



**Universidad Nacional de Misiones. Facultad de Ciencias Exactas,  
Químicas y Naturales. Secretaría de Investigación y Postgrado. Maestría  
en Tecnología de los Alimentos.**

**Maestranda  
Lab. Qca. Lidia Lelis Araujo**

## **Influencia de la temperatura de secado e inhibidor de pardeamiento sobre la absorción de agua y color en purés deshidratados de mandioca**

**Tesis de Maestría presentada para obtener el título de “Magíster  
en Tecnología de los Alimentos”**

“Este documento es resultado del financiamiento otorgado por el Estado Nacional, por lo tanto  
queda sujeto al cumplimiento de la Ley N° 26.899”.

**Directora  
Mgter. Ing. Marcela Brousse  
Co-Director  
Dr. Ramón Andrés Linares**

**Posadas, Misiones 2016**



Esta obra está licenciado bajo Licencia Creative Commons (CC) Atribución-NoComercial-  
CompartirIgual 4.0 Internacional. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES**



**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, QUÍMICAS Y  
NATURALES**

**MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS**

***Influencia de la temperatura de secado e inhibidor  
de pardeamiento sobre la absorción de agua y color  
en purés deshidratados de mandioca***

*Tesista: Lab. Qca. Lidia Lelis Araujo*

*Directora: Mgter. Ing. Marcela Brousse*

*Co-Director: Dr. Ramón Andrés Linares*

SEPTIEMBRE 2016

Nosotros aprobamos la tesis de Maestría de Lidia Lelis Araujo

---

Dr. Angel J.V. Fusco  
Evaluador Externo-Universidad Nacional de Chilecito

---

Fecha

---

Dr. Ing. Miguel E. Schmalko  
Evaluador de exposición-Facultad de Ciencias Exactas,  
Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones

---

Fecha

---

Dr Oscar Alfredo Albani  
Evaluador interno-Facultad de Ciencias Exactas,  
Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones

---

Fecha

---

Mgter. Ing. Marcela Brousse  
Directora de Tesis- Facultad de Ciencias Exactas,  
Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones

---

Fecha

**CALIFICACIÓN: Elaboración de tesis.....**

**CALIFICACIÓN: Defensa de tesis.....**

*En memoria de mis padres que me han apoyado incondicionalmente, y han disfrutado conmigo de los pequeños y grandes logros de la vida, ya que con su ejemplo de lucha a lo largo de mi existencia me enseñaron que siempre hay que mirar más allá a pesar de las dificultades y que todo es posible cuando se aspira siempre a lo más alto.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por iluminarme en este camino, y darme la fuerza necesaria para seguir adelante.

A mis padres que por su impulso y amor, me han enseñado a perseguir mis sueños y nunca darme por vencida.

A mi Directora Mgter. Ing. Marcela Brousse por brindarme la oportunidad y el espacio donde desarrollar este trabajo, además de su constante asesoramiento, generosidad y apoyo en todos estos años.

A la Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales, de la Universidad Nacional de Misiones; y todos los docentes de la Maestría.

*“La capacidad de percibir o de pensar de manera diferente  
es más importante que el conocimiento adquirido”*

*David Bohm*

## RESUMEN

Uno de los problemas principales por el cual no se pueden comercializar las raíces frescas de la mandioca, es el deterioro poscosecha que sufren a no más de 48 horas de extraídas del suelo. Entre los métodos convencionales de la conservación de alimentos, se encuentra el secado, que proporciona estabilidad microbiológica y reduce el peso y la actividad del agua. Los alimentos deshidratados son generalmente rehidratados para su uso; pretendiendo obtener productos que al reconstituirse adquieran rápidamente sus características originales. El conocimiento de las propiedades físicas, fisicoquímicas y funcionales del puré deshidratado y reconstituido permitirá mejorar la aplicación del mismo como producto final o para la producción de derivados del mismo.

El objetivo de la presente tesis es evaluar las capacidades de absorción de agua y los cambios de color del puré deshidratado de dos variedades de raíz de mandioca, Concepción y Pomberí, tratadas con distintas concentraciones de inhibidor del pardeamiento a dos temperaturas de secado, 80 y 120 ° C.

En el proceso de rehidratación de los purés deshidratados de mandioca, el IAA aumentó con el incremento de la temperatura y de la concentración de inhibidor de pardeamiento, con una mayor capacidad de retención del agua en el puré deshidratado para la variedad Concepción.

Los resultados de la cinética de absorción de agua para ambas variedades fueron similares. El modelos de Pilosof y Col., (1985) ajustó adecuadamente, mientras que el modelo exponencial no ajustó.

Los índices de pardeamiento aumentaron con el aumento de la temperatura de secado y con la disminución de la concentración del inhibidor de pardeamiento.

Los parámetros de color nos indican que a mayor temperatura de secado las muestras son más oscuras, pero al aumentar la concentración del inhibidor de pardeamiento la luminosidad ( $L^*$ ) es mayor. La diferencia de color entre las muestras y el blanco ( $\Delta L^*$ ) nos indican menor variación a la mayor concentración del inhibidor.

Es relevante realizar pruebas sensoriales, para determinar la aceptabilidad del producto final, para lo cual se abre una brecha importante en la elaboración de nuevos productos alimenticios, utilizando como materia prima al puré de mandioca.

**Palabras claves:** Puré de mandioca, Cinética de absorción de agua, Índice de pardeamiento, color.

## **ABSTRACT**

The main problem in the commercialization of Fresh Cassava roots is that they deteriorate after 48 hours of being extracted from the land. Drying is a conventional method of food preservation, which provides microbial stability due to the reduction of the water activity and the reduction of the weight. Most dehydrated products are generally rehydrated before using (looking for the product, once reconstituted, acquires the original textures). The knowledge of the physical, physicochemical and functional properties of the reconstituted product will improve the implementation of it as a final product, or for the production of derivatives of it.

The objective of this thesis is to evaluate the capacities of water absorption and color changes of the dehydrated puree of two varieties of Cassava root, *Concepción* and *Pomberí*, treated with different concentrations of the browning inhibitor at two drying temperatures, 80 and 120 °C.

It was found that, in the process of rehydration of dehydrated purees of Cassava, the Water Absorption Index increased with the increase of the temperature and the concentration of browning inhibitor; showing a greater capacity of water retention in the dehydrated puree of the Conception variety.

The results of the kinetic absorption of water were similar for both varieties. The model of Pilosof et al., (1985) adjusted good, while the exponential model did not adjust.

The Browning Indexes increased with temperature and decreased with concentration of browning inhibitor.

The color parameters indicate that to higher drying temperature the samples become darker, but increasing the browning inhibitor concentration, the luminosity ( $L^*$ ) is higher. The color difference between the samples and the original sample ( $\Delta L^*$ ) is lower at high concentration of the inhibitor.

It is important to perform sensorial testings, to determine the acceptability of the final product, opening an important field to produce new foodstuff, using as raw material the cassava puree.

**Key words:** mashed cassava, kinetic water absorption, browning index, color

## Tabla de contenido

<b>Lista de tablas.....</b>	<b>III</b>
<b>Lista de figuras .....</b>	<b>VII</b>
<b>Abreviaturas .....</b>	<b>XI</b>
<b>CAPITULO I: Introducción .....</b>	<b>1</b>
I.1. Alcances y definición del problema de investigación .....	1
I.2. Justificación.....	4
I.3. Objetivo general y objetivos específicos .....	6
<b>CAPITULO II Revisión de la literatura .....</b>	<b>7</b>
II.1. La planta de mandioca .....	7
<i>Origen .....</i>	<i>7</i>
<i>Clasificación y descripción botánica .....</i>	<i>7</i>
<i>Contenido de ácido cianhídrico (HCN) .....</i>	<i>12</i>
<i>Aporte nutricional y composición química .....</i>	<i>13</i>
II.2. Usos de la mandioca .....	14
<i>Uso de la raíz de mandioca fresca.....</i>	<i>14</i>
<i>Industrialización de la raíz de mandioca .....</i>	<i>15</i>
II.3. Propiedades físicas y fisicoquímicas .....	21
<i>Absorción de agua .....</i>	<i>21</i>
<i>Índice de absorción de agua (IAA) .....</i>	<i>22</i>
<i>Cinética de la absorción de agua .....</i>	<i>22</i>
<i>Pardeamiento no enzimático .....</i>	<i>23</i>
<i>Color .....</i>	<i>26</i>
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>30</b>
III.1. Propuesta Metodológica .....	30
III.2. Materiales y Métodos .....	32
<i>Materia prima.....</i>	<i>32</i>
<i>Índice de absorción de agua.....</i>	<i>32</i>
<i>Cinética de absorción de agua .....</i>	<i>33</i>

<i>Modelo cinético de Pilosof y col.1985</i> .....	34
<i>Modelo cinético Exponencial</i> .....	36
<i>Comparación de modelos</i> .....	36
<i>Índice de Pardeamiento</i> .....	37
<i>Color</i> .....	37
III.3. Resultados y Discusión .....	39
<i>Índice de Absorción de Agua (ÍAA) en los purés deshidratado de mandioca con distintas concentraciones del inhibidor de pardeamiento</i> .....	39
<i>Cinética de absorción de agua en los purés deshidratado con distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento</i> .....	44
<i>Aplicación del modelo cinético de Pilosof y col.1985</i> .....	44
<i>Aplicación del modelo cinético Exponencial</i> .....	60
<i>Comparación de modelos</i> .....	67
<i>Índice de pardeamiento del puré rehidratado de mandioca</i> .....	72
<i>Comparación entre variedades Concepción y Pomberí</i> .....	76
<i>Color de puré rehidratado de mandioca con inhibidor de pardeamiento</i> .....	79
<i>Comparación entre variedades Concepción y Pomberí</i> .....	91
III.4. Conclusiones.....	103
<b>CAPITULO IV</b> .....	<b>105</b>
IV.1. Propuesta de trabajos futuros.....	105
<b>Referencias Bibliográficas</b> .....	<b>107</b>
<b>Anexos</b> .....	<b>114</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Composición química de la raíz de mandioca.....	13
Tabla 2: Usos industriales del “almidón” de mandioca o de sus derivados .....	17
Tabla 3: Índices de Absorción de Agua (ÍAA) para la variedad Concepción de puré de mandioca secada a diferentes temperaturas. ....	39
Tabla 4: Índices de Absorción de Agua (ÍAA) para la variedad Pomberí de puré de mandioca secada a diferentes temperaturas. ....	39
Tabla 5: Valores de los parámetros del modelo de Pilosof y Col., 1985, para los purés cocidos con distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento y secados a 80 °C de la variedad Concepción.....	44
Tabla 6: Valores de los parámetros del modelo de Pilosof y Col., 1985, para los purés cocidos con distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento y secados a 120 °C de la variedad Concepción.....	45
Tabla 7: Valores de los parámetros del modelo de Pilosof y Col., 1985, para los purés cocidos con distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento y secados a 80 °C de la variedad Pomberí .....	53
Tabla 8: Valores de los parámetros del modelo de Pilosof y Col., 1985, para los purés cocidos con distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento y secados a 120 °C de la variedad Pomberí .....	53
Tabla 9: Valores de los parámetros del modelo Exponencial para los purés cocidos con distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento y secados a 80 °C de la variedad Concepción .....	60
Tabla 10: Valores de los parámetros del modelo Exponencial para los purés cocidos con distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento y secados a 120 °C de la variedad Concepción .....	61
Tabla 11: Valores de la constante $C_{\infty}$ de la ecuación del modelo Exponencial para la variedad Pomberí, la constante de velocidad K y de la bondad del ajuste del modelo para la absorción de agua, para los purés cocidos con distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento y secados a 80 °C.....	64
Tabla 12: Valores de la constante $C_{\infty}$ de la ecuación del modelo Exponencial para la variedad Pomberí, la constante de velocidad K y de la bondad del ajuste del modelo para la absorción de agua, para los purés cocidos con distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento y secados a 120 °C.....	65

Tabla 13: Valores de Índice de pardeamiento de purés de mandioca variedad Concepción, secadas a dos temperaturas y tres concentraciones de bisulfito de sodio.....	72
Tabla14: Valores de Índice de pardeamiento de purés de mandioca variedad Concepción, secadas a dos temperaturas y tres concentraciones de bisulfito de sodio ..	75
Tabla 15: Parámetro L* en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Concepción a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a 80 °C.....	79
Tabla 16: Parámetro a* en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Concepción a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a 80 °C.....	79
Tabla 17: Parámetro b* en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Concepción a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a 80 °C.....	80
Tabla 18: Parámetro L* en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Concepción a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a 120 °C.....	80
Tabla 19: Parámetro a* en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Concepción a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a 120 °C.....	80
Tabla 20: Parámetro b* en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Concepción a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a 120 °C.....	81
Tabla 21: Parámetro C* en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Concepción a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a 80 °C.....	82
Tabla 22: Parámetro H* en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Concepción a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a 80 °C.....	82
Tabla 23: Parámetro $\Delta E^*$ en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Concepción a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a 80 °C.....	82
Tabla 24: Parámetro C* en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Concepción a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a 120 °C.....	83

Tabla 25: Parámetro $H^*$ en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Concepción a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a 120 °C.....	83
Tabla 26: Parámetro $\Delta E^*$ en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Concepción a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a 120 °C.....	83
Tabla 27: Parámetro $L^*$ en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Concepción a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a 80 °C.....	85
Tabla 28: Parámetro $a^*$ en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Concepción a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a 80 °C.....	85
Tabla 29: Parámetro $b^*$ en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Concepción a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a 80 °C.....	86
Tabla 30: Parámetro $L^*$ en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Concepción a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a 120 °C.....	86
Tabla 31: Parámetro $a^*$ en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Concepción a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a 120 °C.....	86
Tabla 32: Parámetro $b^*$ en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Concepción a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a 120 °C.....	87
Tabla 33: Parámetro $C^*$ en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Pomberí a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a 80 °C.....	88
Tabla 34: Parámetro $H^*$ en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Pomberí a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a 80 °C.....	88
Tabla 35: Parámetro $\Delta E^*$ en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Pomberí a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a 80 °C.....	89
Tabla 36: Parámetro $C^*$ en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Pomberí a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a 120 °C.....	89

Tabla 37: Parámetro $H^*$ en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Pomberí a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ .....	89
Tabla 38: Parámetro $\Delta E^*$ en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Pomberí a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ .....	90

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Flor masculina y femenina de la mandioca .....	9
Figura 2: Fruto de la mandioca .....	9
Figura 3: Esquema del corte longitudinal de la semilla .....	10
Figura 4: Esquema de la raíz de mandioca .....	11
Figura 5: Corte transversal de una raíz tuberosa de mandioca .....	11
Figura 6: Estructura química de la amilosa .....	15
Figura 7: Estructura química de la amilopectina .....	16
Figura 8: Gránulos de almidón mostrando cruces de malta .....	17
Figura 9: Diagrama de flujo para la obtención de almidón de mandioca.....	18
Figura 10: Diagrama de flujo de la obtención de la harina de mandioca .....	20
Figura 11: Diagrama de flujo de la obtención de la obtención del puré deshidratado de mandioca.....	21
Figura 12: Diagrama de flujo de la metodología de trabajo .....	31
Figura 13: Equipo para la determinación de la absorción de agua .....	33
Figura 14: Curva de absorción de agua .....	34
Figura 15: Diferencias entre variedades de los Índices de Absorción de Agua, para los concentraciones de inhibidor de pardeamiento 0,2 (A), 0,3 (B) y 0,4 (C) g/L para las variedades Concepción y Pomberí secados a 80 °C.....	40
Figura 16: Diferencias entre variedades de los Índices de Absorción de Agua, para los concentraciones de inhibidor de pardeamiento 0,2 (D), 0,3 (E) y 0,4 (F) g/L para las variedades Concepción y Pomberí secados a 120 °C.....	42
Figura 17: Datos experimentales y modelo cinético de Pilosof y Col., 1985, de la variedad Concepción para la absorción de agua, a las tres concentración de inhibidor de pardeamiento 0,2 g/l; 0,3 g/l y 0,4 g/l en el agua de cocción y secado a 80 °C.....	46
Figura 18: Datos experimentales y modelo cinético de Pilosof y Col., 1985, de la variedad Concepción para la absorción de agua, para las tres concentración de inhibidor de pardeamiento 0,2 g/l; 0,3 g/l y 0,4 g/l en el agua de cocción y secado a 120 °C .....	46
Figura 19: Datos experimentales y modelo cinético de Pilosof y Col., 1985, de la variedad Concepción para la absorción de agua, para una concentración de 0,2 g/L de inhibidor de pardeamiento en el agua de cocción, secado a 80 °C y 120 °C.....	47
Figura 20: Datos experimentales y modelo cinético de Pilosof y Col., 1985, de la variedad Concepción para la absorción de agua, para una concentración de 0,3 g/L de inhibidor de pardeamiento en el agua de cocción, secado a 80 °C y 120 °C .....	48

Figura 21: Datos experimentales y modelo cinético de Pilosof y Col., 1985, de la variedad Concepción para la absorción de agua, para una concentración de 0,4 g/L de inhibidor de pardeamiento en el agua de cocción, secado a 80 °C y 120 °C.....	48
Figura 22: Parámetros Q (A), B (B), R <sub>0</sub> (C) y K (D) del modelo de Pilosof. Variedad Concepción secado a: 80 °C y 120 °C. Diferencias entre temperaturas de secado.....	50
Figura 23: Datos experimentales y modelo cinético de Pilosof y Col., 1985, de la variedad Pomberí para la absorción de agua, a las tres concentración de inhibidor de pardeamiento 0,2 g/l; 0,3 g/l y 0,4 g/l en el agua de cocción y secado a 80 °C.....	54
Figura 24: Datos experimentales y modelo cinético de Pilosof y Col., 1985, de la variedad Pomberí para la absorción de agua, a las tres concentración de inhibidor de pardeamiento 0,2 g/l; 0,3 g/l y 0,4 g/l en el agua de cocción y secado a 120 °C.....	55
Figura 25: Datos experimentales y modelo cinético de Pilosof y Col., 1985, de la variedad Pomberí para la absorción de agua, para una concentración de 0,2 g/L de inhibidor de pardeamiento en el agua de cocción, secado a 80 °C y 120 °C .....	56
Figura 26: Datos experimentales y modelo cinético de Pilosof y Col., 1985, de la variedad Pomberí para la absorción de agua, para una concentración de 0,3 g/L de inhibidor de pardeamiento en el agua de cocción, secado a 80 °C y 120 °C.....	56
Figura 27: Datos experimentales y modelo cinético de Pilosof y Col., 1985, de la variedad Pomberí para la absorción de agua, para una concentración de 0,4 g/L de inhibidor de pardeamiento en el agua de cocción, secado a 80 °C y 120 °C .....	57
Figura 28: Parámetros Q (A), B (B) y R <sub>0</sub> (C) del modelo de Pilosof. Variedad Pomberí secado a: 80 °C y 120 °C. Diferencias entre temperaturas de secado.....	58
Figura 29: Datos experimentales y modelo exponencial de la variedad Concepción para la absorción de agua, a las tres concentración de inhibidor de pardeamiento 0,2 g/l; 0,3 g/l y 0,4 g/l en el agua de cocción y secado a 80 °C.....	61
Figura 30: Datos experimentales y modelo exponencial de la variedad Concepción para la absorción de agua, para las tres concentración de inhibidor de pardeamiento 0,2 g/l; 0,3 g/l y 0,4 g/l en el agua de cocción y secado a 120 °C.....	62
Figura 31: Parámetros C <sub>∞</sub> (A) y K (B) del modelo de exponencial. Variedad Concepción secado a: 80 °C y 120 °C. Diferencias entre temperaturas de secado.....	63
Figura 32: Datos experimentales y modelo exponencial de la variedad Pomberí para la absorción de agua, a las tres concentración de inhibidor de pardeamiento 0,2 g/l; 0,3 g/l y 0,4 g/l en el agua de cocción y secado a 80 °C .....	66
Figura 33: Datos experimentales y modelo exponencial de la variedad Pomberí para la absorción de agua, para las tres concentración de inhibidor de pardeamiento 0,2 g/l; 0,3 g/l y 0,4 g/l en el agua de cocción y secado a 120 °C .....	66

Figura 34: Valores de los E % para el modelo exponencial y el de Pilosof y Col., 1985, en función de las concentración de inhibidor de pardeamiento para puré rehidratado de mandioca de la variedad Concepción secado a 80 °C .....	68
Figura 35: Valores de los E % para el modelo exponencial y el de Pilosof y Col., 1985, en función de las concentración de inhibidor de pardeamiento para puré rehidratado de mandioca de la variedad Concepción secado a 120 °C .....	68
Figura 36: Valores de los E % para el modelo exponencial y el de Pilosof y Col., 1985, en función de las concentración de inhibidor de pardeamiento para puré rehidratado de mandioca de la variedad Pomberí secado a 80 °C .....	69
Figura 37: Valores de los E % para el modelo exponencial y el de Pilosof y Col., 1985, en función de las concentración de inhibidor de pardeamiento para puré rehidratado de mandioca de la variedad Pomberí secado a 120 °C .....	69
Figura 38: Parámetros $C_{\infty}$ del modelo de exponencial para variedad Concepción secado a: 80 °C y Pomberí secado a 80 °C .....	71
Figura 39: Parámetros K del modelo de exponencial para Variedad Concepción secado a: 120 °C y Pomberí secado a 120 °C. ....	71
Figura 40: Comparación de los índices de pardeamiento de muestras de puré variedad Concepción, con distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento: 0 g/L; 0,2 g/L; 0,3 g/L; 0,4 g/L .....	74
Figura 41: Comparación de los índices de pardeamiento de muestras de puré variedad Pomberí, con distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento: 0 g/L; 0,2 g/L; 0,3 g/L; 0,4 g/L .....	76
Figura 42: Comparación de los índices de pardeamiento de muestras de puré de variedad Concepción y Pomberí secado a 80 °C .....	77
Figura 43: Comparación de los índices de pardeamiento de muestras de puré de variedad Concepción y Pomberí secado a 120 °C .....	78
Figura 44: Comparación de $L^*$ a 80°C de muestras de puré de variedad Concepción y Pomberí, a 40°C de muestras de puré de variedad Concepción y Pomberí, a 27°C de muestras de puré de variedad Concepción y Pomberí, a 80 °C .....	92
Figura 45: Comparación de $L^*$ a 80°C de muestras de puré de variedad Concepción y Pomberí, a 40°C de muestras de puré de variedad Concepción y Pomberí, a 27°C de muestras de puré de variedad Concepción y Pomberí, a 120 °C. ....	93
Figura 46: Comparación de $\Delta L^*$ a 80°C de muestras de puré de variedad Concepción y Pomberí, a 40°C de muestras de puré de variedad Concepción y Pomberí, a 27°C de muestras de puré de variedad Concepción y Pomberí, secado a 80 °C.....	95
Figura 47: Comparación de $\Delta L^*$ a 80°C de muestras de puré de variedad Concepción y Pomberí, a 40°C de muestras de puré de variedad Concepción y Pomberí, a 27°C de	

muestras de puré de variedad Concepción y Pomberí, secado a 120 °C.....	96
Figura 48: Comparación de a* a 80°C de muestras de puré de variedad Concepción y Pomberí, a 40°C de muestras de puré de variedad Concepción y Pomberí, a 27°C de muestras de puré de variedad Concepción y Pomberí, secado a 80 °C.....	98
Figura 49: Comparación de a* a 80°C de muestras de puré de variedad Concepción y Pomberí, a 40°C de muestras de puré de variedad Concepción y Pomberí, a 27°C de muestras de puré de variedad Concepción y Pomberí, secado a 120 °C.....	99
Figura 50: Comparación de b* a 80°C de muestras de puré de variedad Concepción y Pomberí, a 40°C de muestras de puré de variedad Concepción y Pomberí, a 27°C de muestras de puré de variedad Concepción y Pomberí, secado a 80°C.....	100
Figura 51: Comparación de b* a 80°C de muestras de puré de variedad Concepción y Pomberí, a 40°C de muestras de puré de variedad Concepción y Pomberí, a 27°C de muestras de puré de variedad Concepción y Pomberí, secado a 120 °C.....	101

## LISTA DE ABREVIATURAS

**ANMAT:** Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica

**ANOVA:** Análisis de la varianza

**AW:** Water activity (actividad del agua)

**CAISA:** Cooperativa Agrícola e Industrial San Alberto Limitada

**CIAT:** Centro Internacional de Agricultura tropical

**CIE:** International Commission on Illumination (Comisión internacional de la iluminación)

**CIELAB:** Método cromático usado normalmente para medir todos los colores que puede percibir el ojo humano

**DFP:** Deterioro post cosecha

**E %:** Error porcentual promedio

**HCN:** Acido cianhídrico

**IAA:** Índice de absorción de agua

**INTA:** Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

**MBE:** Error de desvío medio

**R<sup>2</sup>:** Coeficiente de determinación

**RMSE:** Raíz cuadrada del error medio cuadrático

**TPA:** Texture Profile Analysis (Análisis de perfil de textura instrumental)

# CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

## I.1. ALCANCES Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) es una especie característica de Sudamérica, que recibe otros nombres como tapioca, cassava o mandioca, según el país de origen (Buitrago, 2001) y que presentan diversas variedades y clones, entre los cuales se encuentran en Misiones las variedades: Rocha, **Pomberí**, Santa Catarina y **Concepción**. Por lo general es una planta vigorosa cuyo cultivo lo llevan adelante pequeños productores, generalmente asociados a través de cooperativas, especialmente a aquéllas que gestionan plantas industriales de fécula, como las cooperativas Agrícola Montecarlo; Agrícola e Industrial San Alberto (CAISA); y Yerbatera Jardín América. Representa un alimento de sencilla producción en nuestra provincia, debido a que requiere pocos fertilizantes, reducidos niveles de agua, y carece prácticamente de enfermedades. (INTA, 2008).

Uno de los problemas principales por el cual no se pueden comercializar las raíces frescas de la mandioca a zonas distantes del origen de producción es el deterioro poscosecha que sufren a no más de 48 horas de extraídas del suelo (Cenóz y Col., 2001). Este deterioro conocido como deterioro fisiológico poscosecha, provoca pérdidas económicas que van desde leves hasta moderadas. El mismo está asociado a factores como la variedad, los daños mecánicos que sufren durante la cosecha y las condiciones ambientales como la temperatura y la humedad relativa (Sotelo y Acevedo, 2009).

Entre los métodos convencionales de la conservación de alimentos que han tenido una gran trascendencia en la vida del hombre, se encuentra la deshidratación o secado ya que proporciona una gran estabilidad microbiológica debido a la reducción de la actividad del agua, y la reducción del peso facilitando a su vez el almacenaje, manipulación y transporte de los productos finales deshidratados (Lozano y Col., 1989). Por lo tanto el desarrollo de productos deshidratados derivados de la mandioca, como el puré deshidratado, constituye un reto comercial.

La mayoría de los productos deshidratados son generalmente rehidratados para su uso; pretendiendo obtener productos que al reconstituirse adquieran rápidamente sus

características originales. Este proceso se ve influido por la composición y preparación de la muestra, las condiciones del secado y el grado de ruptura estructural y química (McMinn y Magee, 1997). El deterioro de los atributos fisicoquímicos del sistema puede ser evaluado sobre la base de las características de rehidratación.

La rehidratación de materiales deshidratados está compuesta de tres procesos simultáneos: la absorción del agua dentro del material deshidratado, el hinchamiento y la lixiviación de los sólidos solubles. Antes de aplicar rehidratación a alimentos deshidratados, se deben conocer las características del alimento en su estado fresco y deshidratado, ya que las propiedades físico-químicas, mecánicas (micro estructurales), sensoriales y nutricionales, cambian considerablemente de un producto fresco a deshidratado, de tal manera que estos factores determinan el comportamiento de los alimentos en el proceso de rehidratación (Krokida y Marinos Kroudis, 2003; Marín y Col., 2006).

El grado de rehidratación está en función del grado de ruptura de la célula y de su estructura. Krokida y Marinos Kroudis, 2003; Ramos y Col., 2003 y Lewicki y Col., 1997, observaron que durante el secado se presenta una ruptura celular irreversible, resultando la pérdida de la integridad y, por lo tanto, una estructura densa de vasos capilares, encogidos y destruidos dando una reducción de las propiedades hidrófilas, que refleja una incapacidad en la retención de agua suficiente del producto rehidratado. El encogimiento origina que el volumen del producto disminuya debido a que el agua es evaporada, produciendo que la estructura superficial durante el secado se deforme fácilmente provocando huecos, mientras que la parte interna tiene pocas rupturas, donde la difusividad es reducida debido a que el agua restante está ligada por puentes de hidrogeno. Por lo tanto se espera que la microestructura de los poros y la porosidad en sí, jueguen un papel importante en el mecanismo de rehidratación (capilaridad, absorción, difusión) (Lewicki y Col., 1997; Marabi y Saguy, 2004).

En cuanto a la transferencia de materia ocurrida durante la rehidratación, se puede mencionar que el agua es absorbida más rápidamente al inicio del proceso y luego disminuye gradualmente la absorción hasta que el contenido de humedad alcanza un equilibrio, es decir, que todos los espacios inter o intracelulares queden saturados con agua (Marín y Col., 2006).

Existen estudios que demuestran que el proceso de absorción puede ser considerado como un mecanismo difusional (Sanjuán y Col., 1999) por lo tanto el coeficiente de difusión puede ser determinado por la segunda Ley de Fick.

Por otro lado, todo pre-tratamiento antes del secado tiene cierta influencia sobre el producto deshidratado y en el proceso posterior de rehidratación. Las características de calidad de un alimento deshidratado que ha sido rehidratado pueden mejorarse aplicando pre-tratamientos como: inmersión en soluciones azucaradas, salinas o ácidas, escaldado, deshidratación osmótica, microondas, entre otros. Por ejemplo el escaldado, provoca cambios en las propiedades físicas del tejido (destrucción de membranas celulares) y pérdida de sólidos solubles que afectan la velocidad del secado (Marín y Col., 2006; Górniki y Kaleta, 2007).

Además la aparición de coloraciones marrones frecuentemente indeseadas en el producto deshidratado, asociadas al pardeamiento no enzimático, puede afectar en forma negativa la presentación y el sabor final del producto finalmente hidratado.

El pardeamiento no enzimático es causado principalmente por los azúcares reductores y los aminoácidos, que se someten a la reacción de Maillard a altas temperaturas (Marquez y Anon, 1986). La harina oscurecida o pardeada, cuando se utiliza para la preparación de diversos productos alimenticios podría afectar el atractivo para el consumidor y por lo tanto el control del pardeamiento es esencial durante su transformación en harina y en productos cocidos a base de raíces. Cambios de color ocasionados por la deshidratación osmótica utilizada como pre-tratamiento al secado con aire caliente, fue estudiado por Krokida y Col. (2000), concluyendo que el pre tratamiento osmótico puede usarse para prevenir la pérdida del color original de rodajas de manzana y plátano, ya que las frutas no tratadas mostraron un extenso pardeamiento durante su secado con aire caliente.

La medición de color proporciona un índice útil para evaluar la intensidad de las reacciones de pardeamiento (Fernandez Artigas y Col., 1999).

Krishnan y Col. (2010), evaluaron el pardeamiento utilizando meta bisulfito de sodio en distintas concentraciones y con distintos tiempos de remojo en harinas de batatas y en harinas de dos variedades de ñame.

Otros autores han determinado los índices de pardeamiento debido a que es otro criterio utilizado para evaluar calidad de los alimentos. Hay diferentes factores, tales como la

variedad del cultivar, el tiempo de almacenamiento, las temperaturas de tratamientos, los tiempos de secado, entre otros, que afectan los índices de pardeamiento.

El color es un atributo importante de los productos alimenticios y durante las operaciones de extrusión ocurren reacciones de oscurecimiento no enzimático y el deterioro de los pigmentos que afectan a este parámetro de calidad (Wade, 1988).

Leonel y Col. (2009), reportaron en almidón de mandioca extruido que valores L\* disminuyeron entre 72,08 y 82,98, después de la extrusión en comparación con el valor de 92,21 inicial, en la luminosidad.

Modelar los cambios de color producidos por distintas variaciones en parámetros de estudio es importante para encontrar modelos simples que puedan predecir los cambios.

Nuevos alimentos fabricados con mandioca irán en aumento en relación al crecimiento de la población en los diferentes países. Es de esperar que la mandioca sea un alimento con mayor demanda a través de productos elaborados a partir de ella, como alimentos más modernos, que como el consumo directo de la raíz.

El puré de mandioca deshidratado es una alternativa importante en la alimentación humana. Además este producto da alternativas en la elaboración de otros productos alimenticios, tales como ñoquis, ravioles, fideos, etc.

## **I.2. JUSTIFICACIÓN**

En la provincia de Misiones, la mandioca constituye un cultivo de gran valor comercial. En general es utilizada como hortaliza para el consumo fresco, como alimento para animales y como materia prima para la industria productora de harina o fariña y almidón o fécula principalmente.

En general en la Argentina, desde el punto de vista económico, la actividad industrial se enfoca hacia la obtención del almidón o fécula. Según el Código Alimentario Argentino capítulo IX Artículo 674 (ANMAT, 2010), el término almidón corresponde a gránulos que se encuentran en las partes aéreas (semillas) de las plantas, por ejemplo maíz, trigo, arroz, etc.; mientras que para aquellos que se encuentran en las partes subterráneas (raíces, tubérculos, rizomas), corresponde la denominación de fécula. Sin embargo, los usos y nuestras costumbres han impuesto el término almidón para referirse al extracto obtenido de la raíz de mandioca.

El tubérculo al tener corto período de vida en fresco, es necesario encontrar procesos que prolonguen el tiempo de vida útil o directamente trabajar con harina de mandioca en el desarrollo de nuevos productos que satisfagan las necesidades nutricionales del hombre. Es importante generar conocimientos acerca de técnicas que no han sido muy investigadas, que sirvan como punto de partida para investigaciones posteriores; además, siendo la mandioca uno de los cuatro cultivos más importantes en las regiones tropicales junto al maíz, el arroz, y la caña de azúcar, se convierte en una alternativa promisoría que contribuye al crecimiento socioeconómico, mediante la integración del campo con los procesos agroindustriales generando nuevos empleos y el ingreso a nuevos mercados.

Por tal motivo una de las alternativas nutricionales es la obtención del puré deshidratado de mandioca. El conocimiento de las propiedades físicas, fisicoquímicas y funcionales del puré deshidratado y del producto reconstituido permitirá mejorar la aplicación del mismo como producto final o para la producción de derivados del mismo (productos de snack, harinas para la formulación de pastas alimenticias, aplicaciones funcionales en la formulación de otros alimentos, etc.).

Todos los procesos industriales de deshidratación, alteran en cierto grado el color, el olor, sabor y textura de los vegetales. Al minimizar dichos efectos se puede prolongar la vida útil. Los procesos de deshidratación, especialmente el secado, provocan muchos cambios en la estructura y composición del tejido vegetal (McMinn y Mague, 1997).

El deterioro de los atributos fisicoquímicos del sistema puede ser evaluado sobre la base de las características de rehidratación. De los datos encontrados en la literatura se puede observar que el grado y la velocidad de rehidratación dependen de las condiciones del proceso de deshidratación, de la naturaleza y composición del vegetal, del pre-tratamiento de la muestra vegetal antes del secado y de las condiciones de rehidratación (McMinn y Mague, 1997; Krokida y Marinos Kouris, 2003; Khaisheh y Col., 2004).

En base a lo expuesto anteriormente el desarrollo de la tesis pretende mejorar la calidad del alimento deshidratado evaluando la influencia de la temperatura de secado y del inhibidor de pardeamiento sobre la capacidad de rehidratación del puré, usando dos variedades de mandioca: Pomberí y Concepción. Será fundamental un análisis que permita optimizar las condiciones de deshidratación e hidratación y conseguir no solamente un control del proceso, sino también la obtención de determinadas

características en el producto final relacionadas con el color, la textura, la actividad del agua, el valor nutritivo, etc.

### **I.3. OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

#### **OBJETIVO GENERAL**

El objetivo de la presente tesis es evaluar las capacidades de absorción de agua y los cambios de color del puré deshidratado de mandioca de dos variedades de raíz, Concepción y Pomberí, secadas a dos temperaturas diferentes.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Estudiar la influencia de la temperatura de secado y la adición de un inhibidor en distintas concentraciones sobre el pardeamiento no enzimático.
- Estudiar la influencia de la temperatura de secado sobre la capacidad de absorción de agua y la cinética de absorción.
- Estudiar la influencia de la temperatura de secado sobre el color del producto deshidratado y del producto reconstituido.
- Modelar los resultados mediante ecuaciones matemáticas presentadas en la bibliografía.
- Comparar la bondad de los ajustes de los diferentes modelos.

## CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LA LITERATURA

### II.1. LA PLANTA DE MANDIOCA

#### Origen

La mandioca es originaria de América, es endémica de la región subtropical y tropical de Argentina y Paraguay, y de la región tropical de Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Panamá, Perú y Venezuela, aunque se estima que las variedades hoy conocidas son efectos de la selección artificial.

Tiene distintos nombres vulgares según las regiones en que se cultiva. En zonas de habla inglesa se la conoce como *Cassava*, en América Central como *Yuca*, en Paraguay se la conoce como *Mandi-ó*, en Brasil *aipim* o *macaxeira*, y en otras áreas de América del Sur, simplemente *Mandioca* (Buitrago, 2001).

#### Clasificación y descripción botánica

La mandioca pertenece a la familia *Euphorbiaceae*, al género *Manihot*, con alrededor de 180 especies, siendo de importancia económica la especie *Manihot esculenta* (Alvaro Montaldo, 1985).

Nombre científico o latino: *Manihot esculenta*-Crantz. Sinónimos de *Manihot esculenta*: *M. Utilissima*, *M. Aipi*, *M. Dulcis*, *M. Flexuosa*, *M. Flabellifolia*, *M. Difusa*, *M. Melanobasis*, *M. Digitiformis* y *M. Sprucei*

Científicamente la mandioca fue denominada de esta manera por Crantz en 1766. Más tarde, fue reclasificada por Pohl en 1827 y Pax en 1910 en dos especies diferentes: mandioca amarga (*Manihot utilissima*) y mandioca dulce (*Manihot aipi*) (Ospina y Ceballos, 2002). Sin embargo, Ciferri en 1938, reconoció prioridad al trabajo de Crantz en el que se propone el nombre utilizado actualmente.

Con respecto a la distinción de dos especies que se encuentran en algunos trabajos antiguos entre mandioca dulce y mandioca amarga, no es verdadera, ya que el contenido en el glucósido glinamarina que genera ácido cianhídrico que las distingue, es muy variable y depende en parte de las condiciones ecológicas del cultivo (Alvaro Montaldo, 1985).

La planta es un arbusto perenne de tamaño variable, que puede alcanzar los 4 m de altura. Se pueden agrupar los cultivares en función de su altura en: bajos (hasta 1,50 m), intermedios (1,50-2,50 m) y altos (más de 2,5 m) (Montaldo, 1985).

El tallo posee una corteza y un cilindro central. La corteza está dividida en: corteza externa, que comprende la epidermis y el súber o corcho y lleva colores variados asociados al color de las raíces reservantes, y el felógeno; la corteza media o felodermis, llena de un látex ácido, generalmente verde o a veces rojo, y está atravesada por tejido de sostén y esclerénquima; la corteza interna que está formada de parénquima cortical, floema primario y floema secundario y es de color blanco. El cilindro central está compuesto de xilema secundario y de médula, que es un tejido esponjoso (Montaldo, 1991).

Un carácter importante, desde el punto de vista agronómico, especialmente para efectuar labores de control de malezas, es el nivel de ramificación primaria del tallo, y así se consideran los siguientes grupos: nivel de ramificación bajo (menos de 50 cm), nivel de ramificación intermedio (50 -100 cm), nivel de ramificación alto (más de 100 cm). Para facilitar labores de cultivo se recomiendan las variedades de ramificación alta (Montaldo, 1985).

Otro carácter del tallo se refiere a la longitud de los entrenudos, la cual puede ser muy variable, porque además de depender de la variedad, hay otros factores que también influyen, como la edad de la planta, sequías, un ataque de insectos, entre otros (CIAT, 1999).

El tallo en la mandioca es particularmente importante, debido a que es el medio que se emplea para la multiplicación vegetativa o asexual de la especie (Ospina y Ceballos, 2002). Por lo cual, la presencia de las yemas axilares en cada nudo es un factor de importancia, ya que a partir de las mismas una estaca puede producir una nueva planta. En teoría, una estaca puede producir, a partir de la yema de cada nudo, el brote de un nuevo tallo primario. Sin embargo, el número de tallos producidos depende mucho de la forma en cómo se siembre la estaca, cuando es horizontal todos los nudos tienden a brotar, pero si se entierra en posición vertical, por lo general solo la yema apical se activa (Ospina y Ceballos, 2002).

Las hojas de la mandioca son alternas, simples y están compuestas por la lamina foliar y el pecíolo, la lámina foliar es palmeada y profundamente lobulada. El número de lóbulos oscila entre 3 y 9 y por lo general son impares. El color de las hojas puede variar con la edad de la planta, pero puede ser desde púrpura, verde oscuro, hasta verde claro (Ospina y Ceballos, 2002).

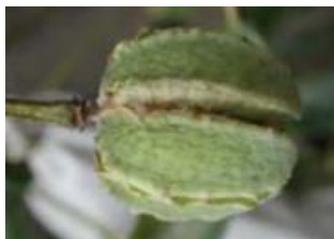
En cuanto al pecíolo se puede decir que son largos y delgados de 10-25 cm y sus colores son: rojo; rojo verdoso; verde rojizo; y verde (Montaldo, 1985).

La mandioca es monoica, produce flores masculinas y femeninas. Las flores femeninas se ubican en la parte baja de la planta y las masculinas localizadas en la parte superior de la inflorescencia. Las flores femeninas son ligeramente más grandes que las masculinas sobre todo en su eje longitudinal como se indica en la *figura 1*. Luego de la polinización, el ovario se desarrolla para formar el fruto, el cual dura aproximadamente cuatro meses hasta completar su maduración morfológica (Ceballos y de la Cruz, 2002).



**Figura 1:** Flor masculina (derecha) y femenina (izquierda) de la mandioca  
**Fuente:** Domínguez y Col., 1983

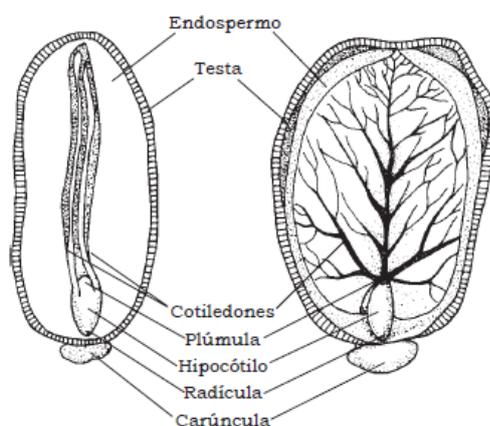
Un vez que la flor femenina ha sido polinizada comienza la formación del fruto a partir del ovario. El fruto es una cápsula esférica de 1 a 6 cm aristado, y con 3 lóbulos que contienen 3 semillas como se muestra en la *figura 2*. Cada fruto tiene su epicarpio, mesocarpio y endocarpio muy bien definidos. Cuando éste está bien maduro se abre fácilmente para dejar libre a las semillas (Ceballos y de la Cruz, 2002).



**Figura 2:** Fruto de la mandioca  
**Fuente:** Domínguez y Col., 1983

A través de las semillas la mandioca se reproduce sexualmente. Su viabilidad es baja y de lenta germinación ya que necesitan completar una maduración fisiológica además de la morfológica, a fin de estar aptas para la siembra.

La semilla tiene forma ovoide o elipsoidal con una longitud aproximada de 10 mm y una anchura y grosor de 6 mm. La superficie es de color crema moteado, o café oscuro. En un corte transversal de la semilla (*figura 3*) se puede notar claramente la testa, el endospermo, los cotiledones y el eje embrionario que darán origen a la nueva planta luego de que la semilla germine (Ceballos y de la Cruz, 2002).



**Figura 3:** Esquema del corte longitudinal de la semilla  
*Fuente:* Domínguez y Col., 1983

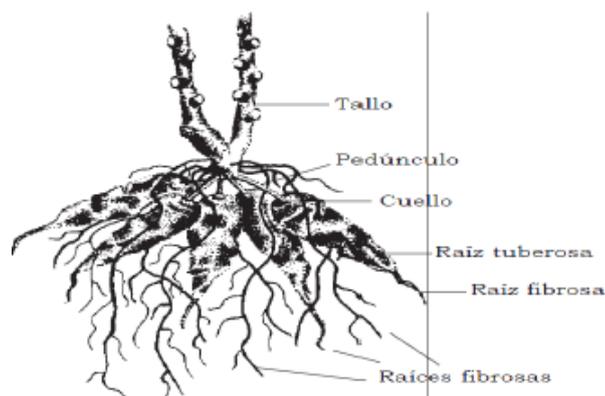
En plantas provenientes de semilla sexual se desarrolla una raíz primaria pivotante y varias de segundo orden. A continuación la raíz primaria evoluciona para convertirse en raíz tuberosa.

En plantas provenientes de estacas las raíces son adventicias y se forman en la base inferior cicatrizada de la estaca y también a partir de las yemas de la estaca que están bajo tierra, las cuales, al desarrollarse forman un sistema fibroso pero después algunas de ellas se convierten en tuberosas.

La planta absorbe agua y los nutrientes a partir de las raíces fibrosas, capacidad que pierden cuando se transforman en tuberosas.

Las raíces tuberosas provienen del engrosamiento secundario de las raíces fibrosas al cambiar la polaridad de crecimiento, de longitudinal a radial, que coincide con el inicio de la acumulación de los almidones; lo que indica que la penetración en la tierra las realizan primero las raíces delgadas.

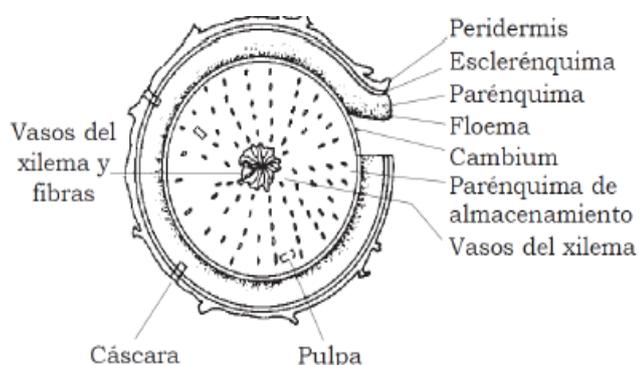
Externamente, las partes que se distinguen en las raíces tuberosas de una planta adulta de mandioca son: la porción tuberosa, propiamente dicha, que en su extremo distal puede mantener aún su carácter fibroso y en su extremo superior o proximal, el cuello o “pedúnculo”, mediante el cual las raíces tuberosas permanecen unidas al tallo. Desde el cuello hasta el inicio de la raíz tuberosa la raíz permanece fibrosa (*figura 4*).



**Figura 4:** Esquema de raíz de mandioca  
Fuente: Domínguez y Col., 1983

Las raíces pueden adquirir forma y tamaños muy variables siendo estas características dependientes de la variedad, las condiciones ambientales y de la posición de siembra de la estaca.

Los tejidos que componen una raíz tuberosa son, sucesivamente, de la parte externa hacia el interior, a- la cáscara, b- la pulpa y c- las fibras centrales.



**Figura 5:** Corte transversal de una raíz tuberosa de mandioca  
Fuente: Domínguez y Col., 1983.

En la *figura 5* se muestra un corte transversal de una raíz tuberosa de mandioca. La cáscara de la raíz está formada por el peridermio o peridermis y la corteza. El

peridermio está compuesto de células de corcho muertas que envuelven la superficie de la raíz. Los colores del peridermio son blancos o crema, café claro y oscuro, siendo éste último color más común. La superficie puede ser rugosa o lisa.

Debajo del peridermio se encuentra la corteza o capa cortical, que tiene 1 a 2 mm de espesor, y es de color variable (blanco, crema o rosado). En esta capa se encuentran comprimidos el esclerénquima, el parénquima cortical y los tejidos del floema que contienen glicósidos cianogénicos, responsables de la formación de ácido cianhídrico.

La pulpa es una masa sólida compuesta principalmente de tejido secundario del xilema derivado del cambium que rodea la pulpa, cuyas células contienen almidón en abundancia, en forma de gránulos redondos.

En el centro de la raíz hay filas de vasos duros de parénquima de xilema, los cuales forman las fibras centrales de la raíz, cuya dureza, longitud y anchura son características varietales influenciadas por las condiciones climáticas y el proceso de desarrollo que haya sufrido la planta.

La forma y tamaño de las raíces tuberosas son muy variados. En este aspecto tienen marcada influencia las condiciones en que la planta se desarrolle. En cuanto a la forma, se han considerado 3 formas básicas: cilíndrica, fusiforme y cónica.

### **Contenido de ácido cianhídrico (HCN)**

La mandioca contiene un glucósido llamado linamarina, el cual, en presencia de enzimas (linamaraza) y de ácidos, se hidroliza, originando ácido cianhídrico en dosis que pueden ser inocuas hasta mortales.

La reacción que se produce es la siguiente:



El ácido cianhídrico se halla en mayor concentración en la corteza de la raíz, también se encuentran pero en menores cantidades, en las hojas y en otros órganos de la planta.

Las condiciones ambientales pueden afectar el contenido de ácido cianhídrico, haciendo que un cultivar dulce proveniente de una determinada zona, se torne amargo en otra región.

Anteriormente se clasificaban las variedades de mandioca como dulces o amargas según el contenido de ácido cianhídrico en la raíz, actualmente no se hace más pues no hay estabilidad en cuanto al contenido de este ácido. En términos generales se puede decir

que las variedades que tengan en la raíz un contenido mayor de 50 ppm del ácido son consideradas como amargas, y no pueden ser usadas en forma fresca para la alimentación tanto humana como animal (Ceballos y de la Cruz, 2002).

### **Aporte nutricional y composición química**

Ospina y Col., 2002, señalan que sin duda alguna, el principal valor económico del cultivo de la mandioca depende de sus raíces. La raíz de la mandioca, por ser el órgano de almacenamiento de energía, tiene diversos usos en la alimentación humana, animal y en la extracción de almidones. En la *tabla 1* se presenta un resumen de las principales características químicas de las raíces de mandioca.

**Tabla 1:** Composición química de la raíz de mandioca

<b>Características</b>	<b>Raíz Mandioca</b>
Materia seca (%)	30-40
Almidón (% peso fresco)	27-36
Azúcares totales (% del P.F.)	0,5-2,5
Proteínas (% del P.F.)	0,5-2,0
Fibra (% del P.F.)	1,0
Lípidos (% del P.F.)	0,5
Vitamina A (ug /100 g de P.F.)	17
Vitamina C (mg /100 g de P.F.)	50
Ceniza (% del P.F.)	0,5-1,5
Energía (kJ /100 g )	607
Factores antinutricionales	Cianógenos
Tasa de extracción de almidón %	22-25
Tamaño del gránulo de almidón (micras)	5-50
Amilasa (% de P.S.)	15-29
Viscosidad Máxima (UB)	700-1100
Temperatura de gelatinización	49-73

**Fuente:** Citado por Scott y Col., 2000.

Una gran proporción del contenido de las raíces lo constituyen los carbohidratos disponibles, por la cual son ricas en calorías. Según Fuenmayor y Col. (2005),

comparando con otras fuentes de energía, como el maíz, las raíces de mandioca tienen relativamente un menor contenido de grasas, minerales, vitaminas y proteínas (2% a 3% contra 8% a 10% del maíz).

Por último es importante destacar que la mandioca no constituye una fuente de gluten, por lo que puede consumirse sin problemas por personas que tienen celiaquía o intolerancia al gluten.

## **II.2. USOS DE LA MANDIOCA**

### **Uso de la raíz de mandioca fresca**

La mandioca tiene diversas formas de consumirse. Una de las maneras más comunes es eliminar la piel y la corteza de los tubérculos y cortada en rodajas se colocan en agua hirviendo por unos 40 minutos. El agua se decanta después de la cocción y los tubérculos se consumen cocidos.

Una vez cosechada la raíz, el deterioro de la misma comienza rápidamente, disminuyendo su calidad, y volviéndose inaceptables para el consumo humano y para otros usos.

Constituye uno de los problemas principales por el cual no se pueden comercializar las raíces en zonas distantes al origen de producción, a no más de 48 horas de extraídas del suelo (Cenóz y Col., 2001). Este deterioro conocido como Deterioro Fisiológico Poscosecha (DFP) provoca pérdidas económicas que van desde leves hasta moderadas. Este deterioro está asociado a factores como la variedad del material, los daños mecánicos que sufren durante la cosecha y las condiciones ambientales como la temperatura y la humedad relativa (Sotelo y Acevedo, 2009).

Es por eso que al ver la necesidad de aprovechar las materias primas de origen agropecuario se necesita desarrollar y evaluar diferentes métodos de deshidratación que permitan a su vez brindar un producto útil para la industria. Entre las operaciones unitarias más utilizadas para la conservación de los alimentos, con gran trascendencia en la vida del hombre, se encuentra la deshidratación, o secado (Nijhuis y Col., 1996; Ibarz y Barbosa Cánovas, 2005; Marín y Col., 2006).

Por este motivo se ha industrializado a la mandioca en un gran porcentaje del total de la cosecha.

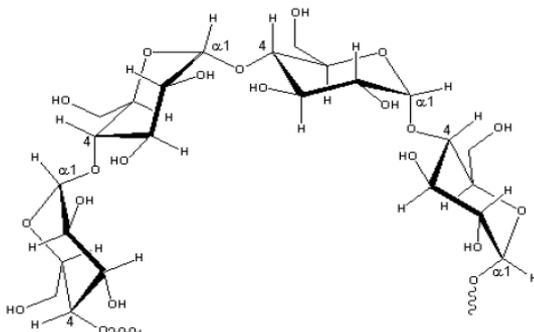
## Industrialización de la raíz de mandioca

### *Extracción del almidón*

Las raíces de mandioca contienen alrededor de 65 % de agua y 35 % de materia seca. El almidón constituye el 85 %, aproximadamente, de la materia seca.

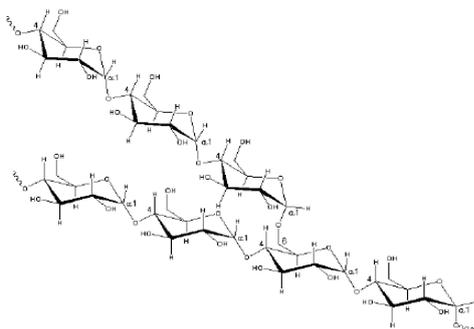
El **almidón** es un polisacárido que está compuesto fundamentalmente por dos polímeros de glucosa: amilosa y amilopectina. Los gránulos también contienen trazas de otros constituyentes como lípidos polares, nitrógeno y fósforo, en forma de fosfolípidos, que, en muchas ocasiones, juegan un rol importante en las propiedades funcionales del almidón (Belitz, 1997). La relación amilosa/amilopectina y su organización física dentro de la estructura granular, le confieren a los almidones propiedades fisicoquímicas y funcionales características (Bello Pérez, 1988).

La **amilosa** (*figura 6*) se compone principalmente de cadenas de restos de  $\alpha$ -D-glucopiranosilo unidas por enlaces  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 4). Aunque se admite que se trata de un polímero lineal, existe una pequeña proporción de ramificaciones por enlaces  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 6) (Thomas y Atwell, 1999). El tamaño molecular varía entre  $1 \times 10^5$  y  $1 \times 10^6$  Da y puede contener entre 500 y 6000 unidades de glucosa. La naturaleza lineal y de gran longitud le confieren a la amilosa algunas propiedades únicas, como por ejemplo su capacidad para formar complejos con yodo, alcoholes o ácidos orgánicos y su tendencia a asociarse consigo misma, precipitando de la solución. Cuando se enfría, la amilosa presenta una fuerte tendencia a la retrogradación, donde cristaliza formando geles de almidón, aumentando así la viscosidad de la solución.



**Figura 6:** Estructura química de la amilosa  
*Fuente:* Thomas y Atwell, 1999.

La **amilopectina** (*figura 7*) está formada por  $\alpha$ -D-glucosa, concatenada fundamentalmente por enlaces  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 4). Está mucho más ramificada que la amilosa, con un 4-5% de enlaces  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 6). Se encuentra en una proporción de 70 a 80% y en ciertos casos alcanza niveles de hasta 98-99%, dependiendo de la fuente botánica del almidón (Zobel, 1988). Su estructura y proporción en el almidón contribuyen notablemente a las propiedades funcionales del mismo (Bello-Pérez y Col., 2002). El peso molecular es del orden de  $10^8$  Da, con aproximadamente 600000 restos de glucosa y se encuentra ramificada al azar. Posee una alta viscosidad intrínseca debido a su estructura ramificada y su alto peso molecular. Por calentamiento en agua, proporciona soluciones claras y de alta viscosidad, que son además filamentosas y cohesivas. Sus soluciones no tienen casi tendencia a la retrogradación, tampoco presentan envejecimiento ni formación de gel, aunque la concentración de las mismas sea muy elevada.



**Figura 7:** Estructura química de la amilopectina  
*Fuente:* Thomas y Atwell, 1999.

Los gránulos de almidón son anisotrópicos debido a la presencia de regiones cristalinas en una masa predominantemente amorfa, dando como resultado el fenómeno de doble refringencia o birrefringencia y que a la luz polarizada se evidencie como una cruz de malta como se muestra en la *figura 8* (Katz y Col., 1993). La región cristalina está formada por cadenas de racimos de la amilopectina mientras que la región amorfa por puntos ramificados de la amilopectina y por la amilosa (Zobel, 1988). La región cristalina ha sido la más estudiada, además la estructura de los gránulos de almidón y el arreglo de sus componentes permiten explicar las propiedades fisicoquímicas y funcionales, como así también la digestibilidad de los diferentes almidones.



**Figura 8:** Gránulos de almidón mostrando cruces de malta

*Fuente: Hosney, 1991.*

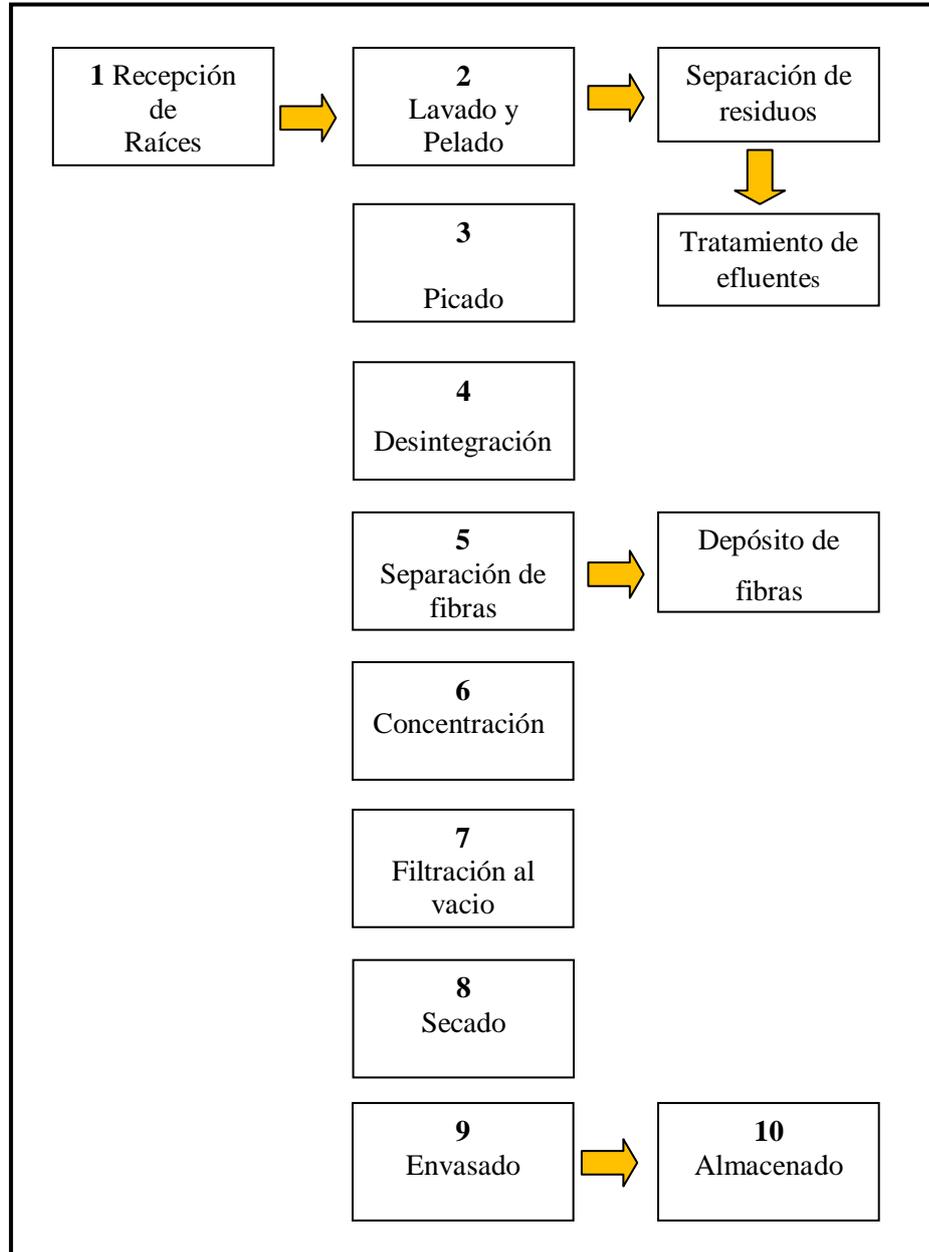
En la *tabla 2* se muestra los diferentes usos del almidón de mandioca en diferentes industrias.

**Tabla 2:** Usos industriales del “almidón” de mandioca o de sus derivados

<b>Industria</b>	<b>Usos</b>
Alimenticia	Caldos y sopas preparadas Galletitas y bizcochos Chocolates Helados Cervecería Chacinados Salsas Crema Chantillí deshidratada
Farmacéutica	Tabletas Excipientes Componentes específicos
Papelera	Papeles en general Papeles para cheques Cartulinas
Adhesivos	Cartón corrugado Papeles encapados Bolsas de papel Adhesivos para escolares y oficinas Adhesivos industriales Apresto de uso familiar
Química	Compuestos para curtiembres Dextrosa Líquida Dextrosa deshidratada Dextrinas
Textil	Encolados Aprestos Fijación de Tinturas

*Fuente: INTA, 2008.*

En la *figura 9* se presenta un diagrama de flujo para la obtención del almidón de mandioca.



**Figura 9:** Diagrama de flujo para la obtención de almidón de mandioca.

### ***Obtención de harina de mandioca***

La raíz de mandioca proveniente de las chacras se pesa en la tolva de recepción. Las tolvas por lo general tienen en su parte inferior un sistema de transporte mediante tornillo sinfín que permite transportar y elevar las raíces hacia el primer lavador pelador.

El primer lavado y pelado de las raíces se realiza en un cilindro perforado. Chorros de agua dispuestos a lo largo del cilindro producen el lavado de las raíces y el pelado de la piel suberosa externa se alcanza por la fricción entre las raíces, que se produce al girar el tambor. El agua se recoge en la parte inferior, este recipiente consiste en una tolva construida de hormigón y se bombea para su posterior tratamiento y disposición. Las raíces después de concluido el proceso, se descargan en una tolva desde donde se alimenta la etapa siguiente. De la tolva del primer lavador pelador las raíces, mediante una cinta transportadora son llevadas a una mesa de inspección y corte, donde operarios inspeccionan la calidad de las raíces y cortan, luego se trasladan al pelador. Este equipo consiste en un espacio semicilíndrico constituido por un conjunto de ejes sobre los que se montan alternativamente cepillos cilíndricos de acero inoxidable, mediante toberas se introduce agua a presión con el objeto de arrastrar los restos de cáscara.

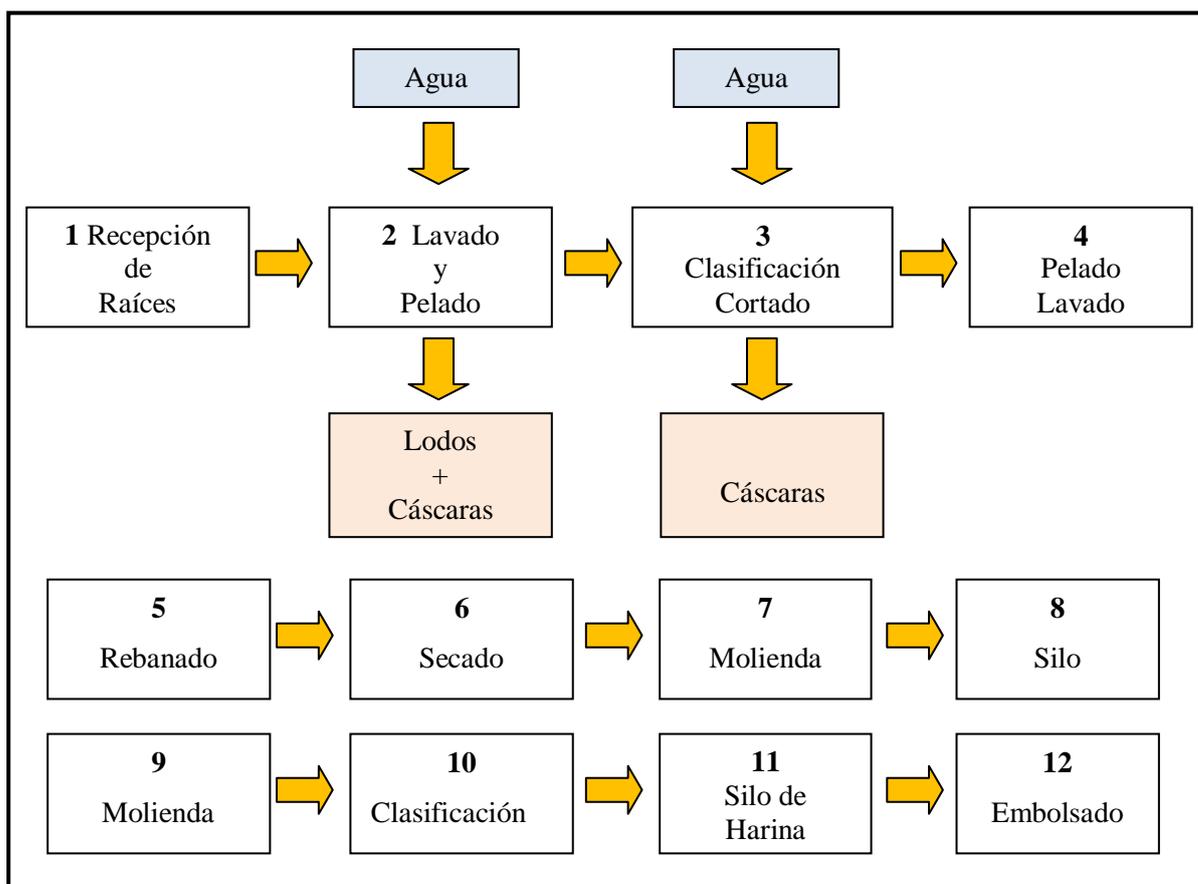
Las raíces se rebanan en un equipo con cuchillas que giran montadas en un volante, la raíz se alimenta al sistema y las cuchillas van rebanando la raíz a medida que avanza.

La operación de secado se realiza con el objeto de preservar el alimento y darle una mayor vida útil. Desde del equipo de rebanado se alimenta el secadero. Este puede ser un secadero de tambor rotatorio, de cinta continua o un secadero discontinuo.

Los chips de raíces de mandioca deben salir del equipo con una humedad del 11 %. A la salida del secadero los chips secos de mandioca son groseramente triturados mediante un molino de martillo y transportados mediante un tornillo sin fin hasta un silo.

Los chips deshidratados deben ser molidos. La molienda se realiza en molinos de martillos. El material que sale del molino es transportado neumáticamente hasta un sistema de tamices en el cual es clasificado de acuerdo con la granulometría. Luego se envasa.

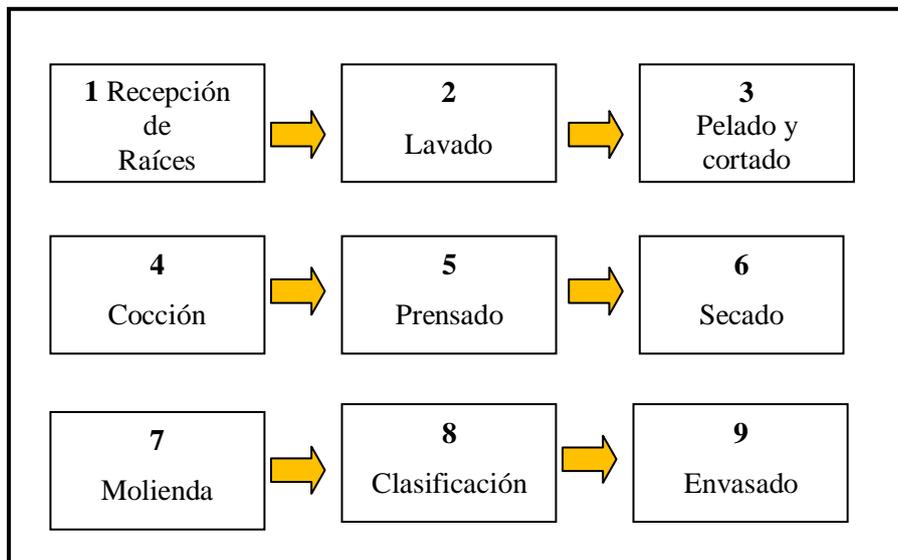
En la *figura 10* se muestra un diagrama de flujo de la obtención de la harina de mandioca.



**Figura 10:** Diagrama de flujo de la obtención de la harina de mandioca.

### ***Obtención del puré deshidratado de mandioca***

Las raíces, de un año de cultivadas, son recibidas y pesadas, volcándose en una tolva de almacenamiento intermedio. Desde la tolva son transportadas a un sistema de lavado donde moviendo las raíces mediante palas dentro de un canal en U, se aporta agua para eliminar la tierra que traen desde las chacras. Una vez lavadas se pelan en una peladora cilíndrica de paredes recubiertas con material abrasivo, eliminándose los restos de cáscaras con una corriente de agua. Se transporta mediante una cinta hasta un cocedor continuo calefaccionado con vapor y después de un tiempo de cocción se prepara el puré mediante una prensa diseñada al efecto. El puré se coloca en bandejas y se secan en un secadero continuo con aire caliente. Ya seco se muele y tamiza para homogeneizar el tamaño a la granulometría adecuada y se envasa en envases de 200 g o en bolsas de 25 kg, según su destino. En la *figura 11* se muestra el proceso para la obtención del puré de mandioca.



**Figura 11:** Diagrama de flujo de la obtención del puré deshidratado de mandioca.

### **II.3. PROPIEDADES FÍSICAS Y FISICOQUÍMICAS**

Las propiedades físicas, fisicoquímicas y funcionales de los alimentos tienen gran importancia para la industria alimentaria y es necesario determinarlas para evaluar la influencia sobre los parámetros de calidad de los procesos a los que han sido sometidos. El conocimiento de las propiedades físicas y de transporte es fundamental para el cálculo de los diferentes equipos implicados en su procesamiento

#### **Absorción de agua**

Las propiedades de rehidratación de los alimentos, están relacionados con la interacción de los componentes del alimento con el agua. Varios términos y métodos han sido propuestos para describir y evaluar la absorción de agua por los ingredientes del alimento (Elizalde y Col., 1996).

La absorción de agua es la aptitud de un material a embeber agua en su estructura en forma espontánea cuando se los pone en contacto con agua a través de una superficie que se mantiene húmeda o por inmersión. La retención de agua es la capacidad de un material a retener agua cuando este es sometido a una fuerza centrífuga o de gravedad. (Pilosof y Bartholomai, 2000).

El proceso de absorción puede ser expresado mediante índices y modelos cinéticos. El índice de absorción de agua y el poder de hinchamiento son usados como indicadores de la retención del agua, mientras que el índice de solubilidad indica el nivel de degradación de los polímeros contenidos en éste (Ruales y Col., 1993). La amplia variedad de alimentos deshidratados, y la preocupación por cumplir con las especificaciones de calidad y la conservación de energía, hacen hincapié en la necesidad de un conocimiento profundo del proceso de rehidratación (Lee, Farid, y Nguang, 2006).

Se ha demostrado (Steffe y Singh, 1980) que el cambio de volumen (hinchamiento) de los materiales biológicos son a menudo proporcional a la cantidad de agua absorbida.

### **Índice de absorción de agua (IAA)**

El índice de absorción de agua es un parámetro físico que indica la capacidad de retener agua. Es la cantidad de agua que un material puede retener cuando se lo somete a una fuerza centrífuga, depende de distintos factores, como la temperatura, la velocidad y el tiempo de centrifugación.

La absorción de agua ha sido generalmente atribuido a la dispersión del almidón en exceso de agua, y la dispersión es incrementada por el grado de daño en el almidón debido a la gelatinización y extrusión inducida por la fragmentación, es decir, la reducción de peso de las moléculas de amilosa y amilopectina (Baker y Rayas-Duarte, 1998).

Los almidones o alimentos ricos en almidones presentan, por lo general, capacidad de retención de agua elevadas.

### **Cinética de la absorción de agua**

La velocidad con que el agua es absorbida por un alimento deshidratado es un parámetro tecnológico importante y su conocimiento es fundamental para establecer las condiciones de reconstitución del mismo. Es de interés también conocer cómo la cinética es afectada por las variables de proceso y como poder predecir el tiempo de reconstitución (Sanjuan y Col., 1999).

Okos y Col., 1992, reconocen que el grado de rehidratación final del alimento depende de la preparación de muestras, de las condiciones de procesamiento, la composición y el grado de la alteración estructural y química inducida por secado. También la duración del secado y la severidad del proceso, se correlacionan con la velocidad y el grado de rehidratación, la disminución de tiempo de secado da como resultado un mayor grado de rehidratación y una mayor velocidad.

En el estudio de la cinética de la absorción de agua de los productos alimenticios que han sido deshidratados, los resultados dan curvas que muestran un aumento en el volumen de absorción agua con el tiempo. La absorción de agua inicial es rápida, seguida en las últimas etapas, por una velocidad más lenta (Kader, 1995; Maskan, 2001).

Los modelos utilizados para describir la cinética de absorción de agua pueden ser clasificados en dos categorías: teóricos y empíricos (García-Pascual y Col., 2006). En los estudios de transferencia de masa durante la rehidratación de alimentos se aplican en general la primera y segunda ley de Fick (Saguy y Col., 2005).

En un intento de simplificar el modelado del proceso de absorción de agua se han propuesto los modelos empíricos: Pilosof y Col., (1985), Singh y Kulshrestha (1987), Peleg (1988) y el modelo exponencial, como herramientas de análisis precisas para la predicción y la optimización de la cinética de rehidratación.

Pilosof y Col., (1985), utilizaron una modificación del aparato de Baumann para estudiar la cinética de hidratación de varios alimentos en polvo seco (proteínas animales, vegetales y almidón). Expresaron, además, que el tiempo para alcanzar el equilibrio era diferente para todos los materiales y depende en gran medida del método.

### **Pardeamiento no enzimático**

El color de la superficie de los productos terminados y listos para servir es una característica importante y junto con la textura y el aroma, influyen en las características organolépticas de la alimento y este contribuye a la preferencia del consumidor.

La reacción de Maillard es una de las más importantes modificaciones en los alimentos que contienen proteínas e hidratos de carbono. Es inducida por calentamiento y

almacenamiento y puede producir una pérdida de valor nutritivo (O'Brien y Morrissey, 1989).

La medición de color proporciona índice útil para evaluar la intensidad de las reacciones de pardeamiento (Fernandez-Artigas y col. 1999).

La formación de pigmentos oscuros en los alimentos durante el procesamiento y almacenado es un fenómeno muy común. Este tema es de interés primordial, ya que no solo involucra el color y el aspecto del alimento si no que también su sabor y su valor nutritivo. En ciertos casos la producción de color oscuro y los cambios del sabor que le acompañan son deseables; sin embargo como regla general, para productos alimenticios es una señal de su deterioro. El pardeamiento más que cualquier otra alteración, es un motivo de la muerte comercial de muchos alimentos, y el factor limitante más importante de su vida útil en la estantería.

Generalmente, el pardeamiento no enzimático es el resultado de reacciones originadas por las condensaciones entre compuestos carbonilos de los carbohidratos y aminados de las proteínas; o por la degradación de compuestos con dobles enlaces conjugados a grupos carbonilo (Badui, 1981).

Estas reacciones conducen a la formación de polímeros oscuros que en algunos casos pueden ser deseables (aromas cárnicos sintéticos), pero que en la mayoría de casos conllevan alteraciones organolépticas y pérdidas del valor nutritivo de los alimentos afectados.

Existen cuatro rutas principales para el pardeamiento no enzimático, si bien, la química de estas reacciones está relacionada con la reacción de Maillard:

- Reacción de Maillard
- Oxidación del ácido ascórbico
- Peroxidación de lípidos
- Caramelización a alta temperatura

La **reacción de Maillard** es el resultado de productos reductores, primariamente azúcares, que reaccionan con proteínas o con grupos amino libres. Esta reacción cambia tanto las propiedades químicas como fisiológicas de las proteínas. En general la acumulación de pigmentos de color marrón indica que la reacción se ha producido en alimentos que contienen hidratos de carbono y proteínas. En la industria láctea se

emplea como indicador de un procesado térmico excesivo. La reacción de Maillard avanzada puede seguir cinco rutas, dependiendo de las condiciones ambientales, del pH y la temperatura.

La **caramelización** es la reacción de pardeamiento de los azúcares que son calentados por encima de su punto de fusión en ausencia de proteínas o aminoácidos. Esta se ve favorecida por condiciones alcalinas o ácidas y se usa para la coloración comercial de caramelos y para obtener sabores. La caramelización puede ser conveniente o perjudicial para la calidad de un producto alimentario, y se puede prevenir evitando el proceso a alta temperatura y almacenando a bajas temperaturas.

Tanto el contenido de agua como la actividad de agua ( $a_w$ ) están relacionados con las reacciones de oscurecimiento no enzimático. Por lo general, se observa que la relación de oscurecimiento decrece al aumentar el contenido de agua, aunque hay sistemas en los que la movilidad de los reactivos disminuye a bajos contenidos de agua. Se cree que el efecto inhibitor del alto contenido de agua puede deberse a que el agua es un producto con numerosas etapas de condensación durante las reacciones de oscurecimiento. El punto máximo de las reacciones de oscurecimiento tiene lugar en la mayoría de alimentos a valores de  $a_w=0,5-0,75$ .

Los derivados del azufre, conocidos como sulfitos, se llevan empleando hace años como aditivos conservantes. Son eficaces para prevenir la oxidación de aceites y grasas, y para mantener el color original de los alimentos evitando la decoloración o el oscurecimiento, provocado por reacciones enzimáticas. Estos conservantes también son útiles para prevenir el crecimiento de ciertas bacterias, mohos y levaduras, sobre todo en un ambiente ácido.

Los sulfitos y derivados de azufre son compuestos que tiene una gama muy amplia de funciones y por lo tanto son muy comunes en el procesamiento de los alimentos dado que:

- Inhiben las reacciones de oscurecimiento de Maillard ya que bloquean los grupos carbonilo libres de los azúcares y evitan que éstos interactúen con otros aminoácidos; además, ejercen una acción decolorante sobre los pigmentos melanoidinas, productos finales de estas transformaciones.

- Evitan las reacciones de oscurecimiento enzimático pues su poder reductor inhibe la síntesis de quinonas además de que pueden tener una acción inhibidora sobre la propia enzima.
- Ejercen una acción antimicrobiana definida sobre diversos hongos, levaduras y bacterias.

Krishnan y Col. (2010), evaluaron el pardeamiento utilizando meta bisulfito de sodio en distintas concentraciones y con distintos tiempos de remojo en harinas de batatas, en harinas de dos variedades de ñame.

Jyothi G. Krishnan y Col. (2010), estudiaron el efecto de tratamientos de remojo en el perfil nutricional y de índice de pardeamiento en harinas a partir de batata y dos variedades de harinas a partir de ñame (Sree Karthika y la variedad blanco, Sree Priya). Ellos aplicaron diferentes tratamientos a las rodajas de ñame y batata, antes de realizar las harinas. Estos tratamientos variaron en concentración entre 0,25 %, 0,50 % y 1,0 % de ácido cítrico, ácido ascórbico y ácido acético como así también meta bisulfito de sodio durante 1 y 2 h de remojo. Las rodajas se sumergieron también en agua durante el mismo período a obtener datos para el control de agua.

### **Color**

El color es una característica de gran importancia en nuestra valoración física y de la calidad de los alimentos. Desde el momento en que la conservación y elaboración de los alimentos comenzó a desplazarse desde los hogares a las fábricas, existió el deseo de mantener el color de los alimentos procesados y conservados lo más parecido al de la materia prima de origen.

En el caso de las frutas y vegetales el color depende de la presencia de cuatro tipos fundamentales de pigmentos, carotenoides, antocianinas, clorofilas y compuestos fenólicos, los cuales pueden cambiar durante el procesado y almacenamiento.

El color es un atributo de los alimentos que no me da valores cuantitativos de propiedades físicas de los alimentos, no da valores nutricionales, ni funcionalidad o ni sabor pero me determina la aceptabilidad de un alimento frente a los cambios de color.

El color de un objeto estará determinado por las diferentes longitudes de onda absorbidas dentro de la región visible. Un objeto puede absorber, reflejar o transmitir la luz incidentes sobre él. El color se puede medir físicamente y son representadas por las fracciones de luz incidente (reflejada o absorbida) como una función de la longitud de onda total del espectro visible. Debido a que la percepción del color de un objeto es subjetiva y depende de la persona, edad, estado de salud, género, características hereditarias, estado de humor, entre otras cosas, se desarrollaron diferentes métodos instrumentales para la medición del color. Tenemos, el método espectrofotométrico y los colorímetros.

Se han desarrollado sistemas de colores que normalmente son de tres dimensiones que se utilizan para describirlos, tales como el sistema Munsell, el sistema de color CIE (International Commission on Illumination) y método CIELAB (método utilizado en esta tesis). El espacio CIELAB, fue establecido por la Comisión Internacional de L'Eclairage (CIE, 1978), se definen las magnitudes colorimétricas que se derivan matemáticamente de los valores triestímulo y pueden considerarse una respuesta de los observadores patrones a un estímulo luminoso. Tratando de imitar a los observadores reales, estas respuestas se hacen depender del tipo de estímulo y del blanco de referencia.

Tres coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  son magnitudes adimensionales, que definen al espacio de color CIELAB  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  y se calculan a partir de los valores triestímulo de acuerdo a las siguientes ecuaciones (Marcus, 2009).

$$L^* = 116f(Y/Y_n) - 16$$

$$a^* = 500[f(X/X_n) - f(Y/Y_n)]$$

$$b^* = 200[f(Y/Y_n) - f(Z/Z_n)]$$

El subíndice n se refiere a valores triestímulo del difusor perfecto para el iluminante dado y el observador estándar. Donde se muestran los valores de  $f(X/X_n)$  en las siguientes ecuaciones.

$$f(X/X_n) = (X/X_n)^{1/3} \text{ para } (X/X_n) > 0,008856$$

$$f(X/X_n) = 7,787(X/X_n) + 16/116 \text{ para } (X/X_n) \leq 0,008856$$

Estas mismas ecuaciones se utilizan para Y e Z. La coordenada  $L^*$  recibe el nombre de Claridad o luminosidad y puede tomar valores entre 0 y 100. Las coordenadas colorimétricas  $a^*$  y  $b^*$  forman un plano perpendicular a la claridad. La coordenada  $a^*$  define la desviación del punto acromático correspondiente a la claridad, hacia el rojo si  $a^* > 0$ , hacia el verde si  $a^* < 0$ . La coordenada  $b^*$  define la desviación hacia el amarillo si  $b^* > 0$ , hacia el azul si  $b^* < 0$ .

Existe una versión cilíndrica del sistema CIELAB y se llama espacio de color CIE  $L^*$ ,  $C^*$  y  $H^*$ .  $L^*$  es la coordenada de claridad o luminosidad,  $C^*$  es la coordenada croma,  $H^*$  es el ángulo de tono y se expresa en grados, desde  $0^\circ$  cuando esta sobre el eje  $+a^*$ , luego  $90^\circ$  para el eje  $+b^*$ ,  $180^\circ$  para  $-a^*$ ,  $270^\circ$  para  $-b^*$ , y retornando a  $360^\circ$ .

El croma ( $C^*$ ) y el tono ( $H^*$ ) están definidos por las *ecuaciones*:

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

$$H^* = \arctg\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$

El Croma,  $C^*$ , tiene el valor 0 para estímulos acromáticos y, por lo general, no pasa de 150 aunque puede superar ese valor para estímulos monocromáticos. El tono angular,  $H^*$ , varía entre  $0^\circ$  y  $360^\circ$  y para estímulos acromáticos ( $a^* = 0$ ,  $b^* = 0$ ) es una magnitud no definida.

Las diferencias total de color ( $\Delta E^*$ ) en CIELAB se define como la diferencia de color (métrica) existente entre dos sólidos opacos, no fluorescentes y uniformemente coloreados. También se define como la distancia entre las localizaciones de color en el espacio CIE.

Esta diferencia se expresa matemáticamente según la ecuación:

$$\Delta E^* = \left[ (L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b - b_0^*)^2 \right]^{1/2}$$

Donde  $\Delta L^*$  es la diferencia de luminosidad entre la muestra y el estándar;  $\Delta a^*$  es la diferencia rojo/verde entre muestra y estándar y  $\Delta b^*$  es la diferencia amarillo /azul entre la muestra y el estándar.

Leonel y Col. (2009), reportaron en almidón de mandioca extruido que valores  $L^*$  disminuyeron entre 72,08 y 82,98, después de la extrusión en comparación con el valor de 92,21 inicial en la luminosidad.

Los resultados del análisis del color de mezclas de harina de mandioca y caseína para los diferentes niveles de proteína antes del proceso de extrusión mostraron pequeñas diferencias de componentes de color manteniendo altos valores de  $L^*$ . Luego de la extrusión, el color de los productos mantienen las mismas características que ocurren en un oscurecimiento en un proceso de extrusión común.

Modelar los cambios de color producidos por distintas variaciones en parámetros de estudio es importante para encontrar modelos simples que puedan predecir estos cambios

Para cuantificar el efecto de la temperatura sobre los parámetros de estudios se utiliza la ecuación de Arrhenius, y se determina las energías de activación. Por lo tanto, la ecuación de Arrhenius se aplica generalmente para evaluar la dependencia de la constante de velocidad de reacción a la temperatura.

La energía de activación de la variación de los valores de  $L$  para avellanas asadas se encontró que era 62,3 kJ/mol (Murat Ozdemir y Onur Devres, 2000). Los autores encontraron que esta energía de activación fue inferior a la reportada por otros autores para alimentos con pardeamiento no enzimático (105 a 209 kJ/mol) y concluyeron que podrían atribuir al incremento de la movilidad de agua y a las velocidades de reacción a las altas temperaturas empleadas en este estudio.

La retención del color total en un alimento puede ser utilizado como un indicador de la calidad para evaluar el grado de deterioro debido al procesamiento térmico (Shin y Bhowmik, 1995).

## CAPÍTULO III

### III.1. PROPUESTA METODOLÓGICA

Raíces de mandioca de dos variedades, Concepción y Pomberí, fueron lavadas y cocidas en distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento, 0,2; 0,3 y 0,4 g de bisulfito de sodio por cada litro de agua de cocción, por un tiempo de 30 min.

Las raíces cocidas se procesaron para obtener el puré de mandioca. Se colocaron en bandejas y se secaron a dos temperaturas, 80 y 120 °C

Una vez secas, se molieron y se tamizaron a través de mallas de 50, 100 y 150 mesh, obteniéndose partículas de tamaños entre 0,297 y 0,149; 0,149 y 0,105 y menores a 0,105 mm, respectivamente.

En una primera etapa se evaluó los Índices de absorción de agua (IAA) de los purés deshidratados de mandioca de las dos variedades de raíz, Concepción y Pomberí.

Este IAA se determinó a diferentes temperaturas, 30 °C, 40 °C o 50 °C.

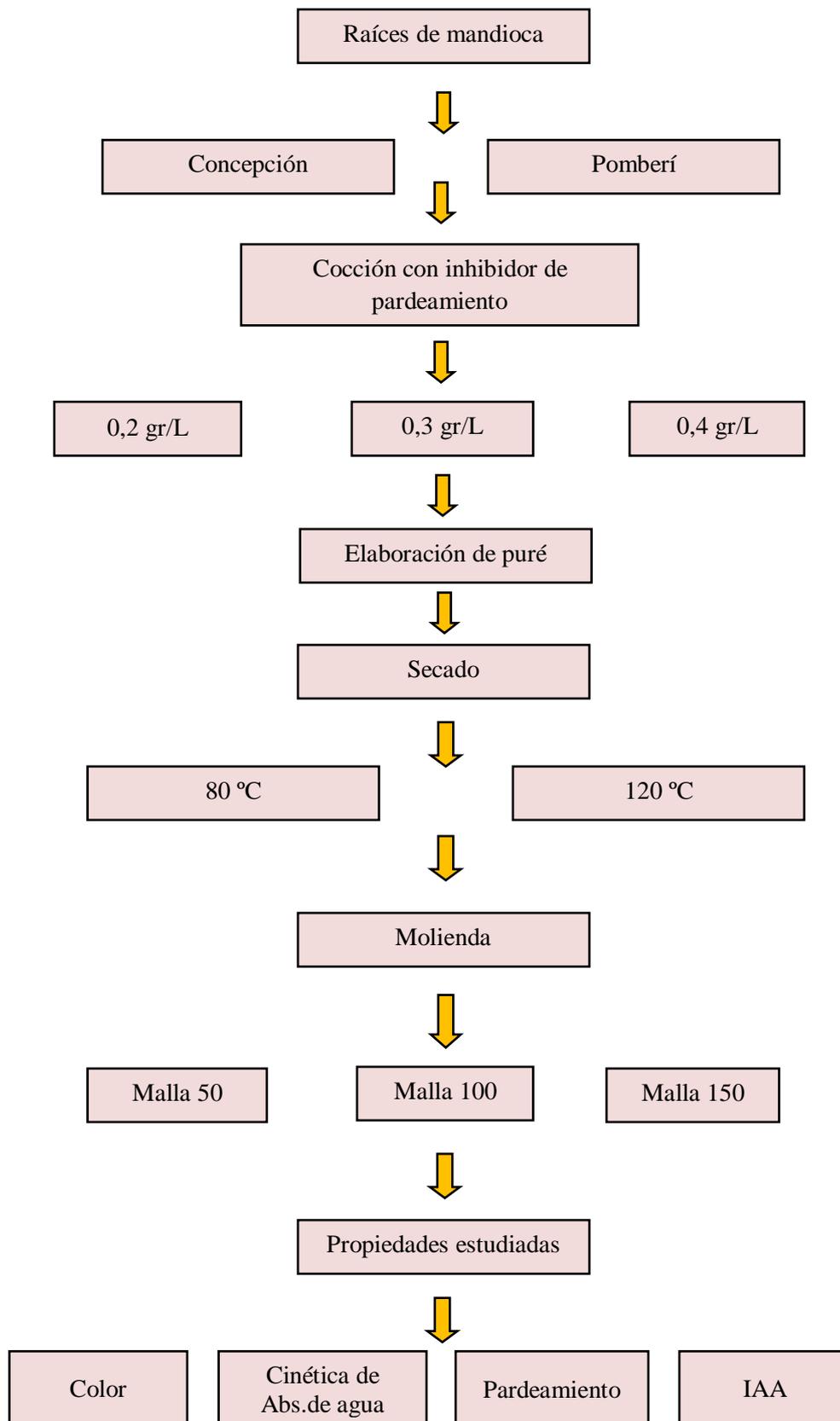
Se estudió la cinética de absorción de agua de las muestras con los distintos tamaños de partículas.

Los resultados experimentales se modelaron a través de ecuaciones matemáticas, correspondientes a los modelos de Pilosof y Col. (1985) y del modelo exponencial. La bondad de ajuste de los modelos se evaluó con los parámetros  $R^2$  (coeficiente de determinación), RMSE (raíz cuadrada del error medio cuadrático), MBE (error de desvío medio) y E % (error porcentual promedio).

Se determinaron los índices de pardeamiento y el color para las muestras. Los índices de pardeamiento se obtuvieron espectrofotométricamente.

La determinación de color se realizó a las muestras rehidratadas a distintas concentraciones, 200; 167; 143; 125; 111; 100; 91 y 83 g/L. Las concentraciones se expresan en g puré/L de agua. El puré se cocinó por un tiempo de 2 min y las mediciones de color se realizaron a diferentes temperaturas de ensayo (80, 40, y 27 °C).

En la *figura 12* se presenta el diagrama de flujo correspondiente.



**Figura 12:** Diagrama de flujo de la metodología de trabajo

## III.2. MATERIALES Y MÉTODOS

### **Materia prima**

Los purés de las dos variedades de mandioca, Concepción y Pomberí, utilizados para las experiencias, fueron realizados en planta piloto de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales de la Universidad Nacional de Misiones (Argentina).

Las raíces de ambas variedades fueron lavadas para la eliminación de la tierra adherida, luego fueron peladas, lavadas nuevamente y cortadas a mano con cuchilla. Se tomaron 300 g de trozos de raíz, fueron sumergidas en 3 L de agua y se le agregó diferentes cantidades de un inhibidor de pardeamiento: 0,2; 0,3 y 0,4 g de bisulfito de sodio por cada litro de agua de cocción. Para el blanco se realizó el mismo procedimiento pero no se le agregó el inhibidor de pardeamiento. Se dejó cocinar por el término de 30 min, luego se retiró y se realizó el puré con tenedor. Los diferentes purés se secaron a dos temperaturas diferentes: 80 °C y 120 °C.

### **Índice de absorción de agua**

Para las determinaciones del Índice de absorción de agua (ÍAA) se colocaron 2 g de muestras realizadas en la planta piloto de la Facultad de Ciencias Exactas, sin tamizar en un tubo de centrífuga y se adicionó 20 mL de agua. La mezcla se agitó vigorosamente y se colocó durante 30 min en un baño termostatzado a 30 °C, 40 °C o 50 °C, luego se repitió la agitación periódicamente cada 10 min. Posteriormente, se centrifugó en un equipo marca Rolco, modelo CM-3070 (Rolco, S.R.L., Argentina), durante 15 min a 3000 rpm. Se decantó el agua y se pesó el tubo con el gel en su interior. Los ensayos se realizaron por triplicado para cada variedad de puré y temperatura.

El ÍAA se calculó mediante la ecuación 1 y se expresó como g gel/g puré seco. Los valores se expresan como promedio de las tres repeticiones  $\pm$  error estándar.

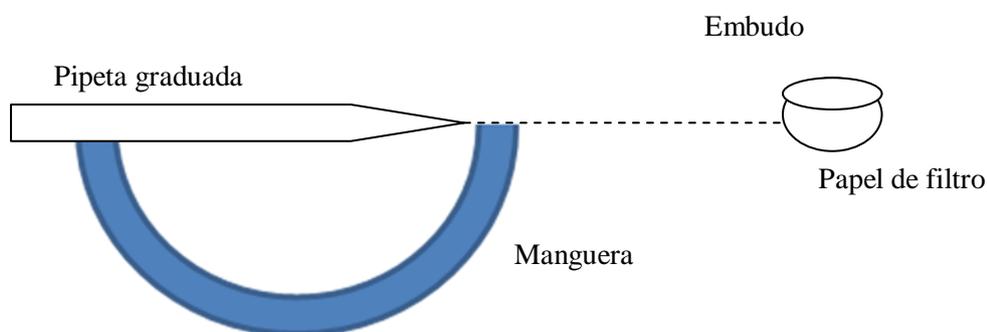
$$\text{ÍAA} = [(\text{peso del tubo} + \text{peso del gel}) - \text{peso del tubo}] / \text{peso del puré seco} \quad (\text{Ec. 1})$$

Se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) para determinar diferencias

significativas a las diferentes temperaturas estudiadas y la prueba de comparación múltiple de Tukey. La Prueba de Bonferroni fue ensayada para determinar las diferencias entre variedades. El software estadístico utilizado fue GraphPad Prism 4.0 (GraphPad Software, Inc., USA).

### **Cinética de la absorción de agua**

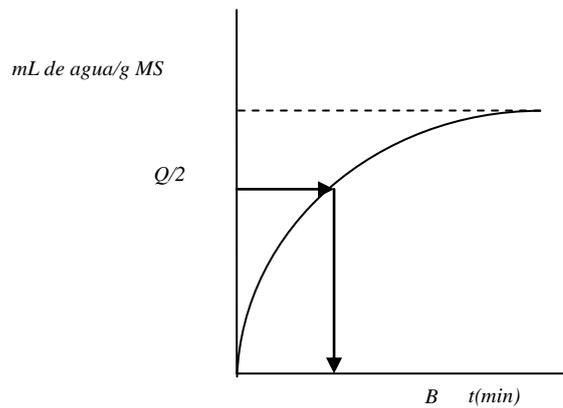
Las muestras de puré realizadas en la planta piloto de la Facultad de Ciencias se molieron en un mortero y se clasificaron con tamices marca Zonytest (Rey & Ronzoni, S.R.L., Buenos Aires, Argentina) de 50, 100 y 150 mesh, obteniéndose partículas de tamaños entre 0,297 y 0,149; 0,149 y 0,105 y menores a 0,105 mm. La cinética de absorción de agua se determinó a temperatura ambiente con el equipo propuesto por Torgersen y Toledo (1977), que es una modificación del diseñado por Baumann (1966). Consiste de un embudo Büchner de 4 cm de diámetro en el cual se coloca un papel de filtro (Whatman). El embudo está conectado mediante una manguera flexible a una pipeta graduada de 2 mL sostenida en posición horizontal y al mismo nivel que el papel de filtro (*Figura 13*). Se midió la hidratación de una cantidad exactamente pesada (0,1 g) de muestra de puré deshidratado y se registró el volumen de agua que tomó la muestra a diferentes intervalos de tiempo, durante 2 h. El ensayo se llevó a cabo por triplicado, para cada muestra de puré y los tres tamaños de partícula. La absorción de agua se expresó como g agua/g puré seco. Los valores se expresan como promedio de las tres repeticiones  $\pm$  error estándar.



**Figura 13:** Equipo para la determinación de la absorción de agua

**Modelo cinético de Pilosof y Col., 1985**

Si medimos la cantidad de agua absorbida ( $q$ ) a cada tiempo y lo expresamos como mL agua/g masa seca ( $MS$ ) y luego graficamos en función de tiempo, obtenemos la *figura 14*. Cuando se alcanza a la capacidad máxima de absorción de agua de la muestra ( $Q$ ), se observa una meseta en la curva.



**Figura 14:** Curva de absorción de agua.

Pilosof y Col., 1985, propusieron un modelo cinético para la absorción de agua, expresado matemáticamente por la *ecuación 2*.

$$q = \frac{Q.t}{B + t} \quad (\text{Ec. 2})$$

donde  $q$  es la cantidad de agua absorbida en el tiempo  $t$ ,  $Q$  es la capacidad de absorción de agua,  $B$  es el tiempo en que se absorbió la mitad de la capacidad total de absorción ( $Q/2$ ). Por diferenciación de la ecuación de Pilosof respecto del tiempo se obtiene la velocidad de absorción de agua (*ecuación 3*).

$$\frac{dq}{dt} = \frac{1}{B.Q} (Q - q)^2 \quad (\text{Ec. 3})$$

Esta ecuación expresa una cinética de segundo orden donde la constante de velocidad ( $K$ ), viene expresada por la *ecuación 4*.

$$K = \frac{1}{BQ} \quad (\text{Ec.4})$$

y la velocidad inicial de absorción (g agua/g puré·min) viene dada por la ecuación 5, que se obtiene haciendo  $t = 0$ .

$$R_0 = \frac{Q}{B} \quad (\text{Ec.5})$$

El modelado de los datos se realizó mediante el software estadístico GraphPad Prism 4.0 (GraphPad Software, Inc., USA).

La bondad de ajuste de los modelos se evaluó con los parámetros  $R^2$  (coeficiente de determinación), RMSE (raíz cuadrada del error medio cuadrático), MBE (error de desvío medio) y E % (error porcentual promedio) dado por las ecuaciones:

$$\text{RMSE} = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (c_{\text{cal}} - c_{\text{exp}})_n^2}{n} \right]^{0.5} \quad (\text{Ec. 6})$$

$$\text{MBE} = \frac{\sum_{i=1}^n (c_{\text{cal}} - c_{\text{exp}})_n}{n} \quad (\text{Ec. 7})$$

$$\text{E \%} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|(c_{\text{cal}} - c_{\text{exp}})_n|}{c_{\text{exp}n}}}{n} \cdot 100 \quad (\text{Ec. 8})$$

donde  $c_{\text{cal}}$  es el valor calculado,  $c_{\text{exp}}$  es el valor experimental y  $n$  es el número de determinaciones.

Un buen ajuste es indicado por valores pequeños de RMSE y MBE,  $R^2 > 0,85$  y E % < 10 % (Park y Col., 2002; Vega-Gálvez y Col., 2006).

Se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) para determinar posibles diferencias significativas entre las muestras según los tamaños de partículas y temperaturas estudiadas. El software estadístico utilizado fue software estadístico GraphPad Prism 4.0 (GraphPad Software, Inc., USA).

### ***Modelo cinético Exponencial***

Un modelo de cinética de primer orden que describe la transferencia de humedad durante la rehidratación es expresado por la *ecuación 9*.

$$-\frac{dC}{dt} = K(C - C_{\infty}) \quad (\text{Ec. 9})$$

donde  $C$  es el contenido de humedad del material durante la rehidratación (g agua/g puré seco),  $C_{\infty}$  es la humedad de equilibrio a tiempo infinito (g agua/g puré seco),  $K$  es la constante de velocidad de absorción de agua ( $\text{min}^{-1}$ ) y  $t$  es el tiempo de rehidratación (min). La velocidad de rehidratación se determina como la pendiente de la curva.

A tiempo cero  $C$  es igual a  $C_i$  el contenido de humedad del material seco (g de agua/g de puré seco), e integrando la ecuación V.9 se obtiene la expresión de la *ecuación 10*.

$$C_{(t)} = C_{\infty}(1 - \exp(-Kt)) \quad (\text{Ec. 10})$$

Los valores de los parámetros cinéticos y las graficas serán obtenidos con el software GraphPad Prism 4.0 (GraphPad Software, Inc., USA).

La bondad del ajuste del modelo a los valores experimentales se evalúa mediante las *ecuaciones 6, 7 y 8*.

### ***Comparación de modelos***

Los resultados se analizaron estadísticamente a través de análisis de varianza (ANOVA) y análisis de la bondad del ajuste de los modelos utilizados.

Para el análisis estadístico y los valores de los parámetros cinéticos y las graficas fueron

obtenidos con el software GraphPad Prism 4.0 (GraphPad Software, Inc., USA).

La bondad del ajuste del modelo a los valores experimentales se evalúa mediante las ecuaciones 6,7 y 8.

### **Índice de pardeamiento del puré rehidratado de mandioca**

Los índices de pardeamiento, se midió espectrofotométricamente a una longitud de onda igual a 420 nm, frente a un blanco de alcohol etílico en un equipo marca Spectrum SP-2102 UV-VIS (modelo LUV-400, Spectrum, USA).

Se tomaron aproximadamente 4 g de cada una de las muestra de purés y se colocaron en 20 mL de etanol al 80 % v/v. Se agitó por 30 minutos ocasionalmente a intervalos de 5 min, bajo oscuridad, en un armario. Luego se centrifugó por 15 min a 3000 rpm en una centrífuga (marca ROLCO modelo CM 2036, Rolco, Argentina).

La comparación de esta propiedad en función de los parámetros estudiados, concentración, temperatura y variedad se analizó a través de ANOVA MULTIFACTORIAL y test de Bonferroni.

### **Color**

Las muestras realizadas en la planta piloto de la Facultad de Ciencias, se utilizaron para la determinación del color del puré rehidratado de mandioca de las variedades Concepción y Pomberí.

Para ello, se tomaron 100 g de puré deshidratado de mandioca y se le agregó agua a 80 °C, para tener una concentración de 200 g/L. Las concentraciones se expresan en g puré/L de agua. El puré se cocinó por un tiempo de 2 min y las mediciones de color se realizaron a diferentes temperaturas de ensayo (80, 40, y 27 °C).

El puré obtenido fue vertido en cajas de petri de 50 mm de diámetro y 10 mm de altura, realizándose las mediciones de color cuando la muestra alcanzaron las temperaturas de ensayo.

Las temperaturas se seleccionaron de acuerdo a los siguientes criterios: 80 °C: temperatura promedio del puré al terminar el tiempo de cocción, 27 °C: temperatura ambiente, 40 °C: temperatura intermedia a las anteriores. Las determinaciones se realizaron por triplicado a las diferentes concentraciones y a las distintas temperaturas de ensayo.

Las coordenadas de color se determinaron usando un colorímetro marca HunterLab, modelo D25-9 (Hunter Associates Laboratory, Reston, Virginia, USA). Se midió el color según el sistema CIELAB, utilizando las coordenadas  $L^*$  (luminosidad) que varía entre 100 (blanco) y 0 (negro),  $a^*$  varía entre + 60 (rojo) y -60 (verde) y  $b^*$  varía entre + 60 (amarillo) y -60 (azul). El equipo fue estandarizado usando los patrones blanco y negro.

Las diferencias de los parámetros de color entre el puré deshidratado y el puré reconstituido en el rango de concentración estudiado, se expresaron como:

$$\Delta PC^* = PC^* - PC_0^* \quad (Ec. 11)$$

donde  $PC^*$ : es el parámetro de color del puré de mandioca reconstituido a una determinada concentración y temperatura y  $PC_0^*$  es el parámetro de color del puré preparado a partir de raíces frescas.

A partir de los parámetros de color  $a^*$  y  $b^*$  Se determinaron las coordenadas cilíndricas Croma ( $C^*$ ) y matiz o HUE ( $H^*$ ). El vector formado entre el origen y cada punto del gráficos, corresponde al cromata  $C^*$  y el ángulo que dicho vector forma con el eje de la abscisa al tono  $H^*$  a las distintas concentraciones y temperaturas.

$$C^* = Cromata = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (Ec. 12)$$

$$H^* = Matiz = \arctan(b^* / a^*) \quad (Ec. 13)$$

La diferencia de color entre el puré fresco y el puré reconstituido a diferentes concentraciones y temperaturas fueron analizadas por el parámetro Diferencia Total de Color ( $\Delta E^*$ ). El valor de  $\Delta E^*$  es una combinación de los parámetros  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  y es ampliamente usado para caracterizar las variaciones de color de los alimentos durante su proceso.

$$\Delta E^* = \left[ (L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2 \right]^{1/2} \quad (Ec. 14)$$

donde,  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  son los parámetros de color del puré reconstituido a una determinada concentración y temperatura;  $L_0^*$ ,  $a_0^*$  y  $b_0^*$  son las lecturas de los parámetros de color de las muestras de puré de mandioca deshidratado sin reconstituir.

### III.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Índice de Absorción de Agua (ÍAA) en los purés deshidratado de mandioca con distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento.

Los datos experimentales de los ÍAA para los purés deshidratado de mandioca con distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento se presentan en la *tabla A.1 y A.2 del anexo A* para las dos variedades, Concepción y Pomberí, secada a 80 y 120 °C, respectivamente.

Los valores determinados para los ÍAA para los purés de las variedades Concepción y Pomberí, secado a dos temperaturas de trabajo, 80 y 120 °C, se muestran en la *tabla 3 y tabla 4*, respectivamente.

**Tabla 3:** Índices de Absorción de Agua (ÍAA) para la variedad Concepción de puré de mandioca secada diferentes temperaturas.

ÍAA (g de gel/g de puré desh.)*						
T° (°C)	Concepción (80 °C)			Concepción (120 °C)		
	Concent. de inhib. de pardeamiento			Concent. de inhib. de pardeamiento		
	0,2 g/L	0,3 g/L	0,4 g/L	0,2 g/L	0,3 g/L	0,4 g/L
30	5,246 ± 0,002 <sup>a</sup>	5,42 ± 0,01 <sup>a</sup>	5,64 ± 0,02 <sup>a</sup>	6,23 ± 0,02 <sup>a</sup>	6,44 ± 0,001 <sup>a</sup>	6,62 ± 0,01 <sup>a</sup>
40	5,338 ± 0,004 <sup>b</sup>	5,55 ± 0,02 <sup>b</sup>	5,88 ± 0,03 <sup>b</sup>	6,533 ± 0,005 <sup>b</sup>	6,66 ± 0,02 <sup>b</sup>	6,84 ± 0,02 <sup>b</sup>
50	5,643 ± 0,01 <sup>c</sup>	5,86 ± 0,02 <sup>c</sup>	6,23 ± 0,03 <sup>c</sup>	6,744 ± 0,002 <sup>c</sup>	6,88 ± 0,01 <sup>c</sup>	7,19 ± 0,01 <sup>c</sup>

Los valores son promedio de tres repeticiones ± error estándar.

\* Distintos superíndices en la misma columna indica que existen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 4:** Índices de Absorción de Agua (ÍAA) para la variedad Pomberí de puré de mandioca secada diferentes temperaturas.

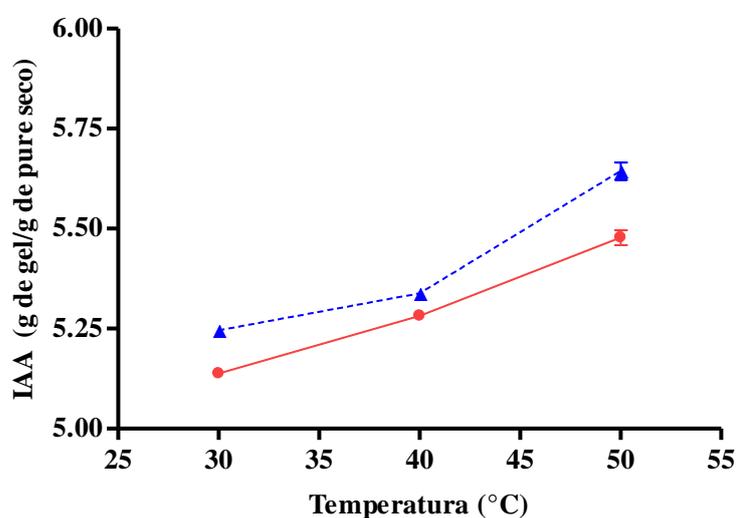
ÍAA (g de gel/g de puré desh.)*						
T° (°C)	Pomberí (80 °C)			Pomberí (120 °C)		
	Concent. de inhib. de pardeamiento			Concent. de inhib. de pardeamiento		
	0,2 g/L	0,3 g/L	0,4 g/L	0,2 g/L	0,3 g/L	0,4 g/L
30	5,138 ± 0,004 <sup>a</sup>	5,258 ± 0,005 <sup>a</sup>	5,43 ± 0,06 <sup>a</sup>	5,755 ± 0,003 <sup>a</sup>	6,084 ± 0,004 <sup>a</sup>	6,403 ± 0,001 <sup>a</sup>
40	5,282 ± 0,005 <sup>b</sup>	5,353 ± 0,002 <sup>b</sup>	5,49 ± 0,03 <sup>a</sup>	5,869 ± 0,005 <sup>b</sup>	6,22 ± 0,01 <sup>b</sup>	6,58 ± 0,04 <sup>b</sup>
50	5,48 ± 0,01 <sup>c</sup>	5,634 ± 0,002 <sup>c</sup>	5,76 ± 0,01 <sup>b</sup>	5,94 ± 0,02 <sup>c</sup>	6,46 ± 0,02 <sup>c</sup>	6,46 ± 0,01 <sup>b</sup>

Los valores son promedio de tres repeticiones ± error estándar.

\* Distintos superíndices en la misma columna indica que existen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

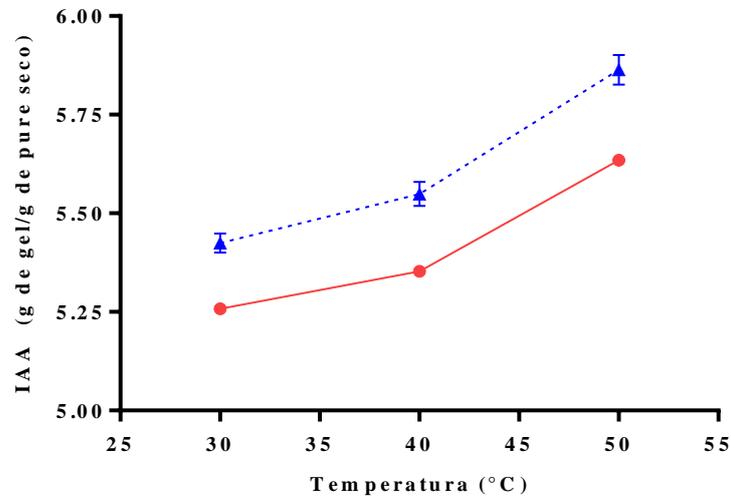
Los ÍAA aumentaron con el incremento de la temperatura y el incremento del inhibidor de pardeamiento, para las dos variedades de purés y secadas a las dos temperaturas. Los valores de ÍAA para la variedad Concepción fueron mayores a los obtenidos para la variedad Pomberí bajo las mismas condiciones de trabajo

En la *figura 15* podemos observar la diferencia que hay entre los valores de ÍAA obtenidos entre variedades, resultados que quedan explicados al interpretar el ANOVA, donde se muestra que existen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las variedades para todas las concentraciones de inhibidores de pardeamiento. (*Tablas A.3 a A.8 del anexo A*).

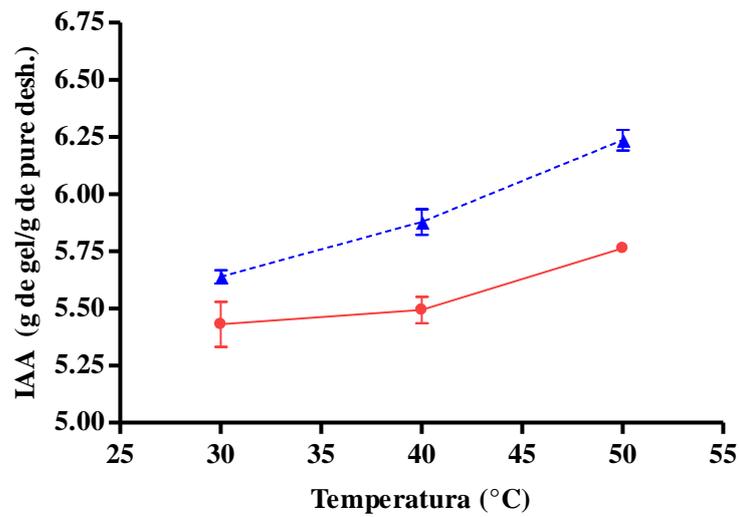


(A)

**Figura 15:** Diferencias entre variedades de los Índices de Absorción de Agua, para las concentraciones de inhibidor de pardeamiento 0,2 (A), 0,3 (B) y 0,4 (C) g/L para las variedades Concepción (▲) y Pomberí (●) secados a 80 °C. Los puntos de coordenadas representan el valor promedio de tres repeticiones y las barras el error estándar.

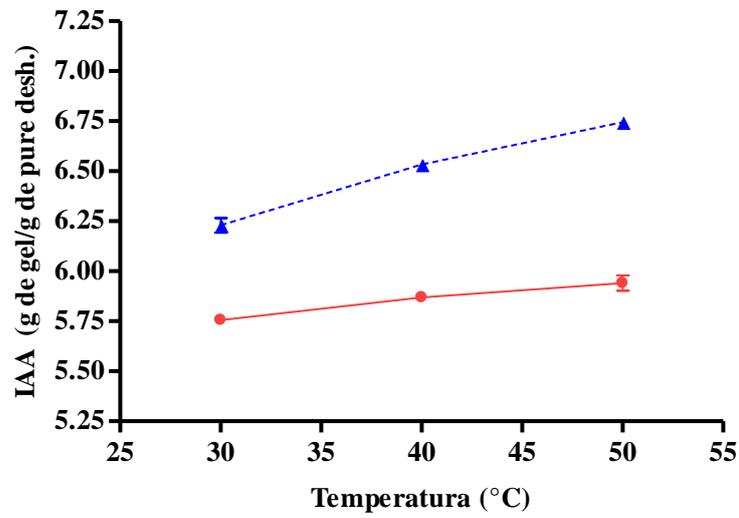


(B)

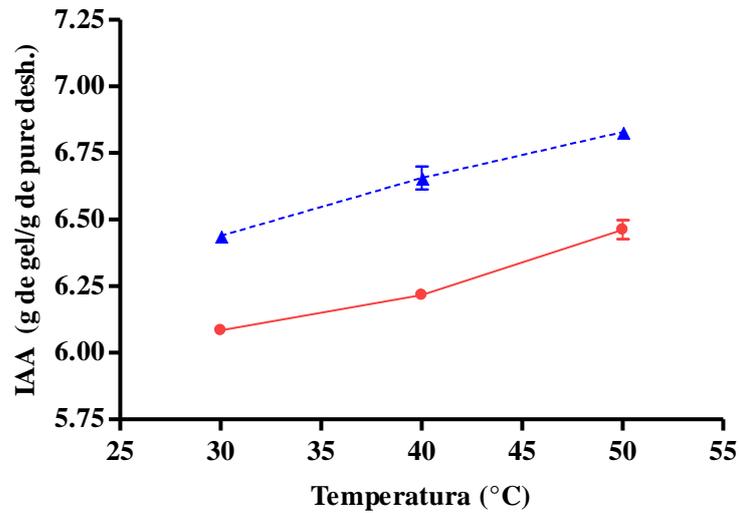


(C)

**Figura 15:** Diferencias entre variedades de los Índices de Absorción de Agua, para los concentraciones de inhibidor de pardeamiento 0,2 (A), 0,3 (B) y 0,4 (C) g/L para las variedades Concepción (▲) y Pomerí (●) secados a 80 °C. Los puntos de coordenadas representan el valor promedio de tres repeticiones y las barras el error estándar.

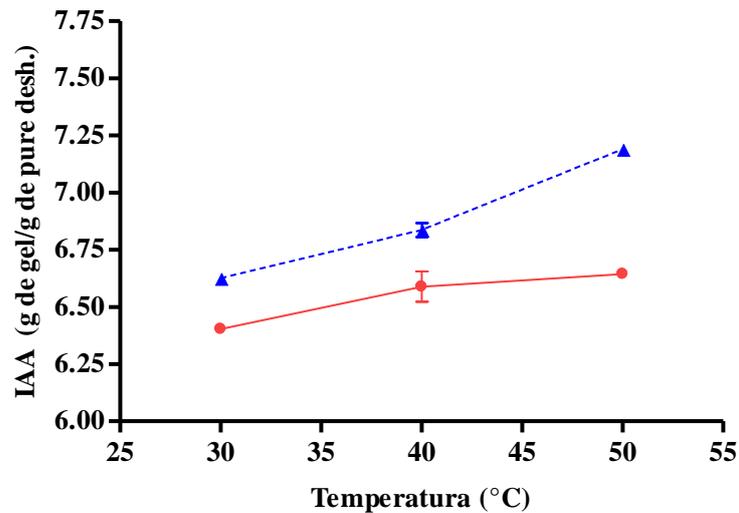


(D)



(E)

**Figura 16:** Diferencias entre variedades de los Índices de Absorción de Agua, para las concentraciones de inhibidor de pardeamiento 0,2 (D), 0,3 (E) y 0,4 (F) g/L para las variedades Concepción (▲) y Pomberí (●) secados a 120 °C. Los puntos de coordenadas representan el valor promedio de tres repeticiones y las barras el error estándar.



(F)

**Figura 16:** Diferencias entre variedades de los Índices de Absorción de Agua, para las concentraciones de inhibidor de pardeamiento 0,2 (D), 0,3 (E) y 0,4 (F) g/L para las variedades Concepción (▲) y Pomerí (●) secados a 120 °C. Los puntos de coordenadas representan el valor promedio de tres repeticiones y las barras el error estándar.

Los ÍAA para las dos variedades, Concepción y Pomerí, a todas las concentraciones de inhibidor de pardeamiento y temperatura de secado fueron diferentes, siendo en todo los casos superiores para la variedad Concepción.

Los ANOVA MULTIFACTORIALES para ambas variedades analizadas por separado y a las temperaturas de secado, indicaron que las temperaturas del agua de absorción y las concentraciones de inhibidor de pardeamiento, influyeron significativamente ( $p < 0,05$ ). (Tabla A.9 a Tabla A.12 del anexo A). La interacción entre ambos factores fue significativa ( $p < 0,05$ ) en todos los casos, excepto para variedad Pomerí, secada a 80 °C. Al realizar un análisis de componentes de las varianzas, podemos decir que en los casos en donde la interacción fue significativa, los porcentajes de influencia sobre el total de la varianza fueron muy bajos y variaron en el orden de 0,95 a 2,2 %.

### Cinética de la absorción de agua en los purés deshidratado con distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento

Los valores experimentales para las variedades de purés deshidratados, Concepción y Pomberí, secadas a 80 y 120 °C, son presentados en las *tablas A.13 y A.14 para la variedad Concepción y en las tablas A.15 y A.16, para la variedad Pomberí, del anexo A.*

Los datos cinéticos para la absorción de agua de puré realizado en planta piloto a partir de la variedad de mandioca Concepción, cocidos con distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento, bisulfito de sodio, y secados a dos temperaturas, 80 y 120 °C, se ajustaron al modelo de Pilosof y Col., 1985, y el modelo exponencial.

#### *Aplicación del modelo de Pilosof y Col., 1985*

##### *Variedad Concepción*

El modelo de Pilosof y Col. (1985), fue aplicado mediante la *ecuación 2*, donde el análisis estadístico de la aplicación de este modelo cinético se presenta en la *tabla A.17* (variedad Concepción, secado a 80 °C), *tabla A.18* (variedad Concepción, secado a 120 °C) *del anexo A.*

Los resultados de los valores de los parámetros cinéticos *Q* y *B* y de la bondad del ajuste del modelo se encuentran resumidos en la *tabla 5* (variedad Concepción, secado a 80 °C), *tabla 6* (variedad Concepción, secado a 120 °C).

**Tabla 5:** Valores de los parámetros del modelo de Pilosof y Col. (1985), para los purés cocidos con distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento y secados a 80 °C de la variedad Concepción.

Conc. Inhibidor de pardeamiento (g/L)	Q (g agua/g de puré desh.)	B (min)	K (g de puré desh./g de agua·min)	R <sub>0</sub> (g de agua/g de puré·min)	Bondad de ajuste			
					R <sup>2</sup>	RMSE	MBE	E %
0,2	4,7 ± 0,2 <sup>a</sup>	2,7 ± 0,4 <sup>a</sup>	0,08 ± 0,01 <sup>a</sup>	1,8 ± 0,2 <sup>a</sup>	0,96	0,28	-0,03	7,73
0,3	4,8 ± 0,1 <sup>a</sup>	3,0 ± 0,3 <sup>a</sup>	0,07 ± 0,01 <sup>a</sup>	1,6 ± 0,1 <sup>a</sup>	0,98	0,24	-0,01	6,43
0,4	5,1 ± 0,2 <sup>a</sup>	5,5 ± 0,8 <sup>b</sup>	0,04 ± 0,01 <sup>a</sup>	1,0 ± 0,1 <sup>b</sup>	0,97	0,28	-0,03	7,72

*Los valores de Q, B, K y R<sub>0</sub> son promedios de tres repeticiones ± error estándar.*

*Q: capacidad de absorción de agua. B: tiempo en que es absorbida la mitad de la capacidad total de absorción (Q/2). K: constante de velocidad. R<sub>0</sub>: velocidad de absorción de agua inicial.*

\* Distintos superíndices en la misma columna indica que existen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 6:** Valores de los parámetros del modelo de Pilosof y Col. (1985), para los purés cocidos con distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento y secados a 120 °C de la variedad Concepción.

Conc. Inhibidor de pardeamiento (g/L)	Q (g agua/g de puré desh.)	B (min)	K (g de puré desh./g de agua·min)	R <sub>0</sub> (g de agua/g de puré·min)	Bondad de ajuste			
					R <sup>2</sup>	RMSE	MBE	E %
0,2	5,4 ± 0,2 <sup>a</sup>	1,3 ± 0,2 <sup>a</sup>	015 ± 0,03 <sup>a</sup>	4,4 ± 0,5 <sup>a</sup>	0,93	0,48	-0,02	9,26
0,3	5,7 ± 0,1 <sup>a</sup>	1,5 ± 0,1 <sup>ab</sup>	0,12 ± 0,01 <sup>a</sup>	3,9 ± 0,2 <sup>ab</sup>	0,98	0,25	-0,02	5,73
0,4	5,9 ± 0,1 <sup>a</sup>	2,3 ± 0,3 <sup>b</sup>	0,08 ± 0,01 <sup>a</sup>	2,6 ± 0,2 <sup>b</sup>	0,96	0,36	-0,03	8,76

Los valores de Q, B, K y R<sub>0</sub> son promedios de tres repeticiones ± error estándar.

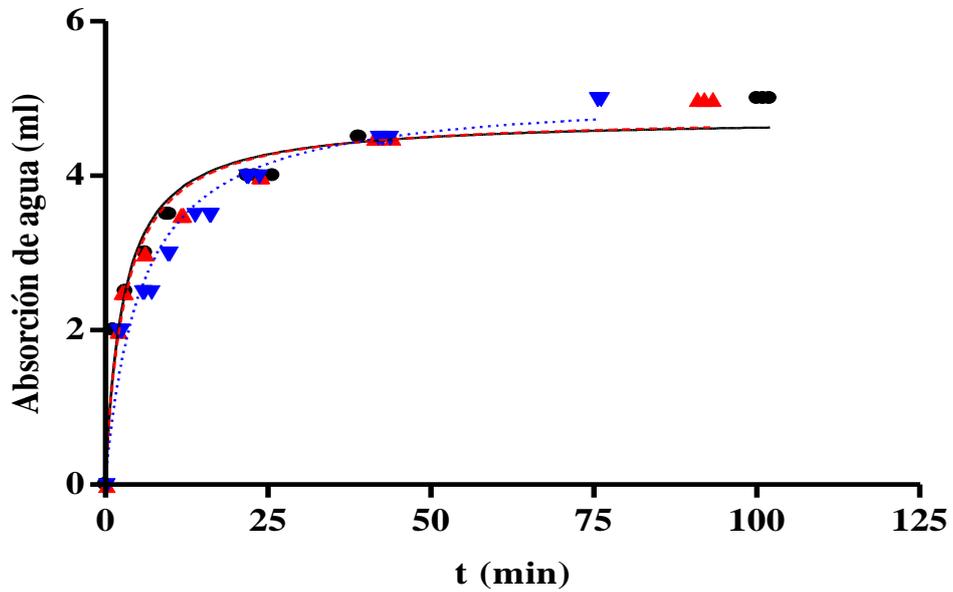
Q: capacidad de absorción de agua. B: tiempo en que es absorbida la mitad de la capacidad total de absorción (Q/2). K: constante de velocidad. R<sub>0</sub>: velocidad de absorción de agua inicial.

\* Distintos superíndices en la misma columna indica que existen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

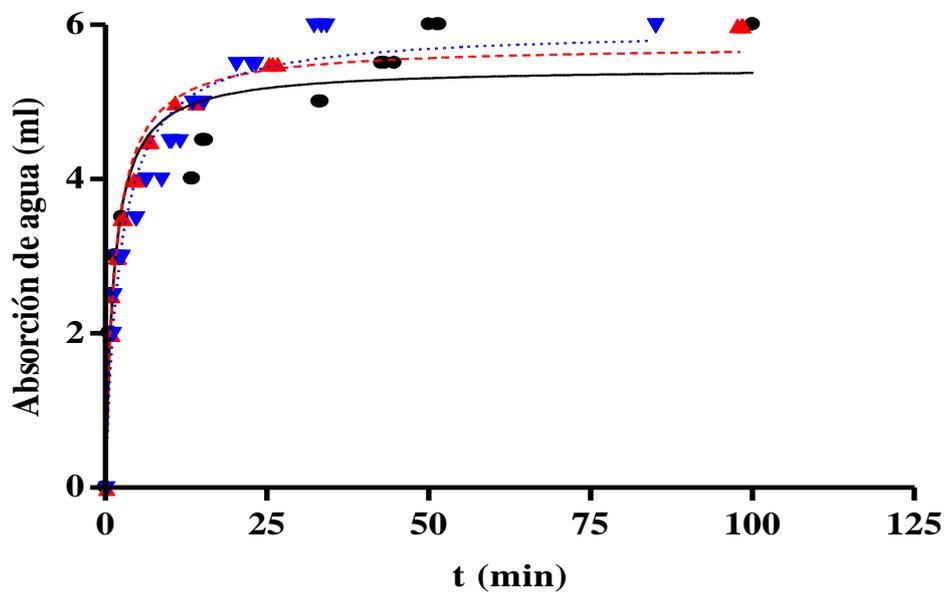
Los valores de capacidad de absorción de agua (Q) presentan una leve tendencia de aumento con respecto a la concentración del inhibidor del pardeamiento, mientras que para el parámetro B el aumento es mucho más marcado, para los purés deshidratados con distintas concentraciones del inhibidor de pardeamiento a las cuales fueron secados, 80 y 120 °C.

El ajuste del modelo de Pilosof y Col. (1985), a los datos experimentales de absorción de agua de los purés de mandioca cocidos a distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento (0,2, 0,3 y 0,4 g de bisulfito de sodio/l de agua de cocción) y secados a dos temperaturas (80 y 120 °C) para la variedad Concepción, fueron buenos como lo muestran los valores de R<sup>2</sup>, RMSE, MBE y el error porcentual de las *tablas 5 y 6*.

Los valores experimentales juntamente con las gráficas de la aplicación del modelo de Pilosof y Col., 1985, se presentan en la *figura 17* (variedad Concepción, secado a 80 °C), *figura 18* (variedad Concepción, secado a 120 °C).



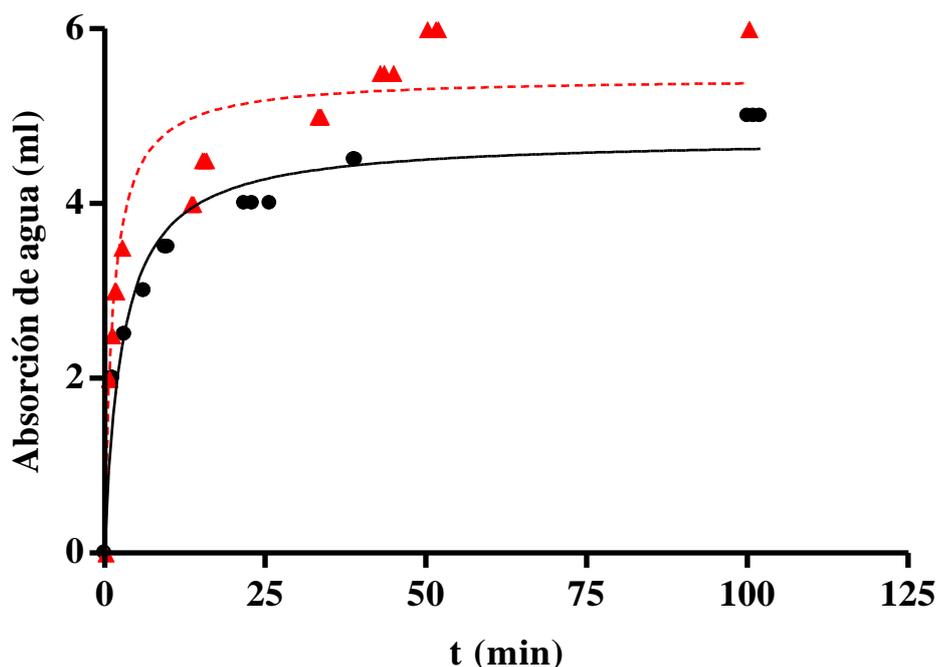
*Figura 17: Datos experimentales y modelo cinético de Pilosof y Col. (1985), de la variedad Concepción para la absorción de agua, a las tres concentración de inhibidor de pardeamiento (●) 0,2g/l; (▲) 0,3 g/l y (▼) 0,4 g/l en el agua de cocción y secado a 80 °C.*



*Figura 18: Datos experimentales y modelo cinético de Pilosof y Col. (1985), de la variedad Concepción para la absorción de agua, para las tres concentración de inhibidor de pardeamiento (●) 0,2g/l; (▲) 0,3 g/l y (▼) 0,4 g/l en el agua de cocción y secado a 120 °C.*

Las figuras 17 y 18 muestran un aumento inicial en la velocidad de absorción, llegando al plateau alrededor de los 5 ml para todas las concentraciones del inhibidor de pardeamiento y las dos temperaturas de secado.

Para el puré de mandioca de la variedad Concepción, un ANOVA sobre los valores de Q, mostraron que no hubo diferencias significativas ( $p>0,05$ ) en relación a las concentraciones de inhibidor de pardeamiento y mostró una diferencia significativa ( $p<0,05$ ) entre las temperaturas estudiadas, la interacción entre ambos factores no fue significativa ( $p>0,05$ ). (Tabla A.21 del anexo A). Al comparar los valores de Q para esta misma muestra se observó que a mayor temperatura de secado (120 °C) se presentaron valores superiores que a una temperatura menor (80 °C), para todos los tratamientos estudiados. (Figuras 19, 20 y 21).



**Figura 19:** Datos experimentales y modelo cinético de Pilosof y Col. (1985), de la variedad Concepción para la absorción de agua, para una concentración de 0,2 g/L de inhibidor de pardeamiento en el agua de cocción, secado a: (●) 80 °C y (▲) 120 °C.

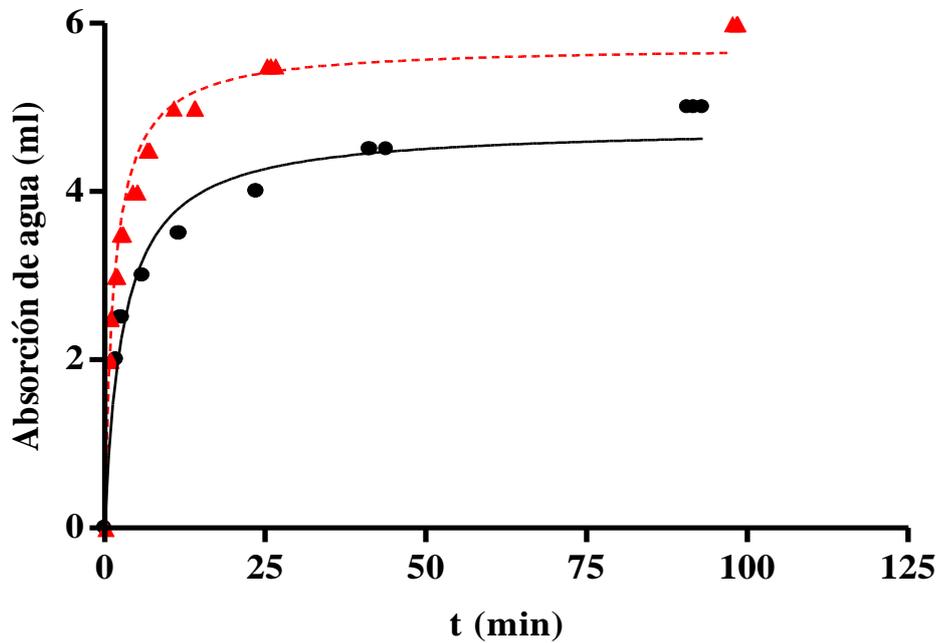


Figura 20: Datos experimentales y modelo cinético de Pilosof y Col. (1985), de la variedad Concepción para la absorción de agua, para una concentración de 0,3 g/L de inhibidor de pardeamiento en el agua de cocción, secado a: (●) 80 °C y (▲) 120 °C.

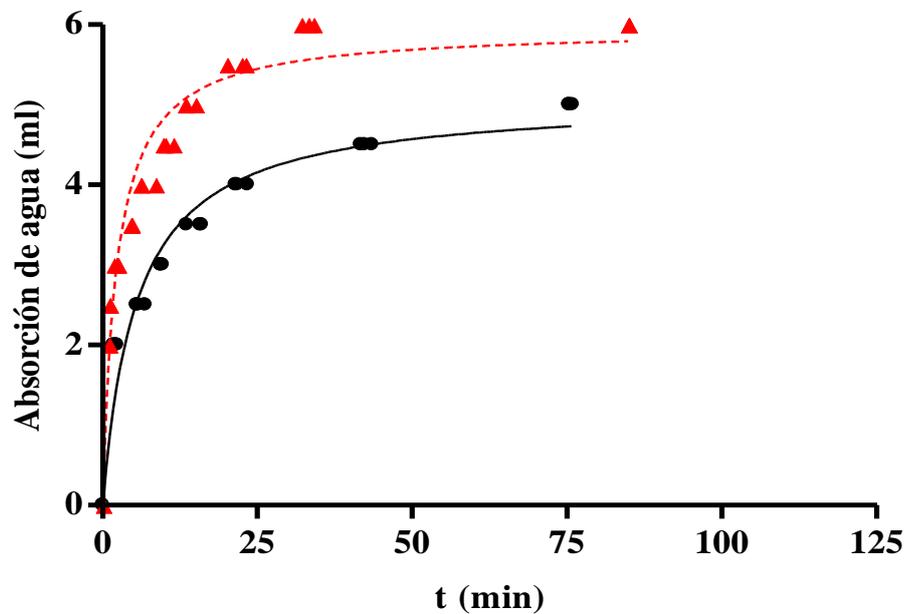


Figura 21: Datos experimentales y modelo cinético de Pilosof y Col. (1985), de la variedad Concepción para la absorción de agua, para una concentración de 0,4 g/L de inhibidor de pardeamiento en el agua de cocción, secado a: (●) 80 °C y (▲) 120 °C.

Como es de esperarse para aquellos alimentos secados a mayor temperatura la absorción de agua en el equilibrio es mayor.

Estos resultados de mayor hidratación en muestras cuando se secan a mayor temperatura y consecuentemente a menor tiempo para alcanzar humedades finales bajas, coincide con autores, tales como McMinn y Magee (1997) que obtuvieron resultados similares en rehidratación en cilindros de muestras de papas, donde la mayor absorción de agua fue en las muestras secadas a mayor temperatura y estos se debe a que a medida que aumentamos la temperatura de secado, los tiempos se reducen y los daños a nivel celular son menores, obteniéndose una rehidratación más completa.

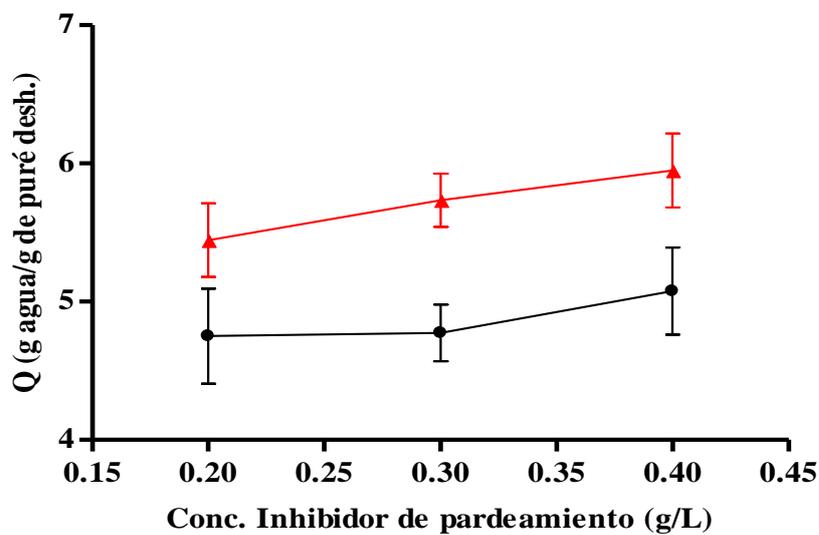
Los investigadores han reconocido que el grado de rehidratación es dependiente de las condiciones de procesamiento, preparación de muestras, la composición de la muestra y la medida de la perturbación estructural y química inducida por secado (Okos y col. 1992). Hay investigaciones que correlacionan la duración y la severidad del proceso de secado con la velocidad y el grado de rehidratación, indicando más rápida y completa rehidratación con disminución del tiempo de secado, coincidente con los resultados que obtenemos en nuestro trabajo.

El parámetro  $B$  (tiempo en que es absorbida la mitad de la capacidad total de absorción  $Q/2$ ), la velocidad de absorción de agua inicial ( $R_o$ ), presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para la muestra Concepción secada a  $80\text{ }^\circ\text{C}$  obteniéndose el valor más alto de  $B$  para la concentración de  $0,4\text{ g/L}$  de inhibidor de pardeamiento, pero a la menor velocidad inicial ( $R_o$ ) y con el menor valor de la constante de velocidad ( $K$ ), aunque este último parámetro no presentó diferencias significativas a las distintas concentración de inhibidor de pardeamiento.

En la absorción de agua de las muestras de puré cocidas, con distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento de la variedad Concepción y secadas a una mayor temperatura ( $120\text{ }^\circ\text{C}$ ), se observó que los parámetros de la ecuación de Pilosof y Col. (1985),  $Q$  y  $K$  no presentaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) para los distintos tratamientos, mientras que los parámetros  $R_o$  y  $B$  si presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). En la *tabla 6*, podemos observar que la mayor velocidad inicial  $R_o$  se produjo a la menor concentración de inhibidor de pardeamiento, y la constante de

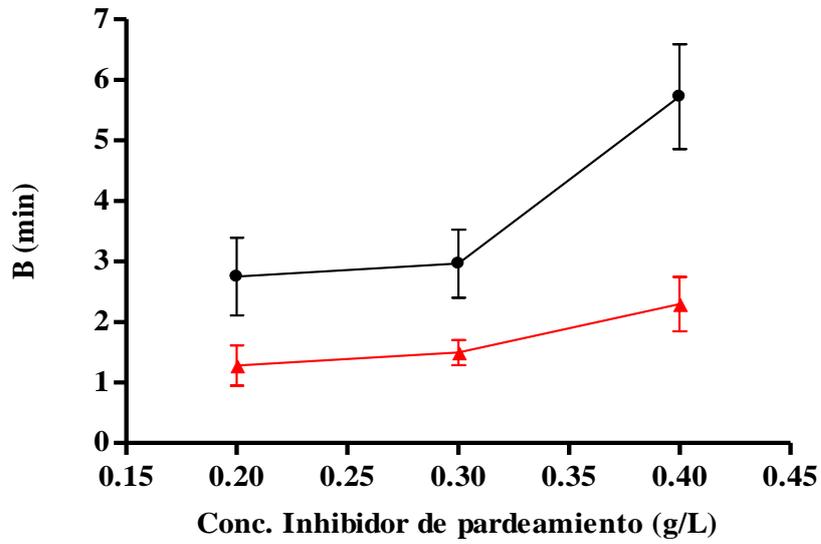
velocidad  $K$  para esta misma concentración también presentó el mayor valor, mientras que el valor de  $B$ , fue más pequeño.

Al realizar los ANOVA a ambas temperaturas, de los parámetros  $B$ ,  $R_0$  y  $K$  de la ecuación de Pilosof y Col. (1985), todos presentan diferencia significativas ( $p < 0,05$ ) (Tabla A.22 a A.24 del anexo A). En la figura 22 se muestran la variación de los parámetros  $Q$  (A),  $B$  (B),  $R_0$  (C) y  $K$  (D) del modelo de Pilosof para la variedad Concepción secado a dos temperaturas, 80 °C y 120 °C.

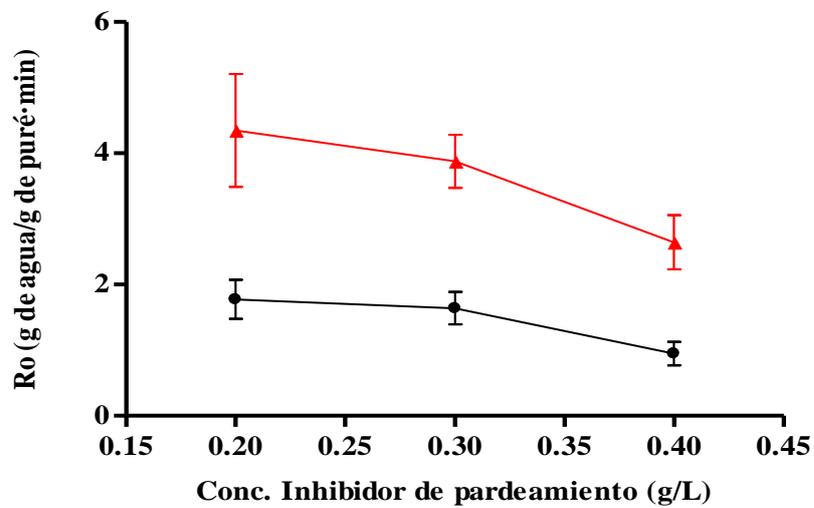


(A)

**Figura 22:** Parámetros  $Q$  (A),  $B$  (B),  $R_0$  (C) y  $K$  (D) del modelo de Pilosof. Variedad Concepción secado a: (●) 80 °C y (▲) 120 °C. Diferencias entre temperaturas de secado. Los puntos de coordenadas representan el valor promedio de tres repeticiones y las barras las de los límites de confianza para las concentraciones de inhibidor de pardeamiento.

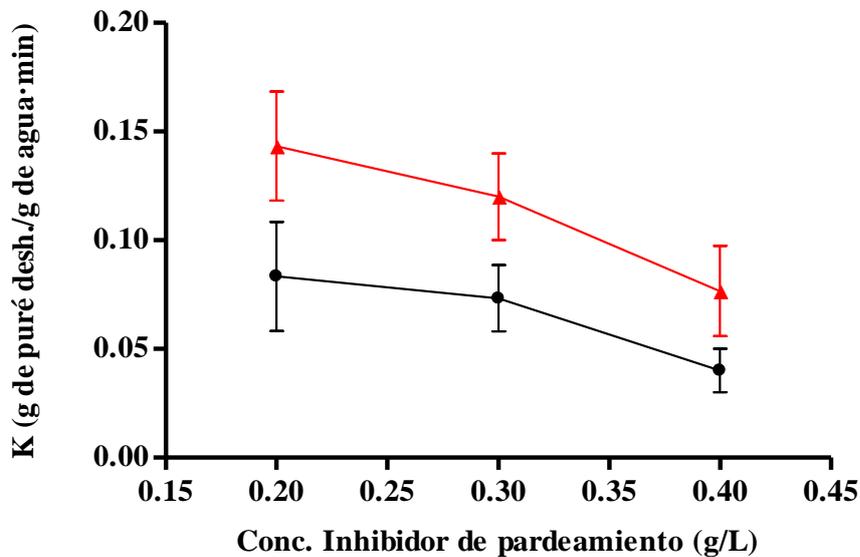


(B)



(C)

**Figura 22:** Parámetros  $Q$  (A),  $B$  (B),  $R_0$  (C) y  $K$  (D) del modelo de Pilosof. Variedad Concepción secado a: (●) 80 °C y (▲) 120 °C. Diferencias entre temperaturas de secado. Los puntos de coordenadas representan el valor promedio de tres repeticiones y las barras las de los límites de confianza para las concentraciones de inhibidor de pardeamiento.



(D)

**Figura 22:** Parámetros  $Q$  (A),  $B$  (B),  $R_0$  (C) y  $K$  (D) del modelo de Pilosof. Variedad Concepción secado a: (●) 80 °C y (▲) 120 °C. Diferencias entre temperaturas de secado. Los puntos de coordenadas representan el valor promedio de tres repeticiones y las barras las de los límites de confianza para las concentraciones de inhibidor de pardeamiento.

En la *figura 22* observamos que las muestras secadas a 120 °C, obtuvieron la mayor cantidad de agua absorbida en el equilibrio (A) alcanzando la mitad de la capacidad total de absorción ( $B=Q/2$ ) a un tiempo menor (B), con una velocidad inicial (C) y una constante de velocidad (D) mayor que las muestras secadas a 80 °C.

#### **Variedad Pomberí**

Los datos cinéticos para la absorción de agua de los purés deshidratado de la variedad de mandioca Pomberí, cocidos con distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento, y secados a dos temperaturas distintas, 80 y 120 °C, se ajustaron al modelo de Pilosof y Col. (1985), el análisis estadístico de la aplicación de este modelo cinético se presentan en la *tabla A.19* para la variedad Pomberí, secada a 80 °C, *tabla A.20* para la variedad Pomberí, secada a 120 °C del *anexo A*.

Los resultados de los valores de los parámetros cinéticos  $Q$ ,  $B$ ,  $R_0$  y  $K$  y de la bondad del ajuste del modelo se encuentran resumidos en la *tabla 7* para la variedad Pomerí, secada a 80 °C, *tabla 8* para la variedad Pomerí, secada a 120 °C.

**Tabla 7:** Valores de los parámetros del modelo de Pilosof y Col. (1985), para los purés cocidos con distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento y secados a 80 °C de la variedad Pomerí.

Concentrac. Inhibidor de pardeamiento o (g/L)	Q (g agua/g de puré desh.)	B (min)	K (g de puré desh./g de agua·min)	R <sub>0</sub> (g de agua/g de puré·min)	Bondad de ajuste			
					R <sup>2</sup>	RMSE	MBE	E %
0,2	4,7 ± 0,1 <sup>a</sup>	3,8 ± 0,6 <sup>a</sup>	0,06 ± 0,01 <sup>a</sup>	1,3 ± 0,2 <sup>a</sup>	0,94	0,38	-0,004	7,36
0,3	5,0 ± 0,2 <sup>ab</sup>	5,2 ± 0,7 <sup>a</sup>	0,04 ± 0,01 <sup>a</sup>	1,0 ± 0,1 <sup>a</sup>	0,97	0,28	-0,03	7,57
0,4	5,4 ± 0,1 <sup>b</sup>	7,9 ± 1,5 <sup>a</sup>	0,03 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,7 ± 0,2 <sup>a</sup>	0,95	0,35	0,02	8,01

Los valores de  $Q$ ,  $B$ ,  $K$  y  $R_0$  son promedios de tres repeticiones ± error estándar.

$Q$ : capacidad de absorción de agua.  $B$ : tiempo en que es absorbida la mitad de la capacidad total de absorción ( $Q/2$ ).  $K$ : constante de velocidad.  $R_0$ : velocidad de absorción de agua inicial.

\* Distintos superíndices en la misma columna indica que existen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 8:** Valores de los parámetros del modelo de Pilosof y Col. (1985), para los purés cocidos con distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento y secados a 120 °C de la variedad Pomerí.

Concentrac. Inhibidor de pardeamiento (g/L)	Q (g agua/g de puré desh.)	B (min)	K (g de puré desh./g de agua·min)	R <sub>0</sub> (g de agua/g de puré·min)	Bondad de ajuste			
					R <sup>2</sup>	RMSE	MBE	E %
0,2	5,7 ± 0,2 <sup>a</sup>	2,6 ± 0,3 <sup>a</sup>	0,07 ± 0,01 <sup>a</sup>	2,3 ± 0,2 <sup>a</sup>	0,95	0,40	-0,06	9,62
0,3	5,8 ± 0,2 <sup>a</sup>	3,9 ± 0,5 <sup>ab</sup>	0,05 ± 0,01 <sup>a</sup>	1,5 ± 0,1 <sup>b</sup>	0,96	0,35	-0,04	9,23
0,4	5,9 ± 0,1 <sup>a</sup>	4,4 ± 0,3 <sup>b</sup>	0,039 ± 0,004 <sup>a</sup>	1,34 ± 0,07 <sup>b</sup>	0,98	0,23	-0,01	4,19

Los valores de  $Q$ ,  $B$ ,  $K$  y  $R_0$  son promedios de tres repeticiones ± error estándar.

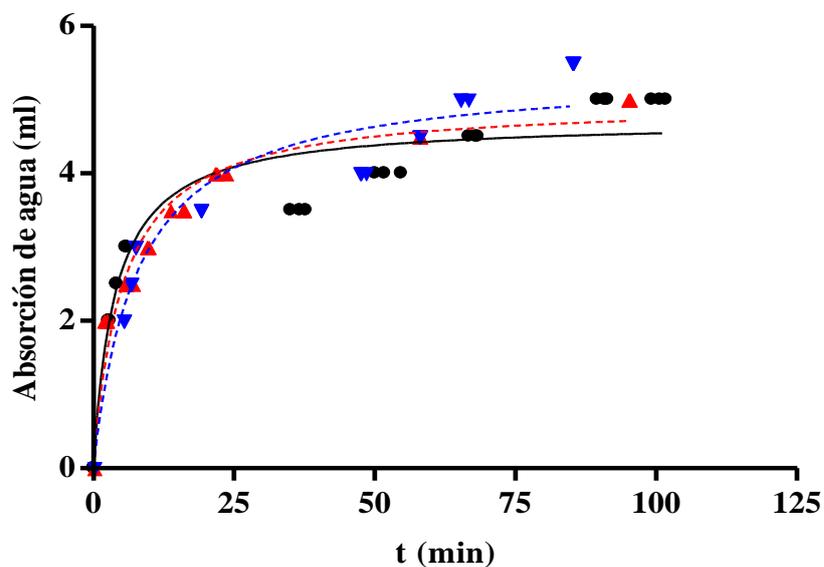
$Q$ : capacidad de absorción de agua.  $B$ : tiempo en que es absorbida la mitad de la capacidad total de absorción ( $Q/2$ ).  $K$ : constante de velocidad.  $R_0$ : velocidad de absorción de agua inicial.

\* Distintos superíndices en la misma columna indica que existen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

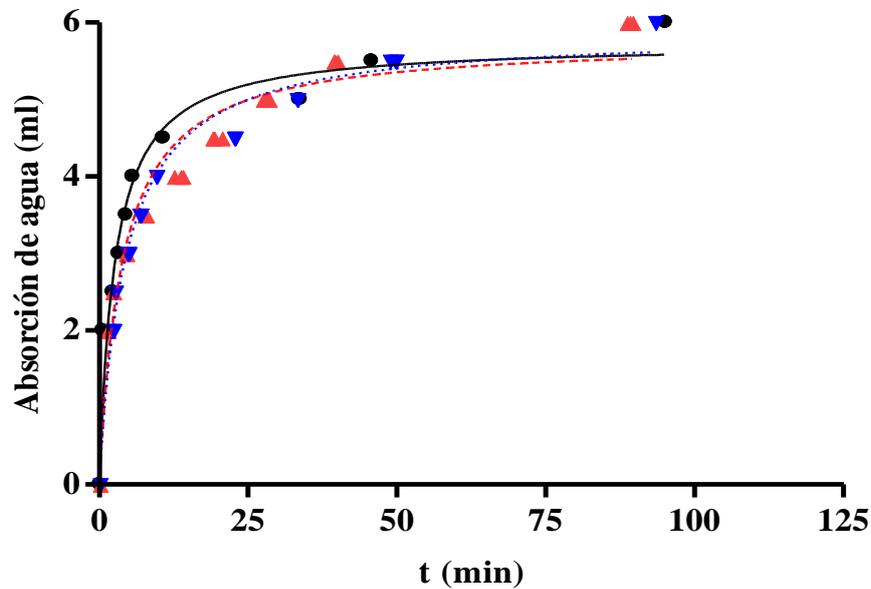
El ajuste del modelo de Pilosof y Col. (1985), a los datos experimentales de absorción de agua de los purés de mandioca cocidos a distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento (0,2, 0,3 y 0,4 g de bisulfito de sodio/L de agua de cocción) y secados a

dos temperaturas (80 y 120 °C) para la variedad Pomberí, fueron buenos como lo muestran los valores de  $R^2$ , RMSE, MBE y el error porcentual de las *tablas 7 y 8*.

Los valores experimentales juntamente con las gráficas de la aplicación del modelo de Pilosof y Col. (1985), se presentan en la *figura 23* para la variedad +Pomberí, secada a 80 °C, *figura 24* para la variedad Pomberí, secada a 120 °C.



*Figura 23: Datos experimentales y modelo cinético de Pilosof y Col. (1985), de la variedad Pomberí para la absorción de agua, a las tres concentración de inhibidor de pardeamiento (●) 0,2g/l; (▲) 0,3 g/l y (▼) 0,4 g/l en el agua de cocción y secado a 80 °C.*

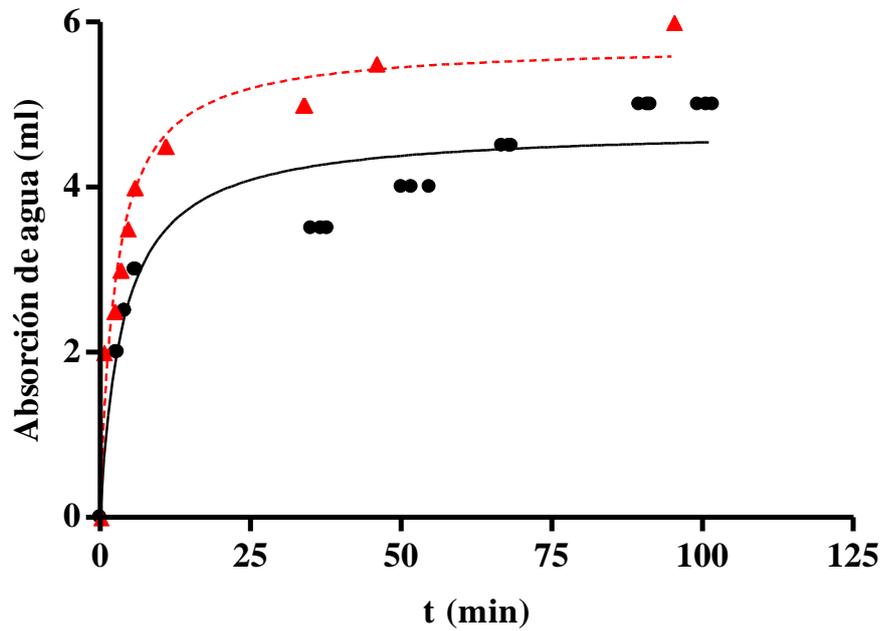


**Figura 24:** Datos experimentales y modelo cinético de Pilosof y Col. (1985), de la variedad Pomerí para la absorción de agua, a las tres concentración de inhibidor de pardeamiento (●) 0,2g/l; (▲) 0,3 g/l y (▼) 0,4 g/l en el agua de cocción y secado a 120 °C.

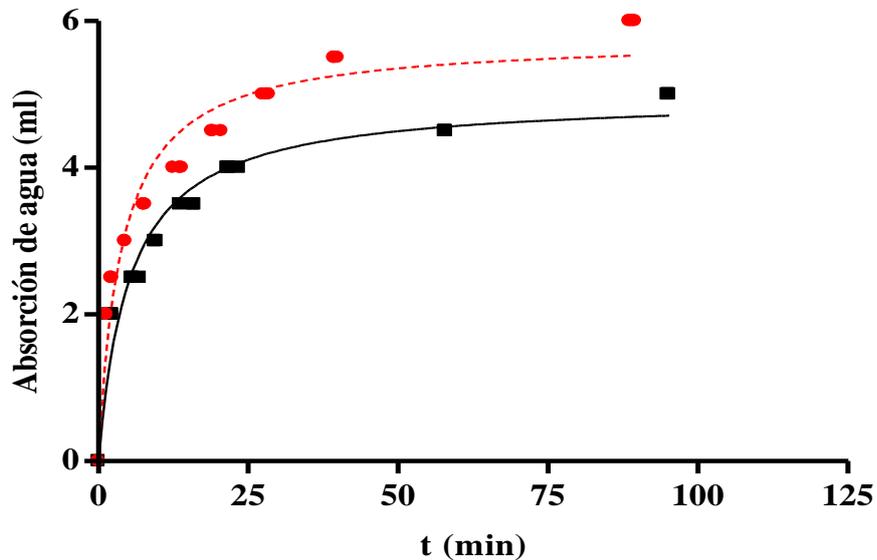
En las figuras 23 y 24 podemos observar una rápida absorción de agua inicial y luego esta velocidad va disminuyendo hasta hacerse constantes, donde el producto llega al equilibrio.

Un ANOVA sobre los valores de  $Q$  para las muestras secadas a 120 °C, mostró que no hubo diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) mientras que para las muestras secadas a 80 °C mostró diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en relación a las concentraciones de inhibidor de pardeamiento. Un ANOVA sobre los valores de  $Q$  mostró que hubo diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) con respecto a la temperatura para la variedad Pomerí (Tabla A.25 del anexo A).

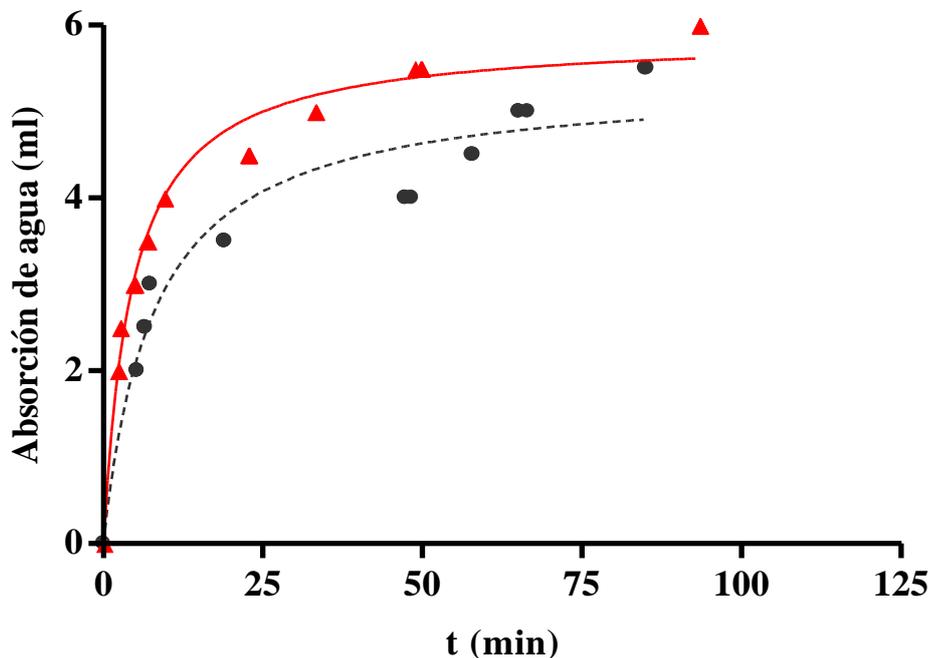
Las curvas de absorción de agua se muestran en las figuras 25, 26 y 27 para las dos temperaturas estudiadas. El aumento de la temperatura de secado desde 80 a 120 °C aumentó la absorción de agua.



*Figura 25: Datos experimentales y modelo cinético de Pilosof y Col. (1985), de la variedad Pomerí para la absorción de agua, para una concentración de 0,2 g/L de inhibidor de pardeamiento en el agua de cocción, secado: (●) 80 °C y (▲) 120 °C.*



*Figura 26: Datos experimentales y modelo cinético de Pilosof y Col. (1985), de la variedad Pomerí para la absorción de agua, para una concentración de 0,3 g/L de inhibidor de pardeamiento en el agua de cocción, secado a: (●) 80 °C y (▲) 120 °C.*



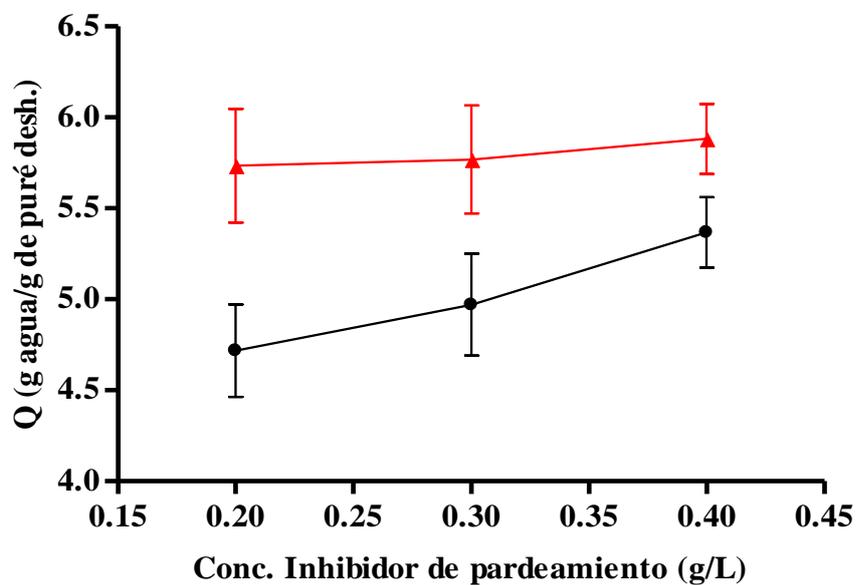
*Figura 27: Datos experimentales y modelo cinético de Pilosof y Col. (1985), de la variedad Pomeri para la absorción de agua, para una concentración de 0,4 g/L de inhibidor de pardeamiento en el agua de cocción, secado a: (●) 80 °C y (▲) 120 °C.*

Nuevamente observamos, que cuando los productos son secados a mayor temperatura la absorción de agua en el tiempo de equilibrio es mayor.

Los ANOVA sobre el parámetro  $B$ ,  $R_o$  y  $K$  muestran que no existen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para la muestra Pomeri secada a 80 °C. En el estudio de la evolución de la absorción de agua para la misma variedad pero secada a 120 °C, se observó que los parámetros  $B$  y  $R_o$ , presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), obteniéndose el valor más elevado de  $B$  para la concentración de 0,4 g/L de inhibidor de pardeamiento, pero a la menor velocidad inicial ( $R_o$ ) y con el menor valor de la constante de velocidad ( $K$ ), aunque esta última no presenta diferencias significativas con la concentración del inhibidor de pardeamiento.

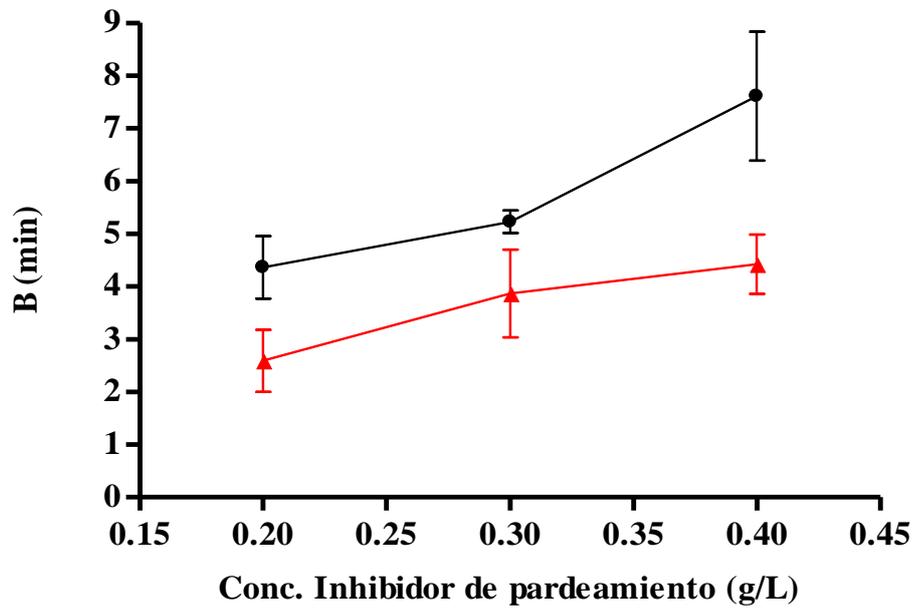
Al realizar los ANOVA a ambas temperaturas, de los parámetros  $B$  y  $R_o$  de la ecuación de Pilosof y Col., 1985, mostraron que existen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). La constante de velocidad ( $K$ ) no presenta diferencias significativas para las temperaturas estudiadas. (Tabla A.26 a 28 del anexo A).

En la *figura 28* se muestran la variación de los parámetros  $Q$  (A),  $B$  (B) y  $R_0$  (C) del modelo de Pilosof para la variedad Pomerí secado a dos temperaturas, 80 °C y 120 °C.

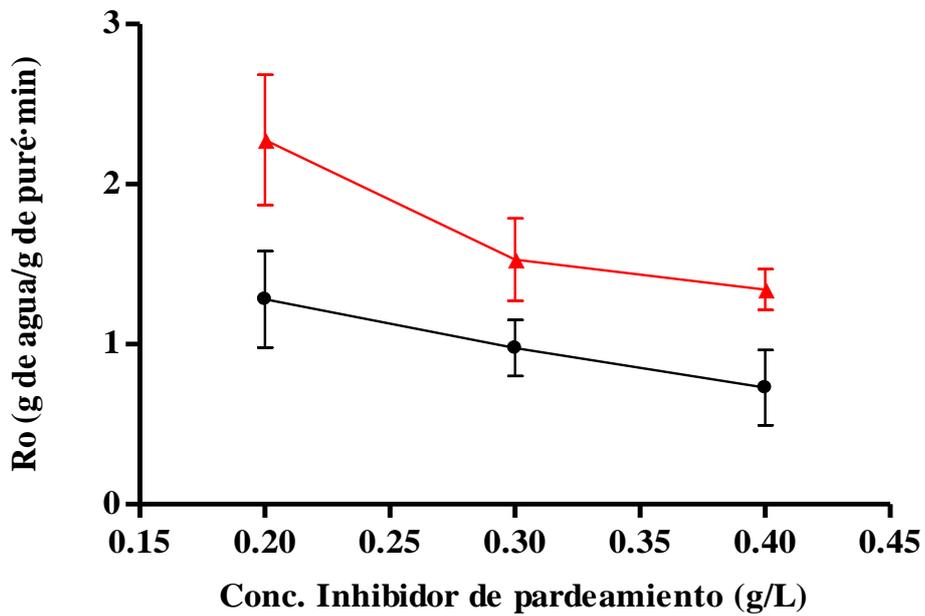


(A)

**Figura 28:** Parámetros  $Q$  (A),  $B$  (B) y  $R_0$  (C) del modelo de Pilosof. Variedad Pomerí secado a: (●) 80 °C y (▲) 120 °C. Diferencias entre temperaturas de secado. Los puntos de coordenadas representan el valor promedio de tres repeticiones y las barras las de los límites de confianza para las concentraciones de inhibidor de pardeamiento.



(B)



(C)

**Figura 28:** Parámetros  $Q$  (A),  $B$  (B) y  $R_0$  (C) del modelo de Pilosof. Variedad Pomerí secado a: (●) 80 °C y (▲) 120 °C. Diferencias entre temperaturas de secado. Los puntos de coordenadas representan el valor promedio de tres repeticiones y las barras las de los límites de confianza para las concentraciones de inhibidor de pardeamiento.

En la *figura 28* observamos que las muestras secadas a 120 °C, obtuvieron la mayor cantidad de agua absorbida en el equilibrio (A) alcanzando la mitad de la capacidad total de absorción ( $B=Q/2$ ) a un tiempo menor (B) y con una velocidad inicial (C) mayor que las muestras secadas a 80 °C.

### ***Aplicación del modelo cinético Exponencial***

#### ***Variedad Concepción***

El análisis estadístico de la aplicación de este modelo exponencial cinético se presentan en la *tabla A.17* (variedad Concepción, secado a 80 °C) y *tabla A.18* (variedad Concepción, secado a 120 °C).

Los resultados de los parámetros cinéticos  $C_{\infty}$  y K y la bondad del ajuste del modelo se encuentran resumidos en la *tabla 9* (variedad Concepción, secado a 80 °C), *tabla 10* (variedad Concepción, secado a 120 °C).

**Tabla 9:** Valores de los parámetros del modelo Exponencial para los purés cocidos con distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento y secados a 80 °C de la variedad Concepción.

Conc. Inhibidor de pardeamiento (g/L)	$C_{\infty}$ (g agua/g de puré desh.)	K (min <sup>-1</sup> )	Bondad de ajuste			
			$R^2$	RMSE	MBE	E %
0,2	4,4 ± 0,1 <sup>a</sup>	0,24 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,91	0,47	-0,07	13,53
0,3	4,3 ± 0,1 <sup>a</sup>	0,26 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,92	0,43	-0,04	11,85
0,4	4,5 ± 0,2 <sup>a</sup>	0,13 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,92	0,43	-0,09	11,80

Los valores de  $C_{\infty}$  y K son promedios de tres repeticiones ± error estándar.

$C_{\infty}$ : contenido de agua en el equilibrio a tiempo infinito, K: constante de velocidad.

\* Distintos superíndices en la misma columna indica que existen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 10:** Valores de los parámetros del modelo Exponencial para los purés cocidos con distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento y secados a 120 °C de la variedad Concepción.

Conc. Inhibidor de pardeamiento (g/L)	$C_{\infty}$ (g agua/g de puré desh.)	K ( $\text{min}^{-1}$ )	Bondad de ajuste			
			$R^2$	RMSE	MBE	E %
0,2	$5,1 \pm 0,1^a$	$0,60 \pm 0,07^a$	0,89	0,62	-0,03	12,92
0,3	$5,2 \pm 0,1^a$	$0,51 \pm 0,05^{ab}$	0,92	0,50	-0,06	11,87
0,4	$5,4 \pm 0,2^a$	$0,32 \pm 0,04^b$	0,89	0,60	-0,10	15,28

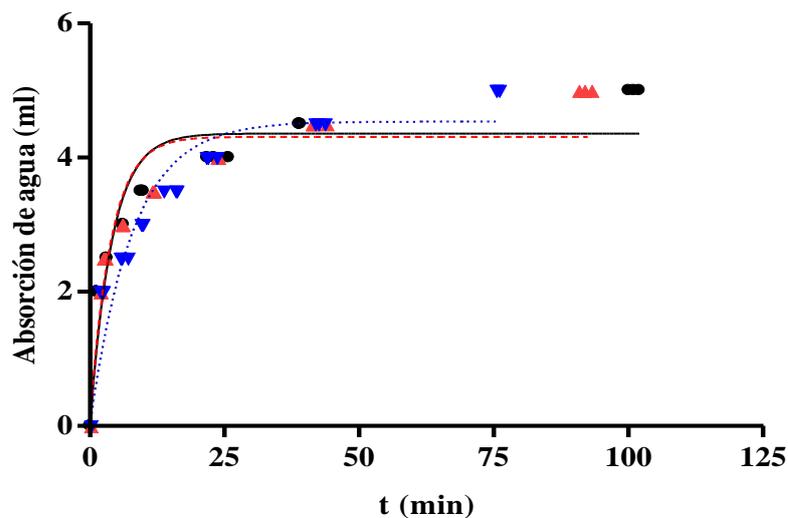
Los valores de  $C_{\infty}$  y K son promedios de tres repeticiones  $\pm$  error estándar.

$C_{\infty}$ : contenido de agua en el equilibrio a tiempo infinito, K: constante de velocidad.

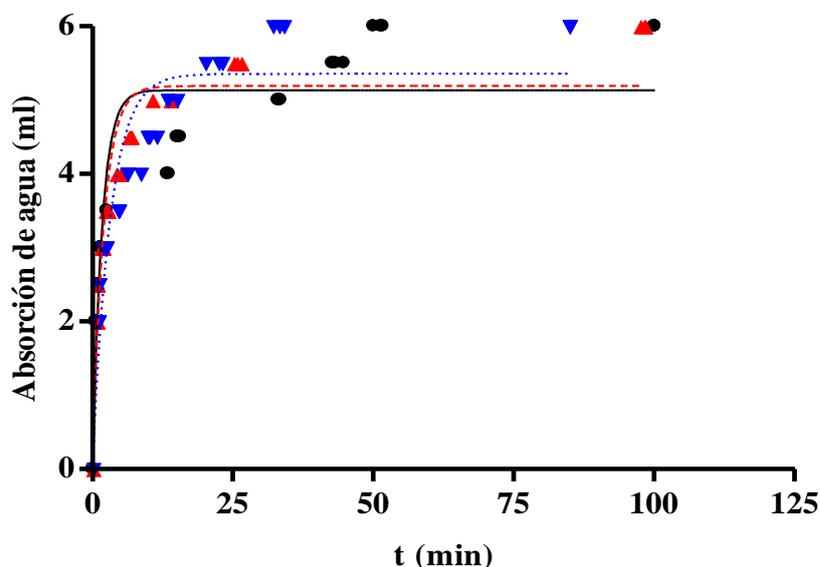
\* Distintos superíndices en la misma columna indica que existen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

El modelo Exponencial no ajusta satisfactoriamente a los datos experimentales de absorción de agua para los ensayos realizados con diferentes concentraciones de inhibidor de pardeamiento y a las dos temperaturas de secado, como se evidencia en los valores de  $R^2$ , RMSE, MBE y error porcentual en las *tablas 9 y 10*.

Los valores experimentales juntamente con las gráficas de la aplicación del modelo Exponencial se presentan en la *figura 29* (variedad Concepción, secado a 80 °C), *figura 30* (variedad Concepción, secado a 120 °C).



**Figura 29:** Datos experimentales y modelo exponencial de la variedad Concepción para la absorción de agua, a las tres concentración de inhibidor de pardeamiento (●) 0,2g/l; (▲) 0,3 g/l y (▼) 0,4 g/l en el agua de cocción y secado a 80 °C.

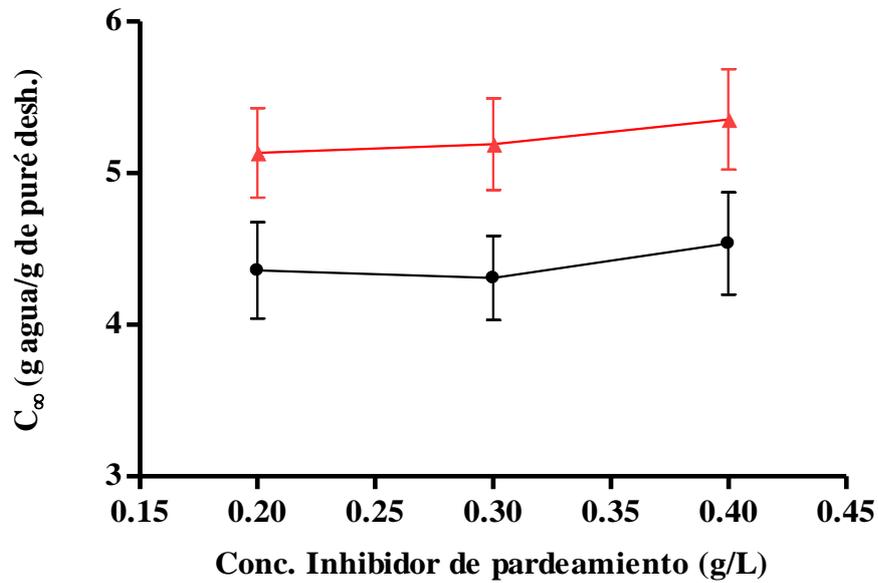


**Figura 30:** Datos experimentales y modelo exponencial de la variedad Concepción para la absorción de agua, para las tres concentración de inhibidor de pardeamiento (●) 0,2g/l; (▲) 0,3 g/l y (▼) 0,4 g/l en el agua de cocción y secado a 120 °C.

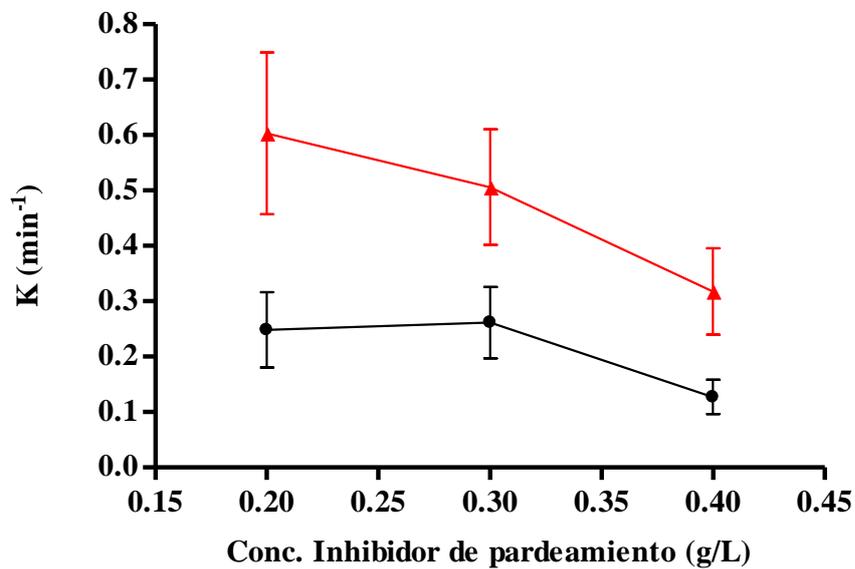
Las figuras 29 y 30 se observa un ajuste del modelo menos preciso que el observado con el modelo de Pilosof y Col. (1985). Con el modelo exponencial se observa una pendiente de subida más pronunciada.

La aplicación de un ANOVA sobre  $C_{\infty}$  y  $K$  para las muestras de Concepción secadas a 80 y 120 °C, muestra que no existen diferencias significativas con la concentración de inhibidor de pardeamiento ( $p > 0,05$ ) (Tabla A.37 y A 38) y que existen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) de los dos parámetros con las temperaturas de secado. (Tabla A. 39 y A.40).

En la figura 31 se muestran las diferencias en los parámetros  $C_{\infty}$  (A) y  $K$  (B) del modelo de exponencial para la variedad Concepción secado a dos temperaturas, 80 °C y 120 °C.



(A)



(B)

**Figura 31:** Parámetros  $C_{\infty}$  (A) y  $K$  (B) del modelo de exponencial. Variedad Concepción secado a: (●) 80 °C y (▲) 120 °C. Diferencias entre temperaturas de secado. Los puntos de coordenadas representan el valor promedio de tres repeticiones y las de los límites de confianza para las concentraciones de inhibidor de pardeamiento.

A mayor temperatura de secado obtenemos mayor contenido de agua en el equilibrio a mayor velocidad de absorción, esto podemos observar en la *figura 31*.

### **Variedad Pomberí**

El análisis estadístico de la aplicación de este modelo exponencial se presentan en la *tabla A.19* (variedad Pomberí, secado a 80 °C) y *tabla A.20* (variedad Pomberí, secado a 120 °C).

Los valores de los parámetros cinéticos  $C_{\infty}$  y  $K$  y la bondad del ajuste del modelo se encuentran resumidos en la *tabla 11* (variedad Pomberí, secado a 80 °C), *tabla 12* (variedad Pomberí, secado a 120 °C).

**Tabla 11:** Valores de la constante  $C_{\infty}$  de la ecuación del modelo Exponencial para la variedad Pomberí, la constante de velocidad  $K$  y de la bondad del ajuste del modelo para la absorción de agua, para los purés cocidos con distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento y secados a 80 °C.

Conc. Inhibidor de pardeamiento (g/L)	$C_{\infty}$ (g agua/g de puré desh.)	$K$ (min <sup>-1</sup> )	Bondad de ajuste			
			$R^2$	RMSE	MBE	E %
0,2	4,4 ± 0,1 <sup>a</sup>	0,20 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,92	0,45	-0,003	8,28
0,3	4,5 ± 0,2 <sup>a</sup>	0,13 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,92	0,43	-0,08	11,81
0,4	4,7 ± 0,1 <sup>b</sup>	0,11 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,92	0,46	-0,02	9,62

Los valores de  $C_{\infty}$  y  $K$  son promedios de tres repeticiones ± error estándar.

$C_{\infty}$ : contenido de agua en el equilibrio a tiempo infinito,  $K$ : constante de velocidad.

\* Distintos superíndices en la misma columna indica que existen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 12:** Valores de la constante  $C_{\infty}$  de la ecuación del modelo Exponencial para la variedad Pomerí, la constante de velocidad  $K$  y de la bondad del ajuste del modelo para la absorción de agua, para los purés cocidos con distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento y secados a 120 °C.

Conc. Inhibidor de pardeamiento (g/L)	$C_{\infty}$ (g agua/g de puré desh.)	$K$ (min <sup>-1</sup> )	Bondad de ajuste			
			$R^2$	RMSE	MBE	E %
0,2	5,3 ± 0,2 <sup>a</sup>	0,26 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,91	0,53	-0,118	11,94
0,3	5,1 ± 0,2 <sup>a</sup>	0,20 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,89	0,58	-0,09	14,52
0,4	5,2 ± 0,1 <sup>a</sup>	0,18 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,94	0,42	-0,04	9,11

Los valores de  $C_{\infty}$  y  $K$  son promedios de tres repeticiones ± error estándar.

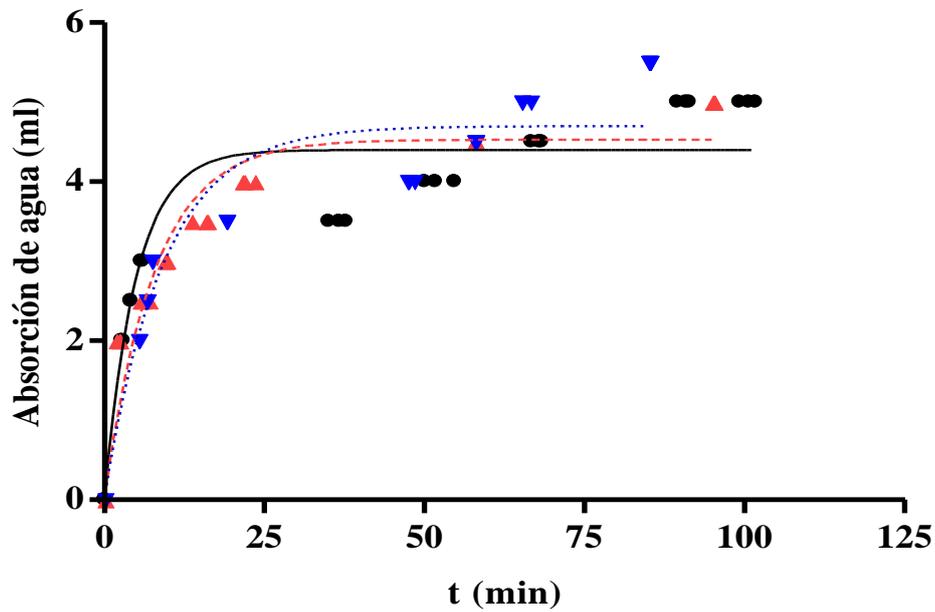
$C_{\infty}$ : contenido de agua en el equilibrio a tiempo infinito,  $K$ : constante de velocidad.

\* Distintos superíndices en la misma columna indica que existen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

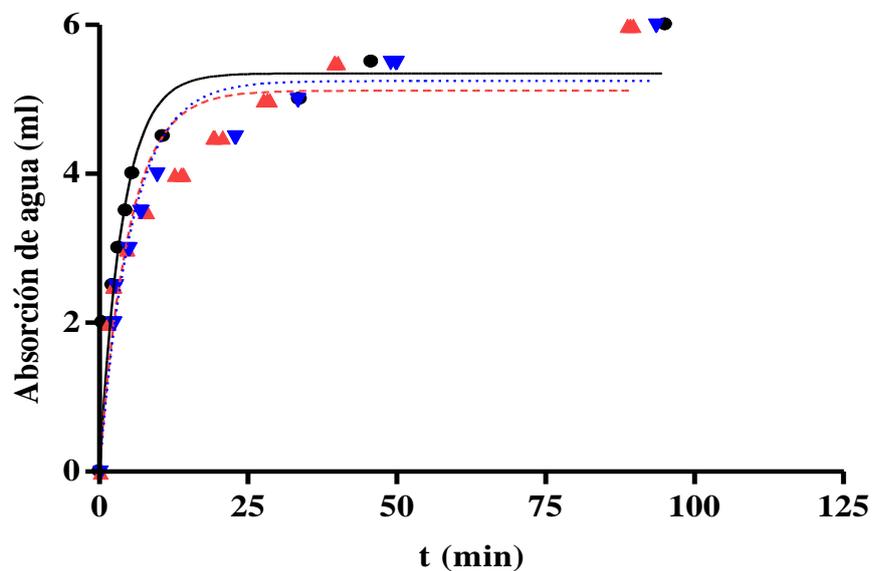
Los valores de  $C_{\infty}$  no presentan una tendencia con respecto al aumento de la cantidad del inhibidor, mientras que los valores de  $K$ , disminuyen con el aumento del mismo.

El ajuste del modelo de exponencial a los datos experimentales de absorción de agua de los purés de mandioca cocidos a distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento (0,2, 0,3 y 0,4 g de bisulfito de sodio/L de agua de cocción) y secados a dos temperaturas (80 y 120 °C) de la variedad Pomerí, no resultaron tan satisfactorios como el modelo de Pilosof y Col. (1985), según los valores de  $R^2$ , RMSE, MBE y el error porcentual de las *tablas 11 y 12*

Los valores experimentales juntamente con las gráficas de la aplicación del modelo exponencial se presentan en la *figura 32* (variedad Pomerí, secado a 80 °C), *figura 33* (variedad Pomerí, secado a 120 °C).



*Figura 32: Datos experimentales y modelo exponencial de la variedad Pomerí para la absorción de agua, a las tres concentración de inhibidor de pardeamiento (●) 0,2g/l; (▲) 0,3 g/l y (▼) 0,4 g/l en el agua de cocción y secado a 80 °C.*



*Figura 33: Datos experimentales y modelo exponencial de la variedad Pomerí para la absorción de agua, para las tres concentración de inhibidor de pardeamiento (■) 0,2 g/l; (●) 0,3 g/l y (▼) 0,4 g/l en el agua de cocción y secado a 120 °C.*

En las *figuras 32 y 33* observamos graficas similares al obtenido en el ajuste con el modelo Pilosof, pero la curva es mucho menos ajustada que en dicho modelo.

La aplicación de un ANOVA sobre  $C_{\infty}$  y  $K$  para las muestras de Pomerí secadas a 80 °C, muestra que existen diferencias significativas con la concentración de inhibidor de pardeamiento ( $p < 0,05$ ) para el parámetro  $C_{\infty}$  mientras que no existen diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) para el parámetros  $K$  (*Tabla A. 41*).

Al comparar los valores obtenidos para  $C_{\infty}$  y  $K$ , para las muestras Pomerí secadas a 120 °C, un ANOVA mostró que no existen diferencias ( $p > 0,05$ ) para ninguno de los dos parámetros, con las distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento (*Tabla A.42*).

Un ANOVA MULTIFACTORIAL aplicado sobre los resultados respecto de las temperaturas de secado y las concentraciones del inhibidor, para los dos parámetros de la ecuación exponencial, muestra que hay diferencias significativas para  $C_{\infty}$  con respecto a la temperaturas y no hay con la concentración del inhibidor, mientras que para  $K$  no hay diferencias significativas con la temperatura de secado y hay con respecto a las concentración del inhibidor de pardeamiento (*Tabla A.43 y 44*).

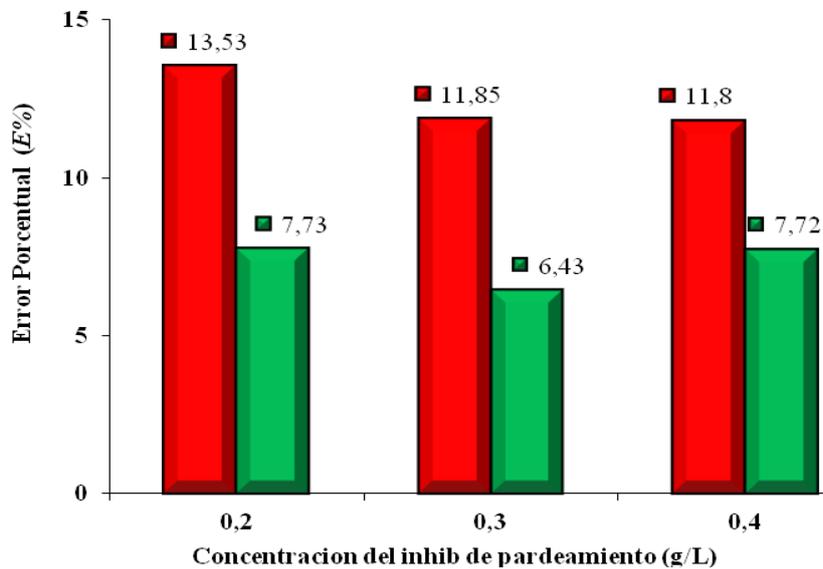
### ***Comparación de los modelos***

El criterio utilizado para comparar los modelos empleados en el ajuste de los datos experimentales de la absorción de agua de los purés deshidratados de mandioca cocidos con distintas concentraciones del inhibidor de pardeamiento, fue evaluar las magnitudes del coeficiente de determinación ( $R^2$ ), RMSE y el error porcentual (E%). Cuanto más alto es el valor del coeficiente de determinación y más bajo son los valores de RMSE y E%, mejor será la bondad del ajuste de los datos experimentales al modelo.

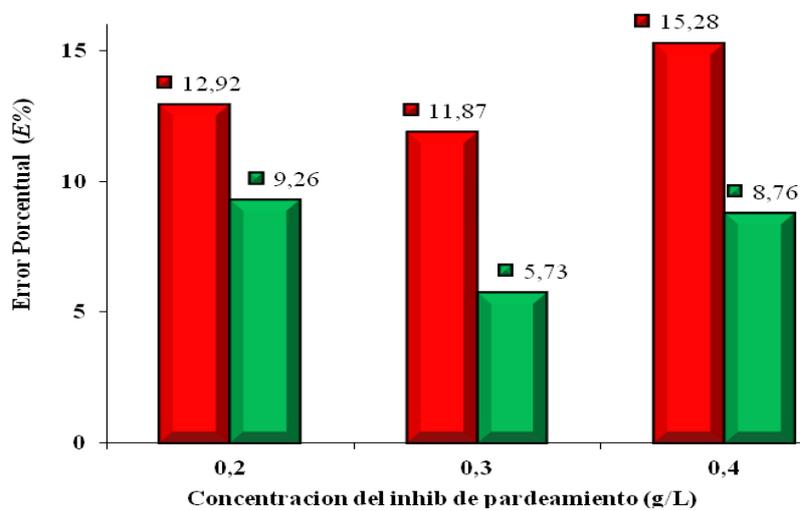
Los valores de  $R^2$  fueron mayores a 0,93 en el modelo de Pilosof y Col. (1985), para las dos variedades en todas las concentraciones del inhibidor de pardeamiento y los valores de RMSE y MBE fueron valores muy bajos en ambas variedades a las dos temperaturas de secado. Los valores del E% fueron en todos los casos menor al 10%.

Desde la figura 34 a 37 se presentan los valores de los errores porcentuales en forma de histogramas en función de las diferentes concentraciones del inhibidor de pardeamiento,

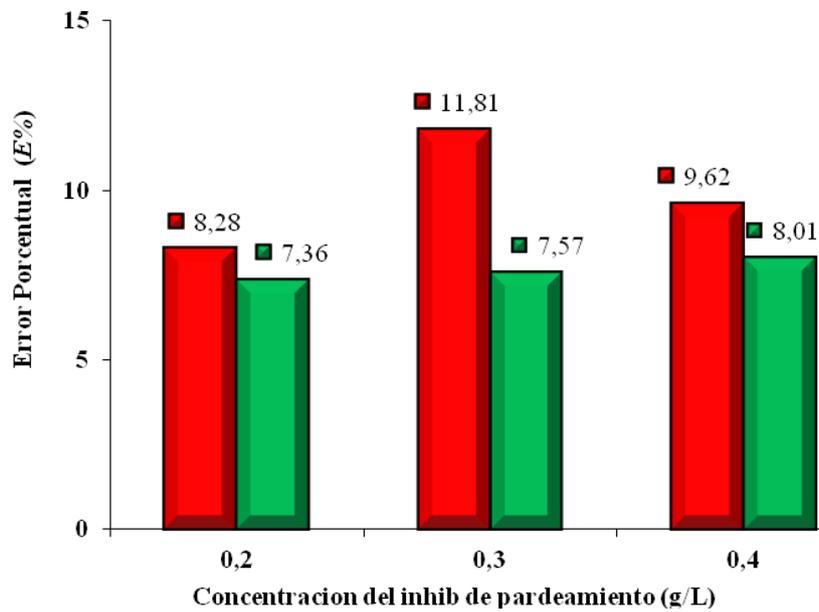
para cada modelo estudiado, para las variedades de purés de mandioca Concepción y Pomberí, secados a dos temperaturas, 80 y 120 °C.



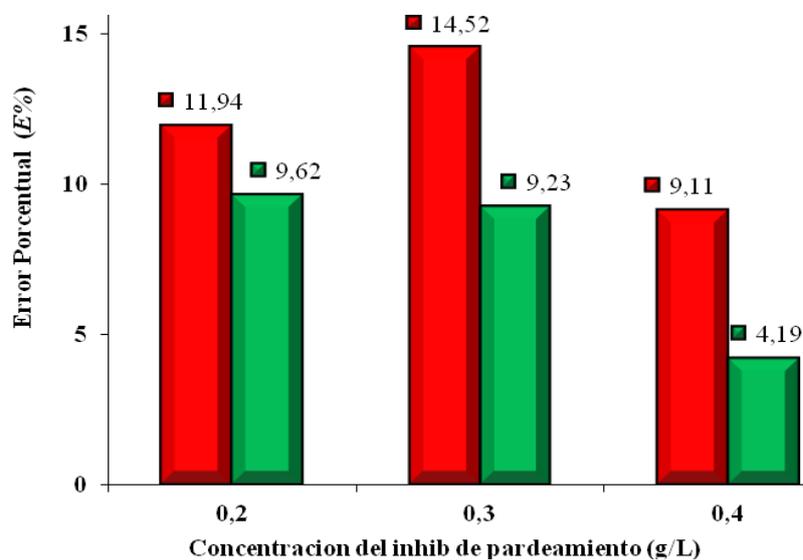
**Figura 34:** Valores de los E % para el modelo exponencial (■) y el de Pilosof y Col. (1985) (■) en función de las conc. de inhib. de pardeamiento para puré rehidratado de mandioca de la variedad Concepción secado a 80 °C.



**Figura 35:** Valores de los E % para el modelo exponencial (■) y el de Pilosof y Col. (1985) (■) en función de las conc. de inhib. de pardeamiento para puré rehidratado de mandioca de la variedad Concepción secado a 120 °C.



**Figura 36:** Valores de los E % para el modelo exponencial (■) y el de Pilosof y Col. (1985) (■) en función de las conc. de inhib. de pardeamiento para puré rehidratado de mandioca de la variedad Pomerí secado a 80 °C.



**Figura 37:** Valores de los E % para el modelo exponencial (■) y el de Pilosof y Col. (1985) (■) en función de las conc. de inhib. de pardeamiento para puré rehidratado de mandioca de la variedad Pomerí secado a 120 °C.

Las figuras exhibieron que, el modelo de Pilosof y Col. (1985), presentó valores de E% menores al 10 % para todas las concentraciones del inhibidor para ambas variedades y temperaturas de secado, en tanto el modelo exponencial no presentó muy buen ajuste, obteniéndose valores superiores al 10 % en casi todos los casos.

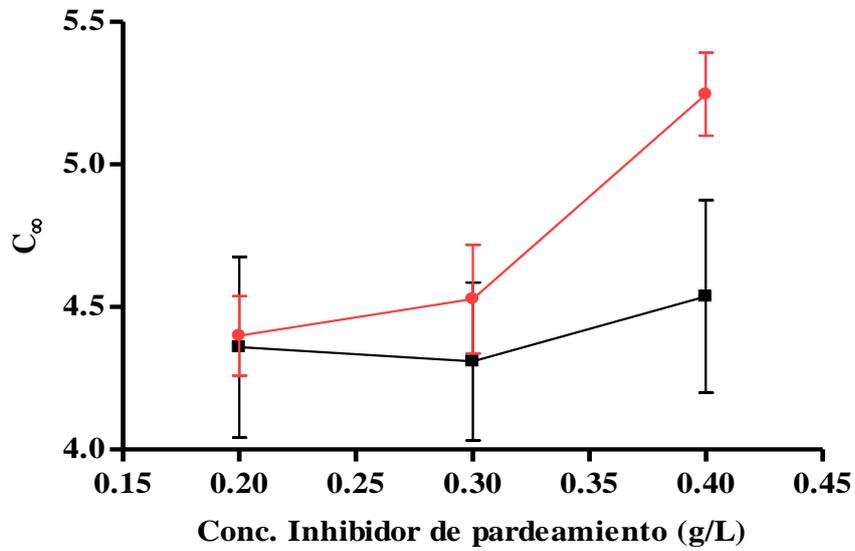
Cuando se compararon entre las variedades los parámetros cinéticos obtenidos, se observa que el ANOVA MULTIFACTORIAL sobre los valores de Q, mostró que no hubo diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre ambas variedades, Concepción y Pomberí, a ambas temperaturas de secado estudiadas, mientras que con respecto a la concentración del inhibidor de pardeamiento hay diferencias solamente a la temperatura de secado de 80 °C (*Tabla A.29 y A.30 del anexo A*).

Los valores de B, Ro y K, presentan diferencias significativas entre variedades ( $p < 0,05$ ) a las dos temperaturas de secado (80 y 120 °C) y para los distintos tratamientos de inhibidor de pardeamiento (*Tablas A.31 a A.36 del anexo A*).

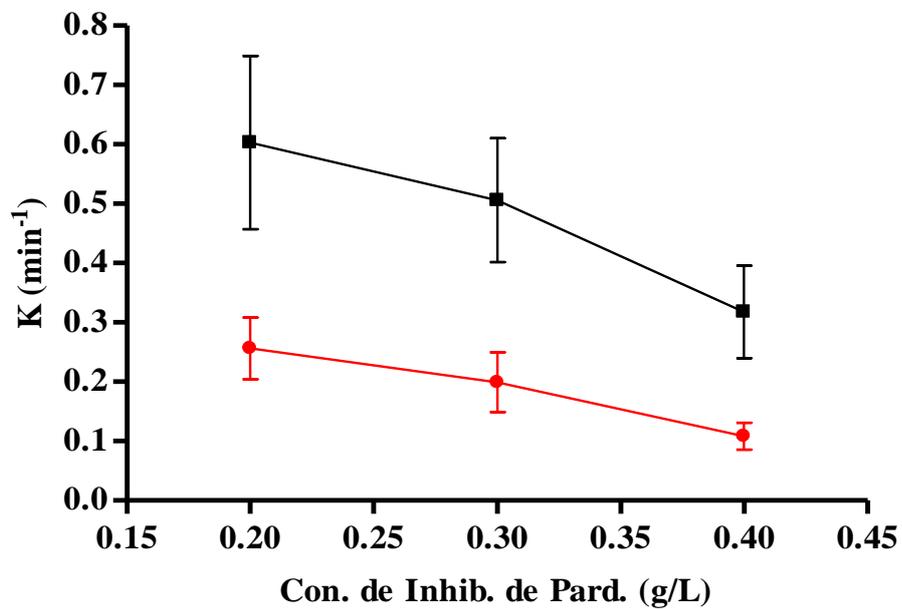
Podemos concluir que ambas variedades de puré de mandioca secadas a las dos temperaturas de ensayos alcanzan valores de concentración de agua en el equilibrio similares. En cambio, la velocidad inicial de absorción de agua y la constante de velocidad de la variedad Concepción, fueron mayores que para la variedad Pomberí, a las dos temperaturas de trabajo.

Al realizar una comparación de los parámetros cinéticos del modelo exponencial entre variedades Concepción y Pomberí, encontramos que un ANOVA MULTIFACTORIAL indica que  $C_{\infty}$  presenta diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) y K no presenta diferencias significativas ( $p > 0,05$ ), de las muestras secadas a 80 °C, para los dos parámetros comparados, variedad y concentración del inhibidor (*Tablas A.45 del anexo A*).

En cambio, para las muestras secadas a 120 °C, los valores de  $C_{\infty}$  no mostraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) y las constantes de velocidad de absorción de agua (K) sí presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las variedades y entre las concentraciones del inhibidor (*Tabla A.46 del anexo A*), siendo mayor para la variedad Concepción.



**Figura 38:** Parámetros  $C_{\infty}$  del modelo de exponencial para variedad Concepción secado a: (■) 80 °C y Pomerí secado a (●) 80 °C. Los puntos de coordenadas representan el valor promedio de tres repeticiones y las barras de los límites de confianza para las concentraciones de inhibidor de pardeamiento.



**Figura 39:** Parámetros  $K$  del modelo de exponencial para Variedad Concepción secado a: (■) 120 °C y Pomerí secado a (●) 120 °C. Los puntos de coordenadas representan el valor promedio de tres repeticiones y las barras de los límites de confianza para las concentraciones de inhibidor de pardeamiento.

En la *figura 38* observamos que las diferencias significativas entre las variedades secadas a la misma temperatura se presentan únicamente a la mayor concentración del inhibidor (*Anexo A.47 del anexo A*). Las constantes de velocidad K presentan valores superiores para la variedad concepción en todo el rango de inhibidores de pardeamiento usados.

En la *figura 39* las diferencias se presentan significativas entre las variedades en todas las concentraciones del inhibidor de pardeamiento (*Anexo A.48 del anexo A*).

### Índice de pardeamiento del puré rehidratado de mandioca

#### *Índice de pardeamiento con distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento.*

**Variedad Concepción:** Los resultados de la determinación de los valores de índice de pardeamiento medidas a 420 nm de los purés secados a dos temperaturas, 80 y 120 °C y con diferentes concentraciones de bisulfito de sodio agregado al agua de cocción de las raíces se muestran en la tabla 13. Los valores experimentales se muestran en la tabla B.1 del anexo B.

**Tabla 13:** Valores de Índice de pardeamiento de purés de mandioca variedad Concepción, secadas a dos temperaturas y tres concentraciones de bisulfito de sodio.

Variedad de mandioca	Concentración de Bisulfito de sodio (g/L)	Temperatura de secado °C	Índice de pardeamiento a 420 nm
Concepción	0,2	80	0,037 ± 0,007 <sup>a</sup>
Concepción	0,3	80	0,034 ± 0,006 <sup>a</sup>
Concepción	0,4	80	0,024 ± 0,004 <sup>b</sup>
Concepción	0,2	120	0,08 ± 0,01 <sup>c</sup>
Concepción	0,3	120	0,058 ± 0,001 <sup>d</sup>
Concepción	0,4	120	0,052 ± 0,001 <sup>d</sup>
Concepción	0	110	0,023 ± 0,0004 <sup>b</sup>

Los valores son medias de dos determinaciones ( $n = 3$ ) ± error estándar.

\* Distintos superíndices en la misma columna indica que existen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

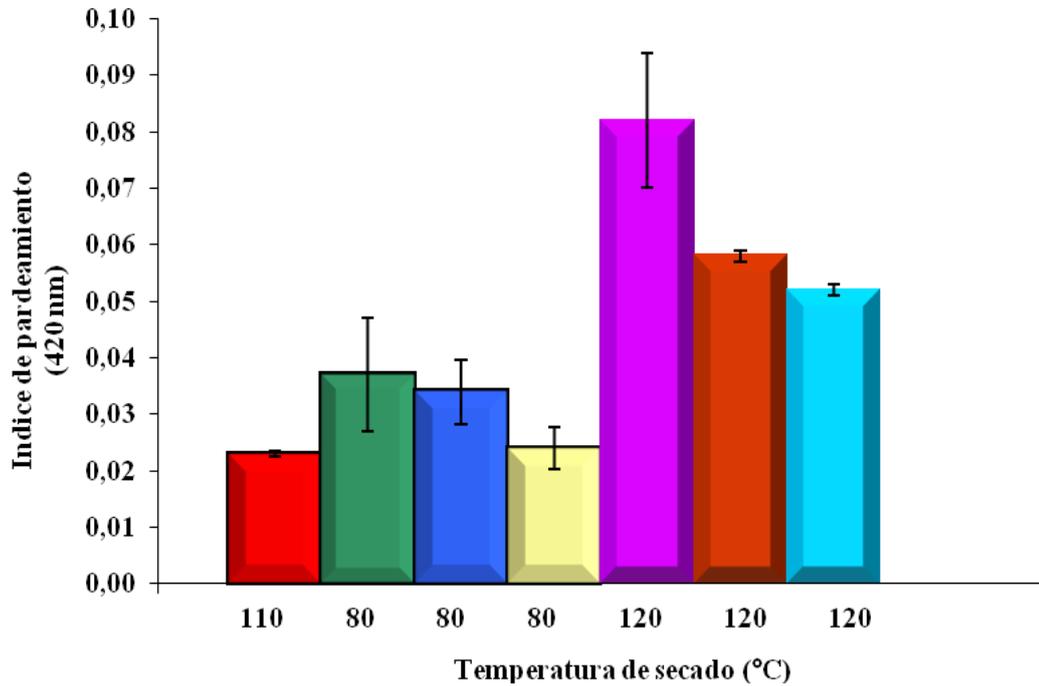
En la *tabla 13* se observa que el índice de pardeamiento disminuye al aumentar la concentración de bisulfito de sodio para las dos temperaturas de secado y al disminuir la temperatura de secado, para todas las concentraciones del inhibidor de pardeamiento. La disminución de los índices, para la concentración de bisulfito 0,2 (g/L) es más abrupta que para las otras concentraciones.

El puré de secado a 110 °C, que es el elaborado en la Cooperativa, tuvo un índice de pardeamiento de 0,023 medido a 420 nm.

De las distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento, bisulfito de sodio, fue eficaz la de mayor concentración (0,4 g/L) en producción de puré de mandioca a ambas temperatura de secado dando los menores valores de índice de pardeamiento.

Un análisis de varianza de los valores del índice de pardeamiento y su variación con la temperatura y con la concentración de bisulfito de sodio indicaron que existen diferencia significativas ( $p < 0,05$ ) de un nivel de temperatura a otro y entre las diferentes concentraciones de bisulfito de sodio, dentro del rango de estudio. La interacción bisulfito de sodio y temperatura no es significativa (*Tabla B.3 del anexo B*).

En la *figura 40* se presenta en forma grafica la variación de los índice de pardeamiento a las dos temperaturas de secado, 80 y 120 °C y las muestras de la Cooperativa secada a 110 °C, a las distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento.



**Figura 40:** Comparación de los índices de pardeamiento de muestras de puré variedad Concepción, con distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento: (■) 0 g/L; (■;■) 0,2 g/L; (■;■) 0,3 g/L;(■;■) 0,4 g/L).

Al comparar los índices de pardeamiento medidos a 420 nm para los purés secado a 110 °C, con los secados a 80 °C y 120 °C, se observó que el puré secado a 110 °C que se realizó en la planta industrial de la Cooperativa, aunque no posea inhibidor de pardeamiento, presentó el menor índice de pardeamiento, comparándolo con las restantes muestras, como se observa en la *figura 40*. Solamente las muestras secadas a 80 °C y con la mayor concentración del bisulfito de sodio, tuvo valores similares sin diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

**Variedad Pomberí:** Los índices de pardeamiento medidos a 420 nm de los purés secados a dos temperaturas, 80 y 120 °C y con diferentes concentraciones de bisulfito de sodio agregado al agua de cocción de las raíces, se muestran en la *tabla 14*. Los valores experimentales se muestran en la *tabla B.2 del anexo B*.

**Tabla 14:** Valores de Índice de pardeamiento de purés de mandioca variedad Concepción, secadas a dos temperaturas y tres concentraciones de bisulfito de sodio.

Variedad de mandioca	Concentración de Bisulfito de sodio (g/L)	Temperatura de secado °C	Índice de pardeamiento a 420 nm
Pomberí	0,2	80	0,021 ± 0,001 <sup>a</sup>
Pomberí	0,3	80	0,0197 ± 0,0004 <sup>a</sup>
Pomberí	0,4	80	0,018 ± 0,004 <sup>a</sup>
Pomberí	0,2	120	0,094 ± 0,004 <sup>b</sup>
Pomberí	0,3	120	0,066 ± 0,001 <sup>c</sup>
Pomberí	0,4	120	0,051 ± 0,001 <sup>d</sup>
Pomberí	0	110	0,013 ± 0,001 <sup>e</sup>

Los valores son medias de dos determinaciones ( $n = 3$ ) ± error estándar.

\* Distintos superíndices en la misma columna indica que existen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

En la *tabla 14* se observa que los índices disminuyen al aumentar la concentración de bisulfito para las dos temperaturas de trabajo.

Los índices de pardeamiento disminuyen al disminuir la temperatura para todas las concentraciones de bisulfito. La disminución del índice de pardeamiento para la concentración de bisulfito 0,2 (g/L) es más pronunciada que para las otras concentraciones.

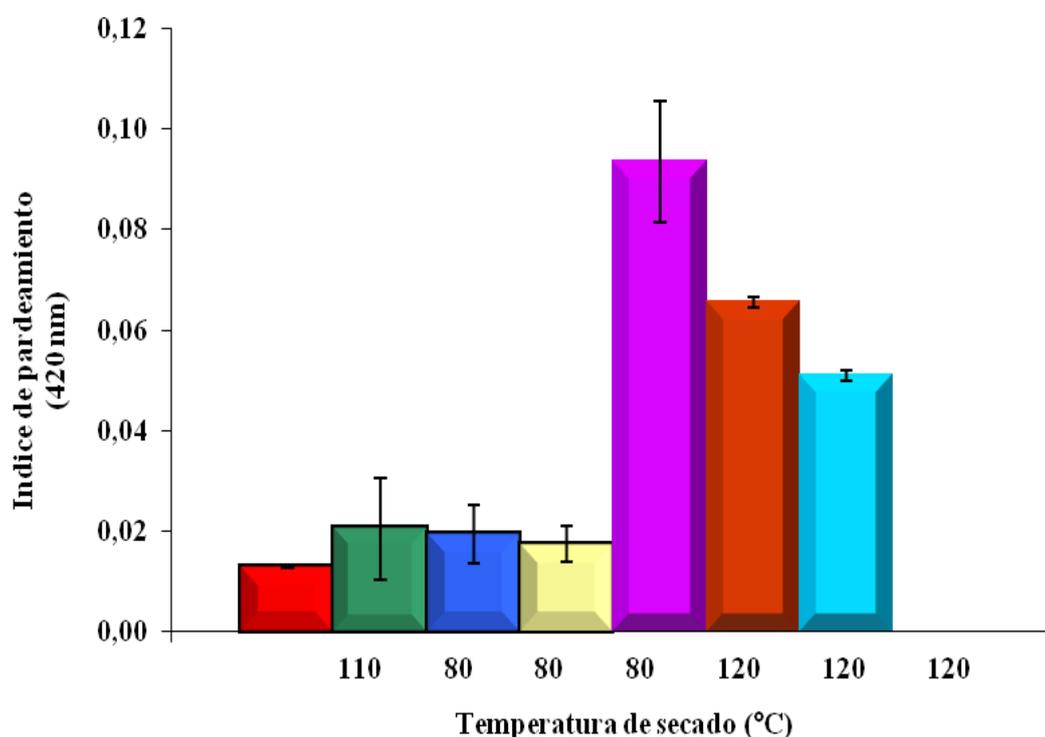
El puré de elaborado en la planta industrial de la cooperativa y secada a 110 °C, tuvo un índice de pardeamiento de 0,013 medido a 420 nm.

De las distintas concentraciones de bisulfito de sodio agregadas al agua de cocción de las raíces, fue para esta variedad también la más eficaz, la de mayor concentración (0,4 g/L) a las dos temperaturas de secado.

Un análisis de varianza de los valores de los índices de pardeamiento y su variación con la temperatura y con la concentración de bisulfito de sodio indican que existen diferencia significativas ( $p < 0,05$ ) de un nivel de temperatura a otro y entre las diferentes

concentraciones de bisulfito de sodio, dentro del rango de estudio (*Tabla B.4 del anexo B*).

En la *figura 41* se presentan los índices de pardeamiento a las dos temperaturas de secado, 80 y 120 °C y las muestras de la Cooperativa secada a 110 °C, a las distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento.



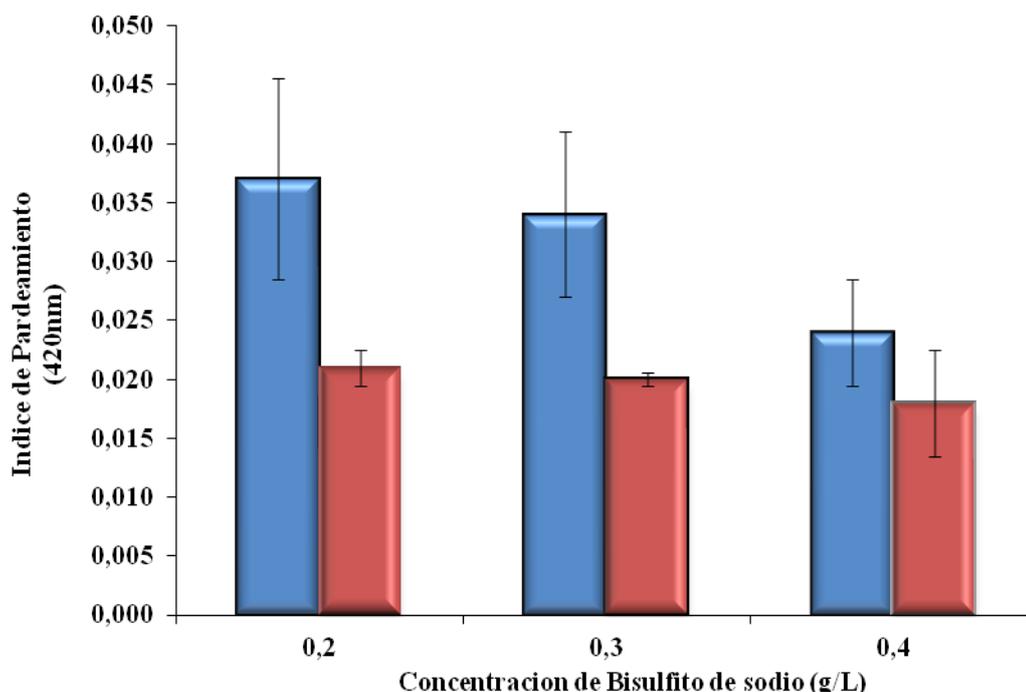
**Figura 41:** Comparación de los índices de pardeamiento de muestras de puré variedad Pomberí, con distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento: (■) 0 g/L; (■; ■) 0,2 g/L; (■; ■) 0,3 g/L; (■; ■) 0,4 g/L).

Como se observa en la *figura 41*, para los purés de la variedad Pomberí los menores índices de pardeamiento fueron para el puré secado a 110 °C con una concentración de 0 g/L del inhibidor de pardeamiento, comparándolos con los secados a 120 °C y 80 °C.

### Comparación entre variedades Concepción y Pomberí

Los índices de pardeamiento variaron en función de las concentraciones de inhibidor de pardeamiento y de las temperaturas de secados.

En la figura 42 se presenta la variación entre las variedades, Concepción y Pomerí, de los índices de pardeamiento, para las muestras secadas 80 °C.



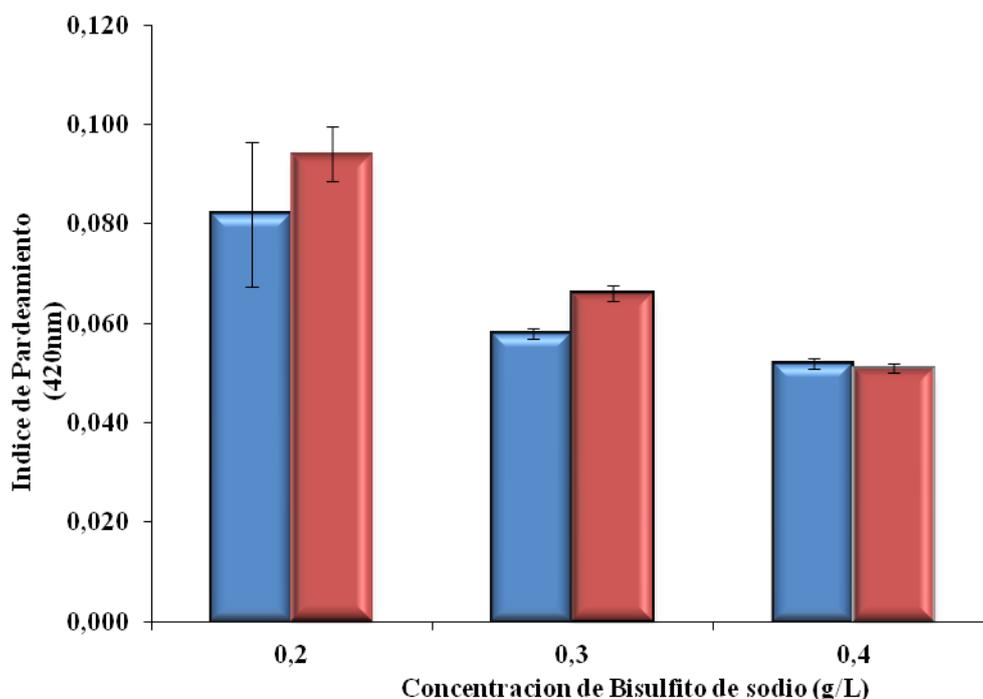
**Figura 42:** Comparación de los índices de pardeamiento de muestras de puré de variedad Concepción (■) y Pomerí (■) secado a 80 °C.

En la figura 42 se observa que los índices de pardeamiento para la variedad Concepción son más elevados que para la variedad Pomerí secados a 80 °C.

El valor reportado por Quayson (2007) para productos de la yuca (*M. esculenta*) es de 0,021 de densidad óptica (DO) o índice de pardeamiento a 420 nm, similar al encontrado en nuestro puré de mandioca en ambas variedades.

Al analizar la variación de los índices de pardeamiento a la temperatura de secado de 80 °C entre las variedades, Concepción y Pomerí, el ANOVA, indicó que existen diferencias significativas entre las variedades (Tabla B.5 del anexo B).

En la figura 43 se presenta la variación entre las variedades, Concepción y Pomerí, de los índices de pardeamiento, para las muestras secadas 120 °C.



**Figura 43:** Comparación de los índices de pardeamiento de muestras de puré de variedad Concepción (■) y Pomerí (■) secado a 120 °C.

En la figura 43 se observa que los índices de pardeamiento para la variedad Concepción son menos elevados que para la variedad Pomerí a las menores concentraciones de inhibidor de pardeamiento, pero a la mayor concentración del inhibidor, el índice de pardeamiento sigue la misma tendencia que para los purés secados a 80 °C.

Al realizar el ANOVA entre variedades pero a la temperatura de secado de 120°C, la variedad no es significativa. ( $p > 0,05$ ) (Tabla B.6 del anexo B).

## Color de puré rehidratado de mandioca con inhibidor de pardeamiento

### *Variedad Concepción.*

Los resultados de la determinación de los parámetros de color  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  a las concentraciones de 0,2; 0,3 y 0,4 gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción de raíces de mandioca de variedad Concepción secada a 80 y 120 °C a las temperaturas de 27, 40 y 80 °C, se muestran en la *tabla 15 a 20*. Los datos experimentales se presentan en la *tabla C.1 a C.3 del Anexo C*.

**Tabla 15:** *Parámetro  $L^*$  en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Concepción a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a 80 °C.*

Concentración (g/ L)	Temperatura (°C)		
	80	40	27
0,2	57,86±0,03 <sup>a</sup>	57,24±0,01 <sup>a</sup>	56,483±0,003 <sup>a</sup>
0,3	59,110±0,006 <sup>b</sup>	57,960±0,006 <sup>b</sup>	57,680±0,006 <sup>b</sup>
0,4	59,653±0,003 <sup>c</sup>	58,57±0,01 <sup>c</sup>	58,213±0,003 <sup>c</sup>

*Los valores son promedio de tres repeticiones ± error estándar.*

*\* Distintos superíndices en la misma columna indica que existen diferencias significativas ( $p < 0,001$ ).*

**Tabla 16:** *Parámetro  $a^*$  en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Concepción a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a 80 °C.*

Concentración (g/ L)	Temperatura (°C)		
	80	40	27
0,2	-6,54±0,01 <sup>a</sup>	-6,32±0,01 <sup>a</sup>	-6,26±0,02 <sup>a</sup>
0,3	-7,277±0,004 <sup>b</sup>	-7,043±0,003 <sup>b</sup>	-6,92±0,01 <sup>b</sup>
0,4	-7,660±0,006 <sup>c</sup>	-7,373±0,003 <sup>c</sup>	-7,243±0,009 <sup>c</sup>

*Los valores son promedio de tres repeticiones ± error estándar.*

*\* Distintos superíndices en la misma columna indica que existen diferencias significativas ( $p < 0,001$ ).*

**Tabla 17:** Parámetro  $b^*$  en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Concepción a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a 80 °C.

Concentración (g/ L)	Temperatura (°C)		
	80	40	27
0,2	18,06±0,01 <sup>a</sup>	16,74±0,01 <sup>a</sup>	16,167±0,009 <sup>a</sup>
0,3	19,55±0,01 <sup>b</sup>	17,933±0,003 <sup>b</sup>	16,883±0,003 <sup>b</sup>
0,4	20,24±0,01 <sup>c</sup>	18,33±0,05 <sup>c</sup>	17,51±0,02 <sup>c</sup>

Los valores son promedio de tres repeticiones ± error estándar.

\* Distintos superíndices en la misma columna indica que existen diferencias significativas ( $p < 0,001$ ).

**Tabla 18:** Parámetro  $L^*$  en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Concepción a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a 120 °C.

Concentración (g/ L)	Temperatura (°C)		
	80	40	27
0,2	52,88±0,02 <sup>a</sup>	51,107±0,003 <sup>a</sup>	50,16±0,01 <sup>a</sup>
0,3	54,76±0,01 <sup>b</sup>	53,69±0,02 <sup>b</sup>	52,61±0,01 <sup>b</sup>
0,4	56,947±0,003 <sup>c</sup>	54,217±0,03 <sup>c</sup>	53,87±0,02 <sup>c</sup>

Los valores son promedio de tres repeticiones ± error estándar.

\* Distintos superíndices en la misma columna indica que existen diferencias significativas ( $p < 0,001$ ).

**Tabla 19:** Parámetro  $a^*$  en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Concepción a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a 120 °C.

Concentración (g/ L)	Temperatura (°C)		
	80	40	27
0,2	-5,123±0,003 <sup>a</sup>	-4,95±0,01 <sup>a</sup>	-4,447±0,003 <sup>a</sup>
0,3	-5,66±0,02 <sup>b</sup>	-5,45±0,01 <sup>b</sup>	-5,337±0,003 <sup>b</sup>
0,4	-7,103±0,003 <sup>c</sup>	-6,967±0,003 <sup>c</sup>	-6,64±0,02 <sup>c</sup>

Los valores son promedio de tres repeticiones ± error estándar.

\* Distintos superíndices en la misma columna indica que existen diferencias significativas ( $p < 0,001$ ).

**Tabla 20:** Parámetro  $b^*$  en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Concepción a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a 120 °C.

Concentración (g/ L)	Temperatura (°C)		
	80	40	27
0,2	15,47±0,003 <sup>a</sup>	14,16±0,003 <sup>a</sup>	11,41±0,01 <sup>a</sup>
0,3	15,940±0,006 <sup>b</sup>	14,933±0,003 <sup>b</sup>	12,50±0,003 <sup>b</sup>
0,4	16,470±0,006 <sup>c</sup>	15,933±0,003 <sup>c</sup>	14,583±0,003 <sup>c</sup>

Los valores son promedio de tres repeticiones  $\pm$  error estándar.

\* Distintos superíndices en la misma columna indica que existen diferencias significativas ( $p < 0,001$ ).

En la *tabla 15 y 18 y 17 y 20* se observa que, en el rango de concentraciones estudiadas, los parámetros  $L^*$  y  $b^*$  aumentaron con la concentración del inhibidor de pardeamiento, mientras que en la *tabla 16 y 19* se observó que el parámetro  $a^*$  disminuyó, para las dos temperaturas de secados (80 y 120 °C). Las muestras reconstituidas de los purés de mandioca se tornan más blancas a medida que la concentración de inhibidor de pardeamiento es mayor. Esto se observa a todas las temperaturas de estudio, siendo mayor para los valores de  $L^*$  en las muestras que se encuentra a una temperatura de 80 °C, en ambas temperaturas de secado.

El ANOVA mostró que la concentración del inhibidor de pardeamiento y la temperatura tienen efecto estadísticamente significativos sobre los parámetros  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  ( $p < 0,05$ ), para las diferentes muestras estudiadas a las dos temperaturas de secado. El factor que contribuye con la máxima varianza es la concentración del inhibidor de pardeamiento para los parámetros de color  $L^*$  contribución representa 56 % y 63 % del total de la variación en  $L^*$  a las temperaturas de 80 y 120 °C respectivamente. Para el parámetro  $a^*$  el 90 % y el 94 % del total de la variación en  $a^*$ , mientras que para el parámetro  $b^*$  la temperatura es el factor más influyente en la variación total con un 66 % y de 68 %, respectivamente a 80 y 120 °C de temperaturas de secados (*Tabla C.4 a C.9 del Anexo C*). La variación de los parámetros de color  $C^*$ ,  $H^*$  y  $\Delta E^*$  en el rango de concentraciones y temperaturas estudiadas se muestran en las *tablas 21, 22 y 23* para temperatura de secado de 80 °C y en la *tabla 24, 25 y 26* para 120 °C de temperatura de secado. Los datos experimentales se presentan en la *tabla C.10 a C.12 del anexo C*.

**Tabla 21:** Parámetro  $C^*$  en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Concepción a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a 80 °C.

Concentración (g/ L)	Temperatura (°C)		
	80	40	27
0,2	19,21±0,01 <sup>a</sup>	17,89±0,01 <sup>a</sup>	17,34±0,01 <sup>a</sup>
0,3	20,86±0,01 <sup>b</sup>	19,267±0,003 <sup>b</sup>	18,25±0,01 <sup>b</sup>
0,4	21,644±0,009 <sup>c</sup>	19,75±0,05 <sup>c</sup>	18,95±0,02 <sup>c</sup>

Los valores son promedio de tres repeticiones ± error estándar.

\* Distintos superíndices en la misma columna indica que existen diferencias significativas ( $p < 0,001$ ).

**Tabla 22:** Parámetro  $H^*$  en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Concepción a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a 80 °C.

Concentración (g/ L)	Temperatura (°C)		
	80	40	27
0,2	109,92±0,03 <sup>a</sup>	110,68±0,03 <sup>a</sup>	111,16±0,04 <sup>a</sup>
0,3	110,42±0,02 <sup>b</sup>	111,44±0,01 <sup>b</sup>	112,29±0,03 <sup>b</sup>
0,4	110,73±0,03 <sup>c</sup>	111,92±0,06 <sup>c</sup>	112,47±0,01 <sup>c</sup>

Los valores son promedio de tres repeticiones ± error estándar.

\* Distintos superíndices en la misma columna indica que existen diferencias significativas ( $p < 0,001$ ).

**Tabla 23:** Parámetro  $\Delta E^*$  en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Concepción a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a 80 °C.

Concentración (g/ L)	Temperatura (°C)		
	80	40	27
0,2	10,09±0,01 <sup>a</sup>	8,72±0,01 <sup>a</sup>	6,88±0,02 <sup>a</sup>
0,3	8,009±0,003 <sup>b</sup>	7,156±0,005 <sup>b</sup>	5,525±0,004 <sup>b</sup>
0,4	7,05±0,01 <sup>c</sup>	6,407±0,047 <sup>c</sup>	4,68±0,02 <sup>c</sup>

Los valores son promedio de tres repeticiones ± error estándar.

\* Distintos superíndices en la misma columna indica que existen diferencias significativas ( $p < 0,001$ ).

**Tabla 24:** Parámetro  $C^*$  en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Concepción a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a 120 °C.

Concentración (g/ L)	Temperatura (°C)		
	80	40	27
0,2	16,299±0,003 <sup>a</sup>	15,005±0,001 <sup>a</sup>	12,24±0,01 <sup>a</sup>
0,3	16,92±0,01 <sup>b</sup>	15,90±0,01 <sup>b</sup>	13,595±0,002 <sup>b</sup>
0,4	17,936±0,004 <sup>c</sup>	17,390±0,004 <sup>c</sup>	16,02±0,01 <sup>c</sup>

Los valores son promedio de tres repeticiones ± error estándar.

\* Distintos superíndices en la misma columna indica que existen diferencias significativas ( $p < 0,001$ ).

**Tabla 25:** Parámetro  $H^*$  en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Concepción a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a 120 °C.

Concentración (g/ L)	Temperatura (°C)		
	80	40	27
0,2	108,32±0,01 <sup>a</sup>	109,28±0,05 <sup>a</sup>	111,30±0,01 <sup>a</sup>
0,3	109,55±0,05 <sup>b</sup>	110,06±0,04 <sup>b</sup>	113,11±0,02 <sup>b</sup>
0,4	113,33±0,02 <sup>c</sup>	113,617±0,009 <sup>c</sup>	114,47±0,06 <sup>c</sup>

Los valores son promedio de tres repeticiones ± error estándar.

\* Distintos superíndices en la misma columna indica que existen diferencias significativas ( $p < 0,001$ ).

**Tabla 26:** Parámetro  $\Delta E^*$  en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Concepción a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a 120 °C.

Concentración (g/ L)	Temperatura (°C)		
	80	40	27
0,2	15,60±0,02 <sup>a</sup>	14,857±0,003 <sup>a</sup>	14,66±0,01 <sup>a</sup>
0,3	13,82±0,02 <sup>b</sup>	12,42±0,02 <sup>b</sup>	12,06±0,01 <sup>b</sup>
0,4	11,590±0,002 <sup>c</sup>	10,89±0,02 <sup>c</sup>	9,37±0,02 <sup>c</sup>

Los valores son promedio de tres repeticiones ± error estándar.

\* Distintos superíndices en la misma columna indica que existen diferencias significativas ( $p < 0,001$ ).

En la tabla 21, 22, 24 y 25 se observa que, en el rango de concentraciones estudiadas, los parámetros  $C^*$  y  $H^*$  aumentaron con la concentración del inhibidor de pardeamiento, para las dos temperaturas de secados (80 y 120 °C), respectivamente.

Las variaciones de  $C^*$  aumentan con el aumento del inhibidor de pardeamiento indicando que los colores del puré se vuelve más intenso o saturado con el aumento de la concentración del inhibidor en el agua de cocción, esto se puede deber al menor pardeamiento no enzimático con el aumento del inhibidor. Padrón-Pereira y Col., 2012, indicaron que el croma es el parámetro que mide la pureza, intensidad o saturación de un color en un escala de 0 a 100, donde 100 expresa la mayor pureza, estaría indicando que mientras menos puro o saturado es un color, mas descolorido y grisáceo es.

El intervalo de ángulos de tono ( $H^*$ ) para las muestras de puré, corresponde a colores amarillos. La disminución de los valores dentro de la escala de ángulos HUE es poco pronunciada, y se presenta al disminuir la concentración del inhibidor de pardeamiento.

La diferencia de color  $\Delta E^*$  entre los purés y el blanco o referencia disminuyó con el aumento de la concentración del inhibidor de pardeamiento a las dos temperaturas de secado y se presento mayores diferencia a 80 °C que a las menores temperaturas experimentales. Podemos observar que los valores de  $\Delta E^*$  para las muestras secadas a 120 °C son mayores que para las secadas a 80°C, esto es consecuencia de que la muestra de referencia fue secada a 80 °C. Esto se puede observar en los valores presentados en las *tablas 23 y 26*.

ANOVA sobre los valores de Croma ( $C^*$ ), ángulo HUE ( $H^*$ ) y  $\Delta E^*$  indican que hay diferencias significativas entre las temperaturas de estudio y a los niveles de inhibidor de pardeamiento en el agua de cocción de las raíces, para 80 y 120 °C de secado para la variedad Concepción (*Tabla C.13 a C.18 del Anexo C*).

## Variedad Pomerí

Los resultados de la determinación de los parámetros de color  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  a las concentraciones de 0,2; 0,3 y 0,4 gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción de raíces de mandioca de variedad Pomerí secada a 80 y 120 °C a las temperaturas de 27, 40 y 80 °C, se muestran en la *tabla 27 a 32*. Los datos experimentales se presentan en la *tabla C.19, C.20 y C.21 del Anexo C*.

**Tabla 27:** *Parámetro  $L^*$  en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Concepción a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a 80 °C.*

Concentración (g/ L)	Temperatura (°C)		
	80	40	27
0,2	56,133±0,009 <sup>a</sup>	55,601±0,007 <sup>a</sup>	55,13±0,01 <sup>a</sup>
0,3	57,120±0,006 <sup>b</sup>	56,853±0,003 <sup>b</sup>	55,677±0,009 <sup>b</sup>
0,4	58,237±0,006 <sup>c</sup>	57,890±0,006 <sup>c</sup>	56,36±0,006 <sup>c</sup>

Los valores son promedio de tres repeticiones ± error estándar.

\* Distintos superíndices en la misma columna indica que existen diferencias significativas ( $p < 0,001$ ).

**Tabla 28:** *Parámetro  $a^*$  en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Concepción a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a 80 °C.*

Concentración (g/ L)	Temperatura (°C)		
	80	40	27
0,2	-5,947±0,003 <sup>a</sup>	-5,629±0,005 <sup>a</sup>	-5,44±0,01 <sup>a</sup>
0,3	-6,35±0,006 <sup>b</sup>	-5,947±0,006 <sup>b</sup>	-5,75±0,006 <sup>b</sup>
0,4	-6,977±0,003 <sup>c</sup>	-6,713±0,003 <sup>c</sup>	-6,546±0,018 <sup>c</sup>

Los valores son promedio de tres repeticiones ± error estándar.

\* Distintos superíndices en la misma columna indica que existen diferencias significativas ( $p < 0,001$ ).

**Tabla 29:** Parámetro  $b^*$  en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Concepción a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a 80 °C.

Concentración (g/ L)	Temperatura (°C)		
	80	40	27
0,2	17,93±0,017 <sup>a</sup>	16,783±0,003 <sup>a</sup>	15,267±0,003 <sup>a</sup>
0,3	18,907±0,006 <sup>b</sup>	17,477±0,003 <sup>b</sup>	15,79±0,006 <sup>b</sup>
0,4	19,053±0,009 <sup>c</sup>	18,133±0,007 <sup>c</sup>	17,063±0,001 <sup>c</sup>

Los valores son promedio de tres repeticiones ± error estándar.

\* Distintos superíndices en la misma columna indica que existen diferencias significativas ( $p < 0,001$ ).

**Tabla 30:** Parámetro  $L^*$  en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Concepción a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a 120 °C.

Concentración (g/ L)	Temperatura (°C)		
	80	40	27
0,2	52,030±0,017 <sup>a</sup>	51,063±0,014 <sup>a</sup>	50,150±0,026 <sup>a</sup>
0,3	53,007±0,007 <sup>b</sup>	52,68±0,006 <sup>b</sup>	52,047±0,009 <sup>b</sup>
0,4	56,127±0,023 <sup>c</sup>	55,81±0,006 <sup>c</sup>	54,323±0,009 <sup>c</sup>

Los valores son promedio de tres repeticiones ± error estándar.

\* Distintos superíndices en la misma columna indica que existen diferencias significativas ( $p < 0,001$ ).

**Tabla 31:** Parámetro  $a^*$  en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Concepción a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a 120 °C.

Concentración (g/ L)	Temperatura (°C)		
	80	40	27
0,2	-5,02±0,01 <sup>a</sup>	-4,68±0,006 <sup>a</sup>	-4,257±0,003 <sup>a</sup>
0,3	-5,87±0,01 <sup>b</sup>	-5,45±0,006 <sup>b</sup>	-5,37±0,006 <sup>b</sup>
0,4	-6,23±0,006 <sup>c</sup>	-5,713±0,003 <sup>c</sup>	-5,687±0,006 <sup>c</sup>

Los valores son promedio de tres repeticiones ± error estándar.

\* Distintos superíndices en la misma columna indica que existen diferencias significativas ( $p < 0,001$ ).

**Tabla 32:** *Parámetro  $b^*$  en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Concepción a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a 120 °C.*

Concentración (g/ L)	Temperatura (°C)		
	80	40	27
0,2	14,876±0,054 <sup>a</sup>	13,787±0,007 <sup>a</sup>	12,557±0,003 <sup>a</sup>
0,3	16,597±0,074 <sup>b</sup>	15,87±0,006 <sup>b</sup>	14,95±0,003 <sup>b</sup>
0,4	17,353±0,01 <sup>c</sup>	16,14±0,006 <sup>c</sup>	15,61±0,067 <sup>c</sup>

*Los valores son promedio de tres repeticiones ± error estándar.*

*\* Distintos superíndices en la misma columna indica que existen diferencias significativas ( $p < 0,001$ ).*

En las *tablas 27 y 29, 30 y 32*, se observa que, en el rango de concentraciones estudiadas, los parámetros  $L^*$  y  $b^*$  aumentaron con la concentración del puré reconstituido, mientras que en las *tablas 28 y 31* se observó que el parámetro  $a^*$  disminuyó, para las dos temperaturas de secados, 80 y 120 °C, respectivamente.

Al realizar un ANOVA se encontró que la concentración del inhibidor de pardeamiento y la temperatura tienen efecto estadísticamente significativos sobre los parámetros  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  ( $p < 0,05$ ), para las diferentes muestras estudiadas a las dos temperaturas de secado. Al realizar un análisis de componentes de varianza para los parámetros  $L^*$  y  $a^*$ , se observa que la concentración del inhibidor de pardeamiento tiene un porcentaje de 58,84 % (a 80 °C de secado) y 87,66 % (120 °C de secado) y de 81,35 % (a 80 °C de secado) y 79,48% (120 °C de secado) de influencia, respectivamente para  $L^*$  y  $a^*$ . Sobre el parámetro  $b^*$ , la mayor influencia la ejerce la temperatura con un 75 % (a 80 °C de secado) mientras que a 120 °C de secado, es la concentración también la que influye en un mayor porcentaje con un 67 % sobre el total de la varianza (*Tabla C.22 a C.27 del Anexo C*).

Las muestras reconstituidas de los purés de mandioca se tornan más luminosas a medida que la concentración de inhibidor de pardeamiento es mayor. Esto se observa a todas las temperaturas de estudio, siendo mayor para los valores de  $L^*$  en las muestras que se encuentra a una temperatura de 80 °C, en ambas temperaturas de secado.

La variación de los parámetros de color  $C^*$ ,  $H^*$  y  $\Delta E^*$  en el rango de concentraciones y temperaturas estudiadas se muestran en las *tablas 33, 34 y 35* para temperatura de secado de  $80^\circ\text{C}$  y en la *tabla 36, 37 y 38* para  $120^\circ\text{C}$  de temperatura de secado. Los datos experimentales se presentan en la *tabla C.28, C.29 y C.30 del Anexo C*.

**Tabla 33:** *Parámetro  $C^*$  en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Pomerí a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a  $80^\circ\text{C}$ .*

Concentración (g/ L)	Temperatura ( $^\circ\text{C}$ )		
	80	40	27
0,2	18,89±0,01 <sup>a</sup>	17,70±0,004 <sup>a</sup>	19,336±0,007 <sup>a</sup>
0,3	19,944±0,005 <sup>b</sup>	18,461±0,005 <sup>b</sup>	16,207±0,002 <sup>b</sup>
0,4	20,290±0,009 <sup>c</sup>	19,336±0,007 <sup>c</sup>	18,276±0,004 <sup>c</sup>

*Los valores son promedio de tres repeticiones ± error estándar.*

*\* Distintos superíndices en la misma columna indica que existen diferencias significativas ( $p < 0,001$ ).*

**Tabla 34:** *Parámetro  $H^*$  en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Pomerí a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a  $80^\circ\text{C}$ .*

Concentración (g/ L)	Temperatura ( $^\circ\text{C}$ )		
	80	40	27
0,2	108,35±0,01 <sup>a</sup>	108,54±0,02 <sup>a</sup>	109,61±0,04 <sup>a</sup>
0,3	108,56±0,01 <sup>b</sup>	108,79±0,02 <sup>b</sup>	110,01±0,02 <sup>b</sup>
0,4	110,111±0,006 <sup>c</sup>	110,31±0,01 <sup>c</sup>	110,99±0,06 <sup>c</sup>

*Los valores son promedio de tres repeticiones ± error estándar.*

*\* Distintos superíndices en la misma columna indica que existen diferencias significativas ( $p < 0,001$ ).*

**Tabla 35:** Parámetro  $\Delta E^*$  en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Pomerí a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a 80 °C.

Concentración (g/ L)	Temperatura (°C)		
	80	40	27
0,2	16,59±0,01 <sup>a</sup>	15,142±0,007 <sup>a</sup>	12,29±0,008 <sup>a</sup>
0,3	12,225±0,003 <sup>b</sup>	13,692±0,004 <sup>b</sup>	7,789±0,008 <sup>b</sup>
0,4	14,18±0,006 <sup>c</sup>	12,423±0,003 <sup>c</sup>	6,15±0,005 <sup>c</sup>

Los valores son promedio de tres repeticiones ± error estándar.

\* Distintos superíndices en la misma columna indica que existen diferencias significativas ( $p < 0,001$ ).

**Tabla 36:** Parámetro  $C^*$  en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Pomerí a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a 120 °C.

Concentración (g/ L)	Temperatura (°C)		
	80	40	27
0,2	15,70±0,05 <sup>a</sup>	14,560±0,007 <sup>a</sup>	13,259±0,004 <sup>a</sup>
0,3	17,61±0,07 <sup>b</sup>	16,780±0,005 <sup>b</sup>	15,89±0,004 <sup>b</sup>
0,4	18,438±0,006 <sup>c</sup>	17,120±0,005 <sup>c</sup>	16,61±0,06 <sup>c</sup>

Los valores son promedio de tres repeticiones ± error estándar.

\* Distintos superíndices en la misma columna indica que existen diferencias significativas ( $p < 0,001$ ).

**Tabla 37:** Parámetro  $H^*$  en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Pomerí a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a 120 °C.

Concentración (g/ L)	Temperatura (°C)		
	80	40	27
0,2	108,65±0,05 <sup>a</sup>	108,75±0,02 <sup>a</sup>	108,73±0,01 <sup>a</sup>
0,3	109,49±0,08 <sup>b</sup>	108,95±0,02 <sup>b</sup>	109,75±0,02 <sup>b</sup>
0,4	109,75±0,03 <sup>c</sup>	109,49±0,01 <sup>c</sup>	110,02±0,07 <sup>c</sup>

Los valores son promedio de tres repeticiones ± error estándar.

\* Distintos superíndices en la misma columna indica que existen diferencias significativas ( $p < 0,001$ ).

**Tabla 38:** Parámetro  $\Delta E^*$  en la determinación de Color para el puré de mandioca variedad Pomerí a diferentes temperaturas y concentraciones del inhibidor de pardeamiento secado a 120 °C.

Concentración (g/ L)	Temperatura (°C)		
	80	40	27
0,2	21,75±0,03 <sup>a</sup>	20,646±0,009 <sup>a</sup>	18,06±0,02 <sup>a</sup>
0,3	19,96±0,04 <sup>b</sup>	18,158±0,005 <sup>b</sup>	10,759±0,008 <sup>b</sup>
0,4	16,87±0,02 <sup>c</sup>	15,284±0,008 <sup>c</sup>	8,71±0,05 <sup>c</sup>

Los valores son promedio de tres repeticiones  $\pm$  error estándar.

\* Distintos superíndices en la misma columna indica que existen diferencias significativas ( $p < 0,001$ ).

En la *tabla 33 y 34, 36 y 37* se observa que, en el rango de concentraciones estudiadas, los parámetros  $C^*$  y  $H^*$  aumentaron con la concentración del inhibidor de pardeamiento, para las dos temperaturas de secados (80 y 120 °C).

Los valores del croma ( $C^*$ ) van aumentando con el aumento de la concentración del inhibidor de pardeamiento para las dos temperatura de secado, 80 y 120 °C, dando valores más intensos cuando el puré se encuentra a 80 °C que a 27 °C. A la menor temperatura de secado el pardeamiento no enzimático es menor y por lo tanto se obtienen valores más altos de cromas.

Los ángulos HUE ( $H^*$ ) muestran que hay muy poca la variación de los mismos y siempre en la zona de los amarillos. La diferencia de color  $\Delta E^*$  entre los purés y el blanco o referencia disminuyó con el aumento de la concentración del inhibidor de pardeamiento a las dos temperaturas de secado, siendo mayores para las muestras secadas a mayor temperatura.

En la *tabla 35 y 38* se observa que, en el rango de concentraciones estudiadas, los parámetros  $\Delta E^*$  disminuyeron con la concentración del inhibidor de pardeamiento, para las dos temperaturas de secados (80 y 120 °C).

Para los parámetros Croma ( $C^*$ ), ángulo HUE ( $H^*$ ) y  $\Delta E^*$ , los ANOVA mostraron que hay diferencias significativas entre las temperaturas de estudio y a los niveles de inhibidor de pardeamiento en el agua de cocción de las raíces, para 80 y 120 °C de secado para la variedad Pomerí (*Tabla C.31 a C. 33 del Anexo C*).

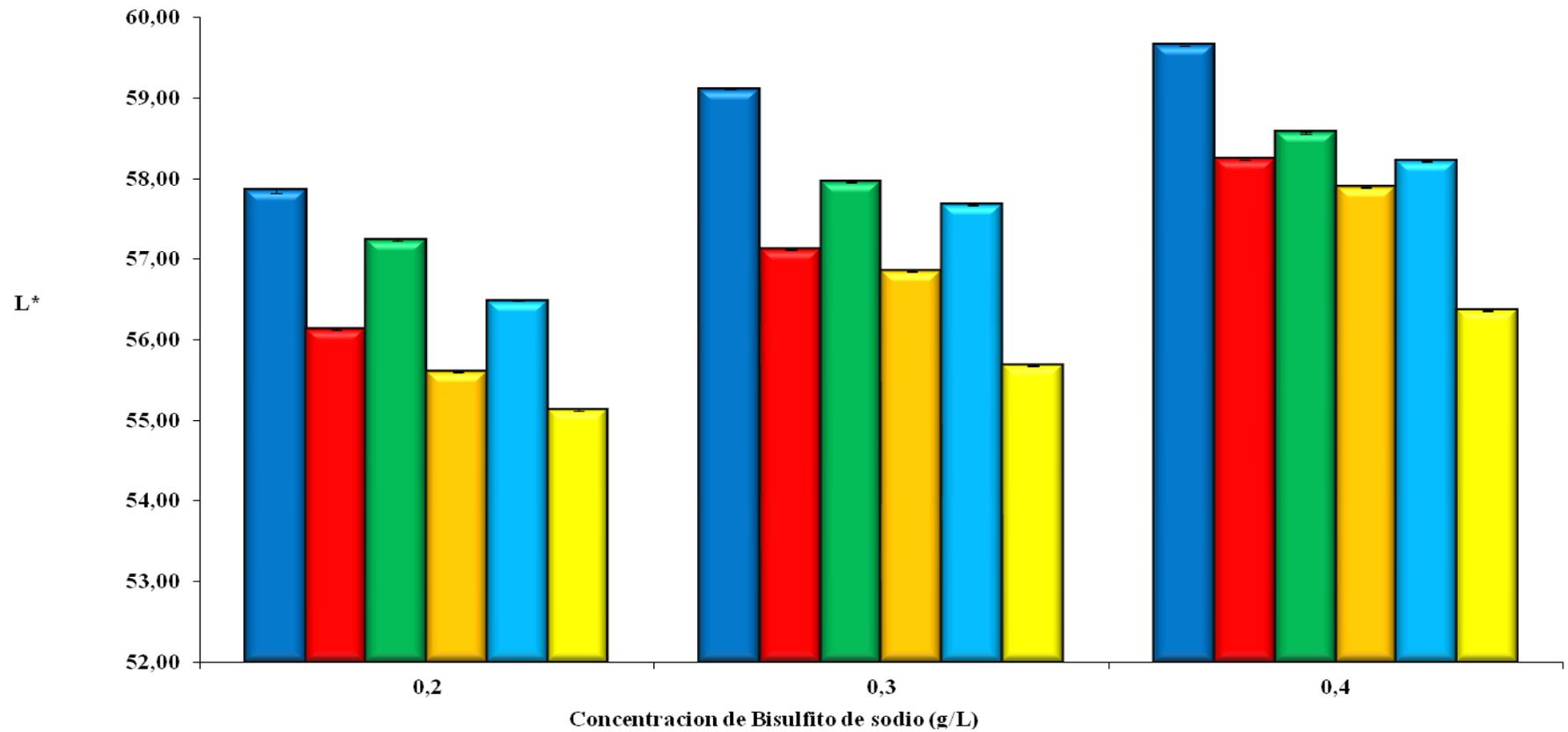
### **Comparación entre variedades Concepción y Pomberí.**

Si hacemos una comparación entre las variedades, Concepción y Pomberí, del parámetro  $L^*$  de color a las temperatura de 80, 40 y 27 °C para las tres concentraciones de inhibidor de pardeamiento, secadas 80 °C, observamos en la *figura 44* que los valores de  $L^*$  para las dos variedades aumentan con el aumento de la concentración del inhibidor de pardeamiento a las tres temperaturas estudiadas, 80, 40 y 27°C, pero para la variedad Pomberí, en todos los casos  $L^*$  permanece en un valor menor que para la variedad Concepción, cuando las muestras fueron secadas a 80°C.

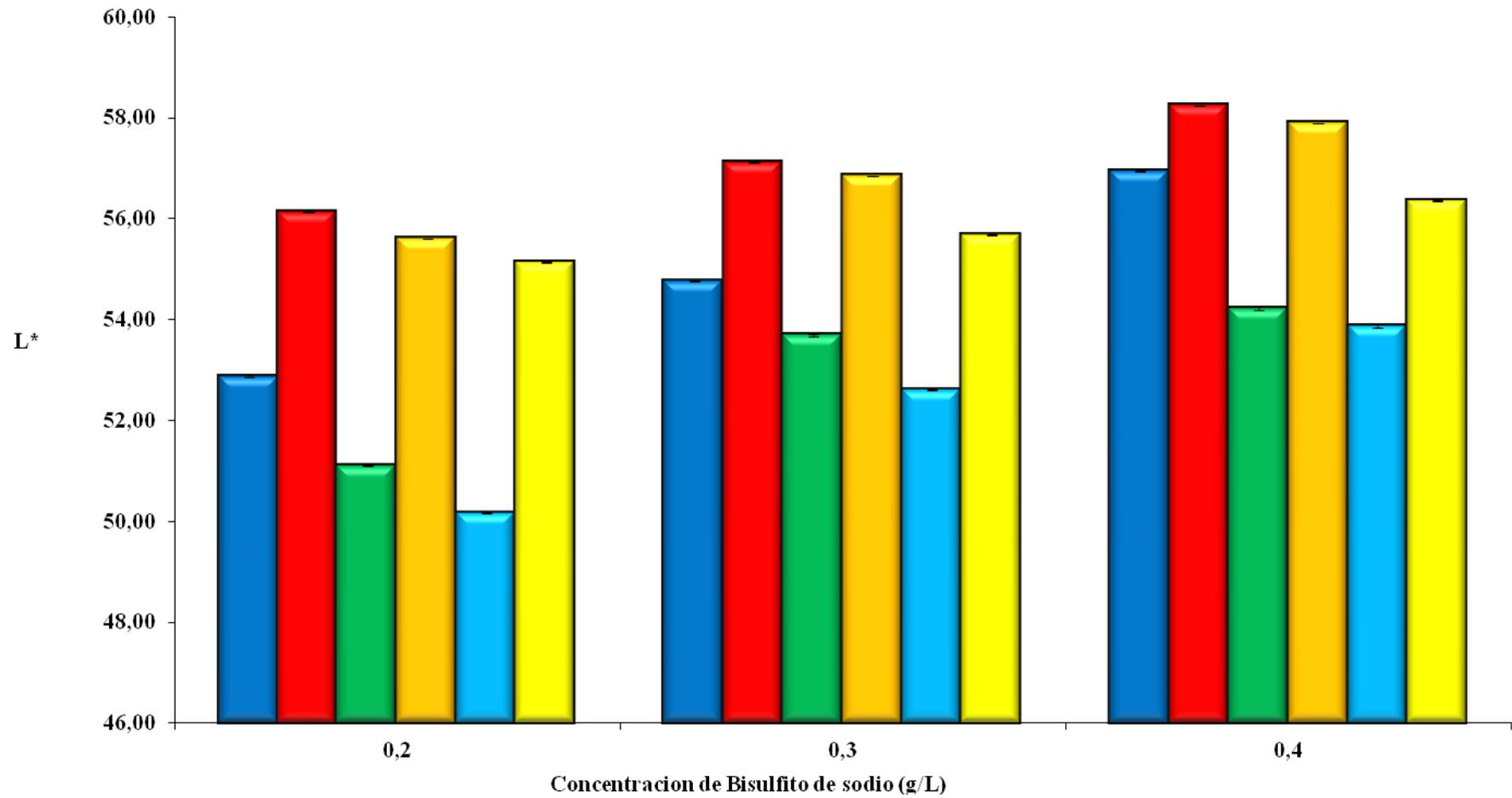
En cambio, cuando las muestras fueron secadas a una temperatura mayor, 120°C, la variedad Pomberí presento valores superiores que la variedad concepción, a las tres temperaturas estudiadas, pero siempre aumento con el aumento del inhibidor de pardeamiento (*Figura 45*).

Como se explico en párrafos anteriores al aumentar la concentración del inhibidor de pardeamiento los valores de  $L^*$  nos indican que las muestras son más luminosas, como es de esperarse, debido que aumenta la posibilidad de un menor pardeamiento no enzimático.

Los ANOVA nos indican que existen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para los valores de  $L^*$  en todo el rango de temperaturas estudiadas y entre las variedades (*Tabla C.34 al C.39 del anexo C*).



**Figura 44:** Comparación de L\* a 80°C de muestras de puré de variedad Concepción (■) y Pomerí (■), a 40°C de muestras de puré de variedad Concepción (■) y Pomerí (■), a 27°C de muestras de puré de variedad Concepción (■) y Pomerí (■), secado a 80 °C.



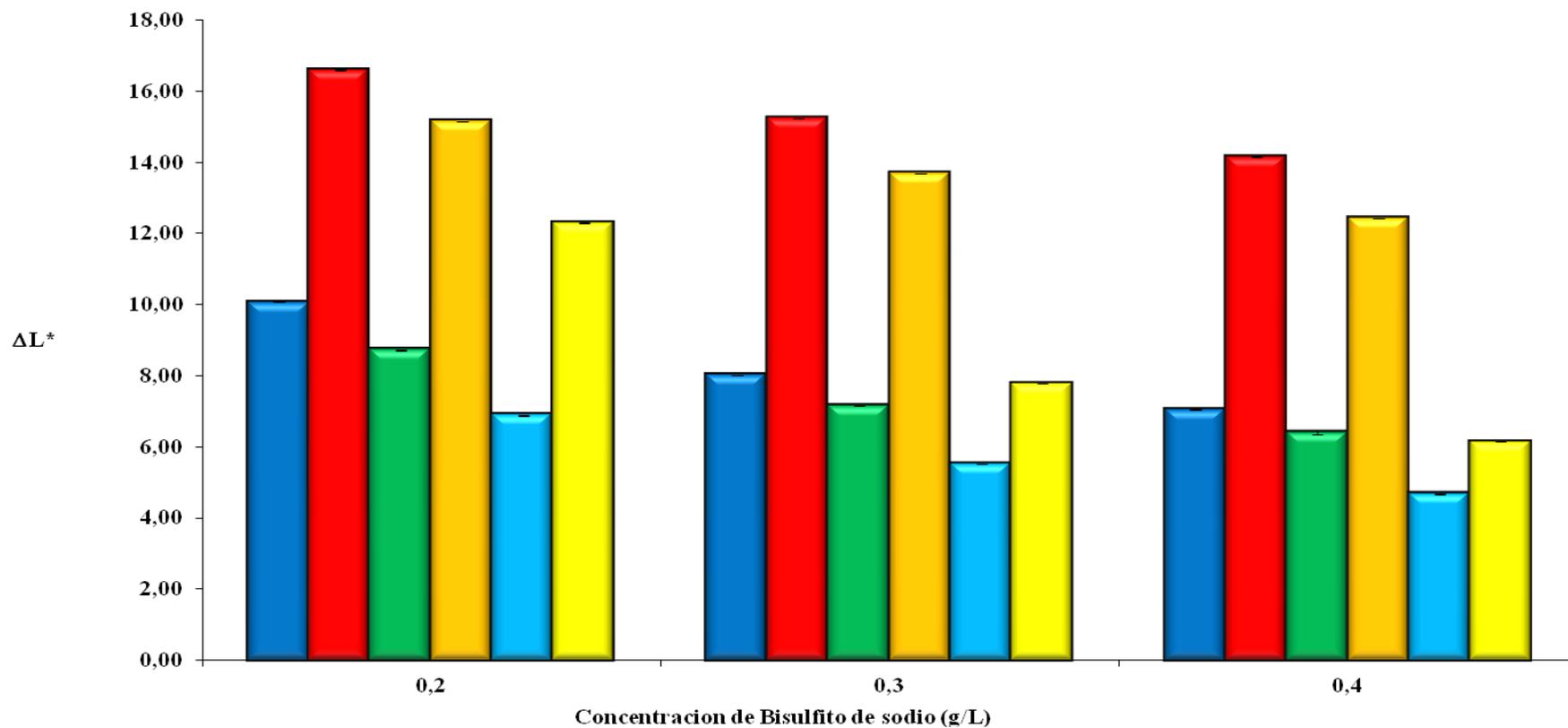
**Figura 45:** Comparación de L\* a 80°C de muestras de puré de variedad Concepción (■) y Pomberí (■), a 40°C de muestras de puré de variedad Concepción (■) y Pomberí (■), a 27°C de muestras de puré de variedad Concepción (■) y Pomberí (■), secado a 120 °C.

Al realizar la comparación entre las variedades, Concepción y Pomerí, del parámetro  $\Delta L^*$  de color a las temperatura de 80, 40 y 27 °C para las tres concentraciones de inhibidor de pardeamiento, secadas 80 °C y 120 °C, observamos en las *figuras 46 y 47* que los valores de  $\Delta L^*$  para las dos variedades disminuyen con el aumento de la concentración del inhibidor de pardeamiento a las tres temperaturas estudiadas, 80, 40 y 27°C.

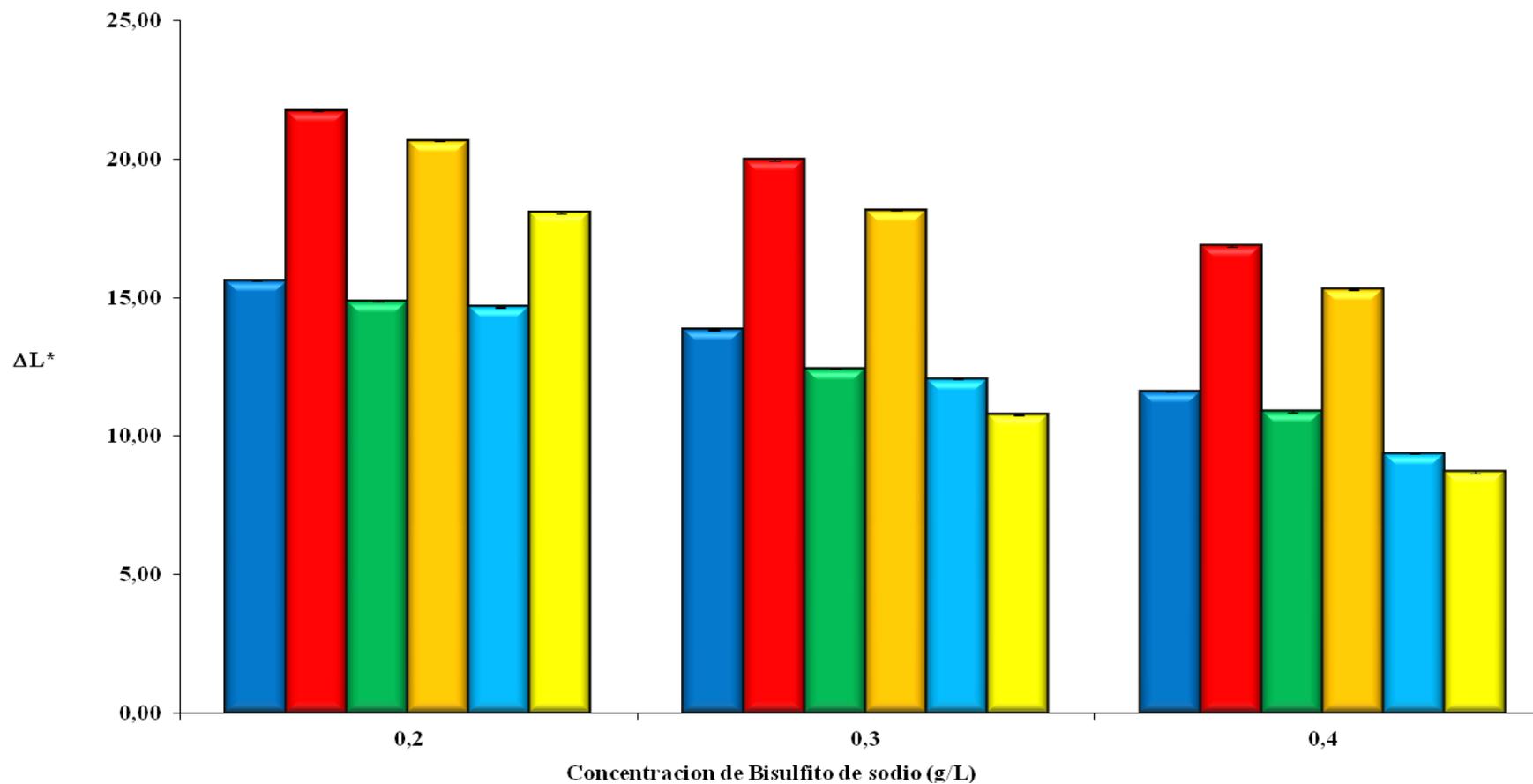
La variedad Pomerí, a las dos temperaturas de secado permanece con valores de  $\Delta L^*$  superiores a la variedad Concepción dentro de los rangos estudiados.

En conclusión, decimos que las diferencias de color con las muestras control son menores para la variedad Concepción que para la variedad Pomerí.

Los ANOVA nos indican que existen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para los valores de  $\Delta L^*$  en todo el rango de temperaturas estudiadas y entre las variedades (*Tabla C.40 al C.45 del anexo C*).



**Figura 46:** Comparación de  $\Delta L^*$  a 80°C de muestras de puré de variedad Concepción (■) y Pomeri (■), a 40°C de muestras de puré de variedad Concepción (■) y Pomeri (■), a 27°C de muestras de puré de variedad Concepción (■) y Pomeri (■), secado a 80 °C.

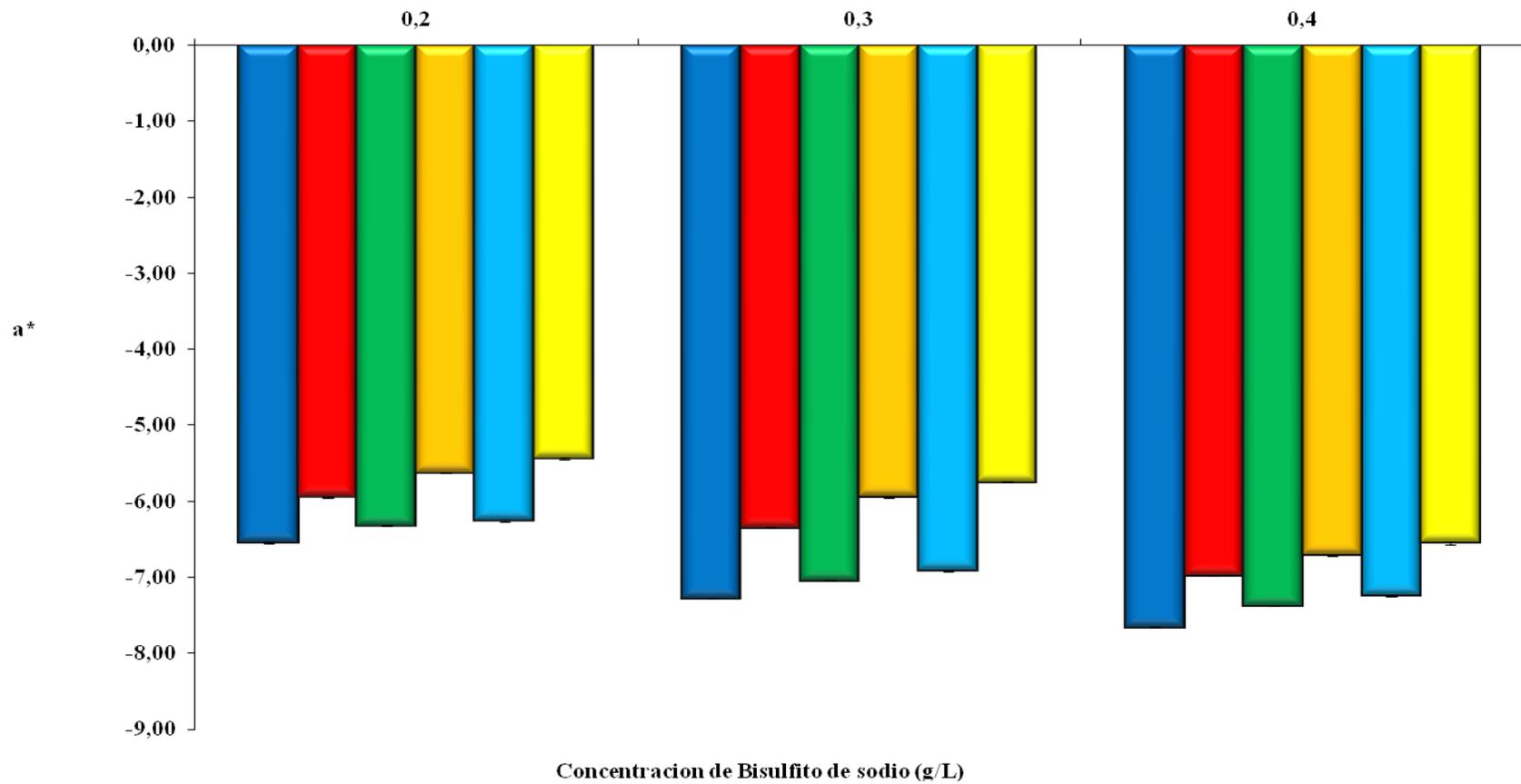


**Figura 47:** Comparación de  $\Delta L^*$  a 80°C de muestras de puré de variedad Concepción (■) y Pomerí (■), a 40°C de muestras de puré de variedad Concepción (■) y Pomerí (■), a 27°C de muestras de puré de variedad Concepción (■) y Pomerí (■), secado a 120 °C.

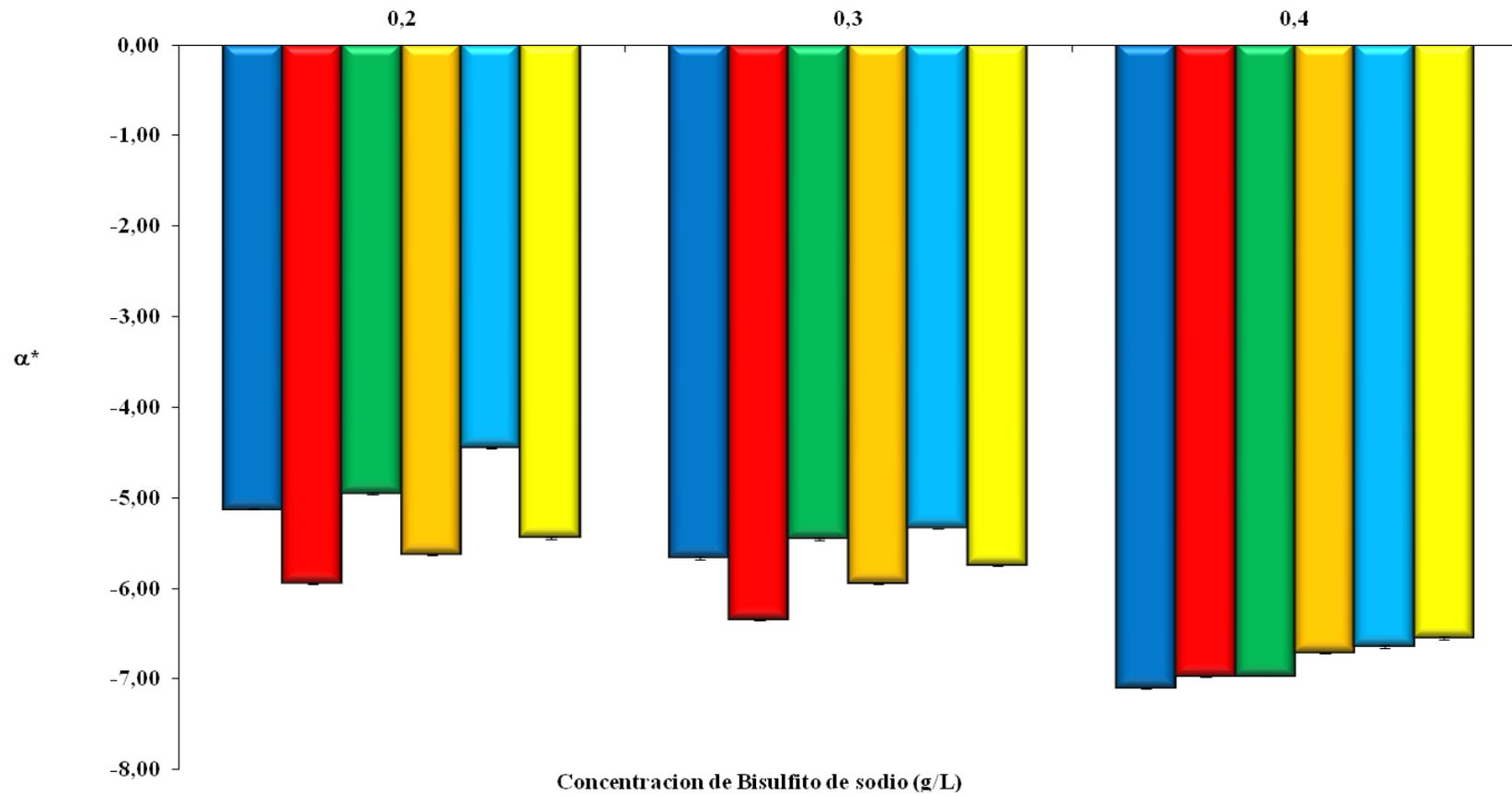
Al analizar el parámetro  $a^*$ , las tendencias son muy dispares.

En la *figura 48 y 49* se presenta la variación de  $a^*$  en función de la concentración del inhibidor de pardeamiento para la dos variedades de puré de mandioca estudiados, y para la dos temperaturas de secado.

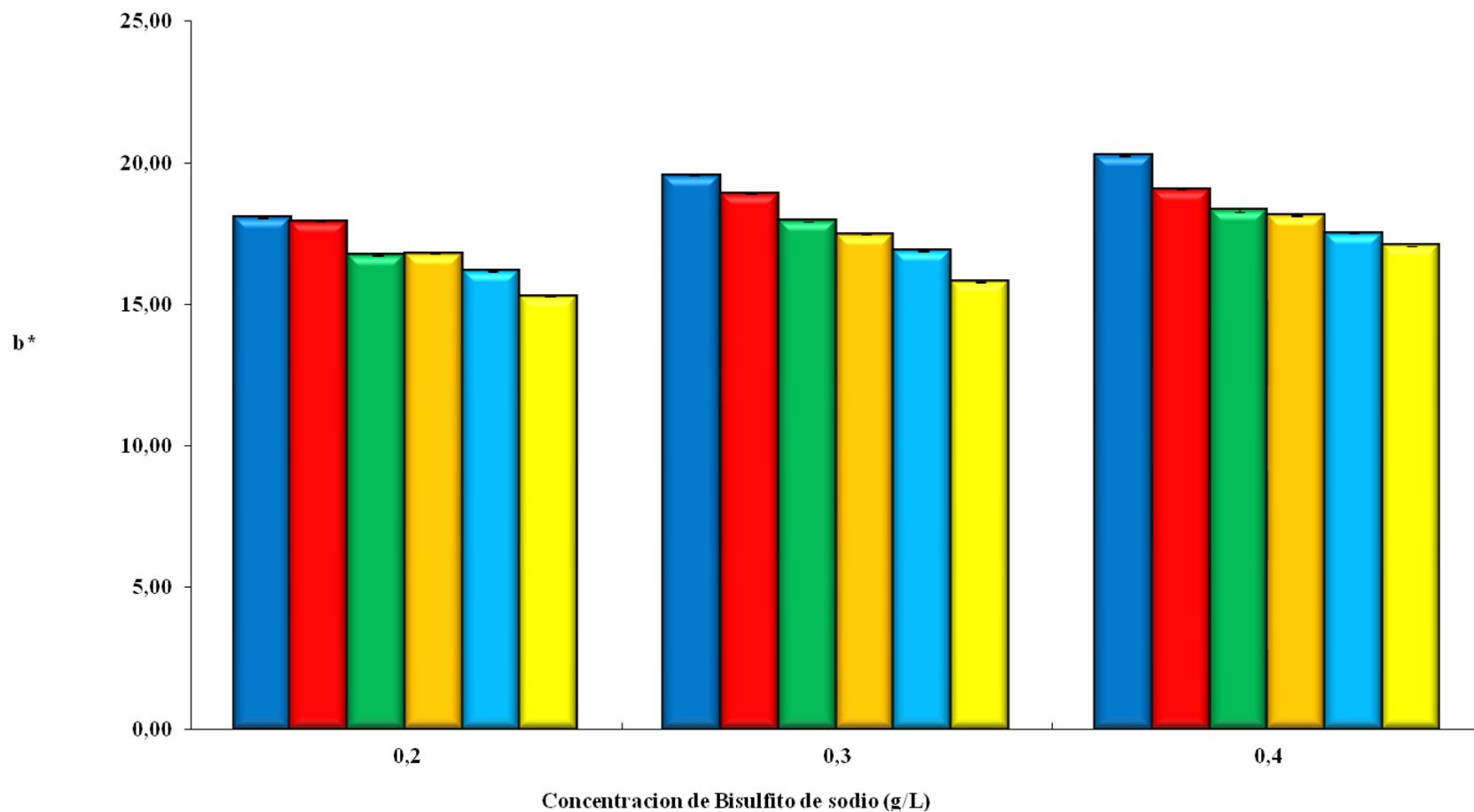
En la *figura 50 y 51* se presenta la variación de  $b^*$  en función de la concentración del inhibidor de pardeamiento para la dos variedades de puré de mandioca estudiados, y para la dos temperaturas de secado.



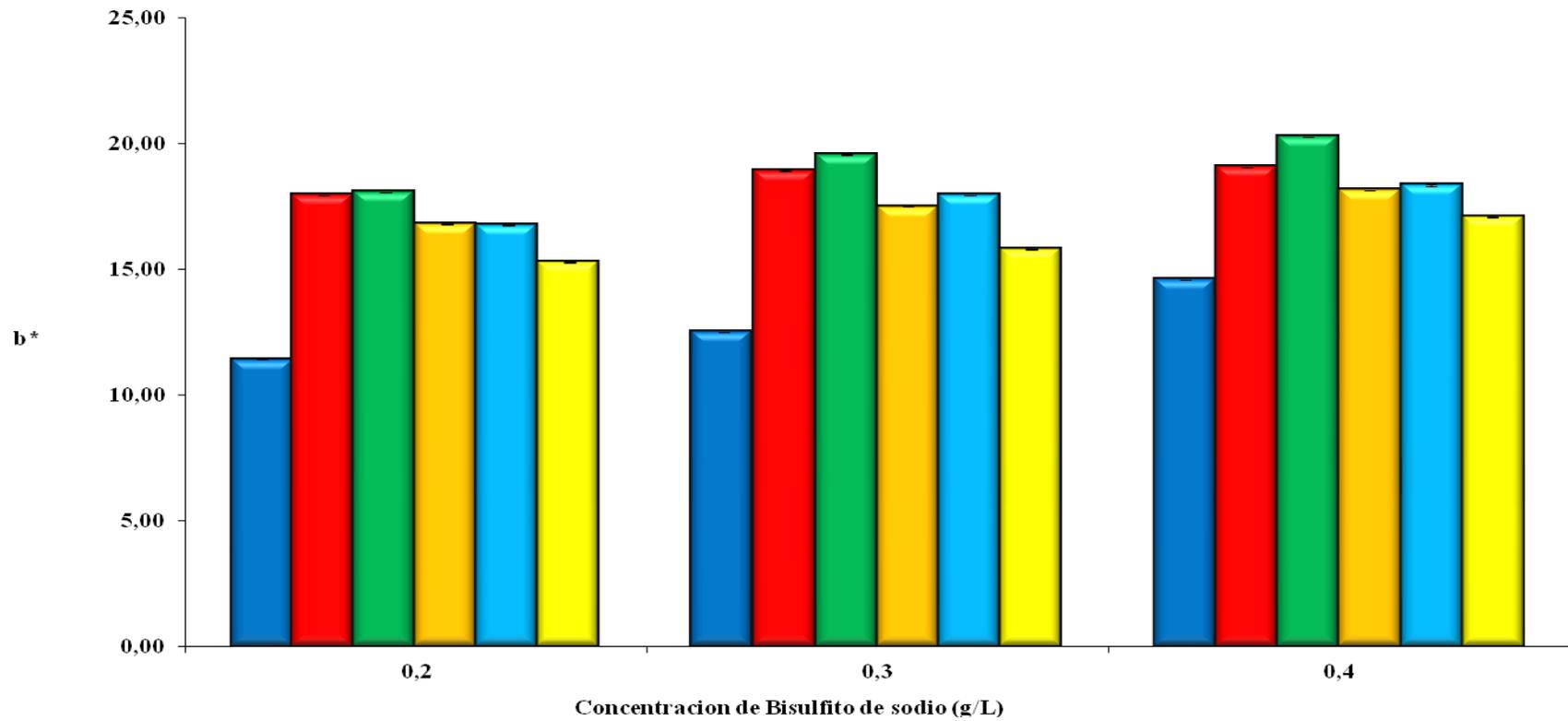
**Figura 48:** Comparación de  $a^*$  a 80°C de muestras de puré de variedad Concepción (■) y Pomberí (■), a 40°C de muestras de puré de variedad Concepción (■) y Pomberí (■), a 27°C de muestras de puré de variedad Concepción (■) y Pomberí (■), secado a 80 °C.



**Figura 49:** Comparación de  $a^*$  a 80°C de muestras de puré de variedad Concepción (■) y Pomerí (■), a 40°C de muestras de puré de variedad Concepción (■) y Pomerí (■), a 27°C de muestras de puré de variedad Concepción (■) y Pomerí (■), secado a 120 °C.



**Figura 50:** Comparación de  $b^*$  a 80°C de muestras de puré de variedad Concepción (■) y Pomberí (■), a 40°C de muestras de puré de variedad Concepción (■) y Pomberí (■), a 27°C de muestras de puré de variedad Concepción (■) y Pomberí (■), secado a 80 °C.



*Figura 51: Comparación de  $b^*$  a 80°C de muestras de puré de variedad Concepción (■) y Pomberí (■), a 40°C de muestras de puré de variedad Concepción (■) y Pomberí (■), a 27°C de muestras de puré de variedad Concepción (■) y Pomberí (■), secado a 120 °C.*

A la menor temperatura de secado, 80 °C, a medida que aumenta la concentración del inhibidor de pardeamiento aumenta la tendencia hacia el color verde. Pero comparando entre las variedades, la que mas tendencia tiene hacia un tono menor de verde es la variedad Pomberí (*Figura 48*).

Al analizar los resultados a 120 °C de secado, esta misma tendencia se presenta solamente a la mayor concentración del inhibidor, pero a las dos concentraciones menores la tendencia es diferente (*Figura 49*).

Los ANOVA nos indican que existen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para los valores de  $a^*$  en todo el rango de temperaturas estudiadas y entre las variedades (*Tabla C.46 al C.51 del anexo C*).

El parámetro  $b^*$ , nos muestra que a las dos temperaturas de secado de 80 y 120 °C, la variedad Concepción tuvo una tendencia de ser mayor para todo el rango de temperaturas estudiadas y a todas las concentraciones de inhibidor de pardeamiento.

La única excepción se presentó, para la mayor temperatura de secado y la menor concentración del inhibidor. Esto puede observarse en las *figuras 50 y 51*.

Los ANOVA nos indican que existen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para los valores de  $b^*$  en todo el rango de temperaturas estudiadas y entre las variedades (*Tabla C.52 al C.57 del anexo C*).

### III.4 CONCLUSIONES

*En el proceso de rehidratación de los purés deshidratados de mandioca, secados a las dos temperaturas, 80 y 120 °C, el Índice de Absorción de Agua aumentó con el incremento de la temperatura y de la concentración de inhibidor de pardeamiento. Además, se observó mayor capacidad de retención de agua en el puré deshidratado de la variedad Concepción.*

*Los resultados de la cinética de absorción de agua se pudieron modelar adecuadamente al modelo de Pilosof y Col. (1985), no presentándose un ajuste bueno para el modelo exponencial.*

*La cantidad de agua final alcanzada en el equilibrio para las distintas muestras fue similar en todos los casos. Todas presentan una cinética similar. Existe una alta correlación entre la temperatura del aire, tiempo de secado y los valores de agua en el equilibrio ( $Q$ , para el modelo de Pilosof y  $C_{\infty}$  para el modelo exponencial). Cuando las muestras son secadas a temperatura elevada, la estructura es afectada, pero cuanto mayor es el tiempo al cual es sometido el material, mayores son los daños estructurales y consecuentemente, la absorción de agua no es tan completa.*

*Las diferencias observadas entre los valores de  $Q$  de las dos variedades, se encuentran dentro del error experimental.*

*Los índices de pardeamiento de los purés rehidratados de las dos variedades, Concepción y Pomberí, a distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento y distintas temperaturas de secado, aumentaron a medida que aumentó la temperatura de secado y a medida que se aumentaba la concentración del inhibidor en el agua de cocción observamos que los valores fueron disminuyendo.*

*Al comparar la cantidad de variabilidad con la que contribuye cada uno de los factores, llamados los componentes de varianza, observamos que el factor que más contribuye a la varianza es la temperatura de secado de las muestras, en ambas variedades.*

*Al aumentar la temperatura de secado, los índices de pardeamiento aumentan y es bien conocido que se reduce la calidad de los productos alimenticios principalmente debido al efecto térmico del secado por aire (Chou y Chua, 2001).*

*El valor del índice de pardeamiento hallado para el puré de mandioca elaborado en la planta de la Cooperativa San Alberto Misiones fueron los menores valores obtenidos, siendo de 0,023 para la variedad Concepción y 0,013 para la variedad Pombery. Esto puede deberse a que los tiempos de residencia son menores dentro del secadero de la Cooperativa comparándose con los tiempos de residencia de las muestras en el secadero de la planta piloto. Para el puré de la Cooperativa tenemos solamente un tiempo de secado de una hora, mientras que para los realizados en el laboratorio, los tiempos de secado fueron muy elevados, para alcanzar la misma humedad final de los diferentes purés.*

*En las dos variedades, Concepción y Pomberí, se observó que los parámetros  $L^*$  y  $b^*$ , presentan valores mayores en purés secados a 80 °C. Igual que en la variedad Concepción, donde a mayor temperatura de secado los purés se tornan más oscuros o menos luminosos. Este aumento de la luminosidad se observó en el mismo sentido de aumento del inhibidor de pardeamiento*

*Los valores de  $H^*$  nos muestran poca variación del ángulo HUE ( $H^*$ ), pero significativa entre las temperatura de secado estudiadas. Los colores se encuentran en la escala de los amarillos.*

*Por lo tanto concluimos que el menor pardeamiento se presentó a la temperatura de secado de 80 °C y a una concentración de 0,4 g de bisulfito de sodio en el agua de cocción de las raíces de mandioca. La diferencia de color ( $\Delta E^*$ ) aumentó con el aumento de la temperatura de secado.*

## **CAPITULO IV**

### **IV.1. PROPUESTA DE TRABAJOS FUTUROS**

El puré de mandioca, es una alternativa nueva de producción de un alimento en la industria Misionera. En la provincia existen distintos tipos de raíz, donde cada una de las variedades presenta diferencias en su composición y darán diferentes características al producto final.

Por lo tanto, se debe estudiar el producto final obtenido en una mezcla de purés de estas dos variedades presentadas en esta tesis, sin considerar la posibilidad de la incorporación de otras raíces, antes de estudios preliminares.

Además se hace necesario el estudios de otras propiedades físicas, fisicoquímicas y funcionales de los purés de mandioca, tales como:

- ✓ Isotermas de sorción de agua
- ✓ Densidad
- ✓ Viscosidad
- ✓ Conductividad térmica
- ✓ Capacidad calorífica
- ✓ Difusividad térmica
- ✓ Viscoelasticidad
- ✓ Porcentaje de amilosa
- ✓ Estudios de la estructura atreves de microfotografías
- ✓ Reometría: determinación de TPA, fuerzas de corte, etc.

Una vez determinadas todas las características mencionadas, es relevante realizar pruebas sensoriales, para determinar la aceptabilidad del producto final.

Se abre una brecha importante en la elaboración de nuevos productos alimenticios, utilizando como materia prima al puré de mandioca.

La elaboración de panificados, pastas, snack en sus distintas formas de presentación, frescos, congelados y deshidratados, serán estudios de futuros trabajos de investigación por el grupo de trabajo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Angleria, P. M. (1985). Décadas del Nuevo Mundo. Bajel. En: La Yuca o mandioca: cultivo, industrialización, aspectos económicos, empleo en la alimentación animal, mejoramiento. Montaldo Alvaro. 1ra edición. San José de Costa Rica. ISBN: 92-9039-053-0.

Badui Dergal Salvador. (1981). Química de los Alimentos. Primera edición.

Baker, L. A. y Rayas-Duarte, P. (1998). Retrogradation of amaranth starch at different storage temperatures and the effects of salt and sugar. *Cereal Chemistry*. 75, p. 308-314.

Bauman, H. (1966). Apparatur nach Baumann zur bestimmung der flüssigkeitsaufnahme von pulvrigen substanzen. *Fette, seifen. Anstrichmittel*. 68, p. 741-743.

Belitz y Grosch. (1997). Química de los Alimentos. Ed. Acribia, Barcelona, España. 2da. Edición, p. 1035.

Bello-Pérez, L. A.; Méndez-Montealvo, G. y Solorza-Feria, J. (2002). Estructura molecular de almidones. *Memorias de Investigación. CeProBi-IPN*, México.

Buitrago, J.; Gil, J. L. y Olpina, B. (2001). La yuca en la alimentación avícola. Ed. Papel House Group. Bogotá. Colombia, p. 28.

Campanella, O. H. y Peleg, M. (1987). Squeezing flow viscosimetry of peanut butter, *Journal of Food Science*. 52, p. 180-184.

Ceballos, H. y De la Cruz, A. (2002). Taxonomía y morfología de la yuca. En: Ceballos, H. y Ospina, B. La yuca en el tercer milenio. *Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización*. CIAT. Cali, Colombia, p. 26–586.

Cenóz, P. J.; López, A. y Burgos A. M. (2001). Factores ambientales que regulan el deterioro poscosecha en mandioca. Disponible en: <http://www.unne.edu.ar/cyt/2001/5-Agrarias/A-011.pdf>. Capturado el: 9/05/2015.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura tropical 1999). Annual report, Project IP-3. (1999); improved cassava for a developing world. Cali, Colombia, p. 127.

Ciferri, R. (1938). Faggio di classificazione delle razzedi mandioca. (Manihot esculenta Crantz). Instituto Agricolo Coloniale Italiano, Firenze, p. 58.

Chou, S. K. y Chua, K. J. (2001). New hybrid drying technologies for heat sensitive foodstuffs. Food Science Technology 12, p. 359-369.

Commission Internationale de l'Éclairage (CIE) (1978). Recommendations on uniform color spaces, color difference and psychometric color terms. Suppl. Núm. 2 to Publ. CIE No. 15 (E-1.3.1), (1971); (TC-1.3) (1978). CIE Central Bureau. Paris, France.

Domínguez, C. E.; Ceballos, L. F. y Fuentes C. (1983). Morfología de la planta de yuca. En: Yuca: investigación, producción y utilización. Programa de yuca, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 29- 49.

Elizalde, B. E.; Pilosof, A. M. R.; Bartholomai, G. B. (1996). Empirical model for water uptake and hydration rate of food powders by sorption and Bauman methods. Journal of Food Science. 61(2), p. 407-409.

Fernandez-Artigas, P.; Guerra-Hernandez, E.; Garcia-Villanova, B. (1999). Browning indicators in model systems and baby cereals. Journal of Agriculture and Food Chemistry. 47, p. 2872-2878.

Fuenmayor, F.; Segovia, V.; Albarrán, J.; Rodriguez, A. y Cabaña, W. (2005). Revista Digital del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela. Banco de germosplasma de yuca del INIA-CENIAP-Venezuela.

García-Pascual, P.; Sanjuán, N.; Melis, R. y Mulet, A. (2006). Morchella esculenta (morel) rehydration process modeling. *Journal of Food Engineering*. 72, p. 346-353.

Górnicki, K. y Kaleta, A. (2007). Drying Curve Modelling of Blanched Carrot Cubes Under Natural Convection Condition. *Journal of Food Engineering*. 82 (2), p. 160–170.

Hoseney, R.C. (1991). *Principios de Ciencia y Tecnología de los Cereales*. Edición ACRIBIA S.A.

Ibarz, A. y Barbosa-Cánovas, G.V. (2005). *Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos*. Ediciones Mundi-Prensa. España.

Imberty, A.; Chanzy, H. y Pérez, S. (1988). The double helical nature of the crystalline part of A-starch. *Journal of Molecular Biology*. 201, p. 365-378.

INTA, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2008). Producción de mandioca y sus usos. EEA Montecarlo. Cuadernillo. Disponible en: [http://www.inta.gov.ar/montecarlo/INFO/documentos/desarrollo/Cuadernillo%20Mandioca%20\(2\).pdf](http://www.inta.gov.ar/montecarlo/INFO/documentos/desarrollo/Cuadernillo%20Mandioca%20(2).pdf). Capturado el: 29/02/2015.

Kader, Z. M. (1995). Study of some factors affecting water absorption by faba beans during soaking. *Food Chemistry*. 53, p. 235-238.

Katz, F.R.; Furcsik, S. L.; Tenburge, F.L.; Hamer, R. J. y Friedman, R. B. (1993). Behaviour of starches derived from varieties of maize containing different genetic mutations-effect of starch genotype on granular morphology. *Carbohydrate Polymers*. 21 (2-3), p. 133-136.

Kraisheh, M.; Mc Minn, W. y Magee T. (2000). A multiple regression approach to the combined microwave and air-drying process, *Journal of Food Engineering*. 43, (4), p. 243-250.

Krishnan, J. G.; Padmaja, G.; Moorthy, S. N.; Suja, G. y Sajeev, M.S. (2010). Effect of pre-soaking treatments on the nutritional profile and browning index of sweet potato and yam flours. *Innovative food science & emerging technologies*. 11, p. 387-393.

Krokida, M. K. y Marinos-Kouris, D. (2003). Rehydration kinetics of dehydrated products. *Journal of Food Engineering*. 57, p. 1-7.

Krokida, M. K.; Maroulis, Z. B. (2000). The effect of drying methods on viscoelastic behaviour of dehydrated fruits and vegetables. *International Journal of Food Science and Technology*. 35, p. 391-400.

Lee, K.; Farid, M. y Nguang, S. K. (2006). The mathematical modelling of the rehydration characteristics of fruits. *Journal of Food Engineering*. 72, p. 16-23.

Leonel, M.; Freitas, T. y Mischan, M. (2009). Physical characteristics of extruded cassava starch. *Scientia Agricola*. 66, p. 486-493.

Lewicki, P. P.; Witrowa-Rajchert, D. y Mariak, J. (1997). Changes of structure during rehydration of dried apples. *Journal of Food Engineering*. 32, p. 347-350.

Lozano, J. E.; Constenla, D. T. y Crapiste, G.H. (1989). Thermophysical properties of clarified apple juice as a function of concentration and temperature. *Journal of Food Science*. 54, p. 663-668.

Marabi, A. y Saguy, S. (2004). Effect of Porosity on Rehydration of Dry Food Particulates, *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 84 (10), p. 1105-1110.

Marcus, R. T. The measurement of color. (2009). Editorial Elsevier Science. USA. (1992). En: Sahin, S.; Gulum Sumnu, S. *Propiedades Físicas de los Alimentos*. ISBN: 13- 9788420011264. Editorial Acribia. España.

Marín-B., E.; Lemus-M., R.; Flores-M., V. y Vega-G., A. (2006). La rehidratación de alimentos deshidratados. *Revista Chilena de Nutrición*. 33, p. 527-538.

Marquez, G. y Anon, M. C. (1986). Influence of reducing sugars and amino acids in the color development of fried potatoes. *Journal of Food Science*. 51, p. 157-160.

Maskan, M. (2001). Effect of maturation and processing on water uptake characteristics of wheat. *Journal of Food Engineering*. 47, p. 51-57.

McMinn, W. A. M. y Magee, T. R. A. (1997). Physical characteristics of dehydrated potatoes-Part II. *Journal of Food Engineering*. 33, p. 49-55.

Montaldo, A. (1985). La yuca o mandioca: cultivo, industrialización, aspectos económicos, empleo en la alimentación animal, mejoramiento. Instituto Interamericano de cooperación para la Agricultura, San José, Costa Rica. p. 386.

Montaldo, A. (1991). Cultivo de Raíces y Tubérculos Tropicales. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. p. 131-230.

Murat, O. y Devres, O. (2000). Análisis de desarrollo de color durante el tostado de avellanas utilizando la metodología de superficie de respuesta. *Journal of Food Engineering*. 45 (1), p. 17-24.

Nijhuis, N. H.; Topping, E.; Luyten, H.; René, F.; Jones, P.; Funebo, T. y Ohlsson, T. (1996). Research needs and opportunities in the dry conservation of fruits and vegetables. *Drying Technology*. 14, p. 1429-1457.

O'Brien, J.; Morrissey, P. A. (1989). Nutritional and toxicological aspects of the Maillard browning reaction in foods. *Critical Review in Food Science and Nutrition*. 28, p. 211-248.

Okos, M. R.; Narasimhan, G.; Singh R. K. y Witnauer, A.C. (1992). Food dehydration. In D. R. Heldman and D. B. Lund (Eds.), *Handbook of Food Engineering*. New York: Marcel Dekker.

Ospina, B. y Ceballos, H. (2002). La Yuca en el Tercer Milenio. Sistema Moderno de Producción, Procesamiento, Utilización y Comercialización. Cali. Colombia. CIAT: Centro de Investigación de Agricultura Tropical. ISBN: 958-694-043-8.

Park, K. J.; Vohnikova, Z. y Brod, F. P. R. (2002). Evaluation of drying parameters and desorption isotherms of garden mint leaves (*Mentha Crispa* L). *Journal of Food Engineering*. 51(3), p. 193-199.

Peleg, M. 1988. An empirical-model for the description of moisture sorption curves. *Journal of Food Science*. 53, p. 1216–1219.

Pilosof, A. M. y Bartholomai, G. B. (2000). Caracterización funcional y estructural de proteínas. Editorial Universitaria. Argentina. ISBN: 950-23-1023-3.

Pilosof, A. M. R.; Boquet, R. y Bartholomai, G.B. (1985). Kinetics of water uptake by food powders. *Journal Food Science*. 50, p. 278.

Ramos, I.; Brandão T. y Silva, C. (2003). Structural Changes During Air Drying of Fruits and Vegetables, *Food Science and Technology International*. 9, p. 201-206.

Ruales, J.; Valencia, S. y Nair, B. (1993). Effect of processing on the physico-chemical characteristics of quinoa flour (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Starch-Stärke*. 45, p. 13-19.

Saguy, I. S.; Marabi, A. y Wallach, R. (2005). New approach to model rehydration of dry food particulates utilizing principles of liquid transport in porous media. *Trends in Food Science and Technology*. 16, p. 495-506.

Sanjuán, N.; Simal, S.; Bon, J. y Mulet, A.(1999). Modelling of Broccoli Stems Rehydration Process. *Journal of Food Engineering*. 42, p. 27-31.

Scott, G. J.; Rosegrant, M. W. y Ringler, C. (2000). Raíces y Tubérculos para el Siglo 21. Tendencias, Proyecciones y Opciones de Política. Instituto Internacional de

Investigaciones sobre Políticas Alimentarias. Washington, D. C., EUA y Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú.

Shin, S. y Bhowmik, S. R. 1995. Thermal kinetics of colour changes in pea puree. *Journal of Food Engineering*. 24, p. 77-86.

Singh, B. P. N. y Kulshrestha, S.P. Kinetics of water sorption by soybean and pigeonpea grains (1987). *Journal of Food Science*. 52, p. 1538-1541, 1544. En: Effect of rehydration temperature on the cell wall components of broccoli (*Brassica oleracea* L. Var. *italica*) plant tissues. Femenia, A.; Bestard, M. J.; Sanjuan, N.; Rossello, C.; Mulet, A. (2000). *Journal of Food Engineering*. 46, p. 157-163.

Sotelo, R. y Acevedo G.( 2009). Conservación de las raíces frescas de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) aplicándole el proceso de parafinado. *Revista Científica Nexo* 21(2), p. 48-53.

Steffe, J. R. y Singh, R.P. (1980). Note of volumetric reduction of short grain rice during drying. *Cereal Chemistry*. 57, p. 148-150.

Thomas, H. D. y Atwell, W. A. (1999). *Starches. Practical guides for the food industry*. American Association of Cereal Chemist. Egan Press. USA.

Torgersen, H. y Toledo, R.T. (1977). Physical properties of protein preparations related to their functional characteristics in comminuted meat systems. *Journal of Food Science*. 42(6), p. 1615-1620.

Vega-Gálvez, A.; Lara-Aravena, E. y Lemus-Mondaca, R. (2006). Isotermas de adsorción de harina de maíz. *Ciencia e Tecnología de Alimentos (Brasil)*. 26(4), p. 821-827.

Wade, P. (1988). *Biscuits, cookies and crackers. Vol. I. The principles of the craft*. Editorial Elsevier Applied Science Publishers Ltd. Barking. Essex. GB.

## **ANEXOS**

**ANEXO A: DATOS EXPERIMENTALES Y CÁLCULOS COMPLEMENTARIOS DE INDICE Y CINETICA DE ABSORCION DE AGUA.**

*Tabla A.1: Valores experimentales de los índices de absorción de agua para las distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento para la variedad concepción, secada a 80 y 120 °C*

Concepción (80 °C)									
Temperatura (°C)	0,2 g/L			0,3 g/L			0,4 g/L		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
30	5,250	5,242	5,245	5,401	5,449	5,424	5,628	5,615	5,671
40	5,335	5,346	5,333	5,530	5,533	5,584	5,821	5,933	5,878
50	5,668	5,626	5,637	5,897	5,823	5,872	6,287	6,204	6,216

Concepción (120 °C)									
Temperatura (°C)	0,2 g/L			0,3 g/L			0,4 g/L		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
30	6,211	6,206	6,271	6,439	6,437	6,439	6,644	6,620	6,612
40	6,530	6,526	6,543	6,607	6,674	6,687	6,816	6,820	6,871
50	6,745	6,740	6,747	6,821	6,841	6,823	7,200	7,187	7,179

Tabla A.2: Valores experimentales de los índices de absorción de agua para las distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento para la variedad Pomerí, secada a 80 y 120 °C.

Pomerí (80 °C)									
Temperatura (°C)	0,2 g/L			0,3 g/L			0,4 g/L		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
30	5,139	5,144	5,131	5,262	5,260	5,252	5,541	5,400	5,351
40	5,283	5,273	5,291	5,350	5,356	5,353	5,427	5,522	5,530
50	5,469	5,465	5,499	5,635	5,630	5,638	5,745	5,755	5,789

Pomerí (120 °C)									
Temperatura (°C)	0,2 g/L			0,3 g/L			0,4 g/L		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
30	5,757	5,759	5,750	6,086	6,077	6,090	6,402	6,406	6,402
40	5,866	5,879	5,863	6,207	6,217	6,227	6,551	6,551	6,665
50	5,982	5,936	5,906	6,444	6,439	6,503	6,643	6,657	6,630

Tabla A.3: Análisis estadístico para los valores de IAA entre variedades de puré de mandioca secada a 80 °C a tres temperaturas de agua de absorción y concentración de inhibidor de pardeamiento de 0,2 g/l.

<b>Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES</b>		
Fuente de Variación	% de variación	P valor
Interacción	1,86	P<0,0001
Variedad (Concepción vs Pomerí)	11,05	P<0,0001
Temperatura (30,40,50°C)	86,68	P<0,0001

Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo
Interacción	***	Si
Variedad (Concepción vs Pomerí)	***	Si
Temperatura (30,40,50°C)	***	Si

Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	0,00914	0,00457	27,17
Variedad (Concepción vs Pomerí)	1	0,05423	0,05423	322,4
Temperatura (30,40,50°C)	2	0,4256	0,2128	1265
Residual	12	0,002019	0,0001682	

*Tabla A.4: Análisis estadístico para los valores de IAA entre variedades de puré de mandioca secada a 80 °C a tres temperaturas de agua de absorción y concentración de inhibidor de pardeamiento de 0,3 g/l.*

**Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES**

Fuente de Variación	% de variación	P valor
Interacción	0,41	0,087
Variedad (Concepción vs Pomberí)	24,4	P<0,0001
Temperatura (30,40,50°C)	74,36	P<0,0001

Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?
Interacción	ns	No
Variedad (Concepción vs Pomberí)	***	Si
Temperatura (30,40,50°C)	***	Si

Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	0,002981	0,001491	3,014
Variedad (Concepción vs Pomberí)	1	0,1754	0,1754	354,7
Temperatura (30,40,50°C)	2	0,5345	0,2673	540,3
Residual	12	0,005935	0,0004946	

*Tabla A.5: Análisis estadístico para los valores de IAA entre variedades de puré de mandioca secada a 80 °C a tres temperaturas de agua de absorción y concentración de inhibidor de pardeamiento de 0,4 g/l.*

**Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES**

Fuente de Variación	% de variación	P valor
Interacción	4,1	0,0052
Variedad (Concepción vs Pomberí)	42,41	P<0,0001
Temperatura (30,40,50°C)	50,56	P<0,0001

Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?
Interacción	**	Si
Variedad (Concepción vs Pomberí)	***	Si
Temperatura (30,40,50°C)	***	Si

Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	0,05477	0,02738	8,403
Variedad (Concepción vs Pomberí)	1	0,5664	0,5664	173,8
Temperatura (30,40,50°C)	2	0,6754	0,3377	103,6
Residual	12	0,03911	0,003259	

Tabla A.6: Análisis estadístico para los valores de IAA entre variedades de puré de mandioca secada a 120 °C a tres temperaturas de agua de absorción y concentración de inhibidor de pardeamiento de 0,2 g/l.

**Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES**

Fuente de Variación	% de variación	P valor
Interacción	3,49	P<0,0001
Variedad (Concepción vs Pomberí)	80,35	P<0,0001
Temperatura (30,40,50°C)	15,91	P<0,0001

Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo
Interacción	***	Si
Variedad (Concepción vs Pomberí)	***	Si
Temperatura (30,40,50°C)	***	Si

Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	0,08166	0,04083	82,75
Variedad (Concepción vs Pomberí)	1	1,882	1,882	3815
Temperatura (30,40,50°C)	2	0,3727	0,1864	377,7
Residual	12	0,005921	0,0004934	

Tabla A.7: Análisis estadístico para los valores de IAA entre variedades de puré de mandioca secada a 120 °C a tres temperaturas de agua de absorción y concentración de inhibidor de pardeamiento de 0,3 g/l.

**Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES**

Fuente de Variación	% de variación	P valor
Interacción	0,56	0,019
Variedad (Concepción vs Pomberí)	59,57	P<0,0001
Temperatura (30,40,50°C)	39,27	P<0,0001

Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo
Interacción	*	Si
Variedad (Concepción vs Pomberí)	***	Si
Temperatura (30,40,50°C)	***	Si

Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	0,006334	0,003167	5,62
Variedad (Concepción vs Pomberí)	1	0,6721	0,6721	1193
Temperatura (30,40,50°C)	2	0,4431	0,2216	393,2
Residual	12	0,006762	0,0005635	

Tabla A.8: análisis estadístico para los valores de IAA entre variedades de puré de mandioca secada a 120 °C a tres temperaturas de agua de absorción y concentración de inhibidor de pardeamiento de 0,4 g/l.

**Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES**

Fuente de Variación	% de variación	P valor
Interacción	8,78	P<0,0001
Variedad (Concepción vs Pomberí)	46,44	P<0,0001
Temperatura (30,40,50°C)	43,72	P<0,0001

Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo
Interacción	***	Si
Variedad (Concepción vs Pomberí)	***	Si
Temperatura (30,40,50°C)	***	Si

Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	0,09718	0,04859	49,84
Variedad (Concepción vs Pomberí)	1	0,5141	0,5141	527,3
Temperatura (30,40,50°C)	2	0,484	0,242	248,2
Residual	12	0,0117	0,0009749	

Tabla A.9: Análisis estadístico para los valores de IAA para puré de mandioca variedad concepción, a tres temperaturas de agua de absorción y tres concentraciones de inhibidor de pardeamiento, secados a 80 °C.

**Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES**

Fuente de Variación	% de variación	P valor
Interacción	1,55	0,0005
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	51,00	P<0,0001
Temperatura (30,40,50°C)	46,63	P<0,0001

Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo
Interacción	***	Si
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	***	Si
Temperatura (30,40,50°C)	***	Si

Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	4	0,03575	0,008937	8,501
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	2	1,176	0,588	559,3
Temperatura (30,40,50°C)	2	1,075	0,5376	511,4
Residual	18	0,01892	0,001051	

Tabla A.10: Análisis estadístico para los valores de IAA para puré de mandioca variedad concepción, a tres temperaturas de agua de absorción y tres concentraciones de inhibidor de pardeamiento, secados a 120 °C.

**Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES**

Fuente de Variación	% de variación	P valor
Interacción	2,2	0,2673
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	59,99	P<0,0001
Temperatura (30,40,50°C)	37,29	P<0,0001

Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo
Interacción	***	Si
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	***	Si
Temperatura (30,40,50°C)	***	Si

Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	4	0,008886	0,002222	1,421
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	2	0,3125	0,1562	99,95
Temperatura (30,40,50°C)	2	0,5825	0,2913	186,3
Residual	18	0,02814	0,001563	

Tabla A.11: Análisis estadístico para los valores de IAA para puré de mandioca variedad Pomberí, a tres temperaturas de agua de absorción y tres concentraciones de inhibidor de pardeamiento, secados a 80 °C.

**Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES**

Fuente de Variación	% de variación	P valor
Interacción	0,95	0,2673
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	33,53	P<0,0001
Temperatura (30,40,50°C)	62,5	P<0,0001

Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo
Interacción	ns	No
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	***	Si
Temperatura (30,40,50°C)	***	Si

Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	4	0,008886	0,002222	1,421
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	2	0,3125	0,1562	99,95
Temperatura (30,40,50°C)	2	0,5825	0,2913	186,3
Residual	18	0,02814	0,001563	

Tabla A.12: Análisis estadístico para los valores de IAA para puré de mandioca variedad Pomerí, a tres temperaturas de agua de absorción y tres concentraciones de inhibidor de pardeamiento, secados a 120 °C.

**Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES**

Fuente de Variación	% de variación	P valor			
Interacción	1,75	P<0,0001			
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	84,93	P<0,0001			
Temperatura (30,40,50°C)	12,73	P<0,0001			
Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo			
Interacción	***	Si			
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	***	Si			
Temperatura (30,40,50°C)	***	Si			
Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	
Interacción	4	0,04451	0,01113	13,36	
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	2	2,159	1,08	1296	
Temperatura (30,40,50°C)	2	0,3236	0,1618	194,3	
Residual	18	0,01499	0,0008328		

Tabla A. 13: Valores experimentales de la cinética de absorción de agua para las distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento para la variedad concepción, secada a 80 °C.

Concepción 80 °C (0,2 g/L)				Concepción 80 °C (0,3 g/L)				Concepción 80 °C (0,4 g/L)			
Tiempo (min)	mL de agua			Tiempo (min)	mL de agua			Tiempo (min)	mL de agua		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,23	2,0			1,85	2,0			1,8	2,0		
1,27		2,0		1,85		2,0		2,3		2,0	
1,27			2,0	1,86			2,0	2,2			2,0
3,12	2,5			2,41	2,5			5,5	2,5		
3,13		2,5		2,77		2,5		5,8		2,5	
3,10			2,5	2,78			2,5	6,93			2,5
6,14	3,0			5,85	3,0			9,38	3,0		
6,15		3,0		5,90		3,0		9,40		3,0	
6,16			3,0	6,03			3,0	9,70			3,0
9,90	3,5			11,45	3,5			13,58	3,5		
9,40		3,5		11,70		3,5		15,80		3,5	
9,70			3,5	11,75			3,5	16,00			3,5
21,8	4,0			23,50	4,0			21,50	4,0		
23,0		4,0		23,71		4,0		21,80		4,0	
25,7			4,0	23,75			4,0	23,45			4,0
38,83	4,5			41,17	4,5			41,70	4,5		
38,83		4,5		41,43		4,5		42,30		4,5	

---

39,08		4,5	43,87		4,5	43,50		4,5
100,0	5,0		90,63	5,0		75,30	5,0	
102,0		5,0	91,67		5,0	75,40		5,0
101,0		5,0	93,00		5,0	75,90		5,0

---

Tabla A.14: Valores experimentales de la cinética de absorción de agua para las distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento para la variedad concepción, secada a 120 °C.

Concepción 120 °C (0,2 g/L)				Concepción 120 °C (0,3 g/L)				Concepción 120 °C (0,4 g/L)			
Tiempo (min)	mL de agua			Tiempo (min)	mL de agua			Tiempo (min)	mL de agua		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,57	2,0			0,73	2,0			0,95	2,0		
0,58		2,0		0,75		2,0		0,98		2,0	
0,58			2,0	0,77			2,0	0,98			2,0
0,99	2,5			0,80	2,5			1,06	2,5		
0,98		2,5		0,82		2,5		1,08		2,5	
0,98			2,5	0,83			2,5	1,08			2,5
1,33	3,0			1,52	3,0			1,77	3,0		
1,47		3,0		1,78		3,0		2,40		3,0	
1,67			3,0	1,81			3,0	2,40			3,0
2,50	3,5			2,27	3,5			4,50	3,5		
2,60		3,5		2,58		3,5		4,63		3,5	
2,59			3,5	2,72			3,5	4,63			3,5
13,33	4,0			4,22	4,0			6,07	4,0		
13,45		4,0		4,90		4,0		6,15		4,0	
13,667			4,0	4,99			4,0	8,52			4,0
15,667	4,5			6,43	4,5			9,68	4,5		
15,00		4,5		6,72		4,5		10,00		4,5	
15,30			4,5	6,81			4,5	11,35			4,5

Tabla A.14: Valores experimentales de la cinética de absorción de agua para las distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento para la variedad concepción, secada a 120 °C.

Concepción 120 °C (0,2 g/L)		Concepción 120 °C (0,3 g/L)		Concepción 120 °C (0,4 g/L)	
Tiempo (min)	mL de agua	Tiempo (min)	mL de agua	Tiempo (min)	mL de agua
33,00	5,0	10,58	5,0	14,93	5,0
33,33	5,0	13,80	5,0	13,33	5,0
33,48	5,0	13,91	5,0	13,32	5,0
42,67	5,5	25,08	5,5	20,00	5,5
43,33	5,5	25,65	5,5	22,38	5,5
44,77	5,5	26,4	5,5	23,00	5,5
50,00	6,0	32,09	6,0	32,08	6,0
51,33	6,0	32,06	6,0	33,17	6,0
51,67	6,0	32,10	6,0	34,00	6,0
100,1	6,0	97,48	6,0	84,8	6,0
100,0	6,0	98,10	6,0	84,8	6,0
100,1	6,0	98,27	6,0	84,8	6,0

Tabla A. 15: Valores experimentales de la cinética de absorción de agua para las distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento para la variedad Pomerí, secada a 80 °C.

Tiempo (min)	Pomerí 80 °C (0,2 g/L) mL de agua	Tiempo (min)	Pomerí 80 °C (0,3 g/L) mL de agua	Tiempo (min)	Pomerí 80 °C (0,4 g/L) mL de agua
2,667	2,0	1,800	2,0	5,250	2,0
2,750	2,0	2,300	2,0	5,300	2,0
2,983	2,0	2,200	2,0	5,333	2,0
4,100	2,5	5,500	2,5	6,467	2,5
4,120	2,5	5,800	2,5	6,467	2,5
4,130	2,5	6,933	2,5	6,633	2,5
5,700	3,0	9,380	3,0	7,300	3,0
5,967	3,0	9,400	3,0	7,430	3,0
6,000	3,0	9,700	3,0	7,300	3,0
35,000	3,5	13,580	3,5	18,917	3,5
36,667	3,5	15,800	3,5	19,000	3,5
37,717	3,5	16,000	3,5	19,083	3,5
50,067	4,0	21,500	4,0	47,250	4,0
51,667	4,0	21,800	4,0	47,417	4,0
54,667	4,0	23,450	4,0	48,333	4,0
66,667	4,5	57,767	4,5	57,767	4,5
67,967	4,5	57,883	4,5	57,883	4,5
68,333	4,5	57,917	4,5	57,917	4,5

89,500	5,0		73,500	5,0		65,100	5,0	
90,883		5,0	73,532		5,0	66,500		5,0
91,333			73,540			65,100		5,0
99,167	5,0		95,000	5,0		85,000	5,5	
100,667		5,0	94,900		5,0	84,900		5,5
101,667			95,2			85,200		5,5

Tabla A.16: Valores experimentales de la cinética de absorción de agua para las distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento para la variedad Pomberí, secada a 120 °C.

Tiempo (min)	Pomberí 120 °C (0,2 g/L) mL de agua			Tiempo (min)	Pomberí 120 °C (0,3 g/L) mL de agua			Tiempo (min)	Pomberí 120 °C (0,4 g/L) mL de agua		
0,000	0	0	0	0,000	0	0	0	0,000	0	0	0
0,510	2,0			1,350	2,0			2,200	2,0		
0,520		2,0		1,350		2,0		2,250		2,0	
0,557			2,0	1,350			2,0	2,300			2,0
2,167	2,5			2,150	2,5			2,550	2,5		
2,350		2,5		2,200		2,5		2,583		2,5	
2,400			2,5	2,300			2,5	2,633			2,5
3,167	3,0			4,400	3,0			4,633	3,0		
3,350		3,0		4,500		3,0		4,667		3,0	
3,400			3,0	4,500			3,0	4,917			3,0
4,417	3,5			7,500	3,5			6,617	3,5		
4,483		3,5		7,600		3,5		6,750		3,5	
4,583			3,5	7,800			3,5	6,883			3,5
5,500	4,0			12,467	4,0			9,450	4,0		
5,617		4,0		13,600		4,0		9,500		4,0	
5,75			4,0	13,9			4,0	9,583			4,0

*Tabla A.16: Valores experimentales de la cinética de absorción de agua para las distintas concentraciones de inhibidor de pardeamiento para la variedad Pomerí, secada a 120 °C.*

Tiempo (min)	Pomerí 120 °C (0,2 g/L) mL de agua	Tiempo (min)	Pomerí 120 °C (0,3 g/L) mL de agua	Tiempo (min)	Pomerí 120 °C (0,4 g/L) mL de agua
10,583	4,5	18,950	4,5	22,500	4,5
10,733	4,5	19,167	4,5	22,667	4,5
10,883	4,5	20,500	4,5	22,750	4,5
33,500	5,0	27,367	5,0	33,100	5,0
33,583	5,0	28,000	5,0	33,180	5,0
33,833	5,0	28,450	5,0	33,200	5,0
45,800	5,5	39,883	5,5	48,700	5,5
45,789	5,5	39,250	5,5	49,550	5,5
45,650	5,5	39,400	5,5	49,770	5,5
95,100	6,0	88,500	6,0	93,267	6,0
95,120	6,0	89,000	6,0	93,317	6,0
95,15	6,0	89,5	6,0	93,383	6,0

Tabla A.17: Análisis estadístico de los datos obtenidos por regresión no lineal para el modelo cinético de Pilosof y exponencial, para el puré variedad concepción, cocidos a diferentes concentraciones de inhibidor de pardeamiento y secado a 80 °C.

	Concentración de inhibidor de pardeamiento		
	0,2 g/L	0,3 g/L	0,4 g/L
<b>Pilosof</b>			
Valores del mejor ajuste			
Q	4,75	4,774	5,076
B	2,75	2,965	5,529
Error Estd,			
Q	0,1172	0,09886	0,152
B	0,3088	0,2709	0,6473
Intervalo de confianza 95%			
Q	4,507 a 4,993	4,569 a 4,979	4,761 a 5,392
B	2,110 a 3,390	2,404 a 3,527	4,187 a 6,872
Bondad del ajuste			
Grados de libertad	22	22	22
R <sup>2</sup>	0,9667	0,9763	0,9667
Suma absoluta de cuadrados	1,768	1,261	1,769
Sy,x	0,2835	0,2394	0,2835

---

**Exponencial**

Valores del mejor ajuste

---

Cinf	4,359	4,309	4,537
K	0,2483	0,2614	0,1272

---

Error Estd,			
Cinf	0,1527	0,1338	0,1625
K	0,03275	0,03089	0,01502

---

Intervalo de confianza 95%			
Cinf	4,042 a 4,675	4,032 a 4,587	4,200 a 4,874
K	0,1804 a 0,3163	0,1973 a 0,3254	0,09603 a 0,1583

---

Bondad del ajuste			
Grados de libertad	22	22	22
R <sup>2</sup>	0,9069	0,9227	0,9219
Suma absoluta de cuadrados	4,95	4,109	4,152
Sy,x	0,4744	0,4322	0,4344

---

Tabla A.18: Análisis estadístico de los datos obtenidos por regresión no lineal para el modelo cinético de Pilosof y Exponencial, para el puré variedad Concepción, cocidos a diferentes concentraciones de inhibidor de pardeamiento y secado a 120 °C.

	Concentración de inhibidor de pardeamiento		
	0,2 g/L	0,3 g/L	0,4 g/L
<b>Pilosof</b>			
Valores del mejor ajuste			
Q	5,445	5,734	5,948
B	1,281	1,494	2,297
Error Estd.			
Q	0,1303	0,09419	0,131
B	0,1623	0,1007	0,221
Intervalo de confianza 95%			
Q	5,179 a 5,711	5,541 a 5,927	5,681 a 6,216
B	0,9497 a 1,612	1,288 a 1,700	1,847 a 2,748
Bondad del ajuste			
Grados de libertad	31	28	31
R <sup>2</sup>	0,9324	0,9803	0,962
Suma absoluta de cuadrados	7,021	1,74	3,952
S <sub>y,x</sub>	0,4759	0,2493	0,3571

<b>Exponencial</b>			
Valores del mejor ajuste			
Cinf	5,133	5,191	5,355
K	0,6031	0,506	0,3177
Error Estd,			
Cinf	0,1446	0,1478	0,163
K	0,07153	0,05094	0,0382
Intervalo de confianza 95%			
Cinf	4,838 a 5,428	4,888 a 5,493	5,023 a 5,688
K	0,4572 a 0,7490	0,4016 a 0,6103	0,2397 a 0,3956
Bondad del ajuste			
Grados de libertad	31	28	31
R <sup>2</sup>	0,8864	0,9208	0,8929
Suma absoluta de cuadrados	11,8	6,984	11,13
Sy,x	0,6171	0,4994	0,5992

Tabla A.19: Análisis estadístico de los datos obtenidos por regresión no lineal para el modelo cinético de Pilosof y Exponencial, para el puré variedad Pomberí, cocidos a diferentes concentraciones de inhibidor de pardeamiento y secado a 80 °C.

	Concentración de inhibidor de pardeamiento		
	0,2 g/L	0,3 g/L	0,4 g/L
<b>Pilosof</b>			
Valores del mejor ajuste			
Q	4,717	4,97	5,367
B	3,85	5,227	7,94
Error Estd,			
Q	0,1231	0,1346	0,1629
B	0,5196	0,5776	0,9612
Intervalo de confianza 95%			
Q	4,463 a 4,971	4,690 a 5,249	5,032 a 5,703
B	2,780 a 4,921	4,029 a 6,425	5,960 a 9,920
Bondad del ajuste			
Grados de libertad	25	22	25
R <sup>2</sup>	0,9427	0,9684	0,9526
Suma absoluta de cuadrados	3,621	1,681	3,273
S <sub>y,x</sub>	0,3806	0,2764	0,3618

<b>Exponencial</b>			
Valores del mejor ajuste			
Cinf	4,399	4,528	4,698
K	0,2036	0,1279	0,1083
Error Estd,			
Cinf	0,1171	0,1591	0,1331
K	0,02193	0,0149	0,01102
Intervalo de confianza 95%			
Cinf	4,158 a 4,640	4,198 a 4,858	4,424 a 4,972
K	0,1584 a 0,2487	0,09700 a 0,1588	0,08563 a 0,1310
Bondad del ajuste			
Grados de libertad	25	22	25
R <sup>2</sup>	0,9186	0,9219	0,9227
Suma absoluta de cuadrados	5,143	4,153	5,333
Sy,x	0,4535	0,4345	0,4619

Tabla A.20: Análisis estadístico de los datos obtenidos por regresión no lineal para el modelo cinético de Pilosof y Exponencial, para el puré variedad Pomerí, cocidos a diferentes concentraciones de inhibidor de pardeamiento y secado a 120 °C.

	Concentración de inhibidor de pardeamiento		
	0,2 g/L	0,3 g/L	0,4 g/L
<b>Pilosof</b>			
Valores del mejor ajuste			
Q	5,734	5,768	5,882
B	2,588	3,865	4,422
Error Estd,			
Q	0,1527	0,145	0,09438
B	0,2876	0,4065	0,2738
Intervalo de confianza 95%			
Q	5,421 a 6,046	5,471 a 6,065	5,689 a 6,076
B	1,999 a 3,177	3,033 a 4,697	3,861 a 4,982
Bondad del ajuste			
Grados de libertad	28	28	28
R <sup>2</sup>	0,9499	0,9611	0,9834
Suma absoluta de cuadrados	4,42	3,433	1,461
S <sub>y,x</sub>	0,3973	0,3501	0,2284

<b>Exponencial</b>			
Valores del mejor ajuste			
Cinf	5,348	5,116	5,246
K	0,2561	0,1993	0,1811
Error Estd,			
Cinf	0,1658	0,1672	0,123
K	0,02543	0,02479	0,01406
Intervalo de confianza 95%			
Cinf	5,009 a 5,688	4,774 a 5,459	4,994 a 5,498
K	0,2041 a 0,3082	0,1485 a 0,2500	0,1523 a 0,2099
Bondad del ajuste			
Grados de libertad	28	28	28
R <sup>2</sup>	0,9105	0,8944	0,9452
Suma absoluta de cuadrados	7,897	9,314	4,832
Sy,x	0,5311	0,5767	0,4154

Tabla A.21: Análisis estadístico para los valores de  $Q$  de la ecuación de Pilosof y col. (1985), para puré de mandioca variedad Concepción a 80 y 120 °C a tres concentraciones de inhibidor de pardeamiento.

**Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES**

Fuente de Variación	% de variación	P valor
Interacción	1,18	0,6956
Variedad (Concepción 80 y 120 °C)	68,67	P<0,0001
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	11,31	0,0596

Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo
Interacción	ns	No
Variedad (Concepción 80 y 120 °C)	***	Si
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	ns	No

Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	0,05465	0,02732	0,3741
Variedad (Concepción 80 y 120 °C)	1	3,193	3,193	43,72
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	2	0,5257	0,2629	3,599
Residual	12	0,8764	0,07303	

Tabla A.22: Análisis estadístico para los valores de B de la ecuación de Pilosof y col. (1985), para puré de mandioca variedad Concepción a 80 y 120 °C a tres concentraciones de inhibidor de pardeamiento.

**Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES**

Fuente de Variación	% de variación	P valor
Interacción	9,08	0,0137
Variedad (Concepción 80 y 120 °C)	48,08	P<0,0001
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	34,14	P<0,0001

Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo
Interacción	*	Si
Variedad (Concepción 80 y 120 °C)	***	Si
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	***	Si

Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	3,827	1,914	6,268
Variedad (Concepción 80 y 120 °C)	1	20,27	20,27	66,38
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	2	14,39	7,195	23,57
Residual	12	3,664	0,3053	

Tabla A.23: Análisis estadístico para los valores de  $R_0$  de la ecuación de Pilosof y col. (1985), para puré de mandioca variedad Concepción a 80 y 120 °C a tres concentraciones de inhibidor de pardeamiento.

**Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES**

Fuente de Variación	% de variación	P valor
Interacción	1,99	0,2836
Variedad (Concepción 80 y 120 °C)	71,75	P<0,0001
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	17,75	0,0012

Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo
Interacción	ns	No
Variedad (Concepción 80 y 120 °C)	***	Si
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	**	Si

Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	0,5867	0,2934	1,402
Variedad (Concepción 80 y 120 °C)	1	21,17	21,17	101,2
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	2	5,238	2,619	12,52
Residual	12	2,511	0,2092	

Tabla A.24: Análisis estadístico para los valores de K de la ecuación de Pilosof y col. (1985) para puré de mandioca variedad Concepción a 80 y 120 °C a tres concentraciones de inhibidor de pardeamiento.

**Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES**

Fuente de Variación	% de variación	P valor
Interacción	1,64	0,6147
Variedad (Concepción 80 y 120 °C)	40,93	0,0003
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	38,03	0,0015

Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo
Interacción	ns	No
Variedad (Concepción 80 y 120 °C)	***	Si
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	**	Si

Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	0,0004111	0,0002056	0,5068
Variedad (Concepción 80 y 120 °C)	1	0,01027	0,01027	25,33
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	2	0,009544	0,004772	11,77
Residual	12	0,004867	0,0004056	

Tabla A.25: Análisis estadístico para los valores de  $Q$  de la ecuación de Pilosof y col. (1985) para puré de mandioca variedad Pomberí a 80 y 120 °C a tres concentraciones de inhibidor de pardeamiento.

**Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES**

Fuente de Variación	% de variación	P valor
Interacción	4,52	0,2816
Variedad (Pomberí 80 y 120 °C)	64,59	P<0,0001
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	11,66	0,0581

Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo
Interacción	ns	No
Variedad (Pomberí 80 y 120 °C)	***	Si
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	ns	No

Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	0,19	0,09501	1,411
Variedad (Pomberí 80 y 120 °C)	1	2,714	2,714	40,32
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	2	0,4901	0,2451	3,64
Residual	12	0,808	0,06733	

Tabla A.26: Análisis estadístico para los valores de B de la ecuación de Pilosof y col. (1985), para puré de mandioca variedad Pomberí a 80 y 120 °C a tres concentraciones de inhibidor de pardeamiento.

**Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES**

Fuente de Variación	% de variación	P valor
Interacción	5,63	0,1208
Variedad (Pomberí 80 y 120 °C)	40,98	P<0,0001
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	40,06	0,0002

Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo
Interacción	ns	No
Variedad (Pomberí 80 y 120 °C)	***	Si
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	***	Si

Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	2,742	1,371	2,534
Variedad (Pomberí 80 y 120 °C)	1	19,97	19,97	36,89
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	2	19,51	9,757	18,03
Residual	12	6,494	0,5412	

Tabla A.27: Análisis estadístico para los valores de  $R_0$  de la ecuación de Pilosof y col. (1985), para puré de mandioca variedad Pomberí a 80 y 120 °C a tres concentraciones de inhibidor de pardeamiento.

**Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES**

Fuente de Variación	% de variación	P valor
Interacción	3,42	0,3264
Variedad (Pomberí 80 y 120 °C)	45,63	P<0,0001
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	34,29	0,0012

Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?
Interacción	ns	No
Variedad (Pomberí 80 y 120 °C)	***	Si
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	**	Si

Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	0,1749	0,08744	1,231
Variedad (Pomberí 80 y 120 °C)	1	2,336	2,336	32,88
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	2	1,755	0,8776	12,35
Residual	12	0,8525	0,07104	

Tabla A.28: Análisis estadístico para los valores de K de la ecuación de Pilosof y col. (1985), para puré de mandioca variedad Pomberí a 80 y 120 °C a tres concentraciones de inhibidor de pardeamiento.

**Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES**

Fuente de Variación	% de variación	P valor
Interacción	0,62	0,9122
Variedad (Pomberí 80 y 120 °C)	7,65	0,1568
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	51,51	0,0071

Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?
Interacción	ns	No
Variedad (Pomberí 80 y 120 °C)	ns	No
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	**	Si

Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	0,000039	0,0000195	0,09261
Variedad (Pomberí 80 y 120 °C)	1	0,0004805	0,0004805	2,282
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	2	0,003236	0,001618	7,685
Residual	12	0,002527	0,0002106	

Tabla A.29: Análisis estadístico para los valores de  $Q$  de la ecuación de Pilosof y col. (1985), para puré de mandioca variedad Pomberí y Concepción secadas a 80 °C a tres concentraciones de inhibidor de pardeamiento.

**Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES**

Fuente de Variación	% de variación	P valor
Interacción	4,56	0,5811
Variedad (Concepción y Pomberí 80 °C)	5,65	0,2585
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	41,61	0,0239

Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?
Interacción	ns	No
Variedad (Concepción y Pomberí 80 °C)	ns	No
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	*	Si

Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	0,08322	0,04161	0,5681
Variedad (Concepción y Pomberí 80 °C)	1	0,1031	0,1031	1,407
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	2	0,759	0,3795	5,181
Residual	12	0,8789	0,07324	

Tabla A.30: Análisis estadístico para los valores de  $Q$  de la ecuación de Pilosof y col. (1985), para puré de mandioca variedad Pomberí y Concepción secadas a 120 °C a tres concentraciones de inhibidor de pardeamiento.

**Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES**

Fuente de Variación	% de variación	P valor
Interacción	8	0,4938
Variedad (Concepción y Pomberí 120 °C)	2,63	0,4964
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	25,29	0,1359

Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?
Interacción	ns	No
Variedad (Concepción y Pomberí 120 °C)	ns	No
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	ns	No

Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	0,1005	0,05026	0,7488
Variedad (Concepción y Pomberí 120 °C)	1	0,03302	0,03302	0,492
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	2	0,3179	0,1589	2,368
Residual	12	0,8054	0,06712	

Tabla A.31: Análisis estadístico para los valores de B de la ecuación de Pilosof y col. (1985), para puré de mandioca variedad Pomberí y Concepción secadas a 80 °C a tres concentraciones de inhibidor de pardeamiento.

**Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES**

Fuente de Variación	% de variación	P valor
Interacción	0,57	0,7563
Variedad (Concepción y Pomberí 80 °C)	29,19	0,0002
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	58,37	P<0,0001

Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo
Interacción	ns	No
Variedad (Concepción y Pomberí 80 °C)	***	Si
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	***	Si

Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	0,3211	0,1606	0,2859
Variedad (Concepción y Pomberí 80 °C)	1	16,56	16,56	29,49
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	2	33,13	16,56	29,49
Residual	12	6,741	0,5617	

Tabla A.32: Análisis estadístico para los valores de  $R_0$  de la ecuación de Pilosof y col. (1985), para puré de mandioca variedad Pomberí y Concepción secadas a 80 °C a tres concentraciones de inhibidor de pardeamiento.

**Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES**

Fuente de Variación	% de variación	P valor
Interacción	4,56	0,3188
Variedad (Concepción y Pomberí 80°C)	28,61	0,0018
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	45,1	0,0012

Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?
Interacción	ns	No
Variedad (Concepción y Pomberí 80°C)	**	Si
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	**	Si

Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	0,1506	0,07531	1,259
Variedad (Concepción y Pomberí 80°C)	1	0,9449	0,9449	15,8
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	2	1,49	0,7449	12,45
Residual	12	0,7177	0,05981	

Tabla A.33: Análisis estadístico para los valores de *K* de la ecuación de Pilosof y col. (1985), para puré de mandioca variedad Pomberí y Concepción secadas a 80 °C a tres concentraciones de inhibidor de pardeamiento.

**Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES**

Fuente de Variación	% de variación	P valor
Interacción	2,48	0,6274
Variedad (Concepción y Pomberí 80 °C)	24,29	0,0095
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	42,58	0,0054

Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?
Interacción	ns	No
Variedad (Concepción y Pomberí 80 °C)	**	Si
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	**	Si

Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	0,0002618	0,0001309	0,4847
Variedad (Concepción y Pomberí 80 °C)	1	0,002568	0,002568	9,509
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	2	0,004502	0,002251	8,335
Residual	12	0,003241	0,0002701	

Tabla A.34: Análisis estadístico para los valores de B de la ecuación de Pilosof y col. (1985), para puré de mandioca variedad Pomberí y Concepción secadas a 120 °C a tres concentraciones de inhibidor de pardeamiento.

**Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES**

Fuente de Variación	% de variación	P valor
Interacción	3,41	0,2356
Variedad (Concepción y Pomberí 120 °C)	61,72	P<0,0001
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	22,35	0,0021

Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?
Interacción	ns	No
Variedad (Concepción y Pomberí 120 °C)	***	Si
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	**	Si

Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	0,9309	0,4654	1,634
Variedad (Concepción y Pomberí 120 °C)	1	16,84	16,84	59,13
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	2	6,096	3,048	10,7
Residual	12	3,417	0,2848	

Tabla A.35: Análisis estadístico para los valores de  $R_0$  de la ecuación de Pilosof y col. (1985), para puré de mandioca variedad Pomberí y Concepción secadas a 120 °C a tres concentraciones de inhibidor de pardeamiento.

**Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES**

Fuente de Variación	% de variación	P valor
Interacción	3,5	0,1789
Variedad (Concepción y Pomberí 120 °C)	65,12	P<0,0001
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	20,85	0,0014

Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?
Interacción	ns	No
Variedad (Concepción y Pomberí 120 °C)	***	Si
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	**	Si

Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	0,8788	0,4394	1,993
Variedad (Concepción y Pomberí 120 °C)	1	16,36	16,36	74,21
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	2	5,236	2,618	11,88
Residual	12	2,645	0,2205	

Tabla A.36: Análisis estadístico para los valores de *K* de la ecuación de Pilosof y col. (1985), para puré de mandioca variedad Pomberí y Concepción secadas a 120 °C a tres concentraciones de inhibidor de pardeamiento.

**Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES**

Fuente de Variación	% de variación	P valor
Interacción	4,27	0,2039
Variedad (Concepción y Pomberí 120 °C)	57,29	P<0,0001
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	24,39	0,0024

Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?
Interacción	ns	No
Variedad (Concepción y Pomberí 120 °C)	***	Si
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	**	Si

Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	0,00126	0,0006302	1,821
Variedad (Concepción y Pomberí 120 °C)	1	0,01693	0,01693	48,92
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	2	0,007207	0,003604	10,41
Residual	12	0,004153	0,0003461	

Tabla A.37: Análisis estadístico para los valores de  $C_{\infty}$  y  $K$  de la ecuación de exponencial para puré de mandioca variedad Concepción a tres Concentraciones de inhibidor de pardeamiento y secada a 80 °C y Prueba de comparación múltiple de Tukey.

<b>Análisis de varianza</b>								
	<b><math>C_{\infty}</math></b>				<b><math>K</math></b>			
P valor	0,6607				0,0516			
P valor resumen	ns				ns			
Hay diferencia significativas? (P < 0,05)	No				No			
Numero de grupos	3				3			
F	0,4445				5,058			
R <sup>2</sup>	0,129				0,6277			
<b>Tabla de ANOVA</b>	SS	df	MS		SS	df	MS	
Tratamiento entre columnas	0,08617	2	0,04308		0,03286	2	0,01643	
Residual (en columnas)	0,5816	6	0,09693		0,01949	6	0,003248	
Total	0,6677	8			0,05235	8		
<b>Prueba de comparación múltiple de Tukey</b>	Diferencia media	q	P valor	95% CI of dif.	Diferencia media	q	P valor	95% CI of dif.
0,2 vs 0,3	0,05	0,2782	P > 0,05	-0,7299 a 0,8299	-0,01333	0,4052	P > 0,05	-0,1561 a 0,1294
0,2 vs 0,4	-0,178	0,9903	P > 0,05	-0,9579 a 0,6019	0,121	3,677	P > 0,05	-0,02178 a 0,2638
0,3 vs 0,4	-0,228	1,268	P > 0,05	-1,008 a 0,5519	0,1343	4,082	P > 0,05	-0,008446 a 0,2771

Tabla A.38: Análisis estadístico para los valores de  $C_{\infty}$  y  $K$  de la ecuación de exponencial para puré de mandioca variedad Concepción a tres Concentraciones de inhibidor de pardeamiento y secada a 120 °C y Prueba de comparación múltiple de Tukey.

<b>Análisis de varianza</b>								
	<b><math>C_{\infty}</math></b>				<b><math>K</math></b>			
P valor resumen	ns				ns			
Hay diferencia significativas? (P < 0,05)	No				No			
Numero de grupos	3				3			
F	0,4128				4,952			
R <sup>2</sup>	0,1209				0,6227			
<b>Tabla de ANOVA</b>	SS	df	MS		SS	df	MS	
Tratamiento entre columnas	0,07954	2	0,03977		0,1263	2	0,06317	
Residual (en columnas)	0,5781	6	0,09635		0,07654	6	0,01276	
Total	0,6577	8			0,2029	8		
<b>Prueba de comparación múltiple de Tukey</b>	Diferencia media	q	P valor	95% CI of dif.	Diferencia media	q	P valor	95% CI of dif.
0,2 vs 0,3	-0,058	0,3236	P > 0,05	-0,8356 a 0,7196	0,0971	1,489	P > 0,05	-0,1858 a 0,3800
0,2 vs 0,4	-0,222	1,239	P > 0,05	-0,9996 a 0,5556	0,2854	4,377	P < 0,05	0,002457 a 0,5683
0,3 vs 0,4	-0,164	0,9151	P > 0,05	-0,9416 a 0,6136	0,1883	2,888	P > 0,05	-0,09464 a 0,4712

Tabla A.39: Análisis estadístico para los valores de  $C_{\infty}$  de la ecuación exponencial para puré de mandioca variedad Concepción secadas a 80 y 120 °C a tres concentraciones de inhibidor de pardeamiento.

**Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES**

Fuente de Variación	% de variación	P valor
Interacción	0,2	0,9554
Variedad (Concepción 80 y 120 °C)	69,78	0,0001
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	3,58	0,4671

Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?
Interacción	ns	No
Variedad (Concepción 80 y 120 °C)	***	Yes
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	ns	No

Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	0,008848	0,004424	0,04578
Variedad (Concepción 80 y 120 °C)	1	3,06	3,06	31,67
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	2	0,1569	0,07843	0,8116
Residual	12	1,16	0,09664	

Tabla A.40: Análisis estadístico para los valores de  $K$  de la ecuación exponencial para puré de mandioca variedad Concepción secadas a 80 y 120 °C a tres concentraciones de inhibidor de pardeamiento.

<b>Análisis de varianza - ANOVA DE DOS FACTORES</b>				
Fuente de Variación	% de variación	P valor		
Interacción	3,71	0,3042		
Variedad (Concepción 80 y 120 °C)	55,04	P<0,0001		
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	24,33	0,0048		
Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?		
Interacción	ns	No		
Variedad (Concepción 80 y 120 °C)	***	Yes		
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	**	Yes		
Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	0,02107	0,01053	1,316
Variedad (Concepción 80 y 120 °C)	1	0,3124	0,3124	39,04
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	2	0,1381	0,06907	8,631
Residual	12	0,09603	0,008003	

Tabla A.41: Análisis estadístico para los valores de  $C_{\infty}$  y  $K$  de la ecuación de exponencial para puré de mandioca variedad Pomberí a tres Concentraciones de inhibidor de pardeamiento y secada a 80 °C y Prueba de comparación múltiple de Tukey.

<b>Análisis de varianza</b>								
	<b><math>C_{\infty}</math></b>				<b><math>K</math></b>			
P valor	0,0196				0,0843			
P valor resumen	*				ns			
Hay diferencia significativas? (P < 0,05)	Si				No			
Numero de grupos	3				3			
F	8,132				3,843			
R <sup>2</sup>	0,7305				0,5616			
<b>Tabla de ANOVA</b>								
	SS	df	MS		SS	df	MS	
Tratamiento entre columnas	1,25	2	0,6248		0,001675	2	0,0008373	
Residual (en columnas)	0,461	6	0,07683		0,001307	6	0,0002179	
Total	1,711	8			0,002982	8		
<b>Prueba de comparación múltiple de Tukey</b>								
	Diferencia media	q	P valor	95% CI of dif.	Diferencia media	q	P valor	95% CI of dif.
0,2 vs 0.3	-0,129	0,8061	P > 0,05	-0,8234 a 0,5654	0,01867	2,19	P > 0,05	-0,01831 a 0,05564
0,2 vs 0.4	-0,847	5,293	P < 0,05	-1,541 a -0,1526	0,03333	3,911	P > 0,05	-0,003645 a 0,07031
0.3 vs 0.4	-0,718	4,487	P < 0,05	-1,412 a -0,02363	0,01467	1,721	P > 0,05	-0,02231 a 0,05164

Tabla A.42: Análisis estadístico para los valores de  $C_{\infty}$  y  $K$  de la ecuación de exponencial para puré de mandioca variedad Pomberí a tres Concentraciones de inhibidor de pardeamiento y secada a 120 °C y Prueba de comparación múltiple de Tukey.

<b>Análisis de varianza</b>								
	<b><math>C_{\infty}</math></b>				<b><math>K</math></b>			
P valor	0,1143				0,0808			
P valor resumen	ns				ns			
Hay diferencia significativas? (P < 0,05)	No				No			
Numero de grupos	3				3			
F	3,181				3,938			
R <sup>2</sup>	0,5147				0,5676			
<b>Tabla de ANOVA</b>	SS	df	MS		SS	df	MS	
Tratamiento entre columnas	0,651	2	0,3255		0,001601	2	0,0008003	
Residual (en columnas)	0,6139	6	0,1023		0,001219	6	0,0002032	
Total	1,265	8			0,00282	8		
<b>Prueba de comparación múltiple de Tukey</b>	Diferencia media	q	P valor	95% CI of dif.	Diferencia media	q	P valor	95% CI of dif.
0,2 vs 0.3	0,232	1,256	P > 0,05	-0,5693 a 1,033	0,02367	2,875	P > 0,05	-0,01205 a 0,05938
0,2 vs 0.4	0,65	3,52	P > 0,05	-0,1513 a 1,451	0,03133	3,807	P > 0,05	-0,004379 a 0,06705
0.3 vs 0.4	0,418	2,263	P > 0,05	-0,3833 a 1,219	0,007667	0,9315	P > 0,05	-0,02805 a 0,04338

Tabla A.43: Análisis estadístico para los valores de  $C_{\infty}$  de la ecuación exponencial para puré de mandioca variedad Pomberí secadas a 80 y 120 °C a tres concentraciones de inhibidor de pardeamiento.

**Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES**

Fuente de Variación	% de variación	P valor
Interacción	52,85	0,0026
Variedad (Pomberí 80 y 120°C)	14,12	0,0376
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	2,01	0,6859

Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?
Interacción	**	Si
Variedad (Pomberí 80 y 120°C)	*	Si
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	ns	No

Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	1,831	0,9155	10,22
Variedad (Pomberí 80 y 120°C)	1	0,4891	0,4891	5,46
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	2	0,06971	0,03485	0,3891
Residual	12	1,075	0,08957	

Tabla A.44: Análisis estadístico para los valores de K de la ecuación exponencial para puré de mandioca variedad Pomberí secadas a 80 y 120 °C a tres concentraciones de inhibidor de pardeamiento.

**Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES**

Fuente de Variación	% de variación	P valor
Interacción	29,19	0,018
Variedad (Pomberí 80 y 120 °C)	2,07	0,3858
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	38,12	0,0078

Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?
Interacción	*	Si
Variedad (Pomberí 80 y 120 °C)	ns	No
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	**	Si

Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	0,01836	0,00918	5,718
Variedad (Pomberí 80 y 120 °C)	1	0,001301	0,001301	0,81
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	2	0,02398	0,01199	7,47
Residual	12	0,01927	0,001606	

Tabla A.45: Análisis estadístico para los valores de  $C_{\infty}$  y  $K$  de la ecuación exponencial para puré de mandioca entre variedades secadas a 80 °C a tres concentraciones de inhibidor de pardeamiento.

<b>Análisis de varianza</b>						
			$C_{\infty}$		$K$	
Fuente de Variación	P valor		P valor			
Interacción	0,1688		0,0173			
Variedad (Concepción - Pomberí 80 °C)	0,0386		0,0913			
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	0,0190		0,0663			
Fuente de Variación	Es Significativo?		Es Significativo?			
Interacción	No		Si			
Variedad (Concepción - Pomberí 80 °C)	Si		No			
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	Si		No			
Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	0,3599	0,1799	2,071	0,02634	0,01317	5,803
Variedad (Concepción - Pomberí 80 °C)	0,4685	0,4685	5,393	0,007647	0,007647	3,369
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	0,9759	0,4879	5,616	0,01557	0,007785	3,43
Residual	1,043	0,08688		0,02724	0,00227	

Tabla A.46: Análisis estadístico para los valores de  $C_{\infty}$  y  $K$  de la ecuación exponencial para puré de mandioca entre variedades secadas a 120 °C a tres concentraciones de inhibidor de pardeamiento.

<b>Análisis de varianza</b>						
		$C_{\infty}$			$K$	
Fuente de Variación	P valor				P valor	
Interacción	0,0891				0,3883	
Variedad (Concepción - Pomberí 120 °C)	0,2686				P<0,0001	
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	0,516				0,0029	
Fuente de Variación	Es Significativo?				Es Significativo?	
Interacción	No				No	
Variedad (Concepción - Pomberí 120 °C)	No				Si	
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	No				Si	
Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	0,5916	0,2958	2,978	0,01504	0,007518	1,024
Variedad (Concepción - Pomberí 120 °C)	0,1336	0,1336	1,345	0,3725	0,3725	50,76
Concentración (0,2;0,3;0,4 g/L)	0,139	0,06949	0,6996	0,1446	0,0723	9,852
Residual	1,192	0,09934		0,08806	0,007338	

Tabla A.47: Test de Bonferroni para los valores de  $C_{\infty}$  de la ecuación exponencial para puré de mandioca deshidratado de la variedad Concepción secado a 80 °C y Pomerí secado a 80 °C.

conc. inhibidor de pard (g/L)	Concepción (80 °C)	Pomerí (80 °C)	Diferencia	95% CI of dif.
0,2	4,359	4,399	0,04	-0,6289 a 0,7089
0,3	4,309	4,528	0,219	-0,4499 a 0,8879
0,4	4,537	5,246	0,709	0,04009 a 1,378

conc. inhibidor de pard (g/L)	Diferencia	t	P valor	Resumen
0,2	0,04	0,1662	P > 0,05	ns
0,3	0,219	0,91	P > 0,05	ns
0,4	0,709	2,946	P < 0,05	*

ns: no significativo

Tabla A.48: Test de Bonferroni para los valores de  $C_{\infty}$  de la ecuación exponencial para puré de mandioca deshidratado de la variedad Concepción secado a 120 °C y Pomerí secado a 120 °C.

Con. de Inhib. de Pard. (g/L)	K (Concepción 120 °C)	K (Pomerí 120 °C)	Diferencia	95% CI of dif.
0,2	0,603	0,256	-0,347	-0,5413 a -0,1527
0,3	0,506	0,1993	-0,3067	-0,5010 a -0,1124
0,4	0,318	0,1083	-0,2097	-0,4040 a -0,01538

Con. de Inhib. de Pard. (g/L)	Diferencia	t	P valor	Resumen
0,2	-0,347	4,964	P<0,001	***
0,3	-0,3067	4,387	P<0,01	**
0,4	-0,2097	2,999	P < 0,05	*

**ANEXO B: DATOS EXPERIMENTALES Y CÁLCULOS COMPLEMENTARIOS DE PARDEAMIENTO O DENSIDADES OPTICAS.**

*Tabla B.1: Valores experimentales de los índices de pardeamiento a 420 nm para la variedad Concepción y su variación con la temperatura de secado y la concentración del inhibidor de pardeamiento.*

Concentración (g/L)	Temperatura (°C)						
	80		120		110		
0					0,024	0,023	0,022
0,2	0,028	0,045	0,037	0,067	0,096	0,082	
0,3	0,027	0,041	0,034	0,059	0,057	0,058	
0,4	0,019	0,028	0,024	0,051	0,053	0,052	

*Tabla B.2: Valores experimentales de los índices de pardeamiento a 420 nm para la variedad Pomerí y su variación con la temperatura de secado y la concentración del inhibidor de pardeamiento.*

Concentración (g/L)	Temperatura (°C)						
	80		120		110		
0					0,014	0,012	0,013
0,2	0,019	0,022	0,021	0,088	0,099	0,094	
0,3	0,02	0,019	0,02	0,067	0,064	0,066	
0,4	0,013	0,022	0,018	0,05	0,052	0,051	

Tabla B.3: Análisis estadístico para los valores de los índices de pardeamiento para la variedad Concepción y su variación con la temperatura de secado y la concentración del inhibidor de pardeamiento.

<b>Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES</b>				
Fuente de Variación	% de variación	P valor		
Interacción	5,12	0,0808		
Columna (Temperatura de secado 80-120 °C)	65,75	P<0,0001		
Filas (Inhib de pardeam. 0,2; 0,3 y 0,4 g/L)	19,30	0,0015		
Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?		
Interacción	Ns	No		
Columna (Temperatura de secado 80-120 °C)	***	Si		
Filas (Inhib de pardeam. 0,2; 0,3 y 0,4 g/L)	**	Si		
Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	0,0003688	0,0001844	3,125
Columna (Temperatura de secado 80-120 °C)	1	0,004737	0,004737	80,29
Filas (Inhib de pardeam. 0,2; 0,3 y 0,4 g/L)	2	0,001390	0,0006952	11,78
Residual	12	0,000708	0,000059	

---

Bonferroni post tests

---

---

Concepción a 80 y 120 °C

---

Entre Factor	Concepción 80 °C	Concepción 120 °C	Diferencia	95% CI de diferencia
0,2	0,03667	0,08167	0,04500	0,02757 a 0,06243
0,3	0,0340	0,0580	0,0240	0,006568 a 0,04143
0,4	0,02367	0,0520	0,02833	0,01090 a 0,04577

---

Entre Factor	Diferencia	T	P valor	Resumen
0,2	0,04500	7,175	P<0,001	***
0,3	0,0240	3,827	P<0,01	**
0,4	0,02833	4,518	P<0,01	**

---

Tabla B.4: Análisis estadístico para los valores de los índices de pardeamiento para la variedad Pomerí y su variación con la temperatura de secado y la concentración del inhibidor de pardeamiento.

<b>Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES</b>				
Fuente de Variación	% de variación	P valor		
Interacción	8,46	P<0,0001		
Columna (Temperatura de secado 80-120 °C)	79,75	P<0,0001		
Filas (Inhib de pardeam. 0,2; 0,3 y 0,4 g/L)	11,01	P<0,0001		
Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?		
Interacción	***	Si		
Columna (Temperatura de secado 80-120 °C)	***	Si		
Filas (Inhib de pardeam. 0,2; 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si		
Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	0,001231	0,0006157	65,19
Columna (Temperatura de secado 80-120 °C)	1	0,01160	0,01160	1229
Filas (Inhib de pardeam. 0,2; 0,3 y 0,4 g/L)	2	0,001602	0,0008011	84,82
Residual	12	0,0001133	0,000009444	

---

Bonferroni post tests

---

---

Pomberí a 80 y 120 °C

---

Entre Factor	Pomberí 80 °C	Pomberí 120 °C	Diferencia	95% CI de diferencia
0,2	0,02067	0,09367	0,07300	0,06603 a 0,07997
0,3	0,01967	0,06567	0,0460	0,03903 a 0,05297
0,4	0,01767	0,0510	0,03333	0,02636 a 0,04031

---

Entre Factor	Diferencia	T	P valor	Resumen
0,2	0,07300	29,09	P<0,001	***
0,3	0,0460	18,33	P<0,001	***
0,4	0,03333	13,28	P<0,001	***

---

Tabla B.5: Análisis estadístico para los valores de los índices de pardeamiento para ambas variedades secadas a 80 °C y su variación con la concentración del inhibidor de pardeamiento.

<b>Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES</b>				
Fuente de Variación	% de variación	P valor		
Interacción	6,69	0,2482		
Columna (Concepción- Pomberí)	51,32	0,0004		
Filas (Inhib de pardeam. 0,2; 0,3 y 0,4 g/L)	16,39	0,0514		
Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?		
Interacción	Ns	No		
Columna (Concepción- Pomberí)	***	Si		
Filas (Inhib de pardeam. 0,2; 0,3 y 0,4 g/L)	Ns	No		
Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	0,00008611	0,00004306	1,569
Columna (Concepción- Pomberí)	1	0,0006601	0,0006601	24,05
Filas (Inhib de pardeam. 0,2; 0,3 y 0,4 g/L)	2	0,0002108	0,0001054	3,840
Residual	12	0,0003293	0,00002744	

---

Bonferroni post tests

---

---

Concepción vs. Pomerí

---

Entre Factor	Concepción 80 °C	Pomerí 80 °C	Diferencia	95% CI de diferencia
0,2	0,03667	0,02067	0,0160	0,004111 a 0,02789
0,3	0,0340	0,01967	0,01433	0,002444 a 0,02622
0,4	0,02367	0,01767	0,006000	-0,005889 a 0,01789

---

Entre Factor	Diferencia	T	P valor	Resumen
0,2	0,0160	3,741	P<0,01	**
0,3	0,01433	3,351	P < 0,05	*
0,4	0,006000	1,403	P > 0,05	ns

---

Tabla B.6: Análisis estadístico para los valores de los índices de pardeamiento ambas variedades secadas a 120 °C y su variación con la concentración del inhibidor de pardeamiento.

<b>Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES</b>				
Fuente de Variación	% de variación	P valor		
Interacción	2,65	0,2415		
Columna (Concepción- Pomberí)	3,51	0,0616		
Filas (Inhib de pardeam. 0,2; 0,3 y 0,4 g/L)	83,92	P<0,0001		
Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?		
Interacción	Ns	No		
Columna (Concepción- Pomberí)	Ns	No		
Filas (Inhib de pardeam. 0,2; 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si		
Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	0,0001314	0,00006572	1,603
Columna (Concepción- Pomberí)	1	0,0001742	0,0001742	4,249
Filas (Inhib de pardeam. 0,2; 0,3 y 0,4 g/L)	2	0,004164	0,002082	50,78
Residual	12	0,000492	0,000041	

---

Bonferroni post tests

---

---

Concepción vs. Pomerí

---

Entre Factor	Concepción 120 °C	Pomerí 120 °C	Diferencia	95% CI de diferencia
0,2	0,08167	0,09367	-0,0120	-0,02653 a 0,002531
0,3	0,0580	0,06567	-0,007667	-0,02220 a 0,006865
0,4	0,0520	0,0510	0,001000	-0,01353 a 0,01553

---

Entre Factor	Diferencia	T	P valor	Resumen
0,2	-0,0120	2,295	P > 0,05	ns
0,3	-0,007667	1,466	P > 0,05	ns
0,4	0,001000	0,1913	P > 0,05	ns

---

## ANEXO C: DATOS EXPERIMENTALES Y CÁLCULOS COMPLEMENTARIOS DE COLOR.

Tabla C.1: Valores experimentales de Color del parámetro  $L^*$  para la variedad Concepción y su variación con la temperatura de muestreo y la temperatura de secado.

Temperatura de secado (°C)	Concentración (g/L)	Temperatura (°C)								
		80	40	27	80	40	27	80	40	27
80	0,2	57,900	57,870	57,800	57,260	57,240	57,220	56,480	56,480	56,490
	0,3	59,120	59,110	59,100	57,970	57,960	57,950	57,670	57,680	57,690
	0,4	59,650	59,650	59,660	58,590	58,580	58,550	58,220	58,210	58,210
120	0,2	52,840	52,890	52,920	51,100	51,110	51,110	50,160	50,150	50,180
	0,3	54,780	54,760	54,740	53,700	53,710	53,660	52,590	52,610	52,640
	0,4	56,940	56,950	56,950	54,230	54,160	54,260	53,860	53,840	53,920

Tabla C.2: Valores experimentales de Color del parámetro  $a^*$  para la variedad Concepción y su variación con la temperatura de muestreo y la temperatura de secado.

Temperatura de secado (°C)	Concentración (g/L)	Temperatura (°C)								
		80	40	27	80	40	27	80	40	27
80	0,2	-6,520	-6,550	-6,560	-6,320	-6,330	-6,310	-6,250	-6,230	-6,290
	0,3	-7,280	-7,281	-7,270	-7,050	-7,040	-7,040	-6,930	-6,930	-6,900
	0,4	-7,670	-7,660	-7,650	-7,370	-7,380	-7,370	-7,260	-7,240	-7,230
120	0,2	-5,130	-5,120	-5,120	-4,960	-4,970	-4,930	-4,440	-4,450	-4,450
	0,3	-5,660	-5,690	-5,630	-5,460	-5,470	-5,430	-5,340	-5,340	-5,330
	0,4	-7,100	-7,100	-7,110	-6,970	-6,970	-6,960	-6,600	-6,650	-6,660

*Tabla C.3: Valores experimentales de Color del parámetro b\* para la variedad Concepción y su variación con la temperatura de muestreo y la temperatura de secado.*

Temperatura de secado (°C)	Concentración (g/L)	Temperatura (°C)								
		80			40			27		
80	0,2	18,060	18,040	18,070	16,750	16,720	16,750	16,170	16,150	16,180
	0,3	19,530	19,550	19,570	17,930	17,940	17,930	16,890	16,880	16,880
	0,4	20,220	20,250	20,260	18,400	18,360	18,220	17,540	17,520	17,480
120	0,2	15,470	15,480	15,470	14,160	14,160	14,170	11,400	11,400	11,420
	0,3	15,950	15,940	15,930	14,940	14,930	14,930	12,500	12,500	12,510
	0,4	16,480	16,470	16,460	15,940	15,930	15,930	14,580	14,580	14,590

Tabla C.4: Análisis estadístico para los valores del parámetro  $L^*$  en función de la concentración de bisulfito de sodio de la variedad Concepción secada a 80°C, a las temperaturas 27, 40, 80 °C

**Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES**

Fuente de Variación	% de variación	P valor
Interacción	1,38	P<0,0001
Temperatura (80,40 y 27°C)	42,83	P<0,0001
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	55,75	P<0,0001

Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?
Interacción	***	Si
Temperatura (80,40 y 27°C)	***	Si
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si

Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	4	0,301	0,075	175,1
Temperatura (80,40 y 27°C)	2	9,353	4,677	10890
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	2	12,170	6,087	14170
Residual	18	0,008	0,0004	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.

Tabla C.5: Análisis estadístico para los valores del parámetro  $L^*$  en función de la concentración de bisulfito de sodio de la variedad Concepción secada a 120°C, a las temperaturas 27, 40, 80 °C

**Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES**

Fuente de Variación	% de variación	P valor
Interacción	2,22	P<0,0001
Temperatura (80,40 y 27°C)	34,61	P<0,0001
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L*)	63,16	P<0,0001

Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?
Interacción	***	Si
Temperatura (80,40 y 27°C)	***	Si
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L*)	***	Si

Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	4	2,131	0,533	596,8
Temperatura (80,40 y 27°C)	2	33,240	16,620	18620
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L*)	2	60,660	30,330	33980
Residual	18	0,016	0,0009	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.

Tabla C.6: Análisis estadístico para los valores del parámetro  $a^*$  en función de la concentración de bisulfito de sodio de la variedad Concepción secada a 80°C, a las temperaturas 27, 40, 80 °C

<b>Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES</b>				
Fuente de Variación	% de variación	P valor		
Interacción	0,23	P<0,0001		
Temperatura (80,40 y 27°C)	10,24	P<0,0001		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	89,45	P<0,0001		
Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?		
Interacción	***	Si		
Temperatura (80,40 y 27°C)	***	Si		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si		
Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	4	0,013	0,003	13,76
Temperatura (80,40 y 27°C)	2	0,593	0,296	1210
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	2	5,178	2,589	10570
Residual	18	0,004	0,0002	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.

Tabla C.7: Análisis estadístico para los valores del parámetro  $a^*$  en función de la concentración de bisulfito de sodio de la variedad Concepción secada a 120°C, a las temperaturas 27, 40, 80 °C

<b>Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES</b>				
Fuente de Variación	% de variación	P valor		
Interacción	0,67	P<0,0001		
Temperatura (80,40 y 27°C)	5,21	P<0,0001		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	94,1	P<0,0001		
Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?		
Interacción	***	Si		
Temperatura (80,40 y 27°C)	***	Si		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si		
Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	4	0,142	0,035	107,6
Temperatura (80,40 y 27°C)	2	1,108	0,554	1680
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	2	20,020	10,010	30370
Residual	18	0,006	0,0003	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.

Tabla C.8: Análisis estadístico para los valores del parámetro  $b^*$  en función de la concentración de bisulfito de sodio de la variedad Concepción secada a 80°C, a las temperaturas 27, 40, 80 °C

<b>Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES</b>				
Fuente de Variación	% de variación	P valor		
Interacción	1,75	P<0,0001		
Temperatura (80,40 y 27°C)	65,75	P<0,0001		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	32,45	P<0,0001		
Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?		
Interacción	***	Si		
Temperatura (80,40 y 27°C)	***	Si		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si		
Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	4	0,731	0,183	142,6
Temperatura (80,40 y 27°C)	2	27,520	13,760	10740
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	2	13,580	6,791	5299
Residual	18	0,023	0,0013	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.

Tabla C.9: Análisis estadístico para los valores del parámetro  $b^*$  en función de la concentración de bisulfito de sodio de la variedad Concepción secada a 120°C, a las temperaturas 27, 40, 80 °C

<b>Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES</b>				
Fuente de Variación	% de variación	P valor		
Interacción	5,73	P<0,0001		
Temperatura (80,40 y 27°C)	67,97	P<0,0001		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	26,3	P<0,0001		
Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?		
Interacción	***	Si		
Temperatura (80,40 y 27°C)	***	Si		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si		
Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	4	3,905	0,976	16470
Temperatura (80,40 y 27°C)	2	46,350	23,170	391100
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	2	17,930	8,967	151300
Residual	18	0,001	0,0001	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.

Tabla C.10: Valores experimentales de Color del parámetro  $C^*$  para la variedad Concepción y su variación con la temperatura de muestreo y la temperatura de secado.

Temperatura de secado (°C)	Concentración (g/L)	Temperatura (°C)								
		80			40			27		
110	0	27,12	27,31	26,98	25,29	25,29	25,28	23,35	23,41	23,39
	0,2	19,201	19,192	19,224	17,903	17,878	17,899	17,336	17,310	17,360
80	0,3	20,843	20,862	20,877	19,266	19,272	19,263	18,256	18,247	18,236
	0,4	21,626	21,650	21,656	19,821	19,788	19,654	18,983	18,957	18,916
120	0,2	16,298	16,305	16,295	15,004	15,007	15,003	12,234	12,238	12,256
	0,3	16,924	16,925	16,896	15,906	15,900	15,887	13,593	13,593	13,598
	0,4	17,944	17,935	17,930	17,397	17,388	17,384	16,004	16,025	16,038

Tabla C.11: Valores experimentales de Color del parámetro  $H^*$  para la variedad Concepción y su variación con la temperatura de muestreo y la temperatura de secado.

Temperatura de secado (°C)	Concentración (g/L)	Temperatura (°C)								
		80			40			27		
110	0	112,57	113,03	112,60	113,79	113,84	113,90	113,50	113,51	113,62
	0,2	109,851	109,955	109,953	110,672	110,736	110,642	111,132	111,095	111,244
80	0,3	110,443	110,427	110,379	111,465	111,426	111,437	112,308	112,320	112,233
	0,4	110,773	110,720	110,686	111,828	111,898	112,023	112,485	112,452	112,471
120	0,2	108,346	108,302	108,313	109,304	109,340	109,184	111,280	111,323	111,289
	0,3	109,538	109,645	109,464	110,075	110,122	109,986	113,132	113,132	113,077
	0,4	113,308	113,320	113,362	113,618	113,631	113,601	114,355	114,518	114,536

Tabla C.12: Valores experimentales de Color del parámetro  $\Delta E^*$  para la variedad Concepción y su variación con la temperatura de muestreo y la temperatura de secado.

Temperatura de secado (°C)	Concentración (g/L)	Temperatura (°C)								
		80			40			27		
80	0,2	10,070	10,090	10,108	8,704	8,732	8,729	6,886	6,910	6,856
	0,3	8,015	8,007	8,004	7,150	7,152	7,165	5,518	5,523	5,533
	0,4	7,064	7,048	7,039	6,345	6,375	6,500	4,647	4,676	4,714
120	0,2	15,634	15,596	15,580	14,861	14,850	14,859	14,665	14,668	14,635
	0,3	13,805	13,814	13,855	12,410	12,406	12,454	12,079	12,067	12,045
	0,4	11,587	11,589	11,593	10,877	10,932	10,866	9,391	9,389	9,330

Tabla C.13: Análisis estadístico para los valores del parámetro C\* en función de la concentración de bisulfito de sodio de la variedad Concepción secada a 80°C, a las temperaturas 27, 40, 80 °C

<b>Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES</b>				
Fuente de Variación	% de variación	P valor		
Interacción	1,5	P<0,0001		
Temperatura (80,40 y 27°C)	58,64	P<0,0001		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	39,81	P<0,0001		
Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?		
Interacción	***	Si		
Temperatura (80,40 y 27°C)	***	Si		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si		
Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	4	0,685	0,171	144,1
Temperatura (80,40 y 27°C)	2	26,720	13,360	11230
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	2	18,140	9,071	7626
Residual	18	0,021	0,0012	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.

Tabla C.14: Análisis estadístico para los valores del parámetro C\* en función de la concentración de bisulfito de sodio de la variedad Concepción secada a 120°C, a las temperaturas 27, 40, 80 °C

<b>Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES</b>				
Fuente de Variación	% de variación	P valor		
Interacción	4,58	P<0,0001		
Temperatura (80,40 y 27°C)	56,53	P<0,0001		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	38,89	P<0,0001		
Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?		
Interacción	***	Si		
Temperatura (80,40 y 27°C)	***	Si		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si		
Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	4	3,667	0,917	8865
Temperatura (80,40 y 27°C)	2	45,290	22,640	219000
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	2	31,150	15,580	150600
Residual	18	0,002	0,0001	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.

Tabla C.15: Análisis estadístico para los valores del parámetro  $H^*$  en función de la concentración de bisulfito de sodio de la variedad Concepción secada a 80°C, a las temperaturas 27, 40, 80 °C

**Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES**

Fuente de Variación	% de variación	P valor
Interacción	2,14	P<0,0001
Temperatura (80,40 y 27°C)	65,15	P<0,0001
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	32,41	P<0,0001

Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?
Interacción	***	Si
Temperatura (80,40 y 27°C)	***	Si
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si

Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	4	0,393	0,098	32,1
Temperatura (80,40 y 27°C)	2	11,970	5,986	1955
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	2	5,954	2,977	972,4
Residual	18	0,055	0,0031	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.

Tabla C.16: Análisis estadístico para los valores del parámetro  $H^*$  en función de la concentración de bisulfito de sodio de la variedad Concepción secada a 120°C, a las temperaturas 27, 40, 80 °C

**Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES**

Fuente de Variación	% de variación	P valor
Interacción	4,85	P<0,0001
Temperatura (80,40 y 27°C)	26,85	P<0,0001
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	68,24	P<0,0001

Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?
Interacción	***	Si
Temperatura (80,40 y 27°C)	***	Si
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si

Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	4	5,855	1,464	402,3
Temperatura (80,40 y 27°C)	2	32,400	16,200	4453
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	2	82,350	41,170	11320
Residual	18	0,065	0,0036	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.

Tabla C.17: Análisis estadístico para los valores del parámetro  $\Delta E^{* *}$  en función de la concentración de bisulfito de sodio de la variedad Concepción secada a 80°C, a las temperaturas 27, 40, 80 °C

<b>Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES</b>				
Fuente de Variación	% de variación	P valor		
Interacción	1,11	P<0,0001		
Temperatura (80,40 y 27°C)	52,43	P<0,0001		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	46,43	P<0,0001		
Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?		
Interacción	***	Si		
Temperatura (80,40 y 27°C)	***	Si		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si		
Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	4	0,7085	0,1771	167,2
Temperatura (80,40 y 27°C)	2	33,39	16,70	15760
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	2	29,57	14,79	13960
Residual	18	0,01907	0,001059	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.

Tabla C.18: Análisis estadístico para los valores del parámetro  $\Delta E^*$  en función de la concentración de bisulfito de sodio de la variedad Concepción secada a 120°C, a las temperaturas 27, 40, 80 °C

**Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES**

Fuente de Variación	% de variación	P valor
Interacción	1,91	P<0,0001
Temperatura (80,40 y 27°C)	79,77	P<0,0001
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	18,31	P<0,0001

Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?
Interacción	***	Si
Temperatura (80,40 y 27°C)	***	Si
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si

Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	10	11,40	1,140	1382
Temperatura (80,40 y 27°C)	5	475,0	95,01	115200
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	2	109,1	54,53	66100
Residual	36	0,02970	0,0008249	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.

Tabla C.19: Valores experimentales de Color del parámetro  $L^*$  para la variedad Pomerí y su variación con la temperatura de muestreo y la temperatura de secado.

Temperatura de secado (°C)	Concentración (g/L)	Temperatura (°C)								
		80			40			27		
80	0,2	56,150	56,120	56,130	55,600	55,600	55,620	55,120	55,120	55,150
	0,3	57,110	57,120	57,130	56,850	56,850	56,860	55,660	55,690	55,680
	0,4	58,240	58,240	58,230	57,880	57,890	57,900	56,350	56,360	56,370
120	0,2	52,060	52,000	52,030	51,090	51,040	51,060	50,200	50,140	50,110
	0,3	53,000	53,020	53,000	52,680	52,690	52,670	52,030	52,050	52,060
	0,4	56,150	56,150	56,080	55,820	55,810	55,800	54,320	54,340	54,310

Tabla C.20: Valores experimentales de Color del parámetro  $a^*$  para la variedad Pomerí y su variación con la temperatura de muestreo y la temperatura de secado.

Temperatura de secado (°C)	Concentración (g/L)	Temperatura (°C)								
		80			40			27		
80	0,2	-5,950	-5,950	-5,940	-5,638	-5,620	-5,630	-5,460	-5,440	-5,420
	0,3	-6,360	-6,350	-6,340	-5,960	-5,940	-5,940	-5,750	-5,760	-5,740
	0,4	-6,970	-6,980	-6,980	-6,710	-6,720	-6,710	-6,510	-6,570	-6,560
120	0,2	-5,010	-5,040	-5,010	-4,670	-4,680	-4,690	-4,260	-4,260	-4,250
	0,3	-5,860	-5,890	-5,870	-5,450	-5,460	-5,440	-5,360	-5,370	-5,380
	0,4	-6,240	-6,220	-6,230	-5,710	-5,720	-5,710	-5,690	-5,690	-5,680

Tabla C.21: Valores experimentales de Color del parámetro  $b^*$  para la variedad Pomberí y su variación con la temperatura de muestreo y la temperatura de secado.

Temperatura de secado (°C)	Concentración (g/L)	Temperatura (°C)								
		80			40			27		
80	0,2	17,950	17,920	17,920	16,780	16,780	16,790	15,260	15,270	15,270
	0,3	18,910	18,910	18,900	17,480	17,470	17,480	15,780	15,790	15,800
	0,4	19,040	19,070	19,050	18,140	18,140	18,120	17,080	17,060	17,050
120	0,2	14,920	14,940	14,770	13,780	13,800	13,780	12,560	12,560	12,550
	0,3	16,660	16,680	16,450	15,860	15,870	15,880	14,960	14,950	14,960
	0,4	17,340	17,370	17,350	16,150	16,140	16,130	15,700	15,650	15,480

Tabla C.22: Análisis estadístico para los valores del parámetro L\* en función de la concentración de bisulfito de sodio de la variedad Pomberí secada a 80°C, a las temperaturas 27, 40, 80 °C.

<b>Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES</b>				
Fuente de Variación	% de variación	P valor		
Interacción	3,7	P<0,0001		
Temperatura (80,40 y 27°C)	37,45	P<0,0001		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	58,84	P<0,0001		
Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?		
Interacción	***	Si		
Temperatura (80,40 y 27°C)	***	Si		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si		
Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	4	0,9916	0,2479	1761
Temperatura (80,40 y 27°C)	2	10,04	5,021	35670
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	2	15,77	7,887	56030
Residual	18	0,002534	0,0001408	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.

Tabla C.23: Análisis estadístico para los valores del parámetro L\* en función de la concentración de bisulfito de sodio de la variedad Pomberí secada a 120°C., a las temperaturas 27, 40, 80 °C.

**Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES**

Fuente de Variación	% de variación	P valor
Interacción	1,18	P<0,0001
Temperatura (80,40 y 27°C)	11,15	P<0,0001
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	87,66	P<0,0001

Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?
Interacción	***	Si
Temperatura (80,40 y 27°C)	***	Si
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si

Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	4	1,177	0,2942	436,5
Temperatura (80,40 y 27°C)	2	11,12	5,559	8247
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	2	87,43	43,72	64850
Residual	18	0,01213	0,0006741	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.

Tabla C.24: Análisis estadístico para los valores del parámetro  $a^*$  en función de la concentración de bisulfito de sodio de la variedad Pomberí secada a 80°C, a las temperaturas 27, 40, 80 °C.

<b>Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES</b>				
Fuente de Variación	% de variación	P valor		
Interacción	0,38	P<0,0001		
Temperatura (80,40 y 27°C)	18,22	P<0,0001		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	81,35	P<0,0001		
Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?		
Interacción	***	Si		
Temperatura (80,40 y 27°C)	***	Si		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si		
Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	4	0,02496	0,006239	28,83
Temperatura (80,40 y 27°C)	2	1,212	0,6058	2799
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	2	5,41	2,705	12500
Residual	18	0,003896	0,0002164	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.

Tabla C.25: Análisis estadístico para los valores del parámetro  $a^*$  en función de la concentración de bisulfito de sodio de la variedad Pomberí secada a 120°C, a las temperaturas 27, 40, 80 °C.

**Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES**

Fuente de Variación	% de variación	P valor
Interacción	1,61	P<0,0001
Temperatura (80,40 y 27°C)	18,89	P<0,0001
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	79,48	P<0,0001

Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?
Interacción	***	Si
Temperatura (80,40 y 27°C)	***	Si
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si

Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	4	0,1475	0,03688	321,2
Temperatura (80,40 y 27°C)	2	1,732	0,8659	7542
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	2	7,287	3,643	31730
Residual	18	0,002067	0,0001148	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.

Tabla C.26: Análisis estadístico para los valores del parámetro  $b^*$  en función de la concentración de bisulfito de sodio de la variedad Pomerí secada a 80°C, a las temperaturas 27, 40, 80 °C.

<b>Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES</b>				
Fuente de Variación	% de variación	P valor		
Interacción	2,42	P<0,0001		
Temperatura (80,40 y 27 °C)	75	P<0,0001		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	22,58	P<0,0001		
Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?		
Interacción	***	Si		
Temperatura (80,40 y 27 °C)	***	Si		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si		
Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	4	0,9762	0,2441	1938
Temperatura (80,40 y 27 °C)	2	30,29	15,14	120300
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	2	9,119	4,559	36210
Residual	18	0,002267	0,0001259	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.

Tabla C.27: Análisis estadístico para los valores del parámetro  $b^*$  en función de la concentración de bisulfito de sodio de la variedad Pomberí secada a 120°C, a las temperaturas 27, 40, 80 °C.

<b>Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES</b>				
Fuente de Variación	% de variación	P valor		
Interacción	1,25	P<0,0001		
Temperatura (80,40 y 27 °C)	31,63	P<0,0001		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	66,97	P<0,0001		
Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?		
Interacción	***	Si		
Temperatura (80,40 y 27 °C)	***	Si		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si		
Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	4	0,6423	0,1606	37,25
Temperatura (80,40 y 27 °C)	2	16,29	8,143	1889
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	2	34,48	17,24	3999
Residual	18	0,0776	0,004311	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.

Tabla C.28: Valores experimentales de Color del parámetro C\* para la variedad Pomeri y su variación con la temperatura de muestreo y la temperatura de secado.

Temperatura de secado (°C)	Concentración (g/L)	Temperatura (°C)								
		80			40			27		
110	0	27,30	27,28	27,20	25,17	25,17	25,15	22,50	22,57	22,52
	0,2	18,910	18,882	18,879	17,702	17,696	17,709	16,207	16,210	16,203
80	0,3	19,951	19,948	19,935	18,468	18,452	18,462	16,795	16,808	16,810
	0,4	20,276	20,307	20,288	19,341	19,345	19,322	18,279	18,281	18,268
120	0,2	15,739	15,767	15,597	14,550	14,572	14,556	13,263	13,263	13,250
	0,3	17,661	17,689	17,466	16,770	16,783	16,786	15,891	15,885	15,898
	0,4	18,429	18,450	18,435	17,130	17,124	17,111	16,699	16,652	16,489

Tabla C.29: Valores experimentales de Color del parámetro  $H^*$  para la variedad Pomerí y su variación con la temperatura de muestreo y la temperatura de secado.

Temperatura de secado (°C)	Concentración (g/L)	Temperatura (°C)								
		80			40			27		
110	0	105,60	105,54	105,44	106,43	106,51	106,50	107,94	107,96	107,90
	0,2	108,339	108,368	108,339	108,572	108,517	108,537	109,687	109,609	109,542
80	0,3	108,589	108,562	108,544	108,827	108,779	108,769	110,021	110,041	109,966
	0,4	110,106	110,104	110,123	110,299	110,327	110,320	110,864	111,062	111,044
120	0,2	108,562	108,642	108,737	108,721	108,733	108,796	108,735	108,735	108,708
	0,3	109,379	109,449	109,638	108,964	108,986	108,910	109,712	109,758	109,780
	0,4	109,792	109,702	109,752	109,472	109,514	109,494	109,922	109,980	110,149

Tabla C.30: Valores experimentales de Color del parámetro  $\Delta E^*$  para la variedad Pomerí y su variación con la temperatura de muestreo y la temperatura de secado.

Temperatura de secado (°C)	Concentración (g/L)	Temperatura (°C)								
		80			40			27		
80	0,2	16,567	16,608	16,600	15,149	15,151	15,128	12,300	12,297	12,274
	0,3	15,232	15,224	15,221	13,693	13,699	13,686	7,805	7,777	7,785
	0,4	14,162	14,146	14,165	12,429	12,419	12,421	6,162	6,143	6,150
120	0,2	21,699	21,737	21,804	20,627	20,659	20,651	18,021	18,073	18,105
	0,3	19,941	19,911	20,042	18,162	18,148	18,163	10,773	10,761	10,744
	0,4	16,861	16,846	16,915	15,271	15,283	15,298	8,648	8,669	8,805

Tabla C.31: Análisis estadístico para los valores del parámetro C\* en función de la concentración de bisulfito de sodio de la variedad Pomberí secada a 80°C, a las temperaturas 27, 40, 80 °C.

**Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES**

Fuente de Variación	% de variación	P valor
Interacción	2,17	P<0,0001
Temperatura (80,40 y 27°C)	68,72	P<0,0001
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	29,1	P<0,0001

Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?
Interacción	***	Si
Temperatura (80,40 y 27°C)	***	Si
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si

Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	4	0,9728	0,2432	2199
Temperatura (80,40 y 27°C)	2	30,78	15,39	139100
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	2	13,03	6,517	58930
Residual	18	0,001991	0,0001106	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.

Tabla C.32: Análisis estadístico para los valores del parámetro C\* en función de la concentración de bisulfito de sodio de la variedad Pomberí secada a 120°C, a las temperaturas 27, 40, 80 °C.

<b>Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES</b>				
Fuente de Variación	% de variación	P valor		
Interacción	1,24	P<0,0001		
Temperatura (80,40 y 27°C)	29,83	P<0,0001		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	68,81	P<0,0001		
Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?		
Interacción	***	Si		
Temperatura (80,40 y 27°C)	***	Si		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si		
Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	4	0,7459	0,1865	46,98
Temperatura (80,40 y 27°C)	2	17,94	8,972	2260
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	2	41,38	20,69	5213
Residual	18	0,07144	0,003969	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.

Tabla C.33: Análisis estadístico para los valores del parámetro H\* en función de la concentración de bisulfito de sodio de la variedad Pomberí secada a 80°C, a las temperaturas 27, 40, 80 °C.

<b>Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES</b>				
Fuente de Variación	% de variación	P valor		
Interacción	1,51	P<0,0001		
Temperatura (80,40 y 27°C)	34,2	P<0,0001		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	64,08	P<0,0001		
Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?		
Interacción	***	Si		
Temperatura (80,40 y 27°C)	***	Si		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si		
Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	4	0,3251	0,08128	33,85
Temperatura (80,40 y 27°C)	2	7,346	3,673	1529
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	2	13,76	6,881	2865
Residual	18	0,04323	0,002401	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.

Tabla C.34: Análisis estadístico para los valores del parámetro L\* en función de la concentración de bisulfito de sodio entre las variedades Concepción y Pomberí secada a 80°C, a la temperatura 80 °C.

<b>Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES</b>				
Fuente de Variación	% de variación	P valor		
Interacción	0,99	P<0,0001		
Variedad (Concepción – Pomberí)	52,84	P<0,0001		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	46,15	P<0,0001		
Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?		
Interacción	***	Si		
Variedad (Concepción – Pomberí)	***	Si		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si		
Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	0,2469	0,1235	236,4
Variedad (Concepción – Pomberí)	1	13,16	13,16	25200
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	2	11,49	5,746	11000
Residual	12	0,006267	0,0005222	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.

Tabla C.35: Análisis estadístico para los valores del parámetro L\* en función de la concentración de bisulfito de sodio entre las variedades Concepción y Pomberí secada a 80°C, a la temperatura 40 °C.

<b>Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES</b>				
Fuente de Variación	% de variación	P valor		
Interacción	4,15	P<0,0001		
Variedad (Concepción – Pomberí)	35,78	P<0,0001		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	60,06	P<0,0001		
Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?		
Interacción	***	Si		
Variedad (Concepción – Pomberí)	***	Si		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si		
Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	0,6795	0,3398	1699
Variedad (Concepción – Pomberí)	1	5,86	5,86	29300
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	2	9,835	4,918	24590
Residual	12	0,0024	0,0002	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.

Tabla C.36: Análisis estadístico para los valores del parámetro L\* en función de la concentración de bisulfito de sodio entre las variedades Concepción y Pomberí secada a 80°C, a la temperatura 27 °C.

<b>Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES</b>				
Fuente de Variación	% de variación	P valor		
Interacción	1,69	P<0,0001		
Variedad (Concepción – Pomberí)	66,01	P<0,0001		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	32,3	P<0,0001		
Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?		
Interacción	***	Si		
Variedad (Concepción – Pomberí)	***	Si		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si		
Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	0,3475	0,1737	1303
Variedad (Concepción – Pomberí)	1	13,57	13,57	101800
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	2	6,641	3,32	24900
Residual	12	0,0016	0,0001333	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.

Tabla C.37: Análisis estadístico para los valores del parámetro L\* en función de la concentración de bisulfito de sodio entre las variedades Concepción y Pomberí secada a 120°C, a la temperatura 80 °C.

<b>Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES</b>				
Fuente de Variación	% de variación	P valor		
Interacción	5,23	P<0,0001		
Variedad (Concepción – Pomberí)	43,07	P<0,0001		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	51,69	P<0,0001		
Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?		
Interacción	***	Si		
Variedad (Concepción – Pomberí)	***	Si		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si		
Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	2,889	1,445	3562
Variedad (Concepción – Pomberí)	1	23,81	23,81	58700
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	2	28,57	14,28	35220
Residual	12	0,004867	0,0004055	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.

Tabla C.38: Análisis estadístico para los valores del parámetro L\* en función de la concentración de bisulfito de sodio entre las variedades Concepción y Pomberí secada a 120°C, a la temperatura 40 °C.

<b>Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES</b>				
Fuente de Variación	% de variación	P valor		
Interacción	1,54	P<0,0001		
Variedad (Concepción – Pomberí)	72,42	P<0,0001		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	26,03	P<0,0001		
Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?		
Interacción	***	Si		
Variedad (Concepción – Pomberí)	***	Si		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si		
Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	1,365	0,6825	1127
Variedad (Concepción – Pomberí)	1	64,26	64,26	106100
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	2	23,1	11,55	19070
Residual	12	0,007267	0,0006055	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.

Tabla C.39: Análisis estadístico para los valores del parámetro L\* en función de la concentración de bisulfito de sodio entre las variedades Concepción y Pomberí secada a 120°C, a la temperatura 27 °C.

<b>Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES</b>				
Fuente de Variación	% de variación	P valor		
Interacción	6,4	P<0,0001		
Variedad (Concepción – Pomberí)	70,05	P<0,0001		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	23,54	P<0,0001		
Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?		
Interacción	***	Si		
Variedad (Concepción – Pomberí)	***	Si		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si		
Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	5,053	2,526	4688
Variedad (Concepción – Pomberí)	1	55,3	55,3	102600
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	2	18,58	9,29	17240
Residual	12	0,006466	0,0005389	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.

Tabla C.40: Análisis estadístico para los valores del parámetro  $\Delta E$  \* en función de la concentración de bisulfito de sodio entre las variedades Concepción y Pomberí secada a 80°C, a la temperatura 80 °C.

<b>Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES</b>				
Fuente de Variación	% de variación	P valor		
Interacción	0,18	P<0,0001		
Variedad (Concepción – Pomberí)	90,26	P<0,0001		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	9,56	P<0,0001		
Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?		
Interacción	***	Si		
Variedad (Concepción – Pomberí)	***	Si		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si		
Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	0,4444	0,2222	1146
Variedad (Concepción – Pomberí)	1	216,9	216,9	1119000
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	2	22,97	11,48	59250
Residual	12	0,002326	0,0001938	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.

Tabla C.41: Análisis estadístico para los valores del parámetro  $\Delta E$  \* en función de la concentración de bisulfito de sodio entre las variedades Concepción y Pomberí secada a 80°C, a la temperatura 40 °C.

<b>Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES</b>				
Fuente de Variación	% de variación	P valor		
Interacción	0,11	P<0,0001		
Variedad (Concepción – Pomberí)	90,23	P<0,0001		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	9,65	P<0,0001		
Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?		
Interacción	***	Si		
Variedad (Concepción – Pomberí)	***	Si		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si		
Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	0,2242	0,1121	92,2
Variedad (Concepción – Pomberí)	1	180	180	148100
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	2	19,26	9,63	7922
Residual	12	0,01459	0,001216	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.

Tabla C.42: Análisis estadístico para los valores del parámetro  $\Delta E^*$  en función de la concentración de bisulfito de sodio entre las variedades Concepción y Pomberí secada a 80°C, a la temperatura 27 °C.

<b>Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES</b>				
Fuente de Variación	% de variación	P valor		
Interacción	11,82	P<0,0001		
Variedad (Concepción – Pomberí)	38,05	P<0,0001		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	50,12	P<0,0001		
Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?		
Interacción	***	Si		
Variedad (Concepción – Pomberí)	***	Si		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si		
Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	12,99	6,493	16090
Variedad (Concepción – Pomberí)	1	41,80	41,80	103600
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	2	55,06	27,53	68210
Residual	12	0,004844	0,0004037	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.

Tabla C.43: Análisis estadístico para los valores del parámetro  $\Delta E$  \* en función de la concentración de bisulfito de sodio entre las variedades Concepción y Pomberí secada a 120°C, a la temperatura 80 °C.

<b>Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES</b>				
Fuente de Variación	% de variación	P valor		
Interacción	0,34	P<0,0001		
Variedad (Concepción – Pomberí)	71,75	P<0,0001		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	27,9	P<0,0001		
Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?		
Interacción	***	Si		
Variedad (Concepción – Pomberí)	***	Si		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si		
Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	0,7350	0,3675	213,2
Variedad (Concepción – Pomberí)	1	154,3	154,3	89520
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	2	60,00	30,00	17400
Residual	12	0,02069	0,001724	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.

Tabla C.44: Análisis estadístico para los valores del parámetro  $\Delta E$  \* en función de la concentración de bisulfito de sodio entre las variedades Concepción y Pomberí secada a 120°C, a la temperatura 40 °C.

**Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES**

Fuente de Variación	% de variación	P valor
Interacción	0,97	P<0,0001
Variedad (Concepción – Pomberí)	65,34	P<0,0001
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	33,69	P<0,0001

Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?
Interacción	***	Si
Variedad (Concepción – Pomberí)	***	Si
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si

Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	1,877	0,9387	2231
Variedad (Concepción – Pomberí)	1	126,7	126,7	301000
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	2	65,31	32,65	77600
Residual	12	0,005049	0,0004208	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.

Tabla C.45: Análisis estadístico para los valores del parámetro  $\Delta E^*$  en función de la concentración de bisulfito de sodio entre las variedades Concepción y Pomberí secada a 120°C, a la temperatura 27 °C.

<b>Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES</b>				
Fuente de Variación	% de variación	P valor		
Interacción	10,42	P<0,0001		
Variedad (Concepción – Pomberí)	0,55	P<0,0001		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	89,01	P<0,0001		
Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?		
Interacción	***	Si		
Variedad (Concepción – Pomberí)	***	Si		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si		
Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	19,61	9,807	5299
Variedad (Concepción – Pomberí)	1	1,042	1,042	562,8
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	2	167,5	83,75	45250
Residual	12	0,02221	0,001851	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.

Tabla C.46: Análisis estadístico para los valores del parámetro  $a^*$  en función de la concentración de bisulfito de sodio entre las variedades Concepción y Pomberí secada a 80°C, a la temperatura 80 °C.

<b>Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES</b>				
Fuente de Variación	% de variación	P valor		
Interacción	1,47	P<0,0001		
Variedad (Concepción – Pomberí)	40,69	P<0,0001		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	57,81	P<0,0001		
Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?		
Interacción	***	Si		
Variedad (Concepción – Pomberí)	***	Si		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si		
Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	0,08800	0,04400	358,2
Variedad (Concepción – Pomberí)	1	2,435	2,435	19830
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	2	3,460	1,730	14080
Residual	12	0,001474	0,0001228	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.

Tabla C.47: Análisis estadístico para los valores del parámetro  $a^*$  en función de la concentración de bisulfito de sodio entre las variedades Concepción y Pomerí secada a 80°C, a la temperatura 40 °C.

<b>Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES</b>				
Fuente de Variación	% de variación	P valor		
Interacción	2,7	P<0,0001		
Variedad (Concepción – Pomerí)	45,37	P<0,0001		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	51,92	P<0,0001		
Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?		
Interacción	***	Si		
Variedad (Concepción – Pomerí)	***	Si		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si		
Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	0,1782	0,08911	1289
Variedad (Concepción – Pomerí)	1	2,995	2,995	43330
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	2	3,427	1,713	24790
Residual	12	0,0008293	0,00006911	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.

Tabla C.48: Análisis estadístico para los valores del parámetro  $a^*$  en función de la concentración de bisulfito de sodio entre las variedades Concepción y Pomberí secada a 80°C, a la temperatura 27 °C.

<b>Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES</b>				
Fuente de Variación	% de variación	P valor		
Interacción	2,57	P<0,0001		
Variedad (Concepción – Pomberí)	50,85	P<0,0001		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	46,5	P<0,0001		
Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?		
Interacción	***	Si		
Variedad (Concepción – Pomberí)	***	Si		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si		
Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	0,1816	0,09082	181,6
Variedad (Concepción – Pomberí)	1	3,600	3,600	7200
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	2	3,292	1,646	3292
Residual	12	0,006000	0,0005000	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.

Tabla C.49: Análisis estadístico para los valores del parámetro  $a^*$  en función de la concentración de bisulfito de sodio entre las variedades Concepción y Pomerí secada a 120°C, a la temperatura 80 °C.

<b>Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES</b>				
Fuente de Variación	% de variación	P valor		
Interacción	8,95	P<0,0001		
Variedad (Concepción – Pomerí)	10,84	P<0,0001		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	80,19	P<0,0001		
Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?		
Interacción	***	Si		
Variedad (Concepción – Pomerí)	***	Si		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si		
Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	0,7936	0,3968	2101
Variedad (Concepción – Pomerí)	1	0,9614	0,9614	5090
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	2	7,114	3,557	18830
Residual	12	0,002267	0,0001889	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.

Tabla C.50: Análisis estadístico para los valores del parámetro  $a^*$  en función de la concentración de bisulfito de sodio entre las variedades Concepción y Pomberí secada a 120°C, a la temperatura 40 °C.

<b>Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES</b>				
Fuente de Variación	% de variación	P valor		
Interacción	8,19	P<0,0001		
Variedad (Concepción – Pomberí)	4,72	P<0,0001		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	87,06	P<0,0001		
Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?		
Interacción	***	Si		
Variedad (Concepción – Pomberí)	***	Si		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si		
Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	0,7273	0,3636	1901
Variedad (Concepción – Pomberí)	1	0,4195	0,4195	2193
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	2	7,730	3,865	20200
Residual	12	0,002296	0,0001913	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.

Tabla C.51: Análisis estadístico para los valores del parámetro  $a^*$  en función de la concentración de bisulfito de sodio entre las variedades Concepción y Pomberí secada a 120°C, a la temperatura 27 °C.

<b>Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES</b>				
Fuente de Variación	% de variación	P valor		
Interacción	8,72	P<0,0001		
Variedad (Concepción – Pomberí)	8,58	P<0,0001		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	82,65	P<0,0001		
Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?		
Interacción	***	Si		
Variedad (Concepción – Pomberí)	***	Si		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si		
Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	0,8817	0,4408	1004
Variedad (Concepción – Pomberí)	1	0,8668	0,8668	1975
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	2	8,352	4,176	9515
Residual	12	0,005267	0,0004389	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.

Tabla C.52: Análisis estadístico para los valores del parámetro  $b^*$  en función de la concentración de bisulfito de sodio entre las variedades Concepción y Pomberí secada a 80°C, a la temperatura 80 °C.

**Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES**

Fuente de Variación	% de variación	P valor
Interacción	7,28	P<0,0001
Variedad (Concepción – Pomberí)	16,48	P<0,0001
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	76,21	P<0,0001

Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?
Interacción	***	Si
Variedad (Concepción – Pomberí)	***	Si
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si

Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	0,8482	0,4241	1558
Variedad (Concepción – Pomberí)	1	1,921	1,921	7056
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	2	8,881	4,441	16310
Residual	12	0,003267	0,0002722	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.

Tabla C.53: Análisis estadístico para los valores del parámetro  $b^*$  en función de la concentración de bisulfito de sodio entre las variedades Concepción y Pomberí secada a 80°C, a la temperatura 40 °C.

<b>Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES</b>				
Fuente de Variación	% de variación	P valor		
Interacción	2,67	P<0,0001		
Variedad (Concepción – Pomberí)	2,62	P<0,0001		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	94,45	P<0,0001		
Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?		
Interacción	***	Si		
Variedad (Concepción – Pomberí)	***	Si		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si		
Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	0,1877	0,09384	59,48
Variedad (Concepción – Pomberí)	1	0,1840	0,1840	116,6
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	2	6,643	3,322	2105
Residual	12	0,01893	0,001578	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.

Tabla C.54: Análisis estadístico para los valores del parámetro  $b^*$  en función de la concentración de bisulfito de sodio entre las variedades Concepción y Pomberí secada a 80°C, a la temperatura 27 °C.

<b>Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES</b>				
Fuente de Variación	% de variación	P valor		
Interacción	3,02	P<0,0001		
Variedad (Concepción – Pomberí)	27,55	P<0,0001		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	69,41	P<0,0001		
Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?		
Interacción	***	Si		
Variedad (Concepción – Pomberí)	***	Si		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si		
Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	0,3269	0,1634	625,9
Variedad (Concepción – Pomberí)	1	2,985	2,985	11430
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	2	7,520	3,760	14400
Residual	12	0,003133	0,0002611	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.

Tabla C.55: Análisis estadístico para los valores del parámetro  $b^*$  en función de la concentración de bisulfito de sodio entre las variedades Concepción y Pomberí secada a 120°C, a la temperatura 80 °C.

<b>Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES</b>				
Fuente de Variación	% de variación	P valor		
Interacción	2,35	P<0,0001		
Variedad (Concepción – Pomberí)	89,44	P<0,0001		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	8,2	P<0,0001		
Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?		
Interacción	***	Si		
Variedad (Concepción – Pomberí)	***	Si		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si		
Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	3,984	1,992	15590
Variedad (Concepción – Pomberí)	1	151,3	151,3	1184000
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	2	13,87	6,937	54290
Residual	12	0,001533	0,0001278	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.

Tabla C.56: Análisis estadístico para los valores del parámetro  $b^*$  en función de la concentración de bisulfito de sodio entre las variedades Concepción y Pomerí secada a 120°C, a la temperatura 40 °C.

<b>Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES</b>				
Fuente de Variación	% de variación	P valor		
Interacción	2,67	P<0,0001		
Variedad (Concepción – Pomerí)	59,27	P<0,0001		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	38,05	P<0,0001		
Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?		
Interacción	***	Si		
Variedad (Concepción – Pomerí)	***	Si		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si		
Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	0,6707	0,3353	1588
Variedad (Concepción – Pomerí)	1	14,89	14,89	70520
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	2	9,556	4,778	22630
Residual	12	0,002533	0,0002111	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.

Tabla C.57: Análisis estadístico para los valores del parámetro  $b^*$  en función de la concentración de bisulfito de sodio entre las variedades Concepción y Pomberí secada a 120°C, a la temperatura 27 °C.

<b>Análisis de varianza -ANOVA DE DOS FACTORES</b>				
Fuente de Variación	% de variación	P valor		
Interacción	3	P<0,0001		
Variedad (Concepción – Pomberí)	56,31	P<0,0001		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	40,6	P<0,0001		
Fuente de Variación	Resumen de P valor	Es Significativo?		
Interacción	***	Si		
Variedad (Concepción – Pomberí)	***	Si		
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	***	Si		
Fuente de Variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Interacción	2	0,6337	0,3169	197,3
Variedad (Concepción – Pomberí)	1	11,91	11,91	7416
Concentración del inhibidor (0,2, 0,3 y 0,4 g/L)	2	8,586	4,293	2674
Residual	12	0,01927	0,001606	

\* gramos de bisulfito de sodio por litro de agua de cocción.