



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**

*La Universidad Católica de Loja*

## **ÁREA BIOLÓGICA Y BIOMÉDICA**

TÍTULO DE INGENIERO EN ALIMENTOS

**Uso de subproductos vegetales como fuente de nitrito para su aplicación  
en la industria de productos cárnicos.**

TRABAJO DE TITULACIÓN.

**AUTOR:** Paz Soto, Ronni Alexander

**DIRECTOR:** Fernández Arias, José Miguel, Ing.

LOJA – ECUADOR

2019



*Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>*

2019

## APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Ingeniero.

José Miguel Fernández Arias.

**DOCENTE DE LA TITULACIÓN**

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: Uso de subproductos vegetales como fuente de nitrito para su aplicación en la industria de productos cárnicos, realizado por Paz Soto Ronni Alexander, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, marzo del 2019

f) .....

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo Paz Soto Ronni Alexander, declaro ser autor del presente trabajo de titulación: Uso de subproductos vegetales como fuente de nitrito para su aplicación en la industria de productos cárnicos, de la Titulación de Ingeniería en Alimentos, siendo José Miguel Fernández Arias, director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además, certifico que las ideas, concepto, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

f) .....

Autor: Paz Soto Ronni Alexander

Cédula: 1900712124

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a **Dios** por ser mi fortaleza y fuente de fuerza al momento de que se me presentaron los momentos más difíciles y complicados durante todo este camino hacia mi formación profesional.

A mis padres **Carmen y Víctor**, por ser el pilar fundamental de nuestra familia, por brindarme su amor, consejo y amistad en todo mi trayecto de vida no solo estudiantil; a mi hermana Karent, por siempre estar conmigo apoyándome con sus palabras y ocurrencias y finalmente a mis abuelitos que siempre han velado por el bienestar mío y de mi familia.

***Ronni***

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a **Dios**, por darme la fuerza para no decaer en las dificultades que se me han presentado a lo largo de toda mi vida profesional.

A esta institución como es la **UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**, por abrirme las puertas y darme la oportunidad de realizar mis estudios universitarios y así poder hoy lograr mi meta tan anhelada de ser un profesional.

Mi agradecimiento, al **Ing. José Miguel Fernández**, como director de mi trabajo de fin de titulación, gracias a sus conocimientos enseñanzas, paciencia y dirección, supo brindarme su apoyo, haciéndome menos difícil el desarrollo de este trabajo.

También quiero agradecer a todos mis docentes quienes me supieron brindar sus enseñanzas a lo largo de mi toda mi carrera muy en especial al Mgrt. Jorge Felipe Reyes Bueno, Mgrt. Jorge Geovanny Figueroa Hurtado y Mgrt. María del Cisne Guamán Balcázar por ayudarme no solo durante la carrera universitaria, si no en mi trabajo de fin de titulación de forma profesional a través de sus conocimientos, motivación y paciencia, al Ing. Holger Jaramillo por su ayuda profesional, pero por muy encima por sus consejos que ayudaron a mi formación estudiantil.

A mis **padres** por ayudarme a forjar todo este camino como profesional y persona. A mi **hermana**, toda mi **familia** en general y todas las **personas** que estuvieron ahí conmigo y brindarme así fuera un pequeño memento de alegría y apoyo para no desmayar en todo este camino, mil gracias por su apoyo.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS .....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
LISTA DE ABREVIATURA.....	xi
RESUMEN .....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN .....	3
CAPÍTULO I.....	6
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	6
<b>1.1. Embutidos.</b> .....	<b>7</b>
<b>1.1.1. Concepto.</b> .....	<b>7</b>
<b>1.1.2. Clasificación.</b> .....	<b>7</b>
<b>1.2. El chorizo.</b> .....	<b>7</b>
<b>1.3. Ingredientes.</b> .....	<b>8</b>
<b>1.3.1. Carne.</b> .....	<b>8</b>
<b>1.3.2. Grasa.</b> .....	<b>9</b>
<b>1.3.3. Sal.</b> <b>9</b>	
<b>1.3.4. Tripas.</b> .....	<b>9</b>
<b>1.3.5. Fermentación natural.</b> .....	<b>10</b>
<b>1.4. Proceso de maduración.</b> .....	<b>10</b>

1.5. Embutido.....	10
1.6. Nitrito / Nitrato.....	11
1.7. Reducción de nitratos a nitritos.....	11
1.8. Fuentes vegetales de nitratos.....	12
1.8.1. Lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> ).....	12
1.8.2. Brócoli ( <i>Brassica oleracea var. italica</i> ).....	13
1.8.3. Rúcula ( <i>Eruca sativa Miller</i> ).....	14
CAPÍTULO II.....	15
OBJETIVOS.....	15
2.1. General.....	16
2.2. Específicos.....	16
CAPÍTULO III.....	17
MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
3.1. Tratamiento de estudio.....	18
3.2. Muestra y preparación.....	18
3.3. Preparación del subproducto.....	18
3.3.1. Lavado.....	18
3.4. Extracción de zumo.....	18
3.5. Atomizado.....	19
3.6. Subproducto vegetal directo.....	20
3.7. Análisis de nitratos en vegetal.....	20
3.8. Formulación.....	20
3.9. Procedimiento de elaboración.....	21
3.10. Análisis de nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) en embutido.....	23
3.11. Análisis estadístico.....	23
CAPÍTULO IV.....	24
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24

4.1. Rendimiento de extractos y atomización.....	25
4.2. Análisis de Nitratos.....	25
4.2.1. Análisis de nitratos en subproducto vegetal en especie.....	25
4.2.2. Análisis de nitratos en subproducto vegetal atomizado.....	27
4.3. Análisis de nitrito residual en embutido.....	28
4.3.1. Efecto del modo de adición (tratamiento) y tipo de subproducto vegetal aplicado, sobre la concentración final de nitrito residual en embutidos.....	28
CONCLUSIONES.....	30
RECOMENDACIONES: .....	31
BIBLIOGRAFÍA .....	32
ANEXOS.....	39
Anexo A. Esquemas.....	40
Anexos B. ANOVA. ....	42
1. Nitrito residual (subproducto vegetal vs. Forma de adición).....	42
2. Nitrito residual (Brócoli vs. Lechuga).....	47
Anexos C. DOSIFICACIÓN.....	49

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Rendimiento extractos de zumo y atomización.....	25
<b>Tabla 2.</b> Contenido de nitratos en subproducto vegetal.....	26
<b>Tabla 3.</b> Contenido de nitratos en subproducto vegetal atomizado.....	27
<b>Tabla 4.</b> Contenido de nitrito residual en embutidos.....	28
<b>Tabla 5.</b> Datos para determinación de dosificación de nitratos.....	50

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Partes de la planta lechuga.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 2.</b> Partes de la planta brócoli.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 3.</b> Partes de la planta rúcula.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 4.</b> Extracción de zumo vegetal. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 5.</b> Atomizado de zumo vegetal.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 6.</b> Batidora KitchenAid 5QT.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 7.</b> Embutidora metálica manual.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 8.</b> Chorizo con subproductos vegetales.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 9.</b> a) Chorizo con subproductos atomizado b) Chorizo con subproductos vegetal sin atomizar.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 10.</b> Esquema del procedimiento de obtención de nitratos. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 11.</b> Diagrama de flujo elaboración de chorizo.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 12.</b> Esquema del procedimiento de obtención de nitritos. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 13.</b> Tabla de niveles máximos de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> establecidos por el reglamento (CE) No. 1881/2016.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 14.</b> Gráfica de interacción para nitrito residual (subproducto vegetal y tratamiento). .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 15.</b> Anova para generación de gráfica de cajas adición directa...	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 16.</b> Gráfica de cajas nitrito residual para adición directa. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 17.</b> Anova para generación gráfica de cajas adición atomizado. ....	46
<b>Figura 18.</b> Gráfica de caja nitrito residual adición atomizado..	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 19.</b> Anova para generación gráfica de cajas (brócoli vs lechuga directo). ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 20.</b> Nitrito residual brócoli vs. lechuga directo. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 21.</b> Nitrito residual mejor tratamiento vs blancos. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## LISTA DE ABREVIATURA

<b>(p/v):</b>	Peso en función del volumen.
<b>AOAC</b>	Association of Official Agricultural Chemists (La asociación de las comunidades analíticas)
<b>Aw:</b>	Actividad de agua.
<b>CGC+:</b>	Cocos gram positivos catalasa gram +.
<b>FAO</b>	Food and Agriculture Organization. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación)
<b>g.:</b>	Gramos.
<b>Mb:</b>	Mioglobina.
<b>MX:</b>	Maltodextrina.
<b>mm:</b>	Milímetros.
<b>mg / kg:</b>	Miligramo por kilogramo.
<b>mg NO<sub>3</sub><sup>-1</sup>/kg:</b>	Miligramos de nitrato por kilogramo.
<b>min:</b>	Minutos.
<b>ml.:</b>	Mililitros.
<b>NOMb:</b>	Nitrosomioglobina.
<b>N:</b>	Nitrógeno.
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup> :</b>	Nitrato.
<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup> :</b>	Nitrito.
<b>nm.:</b>	Nanómetros.
<b>ppm:</b>	Partes por millón.
<b>pH.:</b>	Potencial de hidrógeno (medidor de acidez).
<b>Rpm:</b>	Revoluciones por minuto.
<b>TSS:</b>	Sólidos totales.

## RESUMEN

El presente trabajo investigativo consistió en buscar una alternativa para la sustitución de los nitritos comerciales a partir de los subproductos vegetales generados por las industrias procesadoras, los cuales son una gran fuente de nitratos.

Se realizó la elaboración de un embutido con adición de subproductos vegetales mediante dos métodos de aplicación: el primero consistió en la obtención de zumo y su atomización, el segundo mediante adición directa del subproducto vegetal.

Con los análisis realizados al producto elaborado se pudo comprobar que los subproductos vegetales son una fuente de nitratos los cuales pueden ser reducidos a nitritos en el embutido, en el análisis de nitrito residual, se comprobó que el tratamiento de atomización aplicado al subproducto vegetal de brócoli presenta la menor concentración con un valor de 37,55 ppm.

**PALABAS CLAVE:** atomizado, embutido, nitratos, nitritos, subproductos vegetales.

## **ABSTRACT**

The present investigative work consisted in looking for an alternative for the substitution of commercial nitrites, from the vegetable by-products generated by the processing industries, which are a great source of nitrates.

Was made the elaboration of a sausage with addition of vegetable by-products by means of two methods of application: The first consisted in the obtaining of juice and its atomization, the second by direct addition of the vegetal by-product.

With the analyses made to the elaborated product it could be verified that the vegetable by-products are a source of nitrates which can be reduced to nitrites in the sausage, in the analysis of residual nitrite, it was found that the treatment of atomization Applied to the vegetable by-product of broccoli has the lowest concentration with a value of 37,55 ppm.

**KEY WORDS:** atomized, by-products of plant, nitrate, nitrite, sausage.

## INTRODUCCIÓN

Los subproductos son aquellos sobrantes de productos destinados al consumo humano que no se consumen, se calcula que cada año se pierden y desperdician alrededor del 20% en semillas oleaginosas, carnes y productos lácteos, 30% de cereales, y entre el 40% y 50% de tubérculos, frutas y hortalizas (FAO, 2015). Tales desperdicios tienden a ser altamente propensos al deterioro enzimático y microbiano, así mismo estos generan un gran impacto negativo al medio ambiente y un elevado gasto al momento de realizar la eliminación de estos (Gómez & Martínez, 2017).

Las pérdidas de alimentos en países en desarrollo son indudablemente altos, esto se debe a varias limitaciones técnicas y de gestión relacionada con los métodos de cultivo, infraestructuras, sistemas de almacenamiento, transporte, procesamiento, envasado y comercialización, todo esto genera problema en los nutrientes presentes en los alimentos lo cual afecta directamente al estado nutricional de los consumidores (FAO, 2015).

No obstante, en los últimos años estos subproductos en su mayoría frutas y vegetales, han tenido como finalidad el servir como alimentación para animales, o simplemente son destinados para la obtención de biofertilizantes (Agourram et al., 2013). Los subproductos aparte de cumplir las funciones antes mencionadas, son ricos en nutrientes y compuestos extra nutritivos para el consumo humano, lo cual contribuye con la salud intestinal, como lo es ayudando a la disminución del colesterol en la sangre, mejorando el control en las respuestas glucémicas y de la insulina, entre otros (Padayachee, Day, & Howell, 2015).

Los vegetales contienen proteínas que tienen la propiedad de mejorar la textura de los productos cárnicos, además, las verduras son bien conocidas como una rica fuente de nitrato (Eisinaite, Vinauskiene, Viskelis, & Leskauskaite, 2016). En la actualidad la industria cárnica, busca alternativas para la sustitución de aditivos o conservantes industriales por la de conservantes o aditivos de origen vegetal para reducir el contenido de nitritos o nitratos en los productos cárnicos, encontrar una alternativa de nitrito / nitrato que reproduzca la característica típica de color de la carne y mantenga los rasgos de alta calidad en embutidos es de gran importancia, algunas verduras como el apio, brócoli, lechuga entre otras contienen cantidades significativas de nitrato, que podrían ser fuente de nitritos en la industria cárnica (Keeton, Osburn, Hardin, Bryan, & Longnecker, 2012).

La presencia de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) en plantas es una de las consecuencias que se genera debido al proceso de absorción del nitrógeno (N), a partir de fertilizantes o materiales orgánicos las cuales son esenciales para el proceso de síntesis de proteínas, todo este proceso también ha

tenido un impacto significativo en los hallazgos que se han dado en muchos estudios en los que se ha demostrado que la mayoría de vegetales contienen nitratos en diferentes niveles los cuales varían de 1 a 10 000 mg kg<sup>-1</sup> (Chung et al., 2003).

No es posible una referencia del valor exacto de la concentración de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) que posee los vegetales, se debe tomar en cuenta diferentes propiedades biológicas del cultivo de las plantas, como pueden ser el tipo de suelo, temperatura, humedad, madurez de la planta, tiempo de cosecha, tamaño de la verdura, tiempo de almacenamiento, incluso entre diferentes muestras de las mismas variedades vegetales, los rangos de concentraciones pueden sufrir variaciones (Tamme et al., 2006).

Todo el proceso de reducción de nitratos se da mediante etapas, las mismas que son catalizadas por sistemas enzimáticos como nitrato reductasa, que se encargan de catalizar la reducción de nitrato NO<sub>3</sub><sup>-</sup> a nitrito NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (Polo, 1976). La coloración característica que adquieren los productos cárnicos tratados con sales, se admitía que se debía principalmente a la presencia de nitratos, posteriormente se observó que los nitratos no permanecían como tales, sino que estos eran reducidos a nitritos por acción de bacterias reductoras, todo el proceso mencionado se da a su vez por la acción de bacterias generadoras de enzimas, esto provoca que el nitrato sea reducido a óxido nitroso en estado gaseoso, este gas al relacionarse con el pigmento rojo del músculo da como resultado la formación de una sustancia inestable que posee un color rojo claro en la carne y al ser sometida al calor durante el proceso de ahumado o cocción se vuelve más estable (Claudia et al., 2014). Se ha establecido que los responsables de la coloración rojiza presente en los embutidos es por la acción de los nitritos y no de los nitratos (Ventanas, Martin, Estevez, & Carrascal, 2004).

El actual trabajo tiene como finalidad aprovechar estos subproductos vegetales generados por las industrias, los cuales cuentan con una gran concentración de nitratos, a través de una extracción y atomización se pretende el uso de estos como un sustituto de los nitritos comerciales que son utilizados en la elaboración de productos cárnicos.

El presente estudio está organizado en cinco capítulos: en el Capítulo I se muestra una revisión literaria de las generalidades de embutidos (chorizo), vegetales como fuente de nitratos, reducción de nitratos a nitritos y funciones de los mismos en los productos cárnicos.

En el capítulo II se detalla los objetivos generales y específicos del presente trabajo.

En el capítulo III se describe brevemente materiales y métodos para la obtención y lectura de nitratos y nitritos en el producto final.

Finalmente, en el capítulo IV trata sobre resultados y discusiones, relacionados a resultados obtenidos con bibliografía.

.

**CAPÍTULO I**  
**REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

## **1.1. Embutidos.**

### **1.1.1. Concepto.**

Son productos y derivados cárnicos que son elaborados a partir de una combinación de carne picada, grasa, sal, condimento, aditivos y especias, en donde el producto que más resalta o que se utiliza es la carne de cerdo o vacuno, la cual debe provenir de animales adultos, sanos y bien nutridos con el fin de obtener un producto de excelente calidad (Herrera Narvaez, 2016).

A lo largo de los tiempos se ha desarrollado nuevos productos con sabores y texturas características, todo esto en base a las necesidades de cada zona geográfica, actualmente, la elaboración de productos cárnicos se considera una tecnología altamente sofisticada en la que las innovaciones en la ingeniería mecánica, la imaginación del fabricante y la investigación tanto de centros públicos como privados hacen de los productos cárnicos un sector con un gran futuro (Arnau, 2011).

### **1.1.2. Clasificación.**

Existe una gran variedad de factores que se emplea para la clasificación de productos cárnicos en general como, por ejemplo: tamaño del grano de carne y grasa picada, incorporación de subproductos de la matanza, embutido o no, envasado en tripa, técnica de fabricación, tipo y cantidad de especias y aditivos utilizados, características fisicoquímicas y orígenes étnicos, generándose de esta forma una amplia gama de definiciones y clasificaciones (Gallego Restrepo, 2013).

Uno de los factores que más resalta en el tratamiento es la adición de aditivos que son usados en base a la función o característica que se desee resaltar como pueden ser: colorantes (cúrcuma, carotenoides, xantofilas, entre otros); reguladores del pH (ácido cítrico, láctico, gluco-delta-lactona, entre otros); antioxidantes (ácidos ascórbicos y sus sales) y conservadores (nitrito sódico y potásico, nitrato sódico y potásico, ácido ascórbico) (Meléndez, Colmenarez, & Matute, 2014).

## **1.2. El chorizo.**

En la ciudad de España es una típica salchicha fermentada, la cual es obtenida a través de una mezcla de carne magra de cerdo y res, grasa de cerdo, sal y especias, a su vez embutidos en tripas naturales y/o artificiales de uso permitido, los cuales pueden ser fresco, cocido, madurado, ahumado o no, sin embargo, se puede utilizar carnes de otras especies de animal

(González-Fernández, Santos, Rovira, & Jaime, 2006).

Su elaboración se puede dividir en tres etapas:

- Periodo de preparación: las materias primas e ingredientes se trituran y mezclan.
- Periodo de fermentación: se rellenan en tripas, y con las bacterias ácido lácticas son las que se encargan de la producción de ácido láctico y disminución del pH, la acidificación favorece la curación de la formación de color y la coagulación de proteínas musculares, aumentando la firmeza y la cohesión.
- Periodo de maduración: el producto es secado o sometido a un tratamiento térmico con el fin de desarrollar más su textura y sabor final.

Luis, Lourdes, Leonor, & Itzel, (2018) refiere que existen diferentes condiciones y métodos para la elaboración del producto, en diferentes países varia su elaboración dependiendo de los gustos de cada uno de estos, sin embargo, los condimentos comúnmente usados son: sal y especias, no obstante en la fabricación del chorizo el ahumado es un procedimiento tradicional y se lo sigue practicando, debido a que en este proceso la actividad acuosa o actividad de agua ( $A_w$ ) logra disminuir ocasionando que la carga microbiana no se desarrolle, otro paso importante es el desecado, es aquí donde se desarrolla la maduración del producto, en este punto se desarrollan tres etapas importantes; el enrojecimiento, la aromatización y el aumento de su consistencia, debido a que este paso es un evento tanto bioquímico como microbiano muy complejo.

### **1.3. *Ingredientes.***

#### **1.3.1. *Carne.***

La utilización de carnes en la elaboración de productos cárnicos ha sido principalmente por razones de disponibilidad, beneficios que poseen como vitaminas y demás nutrientes, a lo largo de la historia es crucial para obtener un producto sabroso, suave y aromático, también por su aporte para generar un color característico en el producto final, esto influye en la decisión de compra del consumidor, a su vez para que esto suceda esta debe provenir de animales sanos y bien nutridos, debido a que uno de sus factores importantes para ser transformada en embutido es su pH, es decir el grado de su acidez, el mismo que influye en la propiedades funcionales de la carne como lo son: retención de agua, color, y susceptibilidad de la carne al ataque microbiano (De Maere et al., 2018).

### **1.3.2. Grasa.**

La grasa es incorporada a los productos cárnicos procesados, esto debido a que posee características sensoriales únicas e importantes, debido a que tiene con objetivo afectar las características sensoriales del producto final en la boca, la jugosidad y el sabor, aparte es de gran ayuda para favorecer la parte estructural de los productos cárnicos, para que esto suceda se debe tener en cuenta que la grasa no sea demasiado blanda, ya que eso aportaría demasiados ácidos grasos insaturados (Cáceres, García, & Selgas, 2008).

### **1.3.3. Sal.**

El uso de sal en productos cárnicos tiene como fin: ayudar al aumento de la presión osmótica, dar sabor, inhibir la actividad de enzimas presentes en la carne y de microorganismos, favorece a la solubilización y con esto la extracción de las proteínas miofibrilares, generando así a una excelente ligazón de las partículas presente en el producto ya que interviene en la solubilización de las proteínas cárnicas, esto permite que se forme una película de grasa, genera una mejor consistencia y facilidad de corte del producto final y retención de agua, esto se genera cuando se agrega sal al sistema de carne, los iones de cloruro causan que las proteínas miofibrilares se hinchen y rechacen otras, creando espacio para captar agua y atrapar partículas de grasa. Al mismo tiempo, los iones de cloruro aumentan la cantidad de carga negativa y aumentan la fuerza iónica (la concentración de iones positivos y negativos en una solución) de todo el sistema, esto logra generar un desplazamiento en el punto isoeléctrico y logrando así un aumento de la capacidad de retención de agua en la carne (Lago, 1997).

La cantidad de sal que se adiciona al producto depende del tipo de embutido que se desee elaborar y suele variar entre un 2 y 3% en el producto final (Martín Juárez, 2005).

### **1.3.4. Tripas.**

Son lo suficientemente fuertes para manejar la presión de los ingredientes y materias primas adicionados para la maduración del producto, permiten una mayor permeabilización a tratamientos térmicos, son elásticos y se adhieren firmemente al relleno del producto de los cuales se destacan varios tipos como son: tripa de cerdo, tripas naturales, tripas artificiales de celulosa, de los cuales los que principalmente se usan son de tipo natural (Djordjevic et al., 2015).

### **1.3.5. Fermentación natural.**

Se usa la carne cruda esto debido a que es un medio ideal para el crecimiento y desarrollo de muchos microorganismos por su alto contenido de humedad (70 – 80%), su abundancia de proteínas, péptidos y aminoácidos, por lo general tiene un pH favorable para el desarrollo de muchos microorganismos (*Salmonella*, *E. coli*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium botulinum*, entre otros) (Holck, Axelsson, McLeod, Rode, & Heir, 2017).

Para los embutidos fermentados, esta conservación consiste en una serie de estrategias con la finalidad de preservar la carne, estos incluyen la reducción del pH mediante la fermentación de los azúcares a ácido láctico principalmente, la disminución de la actividad del agua ( $A_w$ ), el secado por evaporación del agua, la inhibición del crecimiento de bacterias aeróbicas creando un ambiente anaeróbico, la inhibición del crecimiento microbiano mediante la adición de nitrato o nitrito, y la inhibición o crecimiento superficial por algún método de cocción en donde esto ayuda a la eliminación de la humedad presente en el producto y sus proteínas se desnaturalicen y el mismo genere una textura firme, estos obstáculos generalmente conducen a un producto estable al almacenamiento, si se genera una fermentación inadecuada presentara defectos como son: un secado insuficiente, dureza superficial, un producto con un interior muy suave, sabores residuales (López, 2011).

### **1.4. Proceso de maduración.**

En los embutidos el proceso de maduración viene de la mano con la fermentación de carnes, en donde este proceso se resume en dos fases que tienen lugar una vez elaborada la masa, estos procesos dan origen a las características típicas de los embutidos, en la primera fase predominan las actividades reproductoras y metabólicas de las bacterias, esta fase se caracteriza por la aparición de ácidos, fundamentalmente el pirúvico (ayuda al transporte de glucosa para las células musculares) y el láctico (modifican el pH del alimento) (Bouju-Albert, Pilet, & Guillou, 2018).

En la segunda fase se genera una disminución de las bacterias y se originan los procesos de descomposición y el de transformación, lo más relevante es la descomposición de los ácidos grasos, formándose el aroma típico del embutido, también se produce una descomposición de las proteínas y azúcares (Lago, 1997).

### **1.5. Embutido.**

El fundamento de este paso es hacer pasar la masa desde un recipiente hasta la tripa a través de un embudo, este proceso se realiza a vacío, se lo realiza de esta manera debido a que es

imprescindible para realizar un llenado casi total de la masa y evitar que se aloje aire en la tripa, se debe embutir con el fin de que la masa no quede ni floja, ni muy apretada en la tripa, ya que esto podría generar el problema de la presencia de hoquedades o mala consistencia, otro problema que se podría generar sería el de una rotura (Lago, 1997).

#### **1.6. Nitrito / Nitrato.**

El nitrato a más de ser un agregado natural el cual está presente y forma parte del ciclo del nitrógeno en el medio ambiente, es muy utilizado como fertilizante agrícola en este punto cumple una función importante en vegetales debido a su potencial para acumularse de manera extraordinaria, en lo particular en hojas y tallos, es por ello que en determinadas hortalizas la concentración de nitratos es mayor, tal es el caso de espinacas, lechugas, brócoli, etc. (Cruz Dominguez, 2015).

EL nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), sin embargo, no es una especie reactiva para las reacciones de curación y primero debe reducirse a nitrito para entrar en reacciones de curación, pero se usaron por primera vez de forma accidental a base de una estabilización del color que se realizaba en carnes curadas, habitualmente, se utilizan nitrato sódico y potásico, posteriormente los nitratos, no permanecen como tales sino que son reducidos a nitritos por la acción de bacterias reductoras (Ventanas et al., 2004).

El nitrato y nitrito ha sido usado con la finalidad de curar, conservar y elaborar carnes, pescados y ciertos quesos, durante la preparación, el nitrato se reduce a nitrito por bacterias del género *Micrococcus*, en condiciones anaerobias, cuando estos son adicionados a las carnes curadas, el nitrito tiene al menos tres funciones: en primer lugar, contribuye al sabor, como segundo otorgar el color característico del producto y como tercero inhibe el crecimiento de bacterias dañinas en el producto, ayudando así a prevenir la aparición de alteraciones que afectan las características sensoriales y prevenir la formación de toxinas botulínicas (Skibsted, 2011; Ventanas et al., 2004).

#### **1.7. Reducción de nitratos a nitritos.**

El nitrato se adiciona a productos cárnicos ya que posee una capacidad de fijación del color típico de los productos curados, más que por sus características antioxidantes y antimicrobianas.

Para que este efecto se realice el nitrato añadido debe ser reducido a nitrito, una vez hecha la mezcla, esta se somete a un proceso de maduración o fermentación en el que las bacterias ácido lácticas de la carne crece y convierte el azúcar en ácido láctico, lo que conduce a una

disminución del pH de alrededor de 5.8 a 5.3, dependiendo de la cantidad disponible azúcares fermentables y condiciones de proceso. Los *Staphylococcus*, cuando están presentes, contribuirán al desarrollo del sabor y la reducción del nitrito y nitrato, esta reducción la realizan exclusivamente algunas bacterias específicas y es catalizada por sus enzimas (gérmenes del género micrococcus), como los cocos gram-positivos catalasa-positivos (CGC+), que utilizan el nitrato como aceptor final de electrones en la cadena respiratoria. Este hecho provoca la reducción de nitrato a nitrito, que conjuntamente con un medio ácido, favorece la transformación del nitrito a óxido nítrico por medio de microorganismos presentes en el embutido (incluyendo microbiota nitrato-reductora y algunas cepas de bacterias lácticas) y éste se descompone originando óxido nítrico. El óxido nítrico formado reacciona con la mioglobina (pigmento muscular) de la carne para producir el deseado pigmento rojo típico de los productos curados: el nitrosopigmento o nitrosomioglobina (Martín Juárez, 2005).

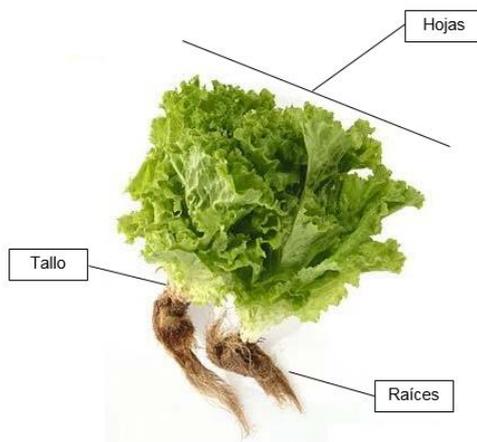
### **1.8. Fuentes vegetales de nitratos.**

Huarte-Mendicoa, Astiasarán, & Bello, (1997), afirman que las verduras son las que se encargan del aporte del 87% de nitratos en una dieta normal, la presencia natural de  $\text{NO}_3^-$ , es consecuencia del ciclo del nitrógeno, en el cual la planta asimila nitrógeno inorgánico en forma de  $\text{NO}_3^-$  para utilizarlos en la síntesis de proteínas vegetales, en donde los  $\text{NO}_3^-$  se encuentran como nitrógeno inorgánico siendo los responsables de la formación de proteínas, se tiene que tener en cuenta que los niveles de nitrato en verduras varían considerablemente esto de acuerdo a los siguientes factores en su cultivo: tipos de fertilizantes, temporada de cosecha, condiciones de luz, temperatura y condiciones de almacenamiento

Se los puede clasificar en base a su contenido de nitratos; muy alto, alto, intermedio, bajo y muy bajo contenido nitratos (Iñago Nuñez & Carretero Gomez, 2011).

#### **1.8.1. Lechuga (*Lactuca sativa*)**

Es una de las verduras que tienen un promedio de consumo de 22,5 g por persona diarios en Europa, lo cual la hace una de las verduras más consumidas en el mundo representando un 6,5% de la ingesta total de vegetal, es una hortaliza de hoja ancha, que contiene varios elementos como lo son: carbón, magnesio, potasio, hierro, manganeso, zinc, considerados esenciales para los humanos, además posee en sus hojas un gran contenido de nitratos, posee un valor mayor a otro tipo de vegetales, posee un contenido de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) en sus hojas externas que oscilan entre 253 y 1206 ppm  $\text{NO}_3^-$ , mientras que en sus hojas internas son de 328 y 1341 ppm  $\text{NO}_3^-$  (Pinto, Almeida, Aguiar, & Ferreira, 2014).



**Figura 1.**Partes de la planta lechuga.  
**Fuente:** El autor.  
**Elaboración:** El autor.

### 1.8.2. Brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*)

El brócoli es una fuente rica de vitamina C, el contenido de vitamina C puede ser influenciado por varios factores tales como diferencias genotípicas, época de crecimiento y cosecha, de la misma la concentración de nitratos en los vegetales pueden variar dependiendo de las condiciones en que se desarrollen (fertilización biológica, uso de diferentes tipos de fertilizantes y estación de cosecha) (Elwan & Abd El-Hamed, 2011). De acuerdo, con el análisis sobre los niveles de nitrato presente en el brócoli tanto crudo como cocido, en donde se encontraron en productos crudos niveles de nitrato ( $\text{NO}_3^{-1}$ ) entre 521 y 5638  $\text{mg NO}_3^{-1}/\text{kg}$ , mientras que en los productos cocidos no se determinó un concentración de nitrato entre 124 y 952  $\text{mg NO}_3^{-1}/\text{kg}$  (Huarte-Mendicoa et al., 1997).



**Figura 2.** Partes de la planta brócoli.  
**Fuente:** El autor  
**Elaboración:** El autor.

### 1.8.3. Rúcula (*Eruca sativa* Miller).

*Eruca sativa* Mill., las hojas inferiores son pedunculadas, es muy conocida debido a que otorga diversas ventajas tanto curativas como estimulantes, este vegetal a diferencia de otros vegetales presenta en las hojas un mayor contenido de fibra, hierro y Vitamina C, a su vez su hojas de igual manera se caracterizan por presentar un sabor entre picante y amargo, son consumidas crudas mayormente en ensaladas o bien son utilizadas en la decoración de platos (Padulosi & Pignone, 2014). La concentración de nitratos que este vegetal posee oscilan entre los 6000 y 7000 ppm de  $\text{NO}_3^{-1}$  (C. Europea, 2012).



**Figura 3.**Partes de la planta rúcula.  
**Fuente:** El autor.  
**Elaboración:** El autor.

**CAPÍTULO II**  
**OBJETIVOS**

### **2.1. General.**

- Proporcionar alternativas de aplicación de subproductos como fuente de nitrito para su empleo en productos cárnicos.

### **2.2. Específicos.**

- Evaluar el efecto del atomizado de subproductos vegetales de la industria como alternativa de sustitución de nitrito en un producto cárnico.

**CAPÍTULO III**  
**MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1. Tratamiento de estudio.**

En el presente trabajo se realizó la elaboración de un embutido (chorizo), al cual se adicionó subproductos vegetales de rúcula, lechuga y brócoli, mediante dos métodos:

- El primer método consistió en la extracción del zumo de los subproductos vegetal, posteriormente la atomización del mismo, para luego ser aplicado en el embutido.
- El segundo método se realizó con la trituración y adición de forma directa de los subproductos en la masa del embutido.

Posterior a estos métodos se procedió a envasar y cocción del mismo.

Se elaboró 2 blancos, donde uno de ellos se adicionó nitrito de uso en la industria cárnica y el otro sin ninguna fuente de nitrito.

### **3.2. Muestra y preparación.**

En el presente estudio se trabajó con los subproductos (tallos, hojas, raíces) de vegetales como son: lechuga, rúcula, brócoli, los mismos que fueron provistos por la empresa lojana Zerimar, y el huerto del Sr. Carlos Poma, ubicado en Zalapa alto, de la ciudad de Loja.

Los subproductos se empaquetaron en bolsas plásticas y se refrigeraron, hasta su posterior uso.

### **3.3. Preparación del subproducto.**

A continuación, se presenta a detalle cada etapa de la metodología que se siguió para el tratamiento de recepción y preparación de la materia prima basado en lo expuesto por Gonzalez Martínez, (2012), con ligeras modificaciones:

#### **3.3.1. Lavado.**

Los subproductos de lechuga, brócoli y rúcula, fueron seleccionados con precaución, lavados con agua, seguido fueron picados y almacenados en fundas ziploc con sello hermético a temperatura ambiente hasta su posterior uso.

#### **3.4. Extracción de zumo.**

La extracción del zumo se realizó en base a lo descrito en el trabajo de Kha, Nguyen, & Roach, (2010), aplicando ligeras modificaciones. Se utilizó una relación 2:1 de subproducto vegetal y agua, todo triturado en una licuadora marca Oster cromada serie 3v 465-5, a una velocidad

lenta por un periodo de 2 minutos.

El zumo obtenido se filtró a través de un cedazo cuya abertura es de 0,044 mm, se colocó en envases de 1000 ml esterilizados y se almacenó en refrigeración hasta su uso (Figura 4).



**Figura 4.** Extracción de zumo vegetal.

**Fuente:** El autor.

**Elaboración:** El autor.

### 3.5. Atomizado.

Para la atomización de los zumos extraídos, se basó en estudios previos de Obón, Castellar, Alacid, & Fernández-López, (2009), con ligeras modificaciones.

Se partió de 1000 ml de zumo, se adicionó maltodextrina la cual cumple la función de encapsulante, en una cantidad correspondiente al 70% del valor de sólidos totales presentes en el zumo, para realizar el proceso de atomización se utilizó el atomizador marca *BUCHI mini Spray Dryer B-290*, (Figura 5), con las siguientes condiciones ( $T^{\circ}$  entrada = 160 °C, flujo = 30%, presión = 30 bar).

El polvo atomizado obtenido se guardó en fundas plásticas y cerradas herméticamente, hasta su posterior uso.



**Figura 5.** Atomizado de zumo vegetal.

**Fuente:** El autor.

**Elaboración:** El autor.

### **3.6. Subproducto vegetal directo.**

Una vez lavados los subproductos, se procedió a triturar en una licuadora marca *Oster cromada* serie 3v 465-5, por un tiempo de 2 minutos, una vez triturados se colocó en fundas ziploc y se almacenó en refrigeración hasta su posterior uso.

### **3.7. Análisis de nitratos en vegetal.**

Este análisis se realizó en base a lo expuesto por Cataldo, Maroon, Schrader, & Youngs, (1975) y modificado por Valdés, Salcedo, & Filippini, (2004), el método consiste en colocar 0,5 g de muestra en agua destilada y ebulir por un tiempo de 30 min, colocar 0,2 ml del extracto con solución (ácido salicílico al 5% p/v, en ácido sulfúrico concentrado), dejarlo reposar y colocar hidróxido de sodio a 2N y dejar desarrollar el color por 24 horas, seguido de esto realizar la lectura en un espectrofotómetro con una longitud de onda de 410 nm, luego se determinó la concentración de nitratos presentes en los subproductos vegetales con la ayuda de una curva estándar, este esquema se detalla en la figura 10 del anexo A.

### **3.8. Formulación.**

Para la elaboración del embutido (chorizo), se utilizó una formulación tradicional, citado por González-Fernández et al., (2006), la cual consta de 73% de carne magra de bovino, 25% de carne magra de porcino, 2% de sal y 200 ppm de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) obtenido de subproducto atomizado para una formulación, mientras que para la otra se adicionó los mismos ingredientes con 200 ppm de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) obtenidos del subproducto en especie.

### 3.9. Procedimiento de elaboración.

A continuación, se detalla el proceso de elaboración para la obtención de los productos, y variaciones que fueron tomadas en cuenta como factores en el diseño experimental.

El producto fue preparado usando la formulación ya descrita anteriormente, las carnes magras fueron picadas en un equipo KitchenAid 5QT (Figura 6), usando un disco de 5 mm. Tanto la carne picada como la sal y el subproducto vegetal fueron batidos durante un tiempo de 2 min a 4 rpm con el fin de facilitar la distribución de los subproductos vegetales en las carnes.



**Figura 6.** Batidora KitchenAid 5QT  
**Fuente:** El autor.  
**Elaboración:** El autor.

El producto tuvo un tiempo de reposo de 72 horas en una cámara de refrigeración a 4 °C, esto con el objetivo de favorecer el desarrollo de las reacciones bioquímicas que influyen la reducción de nitrato a nitrito.

Tras el tiempo de reposo, la mezcla pasó a ser embutida (embutidora marca DESCO, figura 7) en tripas naturales, los embutidos fueron llevados a un recipiente con agua a 75 °C, durante 30 min, hasta alcanzar una temperatura en su centro geométrico de 72 °C, al finalizar el proceso, los embutidos fueron expuestos a temperatura ambiente para su enfriamiento (Figura 8), pasado esto se llevaron a una cámara de refrigeración a 4 °C durante 24 h antes de realizar su análisis.

El diagrama de flujo se presenta en la figura 11 del anexo A.



**Figura 7.** Embutidora metálica manual  
**Fuente:** El autor.  
**Elaboración:** El autor.



**Figura 8.** Chorizo con subproductos vegetales  
**Fuente:** El autor.  
**Elaboración:** El autor.



(a)



(b)

**Figura 9.** a) Chorizo con subproductos atomizado b) Chorizo con subproductos vegetal sin atomizar.

**Fuente:** El autor.

**Elaboración:** El autor.

### **3.10. Análisis de nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) en embutido.**

El contenido de nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) presentes en los embutidos se determinó en base a la técnica 973.31 AOAC Official Method, (2005) como se indica en la figura 12 del anexo A, se pesó 5g de una muestra del embutido luego se calentó a una temperatura de 80 °C y se adicionó sulfanilamida y diclorhidrato de N-1-Naftiletilendiamina, estos reactivos hacen que los nitritos presentes en el producto desarrollen un color rojizo, el cambio de color es leído a través de un espectrofotómetro con una longitud de onda de 540 nm. A continuación, se realizó la comparación de nitritos presentes en el producto con la curva estándar.

### **3.11. Análisis estadístico.**

Los datos que se obtuvieron en el análisis de nitrato residual, fueron analizados estadísticamente mediante un diseño factorial general con 2 factores: tipo de subproducto con 3 niveles (Lechuga, Brócoli y Rúcula) y tratamiento de adición con 2 niveles (atomización y vegetal natural), se aplicó una prueba de Tukey con un nivel de significancia de  $p < 0,05$  para encontrar diferencia significativa, en los niveles de cada factor, empleando el paquete estadístico MINITAB 16.

**CAPÍTULO IV**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN.**

#### 4.1. Rendimiento de extractos y atomización.

En la tabla 1, se detalla el tipo de subproductos y rendimientos obtenidos de los extractos de cada especie de subproducto vegetal, por cada litro de extracto se detalla la cantidad de maltodextrina utilizada en base a los sólidos totales presentes en el zumo obtenido a base de subproductos y el rendimiento obtenido en la atomización.

**Tabla 1.** Rendimiento extractos de zumo y atomización.

subproducto	Sólidos Totales (%)	Maltodextrina (g)	Rendimiento (%)
Rúcula	1,745	12,25	5,33
Brócoli	1,925	13,48	4,7
Lechuga	0,98	6,86	3,6

**Fuente:** El autor.

**Elaboración:** El autor.

En base a los valores obtenidos en la tabla 1, el mayor rendimiento en base a producto final de atomizado, fue obtenido en los subproductos vegetales de rúcula con un porcentaje de rendimiento del 5,33%, seguido de el brócoli con un porcentaje de 4,7%, y finalmente con una concentración del 3,6% el subproducto de lechuga, estos rendimientos se deben a la concentración de sólidos totales presentes en los zumos extraídos, los cuales son materia prima que se encuentra suspendida, disuelta o asentada en un líquido (Galvan Carpio, 2007).

La mayoría de productos a base de zumos contienen una gran cantidad de agua, la cual cuando se pone en contacto con un flujo de aire caliente a una temperatura superior a los 180 °C, tienden a adherirse a las paredes de la secadora, esto da paso a un producto aglomerado en lugar de un polvo seco, de acuerdo a lo dicho, la maltodextrina (MX) puede ser adicionada a la solución debido a sus propiedades encapsulante, peso molecular bajo y baja viscosidad, por lo cual secuestra los sólidos totales, generando un producto seco y uniforme en sus partículas (Saavedra–Leos et al., 2017).

#### 4.2. Análisis de Nitratos.

##### 4.2.1. Análisis de nitratos en subproducto vegetal en especie.

La tabla 2, exhibe los valores de nitratos obtenidos de cada subproducto vegetal obtenido de acuerdo al procedimiento redactado en el apartado 3.7.

**Tabla 2.** Contenido de nitratos en subproducto vegetal.

<b>Vegetal</b>	<b>Contenido de nitratos (ppm)</b>
Rúcula	3267,0 ± 56,6 <sup>A</sup>
Lechuga	3006,5 ± 9,4 <sup>AB</sup>
Brócoli	2960,0 ± 113,1 <sup>B</sup>

**Fuente:** El autor.

Elaboración: El autor

**Los resultados corresponden al promedio ± la desviación estándar de cada subproducto. Las letras**

**mayúsculas iguales en la misma columna significan que no hubo diferencia significativa entre los**

vegetales. En base a las concentraciones de nitrato presente en las muestras de subproductos vegetales, se observa que el de rúcula presenta un mayor contenido de nitratos con 3267 ppm comparado con el brócoli, sin embargo no existe diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) en comparación con el contenido de nitrato de lechuga cuyo valor es de 3006,5 ppm, el subproducto con menor concentración de nitratos fue el brócoli con un valor de 2960 ppm, el cual no presenta diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) con el subproducto de lechuga.

En subproductos de rúcula estos valores son similares a los reportados por Steiner, Pivetta, Castoldi, Pivetta, & Fioreze, (2011), quienes indican una concentración de 3750 ppm, presente en las hojas de la rúcula donde se encuentra la mayor concentración de nitratos, Pardo-Marín, Yusá-Pelechá, Villalba-Martín, & Perez-Dasí, (2010), determinan que la concentración de nitratos presente en la rúcula es de un mínimo de 2320 ppm y un máximo de 8365 ppm. Por otra parte en lechuga según De Martin & Restani, (2003), reportan una concentración máxima de 4500 ppm y una concentración mínima de 2500 ppm. En cuanto a los valores de brócoli, según Valencia, Valenzuela, Quevedo, & Aedo, (2015), indican una concentración máxima de 5386 ppm, además Gruszecka-Kosowska & Baran, (2016), indica en brócoli una concentración mínima de 578 ppm.

Todas las muestras analizadas en la presente investigación se encuentran dentro del rango establecido por la Legislación Europea, (2014), que establece “una concentración mínima de nitratos en rúcula es de 3000 ppm y un máximo de 7000 ppm, para lechuga es desde un mínimo de 2000 ppm y un máximo de 5000 ppm. De acuerdo con lo mencionado por Valdés, (2015), “las cantidades y formas de nitrógeno aportadas al cultivo influyen en la concentración de  $\text{NO}_3^-$  en la planta, aumentando o disminuyendo la acumulación con formas nítricas, esto debido a que la mayor concentración de nitratos se encuentra en sus raíces y tallos, debido a que es por donde las plantas absorben el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y el nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), para luego ser usados para su metabolismo”. Según De Martin & Restani, (2003), indican que la

concentración máxima o mínima de nitratos en vegetales varía dependiendo de las condiciones de cultivo (temporada en que estos sean sembrados y cosechados).

#### 4.2.2. Análisis de nitratos en subproducto vegetal atomizado.

El análisis de nitratos presentes en los subproductos vegetales atomizados, fueron obtenidos de acuerdo al procedimiento redactado en el apartado 3.5, y determinados mediante la metodología planteada en la sección 3.7, en la tabla 3 se presenta el contenido de nitratos en los diferentes tipos de subproductos vegetales atomizados.

**Tabla 3.** Contenido de nitratos en subproducto vegetal atomizado.

<b>Subproducto vegetal atomizado</b>	<b>Contenido de nitratos (ppm)</b>
Rúcula	37667 ± 0 <sup>A</sup>
Lechuga	17773 ± 38 <sup>B</sup>
Brócoli	13053 ± 1358 <sup>C</sup>

**Fuente:** El autor.

Elaboración: El autor

**Los resultados corresponden al promedio ± la desviación estándar de cada subproducto.**

**Las letras mayúsculas diferentes en la misma columna significan que hubo diferencia significativa.**

Según el contenido de nitrato en los subproductos atomizados, existe diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre los 3 vegetales, dando como subproducto vegetal con mayor concentración de nitratos el de rúcula con un valor de 37667 ppm, seguido por los subproductos de lechuga con un valor de 17773 ppm, finalmente el subproducto con menor concentración fue el de brócoli con un valor de 13053 ppm. Ko, Park, & Yoon, (2016), afirma que los polvos vegetales comerciales contienen una concentración de entre 740 y 3931 ppm de nitratos, y que estos valores que estos valores depende mucho de las especies de plantas y los factores ambientales, incluidas las condiciones de cultivo, almacenamiento o diversos factores ambientales: como el suelo, los fertilizantes y las aguas subterráneas, especialmente las grandes cantidades de nitrógeno, incluido el nitrógeno mineral residual del suelo y el nitrógeno presente en los vegetales permanecen en el suelo después de la cosecha, el contenido de nitrato puede variar de 1 a 10,000 ppm.

Según los datos obtenidos se podría determinar que el proceso de atomización utilizado en el presente estudio permitiría obtener mayor contenido de nitratos que los procesos de subproductos comerciales a base de polvos vegetales.

### 4.3. Análisis de nitrito residual en embutido.

#### 4.3.1. Efecto del modo de adición (tratamiento) y tipo de subproducto vegetal aplicado, sobre la concentración final de nitrito residual en embutidos.

Tabla 4. Contenido de nitrito residual en embutidos.

Subproducto	Tratamiento	
	Directo	Atomizado
Rúcula	101,70 ± 8,34 <sup>Aa</sup>	110,40 ± 3,96 <sup>Aa</sup>
Lechuga	71,21 ± 6,63 <sup>Ab</sup>	111,40 ± 0 <sup>Ba</sup>
Brócoli	40,02 ± 3,93 <sup>Ac</sup>	37,55 ± 1,34 <sup>Ab</sup>

Fuente: El autor.

Elaboración: El autor

Los resultados corresponden al promedio ± la desviación estándar de cada proceso. Las letras mayúsculas iguales en la misma fila significan que no hubo diferencia significativa entre los tratamientos, las letras minúsculas iguales en la misma columna significan que no hubo diferencia significativa entre los vegetales.

Los resultados obtenidos de la concentración de nitrito residual en embutidos se presentan en la tabla 4, en donde se analizó en orientación a las filas el efecto que tuvo la forma de adición o tratamiento y en orientación de columnas el efecto de cada subproducto vegetal, todos los productos se encuentran dentro de los límites establecidos en la norma del CODEX STAN, (1984), en donde establece como un máximo los 125 ppm. Los niveles de reducción de nitrato a nitrito residual, son similares a estudios realizados con adición de polvos vegetales como fuente de nitrito en la elaboración de embutidos (Ko et al., 2016; Sindelar, Cordray, Sebranek, Love, & Ahn, 2007; Choi et al., 2019).

Con respecto al tratamiento o método de adición (Tabla 4), la concentración de nitrito residual para el subproducto de rúcula osciló entre 101,70 ppm para adición directa y 110,40 ppm para adición de atomizado y no presentó diferencia significativa ( $p > 0,05$ ), sin embargo para el subproducto de lechuga se presenta un aumento significativo con concentraciones de 71,21 ppm para adición directa y 111,40 ppm para adición por atomizado, finalmente para los subproductos de brócoli no presentaron diferencia significativa ( $p > 0,05$ ), cuyas concentraciones son de 40,02 ppm para adición directa y 37,55 ppm para adición por atomizado, detallado en la figura 14 del anexo B.

En cuanto al tipo de subproducto en la adición de forma directa presentaron diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre los 3 vegetales, obteniendo como subproducto con menor concentración de nitrito residual el de brócoli con una concentración de 40,02 ppm (Figura 16, Anexo B), por otra parte los subproductos adicionados de forma atomizada presentaron

diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre el subproducto de brócoli en comparación con los de rúcula y lechuga, presentando menor concentración de nitrito residual el brócoli cuyo valor es de 37,55 ppm, detallado en la figura 18 del anexo B.

A pesar de haber utilizado el mismo contenido de nitrato de las diferentes fuentes de subproductos y en los procesos aplicados (directo y atomizado) para la elaboración del producto, en el embutido elaborado con subproducto de brócoli presenta un menor contenido de nitrito residual, incluso comparado al utilizar el nitrito comercial en las mismas proporciones como blanco positivo en el cual el contenido de nitrito residual fue de 105,74 ppm, los detalles se verifican en la figura 14 y 21 del anexo B.

Según las fuentes bibliográficas puede obtenerse diferentes concentraciones de nitrito residual en el producto elaborado (a pesar de utilizar la misma fuente y cantidad de nitrito), en mayores valores al obtenido en el presente trabajo (Angulo & Quesada, 2017).

Una de esas causas puede deberse a las variaciones de pH del producto elaborado (Honikel, 2008). Otra posibilidad de variación del contenido de nitrito residual es la presencia de compuestos con capacidad antioxidante como los fenoles los cuales pueden influir en la cantidad de nitrito residual del embutido (Choi et al., 2019; Montalvo-gonzález et al., 2018).

Los subproductos vegetales, son conocidos como una fuente de fenoles y otros compuestos con capacidad antioxidante (Pantelidis, Vasilakakis, Manganaris, & Diamantidis, 2006). Entre los compuestos valorados con actividad antioxidante se encuentra el ácido ascórbico (Ruiz, Betancor, Robaina, Montero, & Hernández-Cruz, 2018; Rosa et al., 2018).

Los vegetales analizados tienen diferencia en el contenido de ácido ascórbico, en el brócoli el contenido de este compuesto (79 mg/ 100g) es mayor en comparación al de rúcula (15 mg/100 g) y al de lechuga (12 mg / 100 g).

Estas diferencias como las de otros compuestos con capacidad antioxidante podrían ser la causa del menor contenido de nitrito residual en el embutido elaborado a base de subproducto de brócoli aparte de las otras posibilidades ya descritas anteriormente (Aguilar, 2016; Marcondes Tassi, Teixeira Duarte, & Amaya-Farfan, 2018; Kurubas, Maltas, Dogan, & Erkan, 2018).

## CONCLUSIONES

- La aplicación de subproductos vegetales es una alternativa como fuente de nitrito para su empleo en el procesamiento de productos cárnicos en la industria.
- El proceso de atomización permite conservar las características de aplicación de los subproductos como fuentes de nitrito.
- De los subproductos estudiados se determinó que el subproducto de brócoli con proceso de atomización constituye la mejor alternativa de aplicación como fuente de nitritos generando la menor concentración de nitrito residual.
- En cuanto a la forma de adición del brócoli, no se encontró diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre la aplicación directa como atomizado para la concentración final de nitrito residual, el proceso de atomización puede dar una alternativa para conservar las propiedades de aplicar el subproducto vegetal como fuente de nitrito.
- Referente al uso de cultivos utilizados para la conversión de nitrato a nitritos en embutidos no son indispensables, debido a que existe una carga microbiana inicial en las carnes y durante el proceso de fermentación del embutido en medio anaerobio, se desarrollan grupos microbianos como: los cocos gram-positivos, catalasa-positivos (CGC+), los mismo que poseen actividad nitrato-reductasa, que ayudan a la conversión de nitratos a nitritos en el embutido.

## **RECOMENDACIONES:**

- Con la finalidad de evaluar el efecto de la adición de los subproductos vegetales sobre la aceptabilidad del producto final, se recomienda realizar pruebas de aceptación mediante análisis sensoriales.
- Debido a la gran variedad de vegetales que presentan una alta concentración como fuente natural de nitratos, sería conveniente evaluar el efecto los recursos vegetales presentes en nuestra zona para la aplicación en productos cárnicos.
- Hacer uso de otras tecnologías para el procesamiento de los subproductos vegetales y obtención de ingredientes como fuentes de nitrito, tales como el proceso de liofilización o el uso de secado en bandejas por aire forzado.
- Fortalecer el estudio respecto a las variaciones de nitrito residual al utilizar diferentes fuentes de nitrato vegetal.

## BIBLIOGRAFÍA

- 973.31 AOAC Official Method. (2005). AOAC Official Method 973.31 (Nitrites in Cured Meat). In *Official Methods of Analysis (AOAC)* (18th ed., p. 8).
- Agourram, A., Ghirardello, D., Rantsiou, K., Zeppa, G., Belviso, S., Romane, A., ... Giordano, M. (2013). Phenolic content, antioxidant potential, and antimicrobial activities of fruit and vegetable by-product extracts. *International Journal of Food Properties*, 16(5), 1092–1104. <https://doi.org/10.1080/10942912.2011.576446>
- Aguilar, D. F. A. (2016). “Determinación de vitamina C en brócoli (*Brassica oleracea italica*) mediante la técnica de voltamperometría cíclica.” Retrieved from <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/10233/1/T-UCE-0008-Q001-2016.pdf>
- Angulo, L. V., & Quesada, Y. A. (2017). Variación del contenido de nitrito de sodio residual en diferentes lotes de salchichas, de una misma formulación de una empresa productora costarricense, 17(28), 88–98.
- Arnau, J. (2011). Problemas de los embutidos crudos curados. *Eurocarne*, 194, 50–64. Retrieved from [http://www.eurocarne.com/daal?a1=boletin\\_imagenes&a2=19403.pdf](http://www.eurocarne.com/daal?a1=boletin_imagenes&a2=19403.pdf)
- Bouju-Albert, A., Pilet, M. F., & Guillou, S. (2018). Influence of lactate and acetate removal on the microbiota of French fresh pork sausages. *Food Microbiology*, 76(October 2017), 328–336. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2018.06.011>
- Cáceres, E., García, M. L., & Selgas, M. D. (2008). Effect of pre-emulsified fish oil - as source of PUFA n-3 - on microstructure and sensory properties of mortadella, a Spanish bologna-type sausage. *Meat Science*, 80(2), 183–193. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.11.018>
- Cataldo, D. A., Maroon, M., Schrader, L. E., & Youngs, V. L. (1975). Communications in Soil Science and Plant Analysis Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid, 3624(noviembre), 11. <https://doi.org/10.1080/00103627509366547>
- Choi, J., Song, D., Hong, J., Ham, Y., Ha, J., Choi, Y., & Kim, H. (2019). Nitrite scavenging impact of fermented soy sauce in vitro and in a pork sausage model. *Meat Science*, 151(August 2018), 36–42. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.01.001>
- Chung, S. Y., Kim, J. S., Kim, M., Hong, M. K., Lee, J. O., Kim, C. M., & Song, I. S. (2003).

- Survey of nitrate and nitrite contents of vegetables grown in Korea. *Food Additives and Contaminants*, 20(7), 621–628. <https://doi.org/10.1080/0265203031000124146>
- Claudia, V. V., Reinoso, L., Rosa, A., Artunduaga, F., María, L., Claudia, V. V., ... Brisna, M. (2014). Evaluación de la concentración de nitratos/nitritos y cloruro de sodio en embutidos expendidos en la Ciudad de Tarija. *Ventana Científica*, 1(7), 1–8.
- CODEX STAN, 096 - 1981. (1984). CODEX-STAN-096-1981. Norma del Codex para el jamón curado cocido. (REV. 1 1991). In *CODEX* (pp. 1–6). Retrieved from <http://www.colpos.mx/bancodenormas/ninternacionales/CODEX-STAN-096-1981.pdf>
- Cruz Dominguez, P. (2015). *Nitratos en Lechugas (Lactuca sativa L. Var Great Lakes) abonadas con Orgánicos y Fertilizantes Químicos*. Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro. Retrieved from <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/6840?show=full>
- De Maere, H., Chollet, S., De Brabanter, J., Michiels, C., Paelinck, H., & Fraeye, I. (2018). Influence of meat source, pH and production time on zinc protoporphyrin IX formation as natural colouring agent in nitrite-free dry fermented sausages. *Meat Science*, 135(September 2017), 46–53. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.08.024>
- De Martin, S., & Restani, P. (2003). Determination of nitrates by a novel ion chromatographic method: Occurrence in leafy vegetables (organic and conventional) and exposure assessment for Italian consumers. *Food Additives and Contaminants*, 20(9), 787–792. <https://doi.org/10.1080/0265203031000152415>
- Djordjevic, J., Pecanac, B., Todorovic, M., Dokmanovic, M., Glamoclija, N., Tadic, V., & Baltic, M. Z. (2015). Fermented Sausage Casings. *Procedia Food Science*, 5, 69–72. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2015.09.017>
- Eisinaite, V., Vinauskiene, R., Viskelis, P., & Leskauskaite, D. (2016). Effects of Freeze-Dried Vegetable Products on the Technological Process and the Quality of Dry Fermented Sausages. *Journal of Food Science*, 81(9), C2175–C2182. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13413>
- Elwan, M. W. M., & Abd El-Hamed, K. E. (2011). Influence of nitrogen form, growing season and sulfur fertilization on yield and the content of nitrate and vitamin C of broccoli. *Scientia Horticulturae*, 127(3), 181–187. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.09.017>
- Europea, C. (2012). Reglamento Ce N°1881/2006 De La Comision, 16, 1–34. Retrieved from

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2006R1881:20121203:ES:PDF>

- Europea, L. de la union. (2014). *Nitratos*. Retrieved from <http://plaguicidas.comercio.es/Nitratos.pdf>
- FAO. (2015). Iniciativa mundial sobre la reducción de la pérdida y el desperdicio de alimentos, 8. Retrieved from <http://www.fao.org/save-food/es/%0Ahttp://www.fao.org/3/a-i4068s.pdf>
- Gallego Restrepo, J. A. (2013). “ Fuente alternativa de nitratos para la industria cárnica : Influencia del extracto de apio y cultivos iniciadores sobre el color del jamón cocido tipo Medellín ,” 153.
- Galvan Carpio, T. M. (2007). Sólidos totales secados a 103 - 105 °C. *Instituto de Hridrología, Meteorología y Estudios Ambientales.*, 01, 137–143. Retrieved from <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Sólidos+Totales+secados+a+103+-+105°C..pdf/d4faab4a-34e4-4159-bf4c-50353b101935>
- Gómez, M., & Martínez, M. M. (2017). Fruit and vegetable by-products as novel ingredients to improve the nutritional quality of baked goods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1–17. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1305946>
- González-Fernández, C., Santos, E. M., Rovira, J., & Jaime, I. (2006). The effect of sugar concentration and starter culture on instrumental and sensory textural properties of chorizo-Spanish dry-cured sausage. *Meat Science*, 74(3), 467–475. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.019>
- Gonzalez Martínez, M. M. (2012). Recepción, organización y control de materias primas (alimentos y bebidas) en hostelería y restauración. In *Control de aprovisionamiento de materias primas*. Aragon. Retrieved from <https://es.slideshare.net/ManoloGonzalez4/recepcion-organizacion-y-control-de-materias-primas>
- Gruszecka-Kosowska, A., & Baran, A. (2016). Concentration and health risk assessment of nitrates in vegetables from conventional and organic farming, (October), 1–30. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.03.029>
- Herrera Narvaez, A. F. (2016). *Influencia del uso de apio (Apium graveolens) en la calidad*

*de los chorizos frescos tipo Cuencano y Parrillero*. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

- Holck, A., Axelsson, L., McLeod, A., Rode, T. M., & Heir, E. (2017). Health and safety considerations of fermented sausages. *Journal of Food Quality*, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/9753894>
- Honikel, K. (2008). The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products, 78, 68–76. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.05.030>
- Huarte-Mendicoa, J. C., Astiasarán, I., & Bello, J. (1997). Nitrate and nitrite levels in fresh and frozen broccoli. Effect of freezing and cooking. *Food Chemistry*, 58(1–2), 39–42. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(96\)00193-8](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(96)00193-8)
- Iñago Nuñez, S., & Carretero Gomez, M. del M. (2011). Contaminantes : Nitratos en productos vegetales y alimentos infantiles, 36. Retrieved from <http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM017074.pdf>
- Keeton, J. T., Osburn, W. N., Hardin, M. D., Bryan, N. S., & Longnecker, T. (2012). A national survey of the nitrite/nitrate concentrations in cured meat products and nonmeat foods available at retail. *J. Agric. Food Chem*, 60, 3981–3990.
- Kha, T. C., Nguyen, M. H., & Roach, P. D. (2010). Effects of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the Gac (*Momordica cochinchinensis*) fruit aril powder. *Journal of Food Engineering*, 98(3), 385–392. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.01.016>
- Ko, Y. M., Park, J. H., & Yoon, K. S. (2016). Nitrite formation from vegetable sources and its usage as a preservative in cooked sausage. <https://doi.org/10.1002/cphc.201701019>
- Kurubas, M. S., Maltas, A. S., Dogan, A., & Erkan, M. (2018). Comparison of organically and conventionally produced Batavia type lettuce stored in modified atmosphere packaging for postharvest quality and nutritional parameters, (July). <https://doi.org/10.1002/jsfa.9164>
- Lago, J. L. V. (1997). *Technology of Cured Sausages*. *Food Science and Technology* (Vol. 1). <https://doi.org/10.1080/11358129709487572>
- Luis, C.-B., Lourdes, B., Leonor, P., & Itzel, M. (2018). Sensorial assessment of “ chorizo ” as a type of sausage based on rabbit meat, 8(1), 102–111.

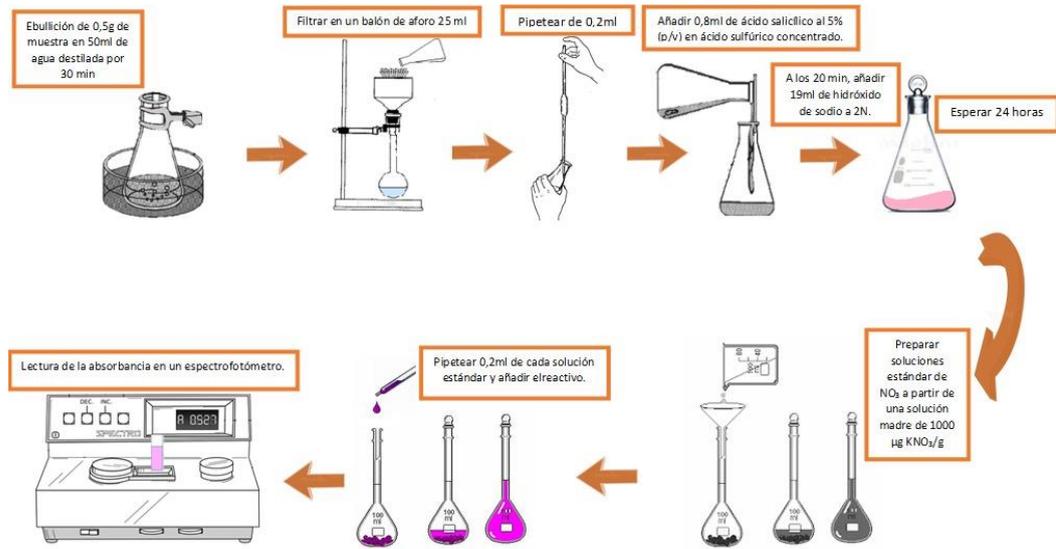
- Marcondes Tassi, É. M., Teixeira Duarte, R. M., & Amaya-Farfan, J. (2018). Partial nutrient characterization of arugula (rocket - *Eruca sativa* L.) and the effect of heat treatment on its lipoxidase activity.
- Martín Juárez, B. (2005). *Study of the microbial communities of fermented sausages slightly acidified by molecular techniques. Standardization, security and technological improvement*. Universidad de Girona. Retrieved from <https://es.slideshare.net/ErickSsiToO/embutidos-fermentados-80091144>
- Melendez, L., Colmenarez, K., & Matute, S. (2014). Niveles de concentración de Nitritos y Nitratos en salchichas y jamones. *Unidad Educativa Instituto La Salle-Barquisimeto*, 8, 6. Retrieved from <https://revistacmvl.jimdo.com/suscripción/volumen-8/nitratos-y-nitritos/>
- Montalvo-gonzález, E., Aguilar-hernández, G., Selene, A., Ruiz-lópez, I. I., Pérez-silva, A., & Vivar-vera, M. D. L. Á. (2018). Production , chemical , physical and technological properties of antioxidant dietary fiber from pineapple pomace and effect as ingredient in sausages. *CyTA - Journal of Food*, 16(1), 831–839. <https://doi.org/10.1080/19476337.2018.1465125>
- Obón, J. M., Castellar, M. R., Alacid, M., & Fernández-López, J. A. (2009). Production of a red-purple food colorant from *Opuntia stricta* fruits by spray drying and its application in food model systems. *Journal of Food Engineering*, 90(4), 471–479. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.07.013>
- Padayachee, A., Day, D., & Howell, K. (2015). Complexity and health functionality of plant cell wall fibers from fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(1), 59–81. Retrieved from <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10408398.2013.850652?scroll=top&needAccess=true>
- Padulosi, S., & Pignone, D. (2014). *Rocket: a Mediterranean crop for the world. Networks*. Retrieved from <https://web.archive.org/web/20070629180510/http://www.ipgri.cgiar.org/publications/pdf/234.pdf>
- Pantelidis, G. E., Vasilakakis, M., Manganaris, G. A., & Diamantidis, G. (2006). Food Chemistry Antioxidant capacity , phenol , anthocyanin and ascorbic acid contents in raspberries , blackberries , red currants , gooseberries and Cornelian cherries, (June). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.06.021>

- Pardo-Marín, O., Yusá-Pelechá, V., Villalba-Martín, P., & Perez-Dasí, J. A. (2010). Monitoring programme on nitrates in vegetables and vegetable-based baby foods marketed in the Region of Valencia, Spain: Levels and estimated daily intake. *Food Additives and Contaminants - Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment*, 27(4), 478–486. <https://doi.org/10.1080/19440040903439804>
- Pinto, E., Almeida, A. A., Aguiar, A. A. R. M., & Ferreira, I. M. P. L. V. O. (2014). Changes in macrominerals, trace elements and pigments content during lettuce (*Lactuca sativa* L.) growth: Influence of soil composition. *Food Chemistry*, 152, 603–611. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.12.023>
- Rosa, F. T., Jordao, A. A., Deminice, R., Rosa, F. T., Jordao, A. A., & Deminice, R. (2018). Antioxidant vitamin supplementation prevents oxidative stress but does not enhance performance in young football athletes. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2019.01.007>
- Ruiz, M. A., Betancor, M. B., Robaina, L., Montero, D., & Hernández-Cruz, C. M. (2018). Dietary combination of vitamin E, C and K affects growth, antioxidant activity, and the incidence of systemic granulomatosis in meagre (*Argyrosomus regius*), 498(August 2018), 606–620. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.08.078>
- Saavedra-Leos, M. Z., Leyva-Porras, C., Alvarez-Salas, C., Longoria-Rodríguez, F., López-Pablos, A. L., González-García, R., & Pérez-Urizar, J. T. (2017). Obtaining orange juice–maltodextrin powders without structure collapse based on the glass transition temperature and degree of polymerization. *CyTA - Journal of Food*, 16(1), 1–9. <https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1337048>
- Sindelar, J. J., Cordray, J. C., Sebranek, J. G., Love, J. A., & Ahn, D. U. (2007). Effects of varying levels of vegetable juice powder and incubation time on color, residual nitrate and nitrite, pigment, pH, and trained sensory attributes of ready-to-eat uncured ham. *Journal of Food Science*, 72(6), 388–395. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00404.x>
- Skibsted, L. H. (2011). Nitric oxide and quality and safety of muscle based foods. *Nitric Oxide - Biology and Chemistry*, 24(4), 176–183. <https://doi.org/10.1016/j.niox.2011.03.307>
- Steiner, F., Pivetta, L. A., Castoldi, G., Pivetta, L. G., & Fioreze, S. (2011). Produção de rúcula e acúmulo de nitrato em função da adubação nitrogenada. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences*, 6(2), 230–235. <https://doi.org/10.5039/agraria.v6i2a950>

- Tamme, T., Reinik, M., Roasto, M., Juhkam, K., Tenno, T., & Kiis, A. (2006). Nitrates and nitrites in vegetables and vegetable-based products and their intakes by the Estonian population. *Food Additives and Contaminants*, 23(4), 355–361.  
<https://doi.org/10.1080/02652030500482363>
- Valdés, A. (2015). Contenido de nitratos en lechuga ( *Lactuca sativa* L .) cultivada en la 3ª Zona de Riego del Río Mendoza. Retrieved from  
[http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos\\_digitales/6681/tesis-brom.-anala-valds.pdf](http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/6681/tesis-brom.-anala-valds.pdf)
- Valdés, A., Salcedo, C., & Filippini, M. F. (2004). Determination of nitrates in vegetables, 21–28.
- Valencia, E., Valenzuela, E., Quevedo, R., & Aedo, V. (2015). Determinación del contenido de nitratos y nitritos en brócoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*) comercializados en la Ciudad de Osorno, Chile. *Informacion Tecnologica*, 26(3), 41–45.  
<https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000300007>
- Ventanas, S., Martin, D., Estevez, M., & Carrascal, J. R. (2004). Nitrates, nitrites and nitrosamines in meat products. *Eurocarne*, (January), 16.

## **ANEXOS**

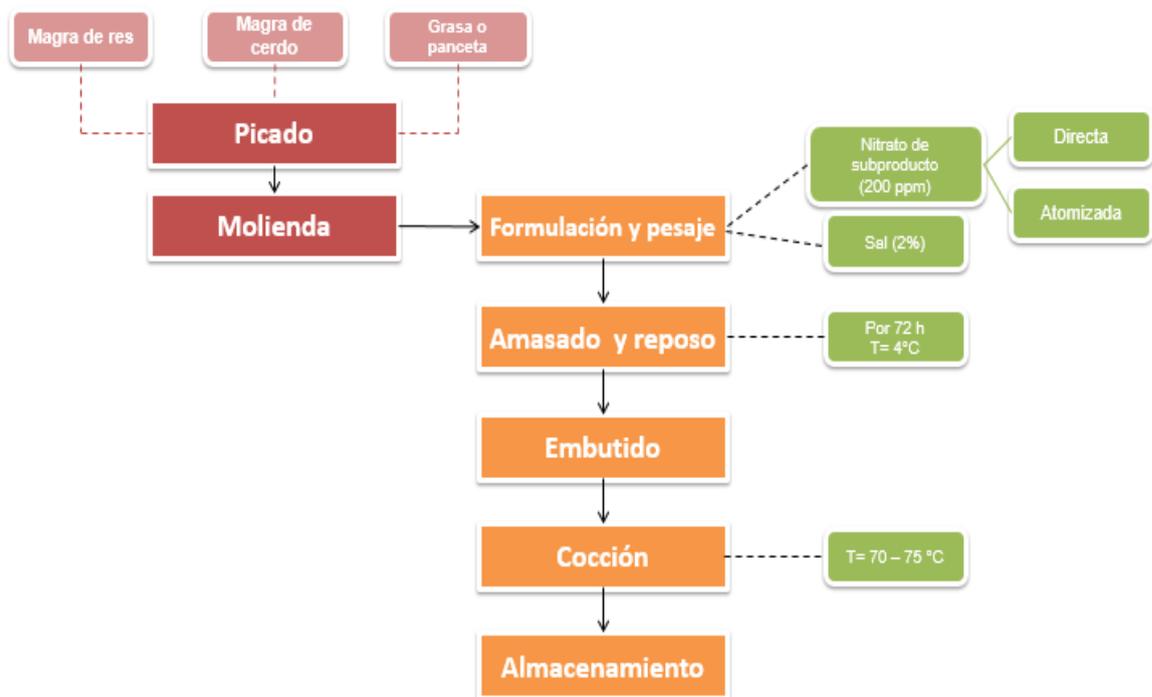
## Anexo A. Esquemas.



**Figura 10.** Esquema del procedimiento de obtención de nitratos.

**Fuente:** El autor.

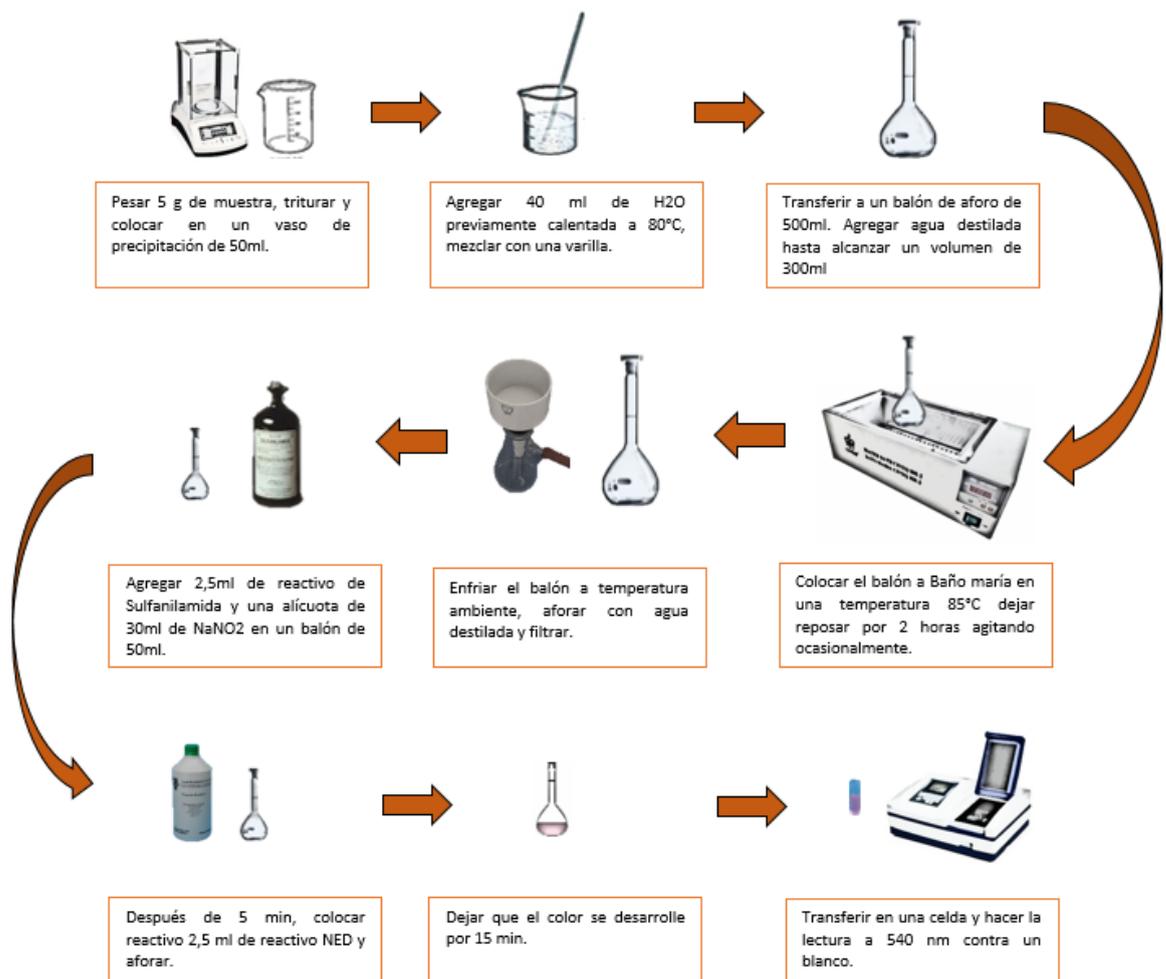
**Elaboración:** El autor



**Figura 11.** Diagrama de flujo elaboración de chorizo.

**Fuente:** El autor.

**Elaboración:** El autor



**Figura 12.** Esquema del procedimiento de obtención de nitritos.

**Fuente:** El autor.

**Elaboración:** El autor

	Producto alimenticio	Contenido máx. (mg NO <sub>3</sub> /kg)	
		Período de cosecha <sup>(1)</sup>	
1. 1	Espinacas frescas ( <i>Spinacia oleracea</i> )		3500
1. 2	Espinacas en conserva, congeladas o ultracongeladas		2000
1. 3	Lechuga fresca ( <i>Lactuca sativa</i> L.) (lechugas de invernadero y cultivadas al aire libre) excepto las lechugas mencionadas en el punto 1.4	Recolectadas entre el 1 de octubre y el 31 de marzo: lechugas cultivadas en invernadero	5000
		lechugas cultivadas al aire libre	4000
		Recolectadas entre el 1 de abril y el 30 de septiembre: lechugas cultivadas en invernadero	4000
		lechugas cultivadas al aire libre	3000
1. 4	Lechugas del tipo «Iceberg»	lechugas cultivadas en invernadero	2500
		lechugas cultivadas al aire libre	2000
1. 5	Rúcula ( <i>Eruca sativa</i> , <i>Diplotaxis</i> sp., <i>Brassica tenuifolia</i> , <i>Sisymbrium tenuifolium</i> )	Recolectadas entre el 1 de octubre y el 31 de marzo:	7000
		Recolectadas entre el 1 de abril y el 30 de septiembre:	6000
1. 6	Alimentos elaborados a base de cereales y alimentos infantiles para lactantes y niños de corta edad <sup>(2)</sup>		200

**Figura 13.** Tabla de niveles máximos de NO<sub>3</sub>- establecidos por el reglamento (CE) No. 1881/2016

Fuente: (C. Europea, 2012)

Elaboración: (C. Europea, 2012)

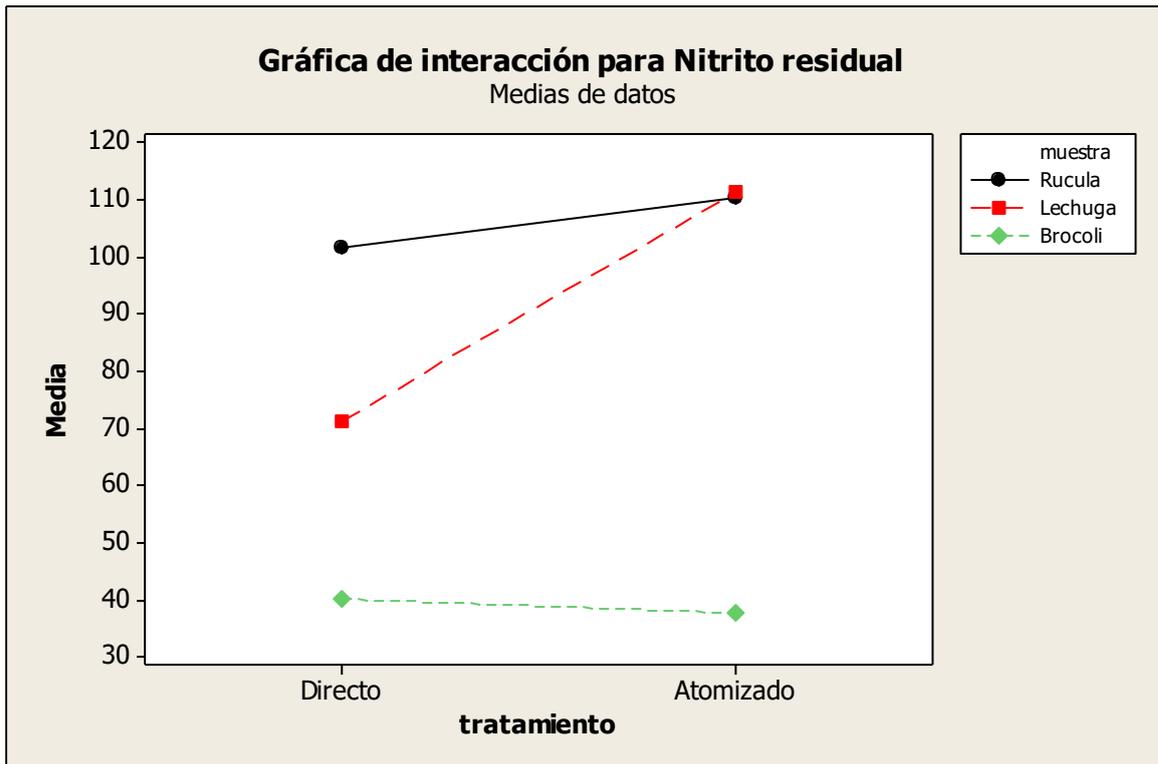
## Anexos B. ANOVA.

### 1. Nitrito residual (subproducto vegetal vs. Forma de adición)

Análisis de varianza para Nitrito residual, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
muestra	2	10000,5	10000,5	5000,2	204,71	0,000
tratamiento	1	718,3	718,3	718,3	29,41	0,002
muestra*tratamiento	2	978,8	978,8	489,4	20,04	0,002
Error	6	146,6	146,6	24,4		
Total	11	11844,0				

S = 4,94223    R-cuad. = 98,76%    R-cuad. (ajustado) = 97,73%



**Figura 14.** Gráfica de interacción para nitrito residual (subproducto vegetal y tratamiento).

**Fuente:** El autor.

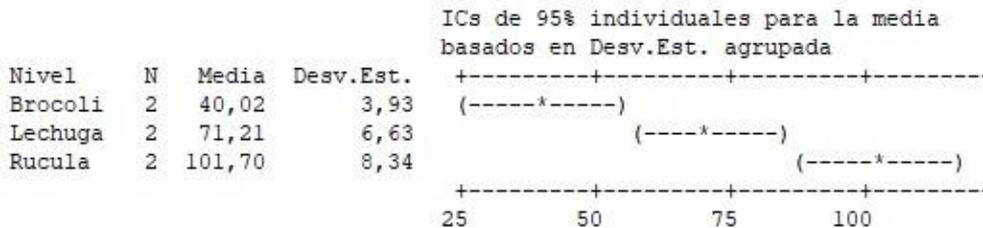
**Elaboración:** El autor.

### Resultados para: Hoja de trabajo 3

#### ANOVA unidireccional: Nitrito residual vs. Directo

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Directo	2	3804,6	1902,3	44,22	0,006
Error	3	129,1	43,0		
Total	5	3933,7			

S = 6,559 R-cuad. = 96,72% R-cuad.(ajustado) = 94,53%



Desv.Est. agrupada = 6,56

Agrupar información utilizando el método de Tukey

Directo	N	Media	Agrupación
Rucula	2	101,70	A
Lechuga	2	71,21	B
Brocoli	2	40,02	C

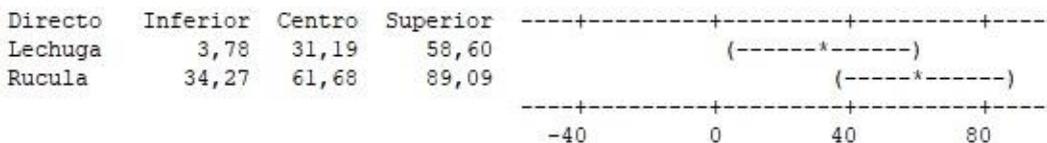
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Intervalos de confianza simultáneos de Tukey del 95%

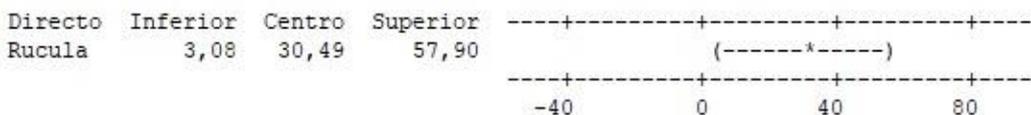
Todas las comparaciones de dos a dos entre los niveles de Directo

Nivel de confianza individual = 97,50%

Directo = Brocoli restado de:



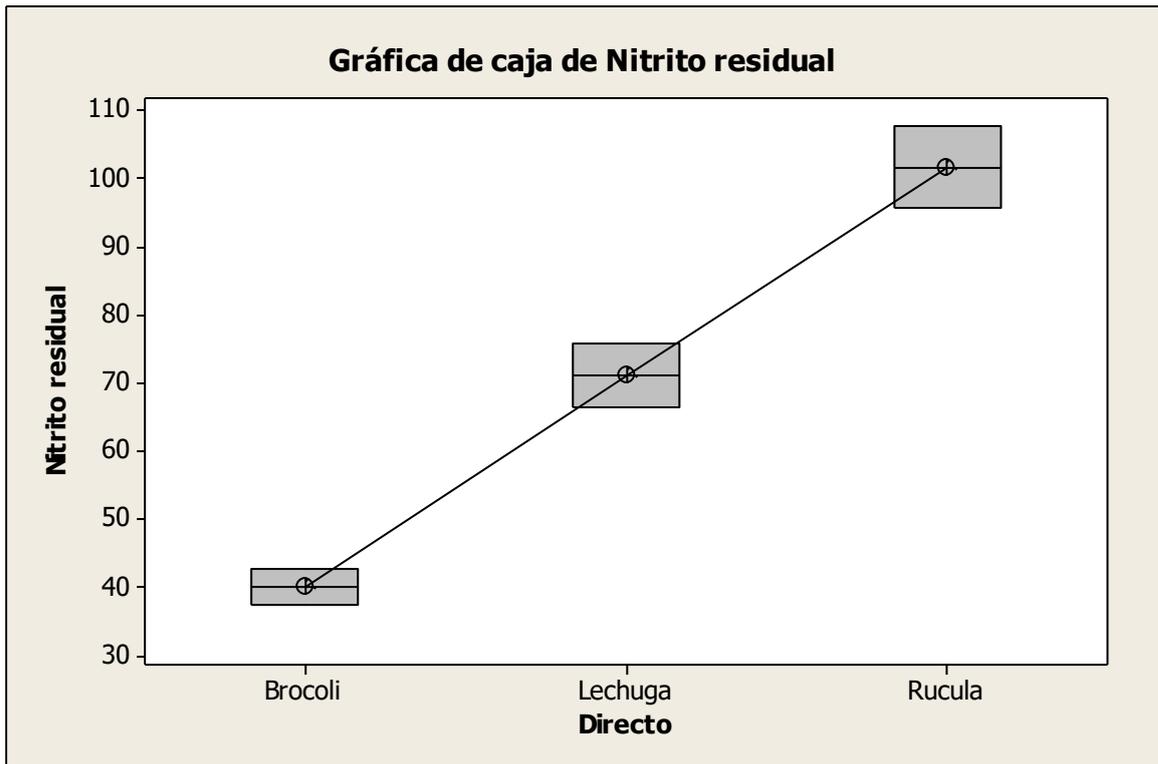
Directo = Lechuga restado de:



**Figura 15.** Anova para generación de gráfica de cajas adición directa.

**Fuente:** El autor.

**Elaboración:** El autor.



**Figura 16.** Gráfica de cajas nitrito residual para adición directa.

**Fuente:** El autor.

**Elaboración:** El autor

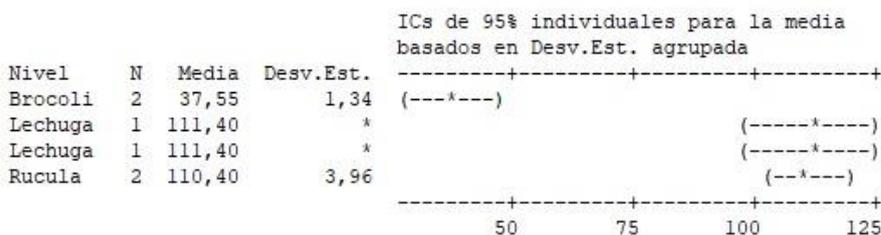
Figura 17. Anova para generación gráfica de cajas adición atomizado.

**Resultados para: Hoja de trabajo 4**

**ANOVA unidireccional: Nitrito residual vs. Atomizado**

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Atomizado	3	7174,63	2391,54	273,55	0,004
Error	2	17,49	8,74		
Total	5	7192,12			

S = 2,957 R-cuad. = 99,76% R-cuad. (ajustado) = 99,39%



Desv.Est. agrupada = 2,96

Agrupar información utilizando el método de Tukey

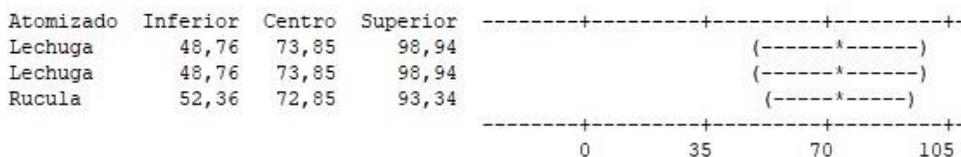
Atomizado	N	Media	Agrupación
Lechuga	1	111,40	A
Lechuga	1	111,40	A
Rucula	2	110,40	A
Brocoli	2	37,55	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

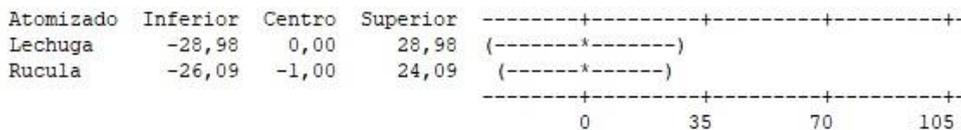
Intervalos de confianza simultáneos de Tukey del 95%  
 Todas las comparaciones de dos a dos entre los niveles de Atomizado

Nivel de confianza individual = 97,98%

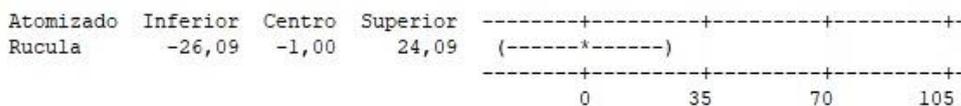
Atomizado = Brocoli restado de:

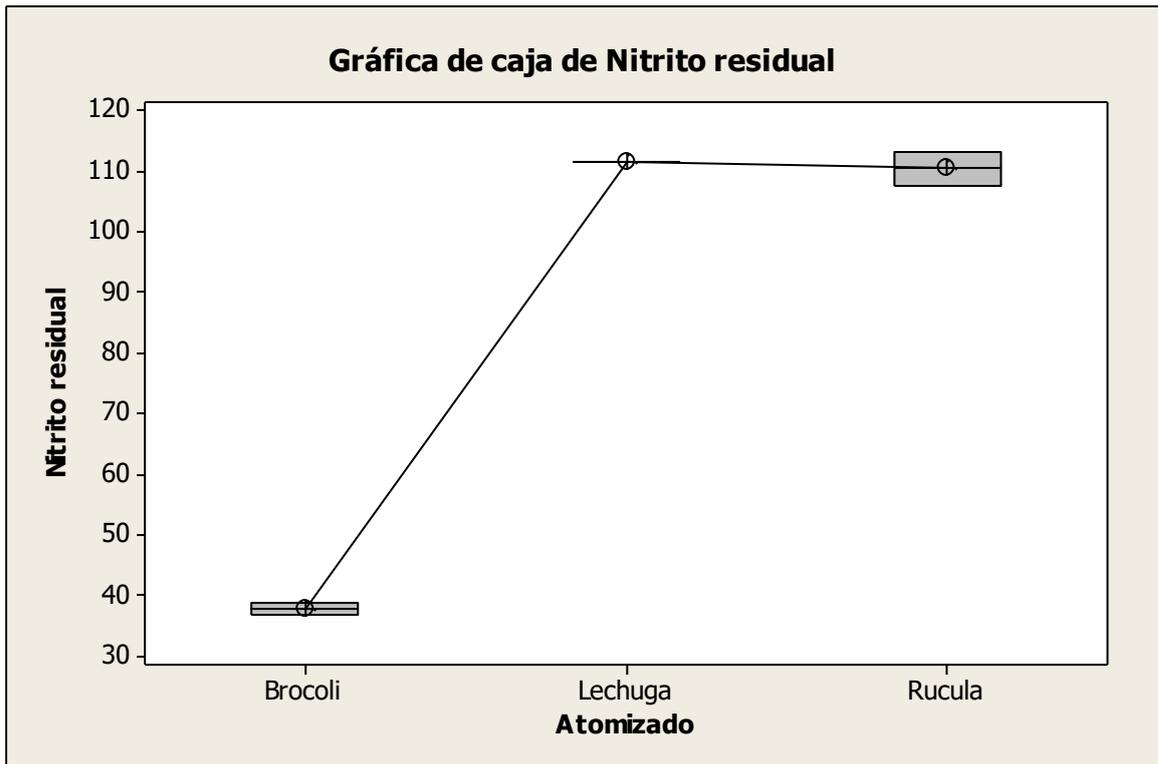


Atomizado = Lechuga restado de:



Atomizado = Lechuga restado de:





**Figura 18.** Gráfica de caja nitrito residual adición atomizado.

**Fuente:** El autor.

**Elaboración:** El autor

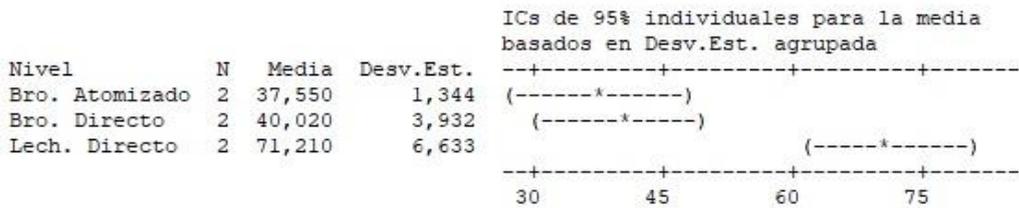
## 2. Nitrito residual (Brócoli vs. Lechuga)

**Resultados para: Hoja de trabajo 2**

**ANOVA unidireccional: Nitrito res vs. tratamiento**

Fuente	GL	SC	MC	F	P
tratamiento	2	1407,9	704,0	34,48	0,009
Error	3	61,3	20,4		
Total	5	1469,2			

S = 4,519 R-cuad. = 95,83% R-cuad.(ajustado) = 93,05%



Desv.Est. agrupada = 4,519

Agrupar información utilizando el método de Tukey

tratamiento	N	Media	Agrupación
Lech. Directo	2	71,210	A
Bro. Directo	2	40,020	B
Bro. Atomizado	2	37,550	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

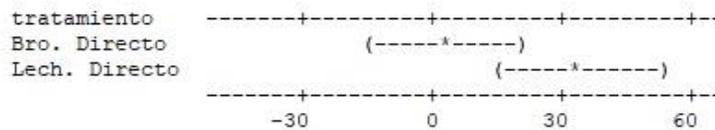
Intervalos de confianza simultáneos de Tukey del 95%

Todas las comparaciones de dos a dos entre los niveles de tratamiento

Nivel de confianza individual = 97,50%

tratamiento = Bro. Atomizado restado de:

tratamiento	Inferior	Centro	Superior
Bro. Directo	-16,413	2,470	21,353
Lech. Directo	14,777	33,660	52,543



tratamiento = Bro. Directo restado de:

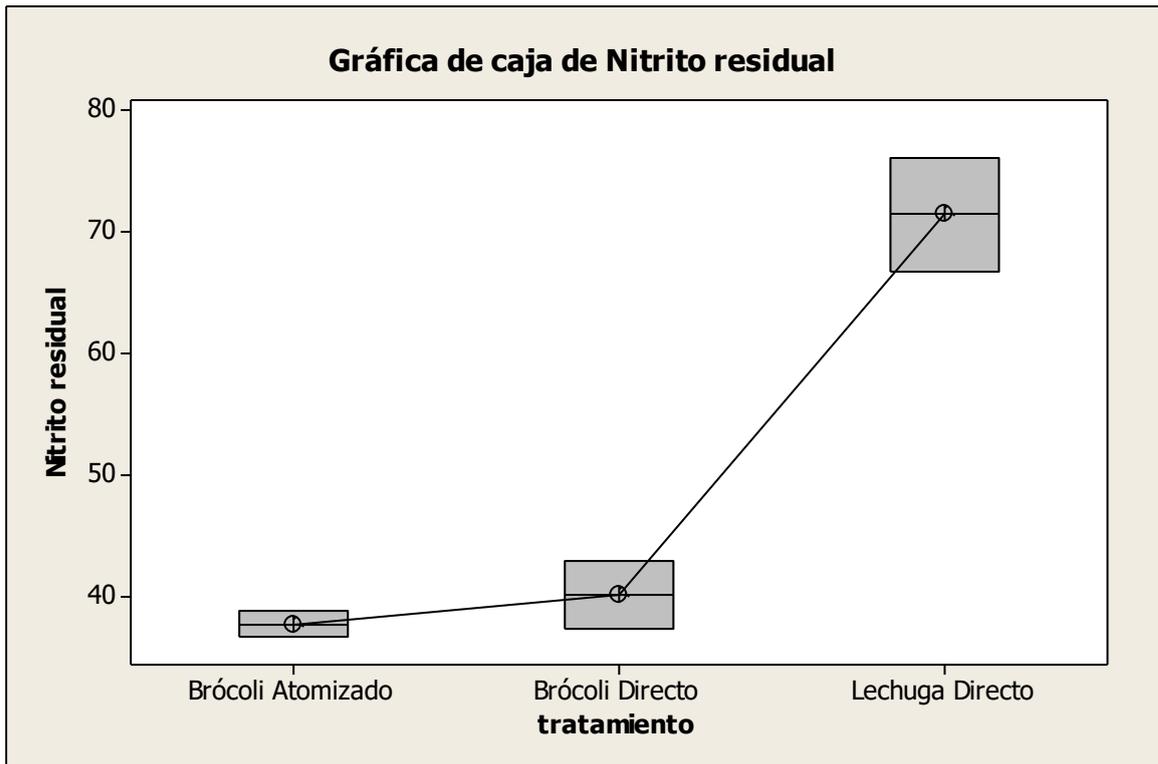
tratamiento	Inferior	Centro	Superior
Lech. Directo	12,307	31,190	50,073



**Figura 19.** Anova para generación gráfica de cajas (brócoli vs lechuga directo).

**Fuente:** El autor.

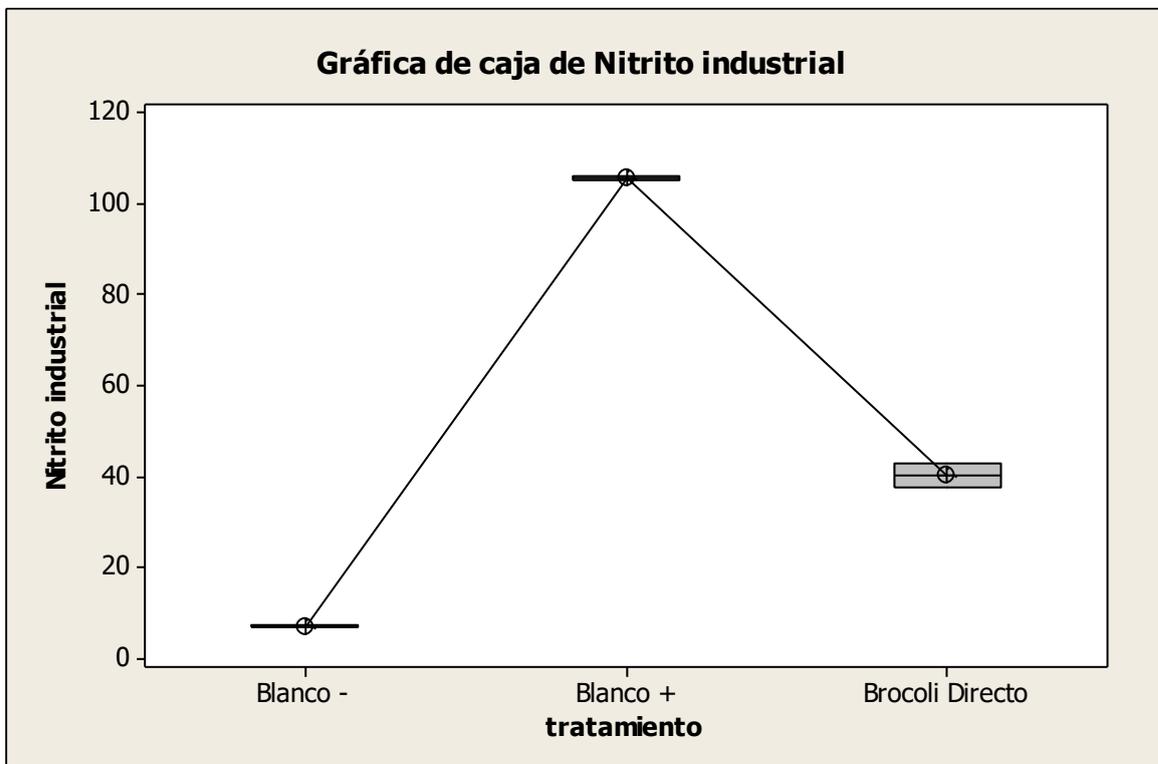
**Elaboración:** El autor.



**Figura 20.** Nitrito residual brócoli vs. lechuga directo.

Fuente: El autor.

Elaboración: El autor



**Figura 21.** Nitrito residual mejor tratamiento vs blancos.

Fuente: El autor.

Elaboración: El autor

**Tabla 5.** Datos para determinación de dosificación de nitratos.

<b>Subproducto vegetal</b>	<b>Contenido de nitrato (atomizado)</b>	<b>Cantidad adicionada</b>	<b>Peso embutido</b>
<b>Rúcula</b>	37667 ppm	200 ppm	250 g
<b>Lechuga</b>	1773,3 ppm	200 ppm	250 g
<b>Brócoli</b>	13053,3 ppm	200 ppm	250 g

**Fuente:** El autor.

**Elaboración:** El autor.

**Ejemplo:**

Cálculo para dosificación de nitrato en rúcula a embutidos.

**Rúcula**

37667 ppm    1000 g (subproducto atomizado)

200 ppm        X =?

X= 5,31 g (subproducto atomizado)

5,31 g        1000 g (embutido)

X            250 g (embutido)

X= 1,32 g (subproducto atomizado)