blanching and dehydration on quality characteristics of carrot slices. *Lwt - food science and technology*, 57(1), 90–98. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.11.035>
- Xu, c., yu, c., & li, y. (2015). Effect of blanching pretreatment on carrot texture attribute, rheological behavior, and cell structure during cooking process. *Lwt - food science and technology*, 62(1), 48–54. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.01.033>
- Zhang, m., tang, j., mujumdar, a. S., & wang, s. (2006). Trends in microwave-related drying of fruits and vegetables. *Trends in food science & technology*, 17(10), 524–534. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2006.04.011>