

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS



**OBTENCIÓN DE SUPLEMENTO DE CALCIO A PARTIR
DE CÁSCARA DE HUEVO**

Por:

MELINA PERALES GARNICA

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, 2011

Tarija-Bolivia

ÍNDICE
CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

	Página
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Producción de huevo de consumo	4
1.3. Justificación	5
1.4. Objetivos.....	6
1.4.1. Objetivo general	6
1.4.2. Objetivos específicos.....	6
1.5. Planteamiento de problema general.....	7
1.5.1. Planteamiento de los problemas específicos.....	7
1.6. Planteamiento de la hipótesis general.....	8

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1. Historia de la gallina y el huevo	9
2.2. Origen del huevo.....	9
2.3. Proceso esquemático de la formación del huevo	10
2.3.1. Proceso de formación del huevo en la gallina	11
2.4. Estructura del huevo	13
2.4.1. La Cáscara.....	13
2.4.2. Membranas de la cáscara y cámara de aire.....	15
2.4.3. Albúmina	16
2.4.4. La yema.....	17
2.4.5. El disco germinal	18
2.5. Variedades de huevos	18
2.6. La cáscara de huevo como “fuente de calcio”	19
2.6.1. Composición química de la cáscara de huevo	20
2.6.2. Microflora inicial del huevo	20
2.7. El carbonato de calcio en los alimentos.....	21
2.7.1. Usos del carbonato de calcio en la industria alimentaria.....	22
2.8. Ácido cítrico	24
2.9. Suplemento de calcio (citrato cálcico).....	25
2.9.1. Reacción química de la formación del citrato de calcio	26

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.1. Introducción.....	28
3.2. Descripción de equipos.....	28
3.2.1. Secador de bandejas.....	28
3.2.2. Generador de aire.....	29
3.2.3. Anemómetro	30
3.2.4. Psicrómetro	31
3.2.5. Balanza analítica digital.....	31

3.2.6.	Selladora eléctrica.....	32
3.2.7.	Molino de cereales	32
3.2.8.	Cocina	33
3.3.	Material de laboratorio.....	33
3.4.	Aditivos e insumos.....	34
3.5.	Diagrama de flujo del proceso de obtención de citrato de calcio	34
3.5.1.	Materia prima.....	36
3.5.2.	Selección.....	37
3.5.3.	Lavado y cepillado.....	37
3.5.4.	Desmembrado	38
3.5.5.	Tratamiento térmico.....	38
3.5.6.	Secado I.....	39
3.5.7.	Molienda	40
3.5.8.	Tamizado	40
3.5.9.	Dosificación	41
3.5.9.1.	Preparación de solución de ácido cítrico	41
3.5.10.	Secado II	41
3.5.11.	Envasado.....	42
3.6.	Metodología de obtención de resultados	43
3.6.1.	Propiedades físicas de la materia prima.....	43
3.6.2.	Análisis fisicoquímicos de materia prima y producto	43
3.6.3.	Análisis microbiológicos de materia prima y producto	44
3.7.	Evaluación sensorial	45
3.7.1.	Evaluación sensorial del producto terminado.....	45
3.8.	Diseño experimental	45
3.8.1.	Diseño factorial.....	46
3.8.1.1.	Diseño factorial aplicado en el proceso de obtención del citrato de calcio	47

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Características de la materia prima.....	49
4.1.1.	Características físicas de la materia prima.....	49
4.1.2.	Características microbiológicas de la materia prima	51
4.2.	Características del procesamiento de los cascarones para obtención de harina	52
4.2.1.	Determinación del tiempo de tratamiento térmico de los cascarones.....	52
4.2.2.	Determinación del contenido de humedad de los cascarones.....	53
4.2.3.	Proceso de secado de los cascarones	54
4.2.3.1.	Variación del contenido de humedad de los cascarones de huevo de consumo.....	54
4.2.4.	Características del proceso de molienda de los cascarones Deshidratados.....	64

4.2.5.	Características fisicoquímicas de la harina de cascarones de huevo.....	64
4.2.6.	Cálculo del rendimiento de harina en la molienda de los cascarones.....	65
4.3.	Características del proceso de obtención de suplemento de calcio.....	66
4.3.1.	Proceso de preparación de la solución ácida	66
4.3.2.	Formulaciones definidas para la obtención de citrato de calcio.....	66
4.3.3.	Reacción química de la formación de citrato de calcio	68
4.3.3.1.	Desprendimiento de co2 durante la neutralización ácido-base	69
4.3.4.	Cálculos de rendimientos de la obtención de citrato de calcio	70
4.3.5.	Diseño factorial para la obtención de suplemento de calcio	71
4.3.5.	Secado del suplemento de calcio	73
4.3.5.1.	Variación del contenido de humedad del suplemento de calcio	73
4.4.	Caracterización del producto	92
4.4.1.	Envasado	92
4.4.2.	Evaluación sensorial del producto	92
4.4.2.1.	Evaluación sensorial del atributo aroma para el producto	92
4.4.2.1.1.	Análisis de varianza del atributo aroma para el producto.....	94
4.4.2.2.	Evaluación sensorial del atributo sabor para el producto	95
4.4.2.2.1.	Análisis de varianza del atributo sabor para el producto	97
4.4.2.3.	Evaluación sensorial del atributo textura para el producto.....	98
4.4.2.3.1.	Prueba de Duncan del atributo textura para el producto.....	100
4.4.2.4.	Evaluación sensorial del atributo presentación para el producto	100
4.4.2.4.1.	Prueba de Duncan del atributo presentación para el producto	103
4.4.3.	Características fisicoquímicos del producto	105
4.4.4.	Características microbiológicas del producto	106
4.5.	Balance de materia de la obtención de suplemento de calcio	106
4.5.1.	Balance de materia en el proceso de acondicionamiento de la materia prima	110
4.5.2.	Balance de materia en el proceso de tratamiento térmico de la materia prima	111
4.5.3.	Balance de materia en el proceso de secado I de los cascarones de huevo.....	112
4.5.4.	Balance de materia en el proceso de molienda	116
4.5.5.	Balance de materia en el proceso de tamizado	118
4.5.6.	Balance de materia en la reacción química de obtención de suplemento de calcio.....	119

4.5.7.	Balance de materia en el proceso de secado II del suplemento de calcio.....	120
4.5.8.	Resumen del balance de materia en el proceso de obtención del suplemento de calcio	123
4.6.	Balance de energía de la obtención de suplemento de calcio	125
4.6.1.	Balance de energía en el proceso de tratamiento térmico de los cascarones	125
4.6.2.	Balance de energía en el proceso de “secado I” de los cascarones.....	126
4.6.3.	Balance de energía en el proceso de secado II del suplemento de calcio.....	127
4.6.4.	Balance de total de energía en el proceso de obtención del suplemento de calcio.....	128

**CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1.	Conclusiones.....	129
5.2.	Recomendaciones	131
	Bibliografía	132
	Anexos	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1	Evolución de la producción de huevo de consumo en Bolivia.....	4
Tabla 2-1	Pesos atómicos de los compuestos de la reacción 2-1.....	27
Tabla 3-1	Materiales de laboratorio.....	34
Tabla 3-2	Propiedades físicas de la materia prima	43
Tabla 3-3	Técnicas para determinar las propiedades fisicoquímicas de materia prima.....	44
Tabla 3-4	Técnicas para determinar las propiedades fisicoquímicas del producto	44
Tabla 3-5	Técnicas para determinar los análisis microbiológicos de materia prima y producto	44
Tabla 3-6	Niveles de variación de las variables de la obtención de citrato de calcio	47
Tabla 3-7	Disposición matricial de variables para la obtención de suplemento de calcio.....	48
Tabla 4-1	Características físicas de cascarones de huevo de consumo	50
Tabla 4-2	Rangos y promedios de las características físicas de los cascarones de huevo	51
Tabla 4-3	Características microbiológicas de la materia prima (cascarones de huevo).....	51
Tabla 4-4	Características microbiológicas de cascarones tratados térmicamente	52
Tabla 4-5	Contenido de humedad de los cascarones tratados Térmicamente	53
Tabla 4-6	Variación del contenido de humedad de la muestra 1	55
Tabla 4-7	Variación del contenido de humedad de la muestra 2.....	57
Tabla 4-8	Variación del contenido de humedad de la muestra 3.....	59
Tabla 4-9	Variación del contenido de humedad de la muestra 4.....	61
Tabla 4-10	Características fisicoquímicas de la harina de cascarones de huevo.....	64
Tabla 4-11	Rendimiento de la harina de cascarones en la molienda.....	65
Tabla 4-12	Formulaciones para obtención de suplemento de calcio	67
Tabla 4-13	Rendimiento de citrato de calcio en la reacción química	71
Tabla 4-14	Tiempo de reacción química en el proceso de obtención de citrato de calcio	72
Tabla 4-15	Análisis de varianza para el tiempo de reacción química en el proceso de obtención de citrato de calcio	72
Tabla 4-16	Variación del contenido de humedad de la muestra 1	74
Tabla 4-17	Variación del contenido de humedad de la muestra 2.....	76
Tabla 4-18	Variación del contenido de humedad de la muestra 3.....	78
Tabla 4-19	Variación del contenido de humedad de la muestra 4.....	80
Tabla 4-20	Variación del contenido de humedad de la muestra 5.....	82

Tabla 4-21	Variación del contenido de humedad de la muestra 6.....	84
Tabla 4-22	Variación del contenido de humedad de la muestra 7.....	86
Tabla 4-23	Variación del contenido de humedad de la muestra 8.....	88
Tabla 4-24	Evaluación sensorial del atributo aroma del producto	93
Tabla 4-25	Análisis de varianza del atributo aroma para el producto	95
Tabla 4-26	Evaluación sensorial del atributo sabor del producto.....	96
Tabla 4-27	Análisis de varianza del atributo sabor para el producto.....	98
Tabla 4-28	Evaluación sensorial del atributo textura del producto	99
Tabla 4-29	Prueba de Duncan del atributo textura para el producto	101
Tabla 4-30	Evaluación sensorial del atributo presentación del producto	102
Tabla 4-31	Prueba de Duncan del atributo presentación para el producto	104
Tabla 4-32	Propiedades fisicoquímicas del producto	105
Tabla 4-33	Características microbiológicas del producto.....	106
Tabla 4-34	Propiedades psicrométricas del aire del secado I	114
Tabla 4-35	Propiedades psicrométricas del aire en el secado II	122

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1	Proceso de formación del huevo	10
Figura 2-2	Esquema de formación del huevo en la gallina.....	12
Figura 2-3	Esquema de un huevo mostrando sus diferentes Estructuras	13
Figura 2-4	Vista esquemática de la cáscara de huevo (poros).....	14
Figura 2-5	Membranas de la cáscara y cámara de aire del huevo	15
Figura 2-6	Vista esquemática del disco germinal.....	18
Figura 2-7	Esquema de la estructura de la cáscara del huevo.....	19
Figura 3-1	Secador de bandejas	29
Figura 3-2	Generador de aire	30
Figura 3-3	Anemómetro.....	30
Figura 3-4	Psicrómetro	31
Figura 3-5	Balanza analítica digital	32
Figura 3-6	Selladora eléctrica	32
Figura 3-7	Molino de cereales	33
Figura 3-8	Cocina	33
Figura 3-9a	Diagrama de proceso de obtención de harina de cáscara de huevo	35
Figura 3-9b	Diagrama de proceso de obtención de citrato de calcio.....	36
Figura 3-10	Cascarones de huevo de consumo.....	37
Figura 3-11	Desmembrado de cascarones	38
Figura 3-12	Tratamiento térmico.....	39
Figura 3-13	Secado de materia prima	40
Figura 3-14	Secado de citrato de calcio.....	42
Figura 3-15	Envasado del citrato de calcio.....	43
Figura 3-16	Modelo general de un proceso o sistema	46
Figura 4-1	Curva de variación del contenido de humedad de	

	la muestra 1	56
Figura 4-2	Curva de variación del contenido de humedad de la muestra 2	58
Figura 4-3	Curva de variación del contenido de humedad de la muestra 3	60
Figura 4-4	Curva de variación del contenido de humedad de la muestra 4	62
Figura 4-5	Curvas de variación del contenido de humedad de las 4 muestras.....	63
Figura 4-6	Efervescencia en la reacción de obtención de citrato de calcio	69
Figura 4-7	Variación del contenido de humedad del suplemento cálcico de la muestra 1	75
Figura 4-8	Variación del contenido de humedad del suplemento cálcico de la muestra 2	77
Figura 4-9	Variación del contenido del humedad del suplemento cálcico de la muestra 3.....	79
Figura 4-10	Variación del contenido de humedad del suplemento cálcico de la muestra 4.....	81
Figura 4-11	Variación del contenido de humedad del suplemento cálcico de la muestra 5.....	83
Figura 4-12	Variación del contenido de humedad del suplemento cálcico de la muestra 6.....	85
Figura 4-13	Variación del contenido de humedad del suplemento cálcico de la muestra 7.....	87
Figura 4-14	Variación del contenido de humedad del suplemento cálcico de la muestra 8.....	89
Figura 4-15	Variación del contenido de humedad de las 4 muestras de suplemento de calcio.....	90
Figura 4-16	Variación del contenido de humedad de las 4 muestras del suplemento de calcio.....	91
Figura 4-17	Evaluación sensorial del atributo aroma para el producto	94
Figura 4-18	Resultados promedio del atributo sabor para el producto	97
Figura 4-19	Resultados promedio del atributo textura para el producto	100
Figura 4-20	Resultados promedio del atributo presentación para el producto	103
Figura 4-21	Diagrama de Bloques del balance de materia de “suplemento de calcio”	108
Figura 4-22	Balance de materia en el proceso de Acondicionamiento	110
Figura 4-23	Balance de materia en el proceso de tratamiento Térmico.....	111
Figura 4-24	Balance de materia en el procedo de secado I de cascarones de huevo.....	113

Figura 4-25	Balance de materia en el proceso de molienda de los cascarones.....	117
Figura 4-26	Balance de materia en el proceso de tamizado.....	118
Figura 4-27	Balance de materia en la reacción química	119
Figura 4-28	Balance de materia en el secado II del suplemento de calcio.....	121
Figura 4-29	Resumen del balance de materia de la obtención del suplemento de calcio.....	124