

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA INGENIERÍA DE ALIMENTOS



**DETERMINACIÓN DEL CALOR ESPECÍFICO EN PAPA  
(*CARDINAL Y RUNA CRON*) MEDIANTE CALORIMETRÍA DE  
MEZCLAS**

POR

SEGOVIA GARECA DANILO

Trabajo final de grado presentado a consideración de la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos.

AGOSTO, 2024

TARIJA – BOLIVIA

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación se lo dedico a mis padres, por ser mi fuente inagotable de apoyo, inspiración y fortaleza, por sus sacrificios y sobre todo por creer en mí incluso cuando yo mismo dudaba.

# ÍNDICE

## RESUMEN

### CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1	Antecedentes .....	1
1.2	Justificación .....	2
1.3	Objetivos .....	2
1.3.1	Objetivo general .....	2
1.3.2	Objetivos específicos.....	2
1.4	Planteamiento del problema .....	3
1.5	Formulación del problema .....	3
1.6	Objeto de estudio.....	3
1.7	Campo de acción .....	3
1.8	Hipótesis.....	4

### CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1	Calorimetría.....	5
2.2	Calor .....	5
2.2.1	Tipos de calor según la variación de temperatura .....	5
2.3	Definición de calor específico .....	6
2.3.1	Predicción del calor específico en alimentos.....	6
2.4	Métodos para la medición del calor específico en los alimentos .....	8
2.4.1	Calorímetro de mezcla .....	9
2.5	Factores que pueden afectar el calor específico en alimentos .....	9
2.5.1	Factores que pueden afectar el calor específico en la papa .....	10
2.6	Clasificación taxonómica de la planta de papa.....	11

2.7	Características fisiológicas del tubérculo de la papa .....	11
2.8	Composición fisicoquímica de la papa.....	12

### **CAPÍTULO III. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL**

3.1	Desarrollo de la parte experimental.....	14
3.2	Tipos de intervención en la parte experimental.....	14
3.3	Paradigma investigativo .....	14
3.3.1	Paradigma positivista .....	14
3.4	Tipo de investigación .....	15
3.4.1	Enfoque de investigación .....	15
3.5	Métodos, técnicas e instrumentos.....	15
3.6	Análisis fisicoquímico y microbiológico de la papa variedad <i>Cardinal</i> y <i>Runa Cron</i> .....	16
3.7.	Instrumentos de laboratorio, material de laboratorio y utensilios utilizados en la determinación del calor específico .....	16
3.7.1	Instrumentos de laboratorio.....	16
3.7.2.1	Material de laboratorio .....	18
3.7.3.1	Utensilios de cocina .....	19
3.8	Construcción del calorímetro y del sistema de agitación .....	19
3.9	Determinación de la constante del calorímetro $B_C$ y el calorímetro $C_C$ .....	21
3.10	Determinación del calor específico en las dos variedades de papa .....	23
3.10.1	Cálculo del calor específico con los modelos matemáticos teóricos de Siebel y Lamb.....	24
3.11	Diseño experimental.....	24
3.11.1	Diseño por bloques completamente al azar (DBCA).....	24

3.11.2	Diseño por bloques completamente al azar (DBCA) en la determinación del calor específico .....	24
3.12	Operacionalización de las variables para la determinación del calor específico de dos variedades de papa ( <i>Cardinal</i> y <i>Runa Cron</i> ) mediante calorimetría.....	25

#### **CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

4.1	Características de la papa ( <i>Cardinal</i> y <i>Runa Cron</i> ) .....	27
4.1.1	Determinación de la porción comestible y no comestible de la papa variedad <i>Cardinal</i> .....	27
4.1.2	Determinación de la porción comestible y no comestible de la papa variedad <i>Runa Cron</i> .....	28
4.1.3	Análisis fisicoquímico de la papa variedad <i>Cardinal</i> .....	28
4.1.4	Análisis microbiológico de la papa variedad <i>Cardinal</i> .....	29
4.1.5	Análisis fisicoquímico de la papa variedad <i>Runa Cron</i> .....	29
4.1.6	Análisis microbiológico de la papa variedad <i>Runa Cron</i> .....	30
4.2	Caracterización de las variables del proceso para determinar el calor específico en la papa variedad <i>Cardinal</i> y <i>Runa Cron</i> .....	30
4.2.1	Calibración del calorímetro B <sub>C</sub> .....	31
4.2.1.1	Calibración del calorímetro B <sub>C</sub> en función de la temperatura y tiempo de 1 minuto.....	32
4.2.1.2	Calibración del calorímetro B <sub>C</sub> en función de la temperatura y tiempo de 2 minutos .....	33
4.2.1.3	Calibración del calorímetro B <sub>C</sub> en función de la temperatura y tiempo de 3 minutos .....	35
4.2.1.4	Comparación de variación de la temperatura del calorímetro B <sub>C</sub> en función del tiempo .....	36
4.2.2	Calibración del calorímetro C <sub>C</sub> .....	37

4.2.2.1	Calibración del calorímetro $C_C$ en función de la temperatura y tiempo de 1 minuto.....	38
4.2.2.2	Calibración del calorímetro $C_C$ en función de la temperatura y tiempo de 2 minutos.....	39
4.2.2.3	Calibración del calorímetro $C_C$ en función de la temperatura y tiempo de 3 minutos.....	41
4.2.2.4	Comparación del comportamiento de la temperatura en el calorímetro $C_C$ en función del tiempo.....	42
4.2.3	Determinación de la constante del calorímetro $B_C$ .....	43
4.2.3.1	Variación de temperatura en función del tiempo para la constante del calorímetro $B_C$ .....	44
4.2.3.2	Cálculo de la constante del calorímetro $B_C$ .....	46
4.2.4	Determinación de la constante del calorímetro $C_C$ .....	48
4.2.4.1	Variación de temperatura en función del tiempo para la constante del calorímetro $C_C$ .....	48
4.2.4.2	Cálculo de la constante del calorímetro $C_C$ .....	51
4.3	Determinación del calor específico de las muestras de papa.....	52
4.3.1	Determinación del calor específico de las muestras de papa con el calorímetro $B_C$ .....	53
4.3.2	Determinación del calor específico de las muestras de papa con el calorímetro $C_C$ .....	55
4.3.3	Determinación del calor específico en base al modelo de Siebel.....	58
4.3.4	Determinación del calor específico en base al modelo de Lamb.....	59
4.3.5	Comparación del calor específico del calorímetro $B_C$ , calorímetro $C_C$ en base a los modelos de Siebel y Lamb.....	61
4.4	Matriz experimental de factores para determinar calor específico en papa.....	62

4.4.1	Diseño por bloques completamente al azar de la variable respuesta calor específico .....	63
4.4.2	Estadístico de Tukey de los métodos para la medición del calor específico en papa .....	63

## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1	Conclusiones.....	65
5.2	Recomendaciones.....	66

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

### **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 2.1	Clasificación taxonómica de la planta de papa .....	11
Tabla 2.2	Composición fisicoquímica de la papa blanca y amarilla .....	13
Tabla 2.3	Composición fisicoquímica de la papa Roja .....	13
Tabla 3.1	Material de laboratorio .....	19
Tabla 3.2	Utensilios de cocina .....	19
Tabla 3.3	Diseño experimental para la determinación del calor específico .....	25
Tabla 4.1	Porción comestible y porción no comestible de la papa variedad <i>Cardinal</i> ..	27
Tabla 4.2	Porción comestible y porción no comestible de la papa variedad <i>Runa Cron</i> .	28
Tabla 4.3	Análisis fisicoquímico de la papa variedad <i>Cardinal</i> .....	29
Tabla 4.4	Análisis microbiológico de la papa variedad <i>Cardinal</i> .....	29
Tabla 4.5	Análisis fisicoquímico de la papa variedad <i>Runa Cron</i> .....	30
Tabla 4.6	Análisis microbiológico de la papa variedad <i>Runa Cron</i> .....	30
Tabla 4.7	Control de temperatura en el calorímetro B <sub>C</sub> para 1 minuto .....	32
Tabla 4.8	Control de temperatura en el calorímetro B <sub>C</sub> para 2 minutos .....	34

Tabla 4.9 Control de temperatura en el calorímetro $B_C$ para 3 minutos .....	35
Tabla 4.10 Control de temperatura en el calorímetro $C_C$ para 1 minuto .....	38
Tabla 4.11 Control de temperatura en el calorímetro $C_C$ para 2 minutos .....	40
Tabla 4.12 Control de temperatura en el calorímetro $C_C$ para 3 minutos .....	41
Tabla 4.13 Variación de temperatura en función del tiempo para la constante del calorímetro $B_C$ .....	44
Tabla 4.14 Determinación de la constante del calorímetro $B_C$ .....	47
Tabla 4.15 Variación de temperatura en función del tiempo para la constante del calorímetro $C_C$ .....	49
Tabla 4.16 Determinación de la constante del calorímetro $C_C$ .....	51
Tabla 4.17 Porcentaje de humedad y extracto seco en las muestras de papa .....	53
Tabla 4.18 Porcentaje de almidón en las muestras de papa .....	53
Tabla 4.19 Resultados del calor específico en papa con el calorímetro $B_C$ .....	54
Tabla 4.20 Resultados del calor específico con el calorímetro $C_C$ .....	56
Tabla 4.21 Calor específico según el modelo de Siebel .....	58
Tabla 4.22 Calor específico según el modelo de Lamb.....	59
Tabla 4.23 Calor específico con el calorímetro $B_C$ , calorímetro $C_C$ y los modelos teóricos ...	61
Tabla 4.24 Matriz experimental de factores para calor específico en papa.....	63
Tabla 4.25 Análisis de varianza para la variable respuesta calor específico .....	63
Tabla 4.26 Estadístico de Tukey de los métodos para la medición del calor específico en papa .....	64

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Tipos de calor según la variación de la temperatura.....	6
Figura 2.2 Modelos matemáticos para la predicción del calor específico en los alimentos...	7



Figura 2.3	Tipos de calorímetros.....	8
Figura 2.4	Características fisiológicas de la papa variedad <i>Cardinal</i> .....	12
Figura 2.5	Características fisiológicas de la papa variedad <i>Runa Cron</i> .....	12
Figura 3.1	Métodos y técnicas para determinar los análisis fisicoquímicos y microbiológicos en las dos variedades de papa .....	16
Figura 3.2	Especificaciones técnicas de la balanza de precisión.....	17
Figura 3.3	Especificaciones técnicas del agitador magnético con calentador .....	17
Figura 3.4	Especificaciones técnicas del termómetro digital .....	18
Figura 3.5	Especificaciones técnicas del termómetro punzón.....	18
Figura 3.6	Materiales utilizados para la construcción de ambos calorímetros y del sistema de agitación .....	20
Figura 3.7	Procedimiento para la construcción de ambos calorímetros y del sistema de agitación.....	21
Figura 3.8	Determinación de la constante de los dos calorímetros .....	22
Figura 3.9	Determinación del calor específico en las dos variedades de papa.....	23
Figura 4.1	Procedimiento para la determinación del calor específico en la papa .....	31
Figura 4.2	Variación de tiempo para el calorímetro $B_C$ .....	31
Figura 4.3	Coeficientes de correlación lineal en el calorímetro $B_C$ para 1 minuto ...	33
Figura 4.4	Coeficientes de correlación lineal en el calorímetro $B_C$ para 2 minutos..	34
Figura 4.5	Coeficientes de correlación lineal en el calorímetro $B_C$ para 3 minutos..	36
Figura 4.6	Comparación de variación de temperatura en el calorímetro $B_C$ en función del tiempo .....	37
Figura 4.7	Variación de tiempo para el calorímetro $C_C$ .....	38
Figura 4.8	Coeficientes de correlación lineal en el calorímetro $C_C$ para 1 minuto ...	39
Figura 4.9	Coeficientes de correlación lineal en el calorímetro $C_C$ para 2 minutos..	40

Figura 4.10 Coeficientes de correlación lineal en el calorímetro $C_C$ para 3 minutos..	42
Figura 4.11 Comparación de variación de temperatura en el calorímetro $C_C$ en función del tiempo .....	43
Figura 4.12 Determinación de la constante del calorímetro $B_C$ .....	44
Figura 4.13 Variación de la temperatura en el calorímetro $B_C$ en la primera parte de los ensayos .....	45
Figura 4.14 Variación de la temperatura en el calorímetro $B_C$ en la segunda parte de los ensayos .....	46
Figura 4.15 Resultados de la constante para el calorímetro $B_C$ .....	47
Figura 4.16 Determinación de la constante del calorímetro $C_C$ .....	48
Figura 4.17 Variación de la temperatura en el calorímetro $C_C$ en la primera parte de los ensayos .....	49
Figura 4.18 Variación de la temperatura en el calorímetro $C_C$ en la segunda parte de los ensayos .....	50
Figura 4.18 Resultados de la constante para el calorímetro $C_C$ .....	52
Figura 4.19 Determinación del calor específico con el calorímetro $B_C$ .....	54
Figura 4.20 Variación del calor específico en función del porcentaje de almidón con el calorímetro $B_C$ .....	55
Figura 4.21 Determinación del calor específico en las muestras de papa con el calorímetro $C_C$ .....	56
Figura 4.22 Variación del calor específico en función del porcentaje de almidón con el calorímetro $C_C$ .....	57
Figura 4.23 Variación del calor específico en base al modelo Siebel en función del porcentaje de almidón .....	58
Figura 4.24 Variación del calor específico en base al modelo Lamb en función del porcentaje de almidón .....	60

Figura 4.25 Comparación del calor específico del calorímetro  $B_C$ , Calorímetro  $C_C$  en base  
al modelo de Siebel y Lamb ..... 62