

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA

DISEÑO DE UN PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DE PASTA DE SOYA HIDROLIZADA CON ENZIMAS PRESENTES EN CÁSCARAS DE PIÑA (*Ananas Comosus*) Y PAPAYA (*Carica Papaya*)

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO QUÍMICO**

CRISTINA GABRIELA PACHACAMA CAIZA

cristinagabriela.p@gmail.com

DIRECTOR: ING. WASHINGTON OSWALDO ACUÑA GORDILLO

oswaldo.acuna@epn.edu.ec

Quito, Mayo 2014

© Escuela Politécnica Nacional (2014)
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo, Cristina Gabriela Pachacama Caiza, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Cristina Gabriela Pachacama Caiza

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Cristina Gabriela Pachacama Caiza, bajo mi supervisión.

Ing. Oswaldo Acuña
DIRECTOR DE PROYECTO

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi fuerza interna
Mis padres que siempre fueron mi apoyo y
ejemplo de lucha, Mario y Lidia.
Y a Esther, mi segunda madre y tía.

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que colaboraron con este trabajo en primer lugar a mi director de tesis Ing. Oswaldo Acuña que tuvo la confianza en mí para la realización de este trabajo.

A las empresas que apoyaron en la realización del mismo, entre las cuales puedo nombrar: INIAP, La Jugosa y Morvie.

Al DECAB por facilitarme el uso de sus instalaciones y la colaboración de su personal de gran calidad humana y profesionalismo.

Un especial agradecimiento a mi familia y amigos que han estado apoyándome durante esta y varias etapas importantes de mi vida.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | PÁGINA |
|---|---------------|
| RESUMEN | xiii |
| INTRODUCCIÓN | xiv |
| | |
| 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA | 1 |
| 1.1 Producción de soya, piña y papaya en el Ecuador | 1 |
| 1.1.1 Soya | 1 |
| 1.1.1.1 Superficie sembrada, producción y rendimiento de soya | 2 |
| 1.1.1.2 Industrialización de la soya | 3 |
| 1.1.2 Piña | 5 |
| 1.1.2.1 Superficie sembrada, producción y rendimiento de piña | 6 |
| 1.1.2.2 Industrialización | 8 |
| 1.1.3 Papaya | 9 |
| 1.1.3.1 Superficie sembrada, producción y rendimiento de papaya | 10 |
| 1.1.3.2 Industrialización | 12 |
| 1.2 Proteasas | 13 |
| 1.2.1 Clasificación por su origen | 16 |
| 1.2.1.1 Proteasas de origen animal | 16 |
| 1.2.1.2 Proteasas de origen vegetal | 16 |
| 1.2.1.3 Proteasas de origen bacteriano o fúngico | 16 |
| 1.2.2 Clasificación por su modo de acción catalítica | 17 |
| 1.2.2.1 Endoproteasas | 17 |
| 1.2.2.2 Exoproteasas | 18 |
| 1.3 Hidrólisis enzimática | 18 |
| 1.3.1 Etapas de la hidrólisis enzimática | 18 |
| 1.3.2 Cinética de michaelis-menten | 19 |
| 1.3.3 Variables de estudio en la hidrólisis | 21 |
| 1.3.3.1 Influencia de la temperatura | 21 |
| 1.3.3.2 Influencia del pH | 22 |
| 1.3.3.3 Concentración enzimática | 23 |
| 1.3.3.4 Concentración de sustrato | 24 |
| 1.3.3.5 Influencia de la actividad del agua | 25 |
| 1.4 Hidrolizados proteicos | 25 |
| 1.4.1 Hidrolizados con bajo grado de hidrólisis | 27 |
| 1.4.2 Hidrolizados con grado de hidrólisis variable | 27 |
| 1.4.3 Hidrolizados extensivos | 28 |
| 1.4.4 Aplicación de hidrolizados proteicos en biotecnología | 28 |
| | |
| 2. PARTE EXPERIMENTAL | 30 |
| 2.1 Determinación de la concentración de proteínas y actividad proteolítica | 30 |
| 2.1.1 Caracterización proteica de las cáscaras de piña y papaya | 30 |
| 2.1.2 Determinación de la actividad proteolítica | 33 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 2.2 | Determinación de las condiciones más adecuadas de la hidrólisis de pasta de soya: pH, temperatura, concentración de sustrato (pasta de soya), relación enzima (extractos)/sustrato y tiempo de reacción | 36 |
| 2.2.1 | Preparación de la materia prima | 36 |
| 2.2.2 | Determinación de la concentración de sustrato (pasta de soya) | 38 |
| 2.2.3 | Determinación de la relación enzima /sustrato | 39 |
| 2.2.4 | Determinación del tiempo de hidrólisis | 40 |
| 2.3 | Obtención de pasta de soya hidrolizada a escala piloto | 40 |
| 2.4 | Determinación de la velocidad de secado del hidrolizado de soya | 41 |
| 2.5 | Definición del layout de la planta de producción de pasta hidrolizada de soya | 44 |
| 2.6 | Análisis del costo de producción del hidrolizado de soya a escala piloto | 44 |
| 3. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 46 |
| 3.1 | Caracterización de la materia prima | 46 |
| 3.2 | Obtención del hidrolizado a escala de laboratorio | 52 |
| 3.2.1 | Concentración de sustrato | 52 |
| 3.2.2 | Relación enzima –sustrato | 54 |
| 3.2.3 | Determinación del tiempo de hidrólisis a escala de laboratorio | 60 |
| 3.3 | Obtención de pasta de soya hidrolizada a escala piloto | 63 |
| 3.3.1 | Proceso de hidrólisis | 63 |
| 3.3.2 | Secado de la pasta hidrolizada | 65 |
| 3.3.3 | Diagrama de flujo del proceso | 69 |
| 3.3.4 | Definición de la capacidad de la planta | 72 |
| 3.3.5 | Diagrama de flujo del proceso PFD | 74 |
| 3.4 | Layout de la planta | 78 |
| 3.4.1 | Localización de la planta | 78 |
| 3.4.2 | Selección de equipos | 79 |
| 3.4.3 | Tamaño de la planta | 83 |
| 3.5 | Costos de producción | 86 |
| 3.5.1 | Costos de producción planta piloto | 86 |
| 3.5.2 | Costos de producción planta industrial | 88 |
| 4. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 90 |
| 4.1 | Conclusiones | 90 |
| 4.2 | Recomendaciones | 91 |
| | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 92 |
| | ANEXOS | 103 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | PÁGINA |
|--------------------|---|---------------|
| Tabla 1. 1. | Superficie sembrada, cosechada y producción de soya durante el periodo 2004-2010 | 3 |
| Tabla 1. 2. | Composición Nutricional de la torta de soya | 5 |
| Tabla 1. 3. | Superficie, Producción de piña a nivel provincial durante el periodo 2008-2010 | 7 |
| Tabla 1. 4. | Superficie cosechada y producción de piña durante el periodo 2004-2010 | 8 |
| Tabla 1. 5. | Superficie, producción de papaya a nivel provincial durante el periodo 2008-2010 | 11 |
| Tabla 1. 6. | Superficie cosechada y producción de papaya durante el periodo 2004-2010 | 12 |
| Tabla 1. 7. | Proteasas disponibles comercialmente en grado alimenticio | 14 |
| Tabla 3. 1. | Caracterización de la pasta se soya | 46 |
| Tabla 3. 2. | Concentración de proteína y actividad proteolítica en la cascara de piña | 48 |
| Tabla 3. 3. | Concentración de proteína y actividad enzimática en la cascara de papaya | 50 |
| Tabla 3. 4. | Valores de la constante de Michaelis y Mente (K_M) para la hidrólisis de harina de soya | 53 |
| Tabla 3. 5. | Condiciones más adecuadas para la obtención de hidrolizados proteicos de soya a escala de laboratorio empleando cáscaras de piña y papaya | 62 |
| Tabla 3. 6. | Condiciones más adecuadas para la obtención de hidrolizados proteicos de soya a escala piloto | 65 |
| Tabla 3. 7. | Caracterización del hidrolizado de pasta de soya, deshidratado por diferentes métodos | 69 |
| Tabla 3. 8 | Necesidades mensuales de materias primas de la industria de alimentos balanceados para el año 2011 | 73 |
| Tabla 3. 9. | Cantidad de materia prima para la producción diaria de pasta de soya hidrolizada | 80 |

| | | |
|-----------------------|--|-----|
| Tabla 3. 10. | Listado del equipo requerido para el proceso | 82 |
| Tabla 3. 11. | Capacidad de operación de los equipos de la planta | 83 |
| Tabla 3. 12. | Área de cada sección de la planta | 84 |
| Tabla 3. 13. | Costos de equipos usados en la planta piloto | 86 |
| Tabla 3. 14. | Costos de materia prima para el proceso de hidrolizado | 87 |
| Tabla 3. 15. | Costo por kilo de producto obtenido | 87 |
| Tabla 3. 16. | Costos de producción a escala industrial | 89 |
| Tabla 3. 17. | VARIABLES para determinar el costo unitario del producto | 89 |
| Tabla AI. 1. | Datos experimentales para determinar la humedad de la cáscara de papaya | 104 |
| Tabla AI. 2. | Datos experimentales para determinar la humedad de la cáscara de piña | 104 |
| Tabla AII. 1. | Datos experimentales para el cálculo de la proteína total en harina de soya por el método de Kjeldahl | 105 |
| Tabla AII. 2. | Datos experimentales para el cálculo de la humedad en la harina de soya | 105 |
| Tabla AII. 3. | Datos experimentales para la determinación del perfil granulométrico de la pasta de soya | 105 |
| Tabla AIII. 1. | Datos experimentales para la determinación de concentración de proteínas en cáscaras de piña | 106 |
| Tabla AIII. 2. | Datos experimentales para la determinación de concentración de proteínas en cáscaras de papaya | 106 |
| Tabla AIII. 3. | Datos experimentales para el cálculo de la actividad proteolítica en cáscaras de piña | 106 |
| Tabla AIII. 4. | Datos experimentales para el cálculo de la actividad proteolítica en cáscaras de papaya | 107 |
| Tabla AV. 1. | Datos experimentales de densidad óptica de las alícuotas de hidrolizado a las siguientes condiciones: T= 50°C, pH= 7, E/S= 0,067; ensayo 1 | 109 |
| Tabla AV. 2. | Constantes cinéticas de la ecuación de Lineweaver y Burk en la reacción de hidrólisis soya-bromelina, ensayo 1 | 110 |

| | | |
|-----------------------|---|-----|
| Tabla AV. 3. | Datos experimentales de densidad óptica de las alícuotas de hidrolizado a las siguientes condiciones: T= 50°C, pH= 7, E/S= 0,067; ensayo 2 | 110 |
| Tabla AV. 4. | Constantes cinéticas de la ecuación de Lineweaver y Burk en la reacción de hidrólisis soya-bromelina, ensayo 2 | 111 |
| Tabla AV. 5. | Datos experimentales de densidad óptica de las alícuotas de hidrolizado a las siguientes condiciones: T= 50°C, pH= 7, E/S= 0,067; ensayo 3 | 111 |
| Tabla AV. 6. | Constantes cinéticas de la ecuación de Lineweaver y Burk en la reacción de hidrólisis soya-bromelina, ensayo 3 | 112 |
| Tabla AVI. 1. | Datos experimentales de densidad óptica de las alícuotas de hidrolizado a las siguientes condiciones: T= 50°C, pH= 7, E/S= 0,06; ensayo 1 | 113 |
| Tabla AVI. 2. | Constantes cinéticas de la ecuación de Lineweaver y Burk en la reacción de hidrólisis soya-bromelina, ensayo 1 | 114 |
| Tabla AVI. 3. | Datos experimentales de densidad óptica de las alícuotas de hidrolizado a las siguientes condiciones: T= 50°C, pH= 7, E/S= 0,06; ensayo 2 | 114 |
| Tabla AVI. 4. | Constantes cinéticas de la ecuación de Lineweaver y Burk en la reacción de hidrólisis soya-bromelina, ensayo 2 | 115 |
| Tabla AVI. 5. | Datos experimentales de densidad óptica de las alícuotas de hidrolizado a las siguientes condiciones: T= 50°C, pH= 7, E/S= 0,06; ensayo 3 | 115 |
| Tabla AVI. 6. | Constantes cinéticas de la ecuación de Lineweaver y Burk en la reacción de hidrólisis soya-bromelina, ensayo 3 | 116 |
| Tabla AVII. 1. | Datos experimentales para el estudio de la cinética de hidrólisis de la harina de soya con extracto de cáscaras de piña a diferentes relaciones E/S bajo las siguientes condiciones de reacción: pH=7, T= 50°C, [S]= 15/100, a escala de laboratorio ensayo 1 | 117 |
| Tabla AVII. 2. | Hidrólisis de la harina de soya con extracto de cáscaras de piña a diferentes relaciones E/S bajo las siguientes condiciones de reacción: pH=7, T= 50°C, [S]= 13/100, a escala de laboratorio ensayo 2 | 118 |
| Tabla AVII. 3. | Hidrólisis de la harina de soya con extracto de cáscaras de piña a diferentes relaciones E/S bajo las siguientes condiciones de reacción: pH=7, T= 50°C, [S]= 13/100, a escala de laboratorio ensayo 3 | 118 |

| | | |
|------------------------|--|-----|
| Tabla AVII. 4. | Datos experimentales promedio de los 3 ensayos para el estudio de la cinética de hidrólisis de la harina de soya con extracto de cáscaras de piña a diferentes relaciones E/S bajo las siguientes condiciones de reacción: pH=7, T= 50°C, [S]= 13/100, a escala de laboratorio | 119 |
| Tabla AVII. 5. | Cinética de hidrólisis de la harina de soya con cáscaras de papaya a diferentes relaciones E/S, pH=7, T= 50°C, [S]= 10/100, a escala de laboratorio ensayo 1 | 119 |
| Tabla AVII. 6. | Datos experimentales para el estudio de la cinética de hidrólisis de la harina de soya con cáscaras de papaya a diferentes relaciones E/S bajo las siguientes condiciones de reacción: pH=7, T= 50°C, [S]= 10/100, a escala de laboratorio ensayo 2 | 120 |
| Tabla AVII. 7. | Datos experimentales para el estudio de la cinética de hidrólisis de la harina de soya con cáscaras de papaya a diferentes relaciones E/S bajo las siguientes condiciones de reacción: pH=7, T= 50°C, [S]= 13/100, a escala de laboratorio ensayo 3 | 120 |
| Tabla AVII. 8. | Datos experimentales promedio de 3 ensayos para el estudio de la cinética de hidrólisis de la harina de soya con cáscaras de papaya a diferentes relaciones E/S bajo las siguientes condiciones de reacción: pH=7, T= 50°C, [S]= 13/100, a escala de laboratorio | 121 |
| Tabla AVIII. 1. | Datos experimentales para la cinética de hidrólisis bajo las siguientes condiciones: pH=7, T= 50°C, S/agua= 13/100, E/S = 29/100 y 38/100 para la cáscara de papaya y el extracto de piña respectivamente, a escala de laboratorio ensayo 1 | 122 |
| Tabla AVIII. 2. | Datos experimentales para la cinética de hidrólisis bajo las siguientes condiciones: pH=7, T= 50°C, S/agua= 13/100, E/S = 29/100 y 38/100 para la cáscara de papaya y el extracto de piña respectivamente, a escala de laboratorio ensayo 2 | 122 |
| Tabla AVIII. 3. | Datos experimentales para la cinética de hidrólisis bajo las siguientes condiciones: pH=7, T= 50°C, S/agua= 13/100, E/S = 29/100 y 38/100 para la cáscara de papaya y el extracto de piña respectivamente, a escala de laboratorio ensayo 3 | 123 |
| Tabla AVIII. 4. | Datos experimentales para la cinética de hidrólisis bajo las siguientes condiciones: pH=7, T= 50°C, S/agua= 13/100, E/S = 367,77/100 y 108,63/100 para la cáscara de papaya y piña respectivamente, a escala piloto ensayo 1 | 123 |
| Tabla AVIII. 5. | Datos experimentales para la cinética de hidrólisis bajo las siguientes condiciones: pH=7, T= 50°C, S/agua= 13/100, E/S = 367,77/100 y 108,63/100 para la cáscara de papaya y piña respectivamente, a escala piloto ensayo 2 | 124 |

| | | |
|------------------------|---|-----|
| Tabla AVIII. 6. | Datos experimentales para la cinética de hidrólisis bajo las siguientes condiciones: pH=7, T= 50°C, S/agua= 13/100, E/S = 367,77/100 y 108,63/100 para la cáscara de papaya y piña respectivamente, a escala piloto ensayo 3 | 124 |
| Tabla AIX. 1. | Datos experimentales para el estudio de la cinética de secado de la pasta de soya hidrolizada a las siguientes condiciones: Aire, v= 5 m/s T= 100°C durante 1 h y T=60 °C el resto del proceso, densidad de carga= 8,42 Kg/m ² | 125 |
| Tabla AX. 1. | Data Sheet silo pasta de soya | 126 |
| Tabla AX. 2. | Data Sheet del silo para la cascara de piña | 127 |
| Tabla AX. 3. | Data Sheet del silo para cáscara de papaya | 128 |
| Tabla AX. 4. | Data sheet del Molino de disco | 129 |
| Tabla AX. 5. | Data Sheet Desintegrador | 130 |
| Tabla AX. 6. | Data Sheet Secador de rodillos | 131 |
| Tabla AX. 7. | Data Sheet Caldero | 132 |
| Tabla AX. 8. | Data Sheet Ensacadora | 133 |
| Tabla AX. 9. | Data Sheet Reactor | 134 |
| Tabla AX. 10 | Data Sheet Tanques de almacenamiento de HCl y NaOH | 135 |
| Tabla AX. 11. | Data Sheet Tornillo sin fin | 136 |
| Tabla AX. 12. | Data Sheet Bomba de tornillo | 137 |
| Tabla AXI. 1. | Costos de activo fijo | 138 |
| Tabla AXI. 2. | Costos de materias primas | 138 |
| Tabla AXI. 3. | Costos anuales de mano de obra directa | 138 |
| Tabla AXI. 4. | Costos anuales de mano de obra indirecta | 139 |
| Tabla AXI. 5. | Costo anual de materiales indirectos | 139 |
| Tabla AXI. 6. | Costos anuales por depreciación | 139 |
| Tabla AXI. 7. | Costos de suministros | 139 |
| Tabla AXI. 8. | Costos anuales de reparación y mantenimiento | 140 |
| Tabla AXI. 9. | Costos anuales de seguros | 140 |

Tabla AXI. 10. Costos anuales por imprevistos de la carga fabril

140

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | PÁGINA |
|---------------------|--|---------------|
| Figura 1. 1. | Mecanismo catalítico de una proteasa | 18 |
| Figura 1. 3. | Representación Lineweaver-Burk | 20 |
| Figura 1. 4. | Curva esquemática temperatura-actividad | 21 |
| Figura 1. 5. | Curva esquemática de la velocidad de reacción-pH de la reacción | 22 |
| Figura 1. 6. | Velocidad de reacción en función de la concentración de enzima | 23 |
| Figura 1. 7. | Velocidad de hidrólisis de la sacarosa por la invertasa a diferentes concentraciones de sustrato | 24 |
| Figura 2. 1. | Diagrama del proceso para la determinación de concentración de proteínas en a) cáscaras de papaya, b) cáscaras de piña | 33 |
| Figura 2. 3. | Diagrama del proceso para la determinación de la actividad proteolítica a) de los extractos y b) de los blancos | 36 |
| Figura 3. 1. | Distribución del tamaño de partículas de la harina de soya molida en un molino de discos marca Alpine. | 48 |
| Figura 3. 2. | Valores experimentales obtenidos en la cáscara de piña comparados con los obtenidos por López | 49 |
| Figura 3. 3. | Valores experimentales obtenidos en la cáscara de papaya comparados con los obtenidos por Chaiwut | 52 |
| Figura 3. 4. | Evolución del grado de hidrólisis de la proteína presente en la harina de soya con bromelina a diferentes relaciones E/S bajo las siguientes condiciones de [S]= 15/100, pH= 7, temperatura 50 °C, agitación constante | 55 |
| Figura 3. 5. | Evolución del grado de hidrólisis de la proteína presente en la harina de soya con papaína a diferentes relaciones E/S bajo las siguientes condiciones de [S]= 10/100, pH= 7, temperatura 50 °C, agitación constante. | 56 |
| Figura 3. 6. | Grado de hidrólisis de la harina de soya a diferentes concentraciones de cáscara de papaya y extracto de cáscara de piña, tiempo de reacción 80 min | 58 |
| Figura 3. 7. | Contenido de proteína presenta en cada relación extracto y cáscara por cada 100 gramos de sustrato | 59 |

| | | |
|-----------------------|---|-----|
| Figura 3. 8. | Evolución del grado de hidrólisis para la harina de soya con la adición simultánea del extracto de cáscaras de piña y cáscaras deshidratadas de papaya bajo las siguientes condiciones de pH= 7, temperatura 50 °C, agitación constante | 61 |
| Figura 3. 9. | Evolución del grado de hidrólisis para la harina de soya bajo las siguientes condiciones de pH= 7, temperatura 50 °C, agitación constante a escala piloto | 64 |
| Figura 3. 10. | Curva de secado de la pasta de soya hidrolizada a las siguientes condiciones: $v_{\text{aire}}= 5\text{m/s}$, $T= 100\text{ °C}$, 1 h y $T= 70\text{°C}$, 14 h densidad de carga $8,42\text{ kg/m}^2$ | 66 |
| Figura 3. 11. | Velocidad de secado de la pasta de soya hidrolizada vs la humedad libre | 68 |
| Figura 3. 12. | Diagrama de flujo en bloques para la producción de harina de soya hidrolizada a escala piloto | 71 |
| Figura 3. 13. | Oferta y demanda de materia prima requerida para la producción de harina de soya hidrolizada | 73 |
| Figura 3. 14. | Diagrama de flujo del proceso para la producción de harina de soya hidrolizada | 77 |
| Figura 3. 15. | Zona industrial de Guayaquil, vía Daule | 79 |
| Figura 3. 16. | Layout de la planta de producción de harina de soya hidrolizada | 85 |
| Figura AIV. 1. | Curva de calibración de suero bovino (BSA) | 108 |
| Figura AV. 1. | Regresión lineal de la ecuación de Lineweaver y Burk, para la reacción de hidrólisis de harina de soya a las siguientes condiciones: $T= 50\text{°C}$, $\text{pH}= 7$, $\text{E/S}= 0,067$; ensayo 1 | 109 |
| Figura AV. 2. | Regresión lineal de la ecuación de Lineweaver y Burk, para la reacción de hidrólisis de harina de soya a las siguientes condiciones: $T= 50\text{°C}$, $\text{pH}= 7$, $\text{E/S}= 0,067$; ensayo 2 | 110 |
| Figura AV. 3. | Regresión lineal de la ecuación de Lineweaver y Burk, para la reacción de hidrólisis de harina de soya a las siguientes condiciones: $T= 50\text{°C}$, $\text{pH}= 7$, $\text{E/S}= 0,067$; ensayo 3 | 112 |
| Figura AVI. 1. | Regresión lineal de la ecuación de Lineweaver y Burk, para la reacción de hidrólisis de harina de soya a las siguientes condiciones: $T= 50\text{°C}$, $\text{pH}= 7$, $\text{E/S}= 0,06$; ensayo 1 | 113 |
| Figura AVI. 2. | Regresión lineal de la ecuación de Lineweaver y Burk, para la reacción de hidrólisis de harina de soya a las siguientes condiciones: $T= 50\text{°C}$, $\text{pH}= 7$, $\text{E/S}= 0,06$; ensayo 2 | 114 |

| | | |
|------------------------|--|-----|
| Figura AVI. 3. | Regresión lineal de la ecuación de Lineweaver y Burk, para la reacción de hidrólisis de harina de soya a las siguientes condiciones: T= 50°C, pH= 7, E/S= 0,06; ensayo 3 | 116 |
| Figura AXII. 1. | Pasta de soya hidrolizada, secado en bandejas | 141 |
| Figura AXII. 2. | Pasta de soya hidrolizada, secado por rodillos | 141 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | PÁGINA |
|---|---------------|
| ANEXO I | |
| Datos experimentales de humedad de la cáscara de piña, papaya | 104 |
| ANEXO II | |
| Determinación de proteína total, humedad y perfil granulométrico en la harina de soya | 105 |
| ANEXO III | |
| Datos experimentales para el cálculo de la concentración de proteínas y actividad enzimática en las cáscaras de piña y papaya | 106 |
| ANEXO IV | |
| Curva de calibración con albumina de suero bovino (bsa) para la determinación de la concentración de proteína | 108 |
| ANEXO V | |
| Datos experimentales y gráficos de regresión lineal para determinar el valor de k_m soya-bromelina (piña) | 109 |
| ANEXO VI | |
| Datos experimentales para realizar los gráficos de regresión lineal para obtener el valor de k_M soya-papaina (papaya) | 113 |
| ANEXO VII | |
| Datos experimentales para la construcción de las curvas del grado de hidrólisis vs tiempo para la bromelina y papaina | 117 |
| ANEXO VIII | |
| Datos experimentales para la construcción de las curvas del grado de hidrólisis vs tiempo para determinar el tiempo de reacción | 122 |
| ANEXO IX | |
| Datos experimentales para la construcción de las curvas de secado | 125 |
| ANEXO X | |
| Data sheets | 126 |
| ANEXO XI | |
| Costos de producción | 138 |
| ANEXO XII | |
| Producto final | 141 |

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es definir el proceso para la obtención de pasta de soya hidrolizada con enzimas proteolíticas presentes en las cáscaras de piña y papaya. Para esto se realizaron ensayos de la hidrólisis a escala de laboratorio, obteniéndose como las mejores condiciones los siguientes valores, 15 g/100 ml (harina/ agua), 29 g/100 g (cáscara deshidrata de papaya/harina), 38 g/100 g (extracto de cascara piña/harina), tiempo de reacción 1 h, bajo las cuales se obtuvo una pasta de soya de 10,57 % de grado de hidrólisis (GH).

Con esta información obtenida a escala de laboratorio se realizaron ensayos a nivel de planta piloto para lo cual se usó como reactor una marmita de acero inoxidable de doble fondo de 10 L de capacidad a la cual se incorporó un agitador eléctrico de hélice. La reacción de hidrólisis se realizó bajo las condiciones antes mencionadas con la variante de que fue necesario modificar la enzima/sustrato hasta alcanzar igual o mayor grado de hidrólisis que el obtenido en laboratorio. Los valores de la relación enzima/sustrato son: 368 g/100 g (cáscara fresca de papaya/harina), 109 g/ 100 g (cáscara fresca de piña/harina) para alcanzar una pasta de soya con un 11% de grado de hidrólisis.

La pasta hidrolizada deshidrata en un secador de bandejas y rodillos, fue este último el método elegido por presentar un menor tiempo de secado, mayor capacidad de producción y un tratamiento térmico menos drástico. Con la información obtenida en la planta piloto se realizó el diagrama de flujo del proceso a partir del cual se realizaron balances de masa y energía para establecer la cantidad de materia prima y equipos necesarios para la producción de 1 t/día. La distribución en planta que se ajusta al proceso es por línea de producción en forma de L, esta distribución permite el control del proceso y disminuir tiempo de transporte innecesario de material y personal. Se analizó los costos de producción a escala piloto e industrial, los valores obtenidos fueron 4,61 \$/kg y un costo mínimo de 0,87 \$/kg respectivamente.

INTRODUCCIÓN

Las plantas son fuentes de varios compuestos, dentro de las cuales están las enzimas, en el caso de las frutas tropicales esta la papaya que contiene la enzima proteolítica denominada papaína que principalmente es extraída del látex que emana de la cáscara del fruto cuando su estado de madurez es verde. La papaína es una enzima proteolítica ampliamente usada en la industria alimenticia, dentro de los cuales el área más importante es la industria cervecera, seguido por la industria cárnica en la cual es usada como ablandador. Otra fruta tropical de interés es la piña la cual contiene la enzima denominada bromelina. En los últimos años se han desarrollado nuevas tecnologías para la extracción de la bromelina, debido a sus propiedades es usada en la industria de la alimentación (Eliécer, 2002, p. 13).

Ecuador es uno de los países líderes en producción de piña y papaya, comercializados tanto como fruta fresca y productos enlatados es esta última industria la generadora de desperdicios de cáscaras por lo cual se ha visto la necesidad de aprovecharlas debido al contenido de enzimas proteolíticas.

El subproducto de la industria aceitera es la pasta de soya, la cual tiene un alto contenido de proteína y sobre la cual actuarán las enzimas proteolíticas para romper los enlaces peptídicos de la cadena y así aumentan la digestibilidad y el aprovechamiento de la misma por parte de los pollos para los que está dirigido este producto (Pro Ecuador, 2011, p. 6; FDA, 1998, p. 4).

Por varios estudios realizados en pollos se ha demostrado la utilidad del uso de las enzimas en la formulación de los alimentos balanceados (Nagashiro, 2008, p. 4).

En vista de la necesidad del aprovechamiento de residuos agroindustriales se usó las cáscaras de piña y papaya para hidrolizar pasta de soya con un valor agregado que será parte de la formulación de balanceados.

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 PRODUCCIÓN DE SOYA, PIÑA Y PAPAYA EN EL ECUADOR

1.1.1 SOYA

El nombre científico de la soya es *Glycine max (L)* tiene sus orígenes en China, Japón y Corea, además de ser la base de alimentación en algunas poblaciones asiáticas. La soya pertenece a la familia Fabáceas y al género *Glycine* es una planta herbácea de ciclo anual, de una altura promedio entre 0,5 y 1,5 m, su legumbre son vainas cortas, que contienen entre uno y cuatro semillas esféricas de soya y su color depende de la variedad, puede ser: amarillo, negro, verde o castaño. En la soya se ha determinado un alto valor proteico y de grasa, razón por lo cual es utilizada en la producción de aceites. Del proceso de extracción de aceites, se obtiene como subproducto la torta de soya, que es usada en la formulación de alimentos balanceados para animales. La difusión de los cultivos de soya inicio cuando se buscó suplir la carestía de víveres que soportaron varios países occidentales en la segunda guerra mundial (American Soybean Association, 2009, p. 4; Calvo, 2003, pp. 4-5; Guamán et al., 2005, p. 16).

La planta de soya es dependiente de las condiciones ambientales y de suelo, razón por lo cual el INIAP ha desarrollado algunas especies que se ajusten a las condiciones de sembríos en el Ecuador, entre las variedades desarrolladas estan las siguientes: AMERICANA (1963), MANABÍ (1976), INIAP-Júpiter (1976), INIAP 301 (1981), INIAP 302 (1981), INIAP 303 (1985), INIAP 304 (1988), INIAP 305' (1993), INIAP 306' (2001), INIAP 307' (2003), INIAP 308' (2009). Entre las especies más cultivadas están INIAP 303, INIAP 305 y Júpiter (INIAP, 2011, p. 1).

La planta de soya requiere de humedad, es decir depende de la disponibilidad del agua en el suelo, a través de estudios se ha encontrado que a un valor cercano al 50 %, la semilla pueda germinar mientras que una humedad excesiva produce la parición de enfermedades, por la poca disponibilidad de oxigeno (Guamán et al., 2005, p. 31).

Para tener una mayor velocidad de crecimiento la temperatura debe estar en un rango de 15 a 30 °C, además se requiere que el pH del suelo este entre 6,0 y 6,5 (Guamán et al., 2005, p. 33).

El grano de soya presenta la siguiente composición: 36,5% de proteína, 20% de lípido; 30% de hidratos; 9% de fibra; 8,5% de agua y 5% de ceniza, por el contenido de proteína, la soya es la legumbre con mayor concentración proteica, además es relevante el contenido de aminoácidos. La organización mundial de la salud (OMS), estableció como método oficial de evaluación de la calidad proteica el Score de aminoácidos corregido por digestibilidad proteica (PDCAAS) y al analizar el grano de soya, concluyó que la proteína contiene todos los aminoácidos esenciales y en cantidades suficientes para suplir los requerimientos de ingesta de proteína acordes a las necesidades de edad y situación biológica (Ridner, 2006, pp. 15, 16,17).

La soya es la fuente principal de proteína por lo cual se considera como la primera opción para la alimentación de aves y cerdos en la etapa de crecimiento, pero presenta la desventaja de poseer factores antinutricionales que afectan a nivel intestinal.

1.1.1.1 Superficie sembrada, producción y rendimiento de soya

A inicios de 1973 empezaron las exportaciones de soya en el Ecuador con 1 227 hectáreas cultivadas.

Hasta el 2010 se conoce que se cultivaron 41 000 hectáreas con un rendimiento de 1,66 toneladas por hectárea como se indica en la Tabla 1.1, rendimiento que se considera bajo, debido a que se han alcanzado rendimientos mayores a 4,3 toneladas por hectárea, al emplear las variedades del INIAP a nivel experimental. A pesar de ver un incremento en la producción de soya durante los últimos años como muestran los datos de la Tabla 1.1, esto no supe la demanda de consumo de aceite y torta de soya por lo que ha sido necesaria la importación de alrededor de 50 000 toneladas de aceite crudo de soya y 300 000 toneladas de torta, la producción local en el mejor de los casos alcanza a cubrir la demanda de dos

meses y el resto se compensa por importaciones (Guamán et al., 2005, p. 13; Andrade, 2008, p. 64).

Tabla 1. 1. Superficie sembrada, cosechada y producción de soya durante el periodo 2004-2010

| Año | Superficie sembrada (ha) | Producción (t) | Rendimiento (t/ha) |
|------------|---------------------------------|-----------------------|---------------------------|
| 2004 | 57 348 | 90 993 | 1,61 |
| 2005 | 34 656 | 41 937 | 1,23 |
| 2006 | 29 433 | 43 999 | 1,52 |
| 2007 | 19 791 | 22 589 | 1,16 |
| 2008 | 32 517 | 55 363 | 1,73 |
| 2009 | 40 908 | 63 591 | 1,58 |
| 2010 | 41 613 | 68 160 | 1,66 |

(MAGAP-SIGAGRO, 2011, p. 1)

Las zonas que reúnen las características de humedad, temperatura y suelo se encuentran en los alrededores de las poblaciones de El Empalme, Quevedo, Buena Fe, Fumisa, Patricia Pilar, Valencia, San Carlos, La Maná y Mocache otra zona esta localizadas en la cuenca del rio Guayas, específicamente en las poblaciones de Ventanas, Catarama, Puebloviejo, San Juan, Vines, Baba, Babahoyo, Montalvo, Febres Cordero, Simón Bolívar, Boliche. Estas zonas presentan una alta precipitación durante la época lluviosa de enero a mayo y tiene una buena retención de humedad en sus suelos, por lo cual no es necesario de riego en época seca a excepción de las poblaciones de Babahoyo y Boliche (Guamán et al., 2005, p.45).

1.1.1.2 Industrialización de la soya

El aceite de semilla de soya se obtiene principalmente por el método de extracción de solventes, las semillas se calientan y laminan pasándola por rodillos, las mismas que se las hace pasar en contracorriente con hexano, la solución de aceite se destila para recuperar el solvente, mientras que la pasta es

secada, las hojuelas desengrasadas que salen del proceso de extracción del aceite y es conocida como harina desengrasada.

El aceite de soya se caracteriza por su excelente calidad, relacionada con su alto nivel de insaturación que le concede propiedades de fluidez en un amplio rango de temperaturas y permite una hidrogenación selectiva, además de sus antioxidantes naturales. Las más importante agroindustrias encargadas de la extracción de aceite se localizan en las provincias de Los Ríos, Manabí y Guayas con una capacidad de procesamiento superior a la producción de soya en el Ecuador (Braverman, 1980, p. 199; Ridner, 2006, p. 26; Andrade, 2008, p. 64).

Harina natural o grasa completa se denomina a la harina de soya se obtiene a partir de la semilla tostada y molida, se utiliza en la fabricación de productos dietéticos y se puede mezclar con otras harinas de cereales para mejorar su valor nutricional, esta contiene los aceites naturales que están en el grano o frijol de la soya (Calvo, 2003, p. 13; American Soybean Association, 2009, p. 18).

La Tabla 1.2 contiene la composición nutricional de la pasta de soya obtenida por extracción con solvente, la composición varía dependiendo del método usado en la extracción de aceite y de la variedad de soya usada. El contenido de grasa disminuye de 20,00% presente en el grano a 1,50% debido a que ya paso por una etapa de extracción de aceite. El porcentaje de proteína se concentra de un 36,5% a un 45,50%, esta es la principal razón por la cual la pasta de soya representa una fuente importante de proteína.

La leche de soya se la obtiene mediante el remojo previo del grano pasa a una molienda húmeda y la mezcla es esterilizada y luego filtrada. Como subproducto después del filtrado se obtiene la okara la cual es utilizada como fuente de fibra dietética en la elaboración de panes y contiene un bajo porcentaje de proteína en comparación con la leche de soya. La leche se la comercializa en estado líquido o en polvo y por ser de origen vegetal no contiene lactosa ni grasa con colesterol que están presentes en la leche de vaca, por lo tanto es una excelente opción para las personas que son intolerantes a la lactosa (Calvo, 2003, p. 14; Ridner, 2006, p. 30).

Tabla 1. 2. Composición nutricional de la torta de soya desengrasada

| Componentes | Composición % |
|--------------------|----------------------|
| Materia seca | 90,00 |
| Grasa | 1,50 |
| Proteína | 45,50 |
| Metionina | 0,70 |
| Metionina+Cistina | 1,41 |
| Lisina | 2,90 |
| Triptofano | 0,62 |
| Ácido linoleico | 0,55 |
| Fibra | 3,40 |
| Calcio | 0,30 |

(Garzón, 2010, p. 1)

El tofu es similar al queso, su textura es cremosa y se obtiene de forma similar que el queso tradicional, al hacer cuajar la leche de soya que posteriormente es prensada para la eliminación del suero. El tofu se lo consume directamente o puede ser usado en la elaboración de patés o salsas (Calvo, 2003, p. 15). La salsa de soya se obtiene por un proceso de fermentación durante un año con el hongo *Aspergillus oryzae*, debido a su sabor salado es usado como reemplazante de la sal en dietas bajas en sodio (Calvo, 2003, p. 21).

1.1.2 PIÑA

La piña (*Ananas Comosus*) es una planta originaria de Sudamérica y pertenece a la familia de las bromeliaceae. Se desarrolla en zonas tropicales con temperaturas de 18 °C A 32 °C, su cosecha es durante todo el año a menos de que se vea afectada por presencia de plagas o fenómenos naturales. La piña contiene vitaminas C y A además de fibra y enzimas que ayudan a proteger el sistema digestivo, esto hace que la fruta sea ampliamente consumida como fruta fresca o procesada. Tanto en las hojas, tallo y fruto se encuentra presente una enzima

conocida como bromelina, la cual actúa sobre las proteínas produciendo un rompimiento de la cadena (UTEPI, 2006, p. 15).

La producción de piña en el Ecuador se ha incrementado debido a las condiciones climáticas favorables en un 4,09% mientras que los sembríos se incrementaron en un 6,40%. Dentro de las empresas con mayor índice de exportaciones se encuentran DOLE, TERRASOL, AGRODEN. Las variedades de piña producidas en Ecuador son las siguientes:

- La Cayena Lisa, Champaca o Hawaiana
- La Golden Sweet (MD2)
- Perolera o Milagreña

La variedad Perolera fue la primera en cultivarse en Ecuador, pero por sus características de peso y sabor fue reemplazada por la variedad Champaca, a pesar de presentar un sabor más dulce no fue suficiente para iniciar la exportación de la fruta y al iniciar el cultivo de la variedad Golden Sweet, variedad creada por la multinacional Dole quien la identifica como MD2, esta variedad debido a su sabor extra dulce es preferida para el consumo como fruta fresca mientras que para la producción de enlatados se usa a la Cayena Lisa (Pro Ecuador, 2011, pp. 1, 3, 4; López, Díaz y Merino de Cáceres, 1996, pp. 18, 19; UTEPI, 2006, p. 24).

1.1.2.1 Superficie sembrada, producción y rendimiento de piña

Las zonas de cultivo son: el Guayas (Milagro, Yaguachi, Naranjito) la provincia que presenta mayor producción seguida por Santo Domingo de los Tsáchilas, Los Ríos, Manabí (Portoviejo, Chone), Esmeraldas (Quinindé, San Lorenzo), Loja, Imbabura, El Oro (Huaquillas, Pasaje, Arenillas), y Napo, pero son las tres primeras provincias las que reúnen las mejores condiciones para la producción de piña (Pro Ecuador, 2011, p. 1).

Tabla 1. 3. Superficie, Producción de piña a nivel provincial durante el periodo 2008-2010

| Provincias | 2008 | | 2009 | | 2010 | |
|-----------------------|---------------------------|--------------------------------|---------------------------|--------------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| | Superficie cosechada (ha) | Producción en fruta fresca (t) | Superficie cosechada (ha) | Producción en fruta fresca (t) | Superficie cosechada (ha) | Producción en fruta fresca (t) |
| Guayas | 4 123 | 80 963 | 4 123 | 80 963 | 4 256 | 82 284 |
| St. Domingo Tsáchilas | - | - | 2 080 | 21 500 | 2 147 | 21 851 |
| Los Ríos | 641 | 9 196 | 612 | 10 199 | 632 | 10 365 |
| Pichincha | 1 345 | 17 810 | 85 | 910 | 88 | 925 |
| Manabí | 430 | 5 031 | 219 | 3 923 | 226 | 3 987 |
| Esmeraldas | 238 | 2 069 | 215 | 3 060 | 222 | 3 110 |
| Loja | 253 | 3 015 | 231 | 2 560 | 238 | 2 602 |
| Imbabura | 38 | 702 | 33 | 636 | 34 | 646 |
| El Oro | 32 | 412 | 45 | 440 | 46 | 447 |
| Napo | 18 | 118 | 16 | 108 | 17 | 110 |
| Resto de Provincias | 14 | 126 | 14 | 117 | 14 | 119 |

(MAGAP-SIAGRO, 2012, p. 1)

En la Tabla 1.4 se observa el incremento de la producción de piña en los últimos cinco años, esto se debe a que el rendimiento también ha mejorado, siendo este un indicador base para medir la competitividad del sector, lo que indica que se mejoró las tecnologías, el personal y unas adecuadas prácticas agrícolas.

El incremento en la producción de la fruta ha permitido ocupar el quinto lugar a nivel mundial dentro de los países exportadores, es Costa Rica el país que lidera el grupo (Pro Ecuador, 2011, p. 6).

Tabla 1. 4. Superficie cosechada y producción de piña durante el periodo 2004-2010

| Año | Superficie cosechada (ha) | Producción (t) | Rendimiento (t/ha) |
|------------|----------------------------------|-----------------------|---------------------------|
| 2004 | 5 661 | 75 206 | 13,28 |
| 2005 | 5 809 | 103 511 | 17,82 |
| 2006 | 7 016 | 118 663 | 16,91 |
| 2007 | 6 648 | 115 931 | 17,44 |
| 2008 | 7 132 | 119 442 | 16,75 |
| 2009 | 7 675 | 124 423 | 16,21 |
| 2010 | 7 922 | 126 454 | 15,96 |

(MAGAP-SIGAGRO, 2011, p. 1)

1.1.2.2 Industrialización

La piña es consumida como fruta fresca o procesada en productos como: jugos, conservas en almíbar, mermelada, pulpa y puré. Ecuador es un país exportador de productos procesados de piña, el principal destino es Estados Unidos seguido por Italia, España, Francia, Alemania y Reino Unido, dentro de las empresas procesadoras se pueden mencionar las siguientes: Compañía Agrícola Industrial Ecuaplantation S.A., Inversiones Agrícolas y Ganadras Guayas S.A., La Portuguesa, Conservas Guayas, Tropifrutas S.A, Frozentropic, Del Huerto, La Jugosa, Fruncosa, entre otras (Pro Ecuador, 2011, p. 5; Escritorio Comercial, 2012, pp. 1, 15, 16).

Para la industrialización de la fruta es necesario conocer los requerimientos de materia prima y estos son dependientes del rendimiento agrícola; se conoce que un 54% de la fruta es pulpa, el 26% cáscara y 20% es el corazón. En función de esta información se puede estimar la disponibilidad de desechos de cáscara que al no aprovecharla o no realizar un tratamiento adecuado se convertirían en un problema de contaminación (Sandoval, 2006, p. 295).

ENVAGRIF C.A es una empresa dedicada a la elaboración de pulpas de frutas, mermeladas, salsas y enlatados dentro de su línea de producción están la pulpa y mermelada de piña. Esta empresa tiene una capacidad de producción de alrededor 100 toneladas mensuales a partir de la cual puede cubrir tanto la demanda nacional como la internacional (Envagrif, 2012, p. 2).

Cabe resaltar que la mayoría de estas industria tienen sus plantas procesadoras en la provincia del Guayas, una de las provincias con mayor producción (Tropifrutas, 2012, p.1; Fadesa, 2012, p. 1).

1.1.3 PAPAYA

La papaya (*Carica papaya L.*) es el fruto de la planta conocido como papayo, el cual pertenece a la familia botánica Caricaceae. Es originario de las zonas entre México y Panamá. Requiere de una humedad abundante y clima tropical, su temperatura optima de crecimiento está entre 23 y 26 °C, a bajas temperaturas se inhibe su crecimiento, es fundamental la humedad y si se tiene temporada de verano es necesario usar riego para no afectar su desarrollo. Su fruta es fuente de vitaminas A y C calcio y fósforo. Su composición varía en función de la variedad y las condiciones de siembra. El látex que proviene del fruto de la papaya contiene papaína, que es una enzima proteasa utilizada en la clarificación de la cerveza durante el proceso de la fermentación, en la medicina y la cosmética.

Existen algunas variedades que se han creado en función de las condiciones climáticas de cada zona de cultivo, de las cuales podemos mencionar las siguientes:

- Cartagena o criolla, su fruto es grande, es usado para consumo interno y pequeñas exportaciones. Resistente a plagas y cambios climáticos.
- Hawaiano, es el más usado para la exportación, pero es vulnerable a las condiciones de suelo y clima.
- Kapoho, es estrechamente dependiente de las condiciones climáticas, tanto el tamaño como su forma se ven afectadas.

- Waimanalo, No presenta aglutinación de frutos como es el caso de la variedad Sunset, además presenta un gran tamaño lo que no la hace un producto de exportación
- Sunrise, presenta un color de pulpa rojo anaranjado de sabor agradable y muy dulce (brix 12).
- Sunset, es necesario retirar las frutas durante el crecimiento para obtener frutas uniformes. La cáscara es gruesa lo que facilita el manejo post-cosecha y el color de la pulpa es anaranjado-amarillo.
- Maradol, esta variedad es extremadamente sensible al virus de la mancha blanca, su fruto presenta una pulpa de color rojo salmón que la hace muy atractiva para su consumo, además de tener un sabor y consistencia agradable (Mercatenerife, 2012, p. 1).
- Tainung 2, su fruto presenta una pulpa suave y gruesa, mientras que la cáscara permite una buena resistencia en el transporte además de tener una larga vida de anaquel, pero está siendo reemplazada por otras variedades debido a la susceptibilidad al virus de la mancha anular.
- Tainung 5, tiene una baja producción pero la fruta puede conservarse por largo tiempo por presentar una larga vida de anaquel y por ser resistente al transporte (FDA, 1998, pp. 4, 9).

Las variedades que se cultivan en Ecuador son: criolla, maradol y hawaiana de esta última se exportan dos variedades, la Solo Sunrise y Solo Golden, y para la industrialización las variedades usadas son la maradol y hawaina solo sunrise, el resto de variedades es consumido en el mercado interno (Oficina comercial, 2010, p. 1; Guananga, Gutiérrez y Pucha, 2009, p. 2; Fresh Plaza, 2011, p. 1).

1.1.3.1 Superficie sembrada, producción y rendimiento de papaya

De los datos de la Tabla 1.4 se establece que la provincia líder en la producción de papaya es Manabí seguida de los Ríos, Guayas y Loja. Se observa que los sembríos se han incrementado en los últimos años en cada provincia.

Tabla 1. 5. Superficie, producción de papaya a nivel provincial durante el periodo 2008-2010

| Provincias | 2008 | | 2009 | | 2010 | |
|---------------------|-------------------|--------------------------------|-------------------|--------------------------------|-------------------|--------------------------------|
| | Número de árboles | Producción en fruta fresca (t) | Número de árboles | Producción en fruta fresca (t) | Número de árboles | Producción en fruta fresca (t) |
| Manabí | 32 717 | 848 | 28 961 | 759 | 63 498 | 2 002 |
| Los Ríos | 11 534 | 412 | 23 283 | 538 | 30 999 | 604 |
| Guayas | 16 561 | 611 | 27 886 | 430 | 20 957 | 550 |
| Loja | 7 141 | 289 | 11 900 | 436 | 19 013 | 336 |
| Esmeraldas | 11 332 | 192 | 6 638 | 175 | 12 591 | 323 |
| Centro-suroriente | 12 706 | 162 | 17 376 | 333 | 9 069 | 134 |
| Pichincha | 9 031 | 456 | 1 570 | 72 | 849 | 13 |
| Nororiente | 7 499 | 358 | 6 418 | 92 | 6 546 | 71 |
| El Oro | 1 883 | 89 | 4 169 | 103 | 2 273 | 39 |
| Santo Domingo | - | - | 2 190 | 39 | 1 644 | 30 |
| Resto de Provincias | 755 | 35 | 2 236 | 44 | 4 312 | 48 |

(INEC, 2012, p. 1)

Con respecto a la producción anual no presenta un crecimiento en los últimos años de acuerdo a los datos de la Tabla 1.5, además de no tener información sobre la superficie sembrada debido a que no se tienen zonas destinadas específicamente para el cultivo de la fruta.

La producción anual presenta variaciones por año debido a varios fenómenos climáticos que afectaron la región Costa, principal zona en la cual se encuentran los cultivos.

Respecto al año 2004 y la información del año 2010 la superficie cosechada y producción se han incrementado en un 13,35% y un 5,67% respectivamente, este crecimiento da como resultado un bajo rendimiento.

Tabla 1. 6. Superficie cosechada y producción de papaya durante el periodo 2004-2010

| Año | Superficie cosechada (ha) | Producción (t) | Rendimiento (t/ha) |
|------------|----------------------------------|-----------------------|---------------------------|
| 2004 | 2 946 | 36 505 | 12,39 |
| 2005 | 3 355 | 42 796 | 12,76 |
| 2006 | 3 340 | 43 000 | 12,87 |
| 2007 | 3 350 | 43 100 | 12,87 |
| 2008 | 3 000 | 38 740 | 12,91 |
| 2009 | 3 100 | 40 000 | 12,90 |
| 2010 | 3 400 | 38 700 | 11,38 |

(FAO, 2012, p. 1)

1.1.3.2 Industrialización

La papaya es consumida como fruta fresca y como producto procesado en las siguientes presentaciones: néctares, jugos, sirope, jalea, helados, conservas de fruta, frutas deshidratada y cristalizada. La pulpa de papaya puede procesarse a bajas temperaturas comparado con los tratamientos térmicos que se realizan a frutas mas ácidas (FDA, 1998, p. 4).

Del látex de la papaya se extrae la enzima papaína que es usada en la industria textil para suavizar la seda y en la curtiembre de pieles, además es usada en la elaboración de chicles y en la industria cervecera para mejorar la malta. Debido a sus diversas aplicaciones se han realizados varios estudios en el método de extracción de la enzima, con el fin de incrementar el rendimiento.

1.2 PROTEASAS

Se conoce a una enzima como una molécula de naturaleza proteica, cuya función principal es incrementar la velocidad de la reacción, y estas tienen claramente definidas tres características fundamentales:

Primera, son los catalizadores más eficientes, pueden incrementar drásticamente las reacciones celulares tan solo con cantidades micromolares.

Segunda, gran parte de las enzimas tienen especificidad de acción, es decir cada reactivo conocido como sustrato es catalizado por una enzima específica.

Tercera, la actividad de las enzimas está sujeta a regulación por lo que es posible un aumento o reducción de la misma ya sea para el caso de una enzima o de un grupo de enzimas (Bohinski, 1978, p. 153).

Las enzimas son proteínas que se denaturan por acción de la temperatura o variaciones en el pH, por lo cual requieren de cuidado durante su uso.

Las enzimas precipitan con solventes como el etanol o acetona y con sales inorgánicas como el sulfato de amonio, esta característica permite aislar las proteínas para su posterior uso en procesos industriales en especial en la industria alimenticia (Ghasem, 2007, p. 10).

Las proteasas son también conocidas como enzimas proteolíticas, o peptidasas. Actúan sobre sustratos de proteína, produciendo el rompimiento de las cadenas en péptidos más pequeños, estas enzimas poseen una alta especificidad, es decir actuarán en una secuencia determinada de aminoácidos (Buttazzoni y Caffini, 1982, p. 1).

En la Tabla 1.7 se detallan las proteasas comerciales usadas en la industria alimenticia así como las fuentes de la cual se extraen, los valores de pH y temperatura óptimos a las cuales se obtiene el mayor rendimiento.

Tabla 1. 7. Proteasas disponibles comercialmente en grado alimenticio

| Tipo de proteasa | | Nombre | Fuente | Temp. °C | Int. pH | Sitio de acción catalítica |
|---------------------------|---|----------------------------------|-----------------------------------|----------|---------|--|
| Serinproteasa | | | | | | |
| | Animal | Tripsina | Porcino, bovino | 30-60 | 7-9 | Lis o Arg |
| | | Quimotripsina | | 45-55 | 8-9 | Trp p Tir, Fe, Leu |
| | | Elastasa | | | 6-8 | Ala |
| | Bacteriana | Substilisín. Carlsberg, Alcalasa | <i>Bacillus licheniformis</i> | 50-60 | 6-10 | AAhf |
| | | Subst. BPN, Substilisín Novo | <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> | 40-55 | 6-10 | |
| Cisteinproteasa | | | | | | |
| | Plantas | Papaina | Papaya | 40-75 | 5-8 | Fe o Val, Leu, AAhf |
| | | Bromelina | Piña | 20-65 | 5-8 | |
| | | Ficina | Latex de ficus | | 5-8 | |
| Aspartatoproteasas | | | | | | |
| | Animal | Pepsina | Porcino, bovino | | 1-4 | Fe o Tir, Leu, Tir, Trp, Fe |
| | | Quimosina | Becerro | | 4-6 | |
| | Fúngica | Aspergillopeptidasa A | <i>Aspergillus saitoi</i> | 35-50 | 2-5 | Glu, Asp, Leu |
| | | Newlasa | <i>Rhizopus sp.</i> | 40-50 | 3-6 | |
| Metaloproteasas | | | | | | |
| | Animal | Carboxipeptidasa A | Pancreas | | 7-8 | Carbonilo del A.A. terminal del péptido, excepto Pro, Arg, Lis |
| | Bacteriana | Neutrasa® | <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> | 40-55 | 6-7,5 | Fe, Leu, Val |
| | | Termolisina | <i>B. thermoproteolyticus</i> | | 7-9 | Ile, Leu, Val, Fe |
| Preparaciones enzimáticas | | | | | | |
| | Mezclas de papaína, quimopapaína y lisozima | Papaina cruda | Fruto de la papaya | | 5-9 | Amplia especificidad |
| | Mezcla de tripsina, quimiotripsina, elastasa y carboxipeptidasa | Pancreatina | Páncreas (bovino y porcino) | 30-80 | 7-9 | Muy amplia especificidad |

Tabla 1.7. Proteasas disponibles comercialmente en grado alimenticio (continuación.....)

| Tipo de proteasa | Nombre | Fuente | Temperatura a °C | Intervalo de pH | Sitio de acción catalítica |
|--|---------------------------------|-----------------------------|------------------|-----------------|----------------------------|
| Mezcla de serin, aspartato y metalo proteasas | Veron P, Sumicina LP, Biocina A | <i>Aspergillus oryzae</i> | 40-55 | 4-8 | Muy amplia especificidad |
| Mezcla de endo y exo proteasa, actividad en pH alcalino y neutro | Pronasa | <i>Streptomyces griseus</i> | | 7-9 | Muy amplia especificidad |

(Benítez, Ibarz, y Pagan; 2008, p. 229)

La aplicación de las proteasas está centrada en la industria del cuero para obtener una fina textura, también en la elaboración de pegamento, en el desgomado de la seda, en la clarificación de la cerveza, recuperación de la plata de las películas fotográficas y es parte de la formulación de los detergentes biológicos.

Además se usa en la fabricación de bebidas, panificación, galletería, ablandadores de carne, síntesis del aspartame, fabricación de productos fermentados de soya y de pescado, saborizantes y elaboración de quesos.

Las enzimas proteasas tienen una importante aplicación en la industria farmacéutica, debido a que permiten formular antitrombóticos, coadyuvantes digestivos, antiinflamatorios, aceleradores de la coagulación sanguínea y para la activación del plasminogeno (Ghasem, 2007, p. 12).

Algunas de las proteasas comerciales se indican en la Tabla 1.7 así como la fuente de la cual se extrae, su rango de temperatura, pH y el sitio en el cual actúan.

La limitación del uso de cada enzima depende de la fuente y el método de extracción, esto ha motivado en la constante investigación para mejorar los procesos. Para la papaína se ha enfocado en el método de secado, con el propósito de disminuir la agresividad del tratamiento térmico y afecte a la actividad enzimática.

1.2.1 CLASIFICACIÓN POR SU ORIGEN

De acuerdo al origen de la proteína se pueden clasificar en los siguientes grupos: animal, vegetal, bacteriano o fúngico.

1.2.1.1 Proteasas de origen animal

La trituración de algunos tejidos especializados presentes en el páncreas o el hígado permite la extracción de estas enzimas. El cuajo es una enzima que se encuentra en el cuarto estómago de los terneros, esta provoca la coagulación de la caseína de la leche en paracaseína y esta a su vez precipita en una adecuada concentración de iones calcio.

1.2.1.2 Proteasas de origen vegetal

Una fuente importante de enzimas está presente en varios tejidos vegetales las cuales se extraen por destrucción de las paredes dentro de las enzimas más usadas esta la papaína en la papaya, la bromelina en la piña y la ficina en el higo.

1.2.1.3 Proteasas de origen bacteriano o fúngico

Varias enzimas de origen vegetal o animal han sido remplazadas por cultivos de microorganismo seleccionados, esto presenta ventajas respecto a las otras enzimas en un menor costo de producción y tiempo de obtención, además de permitir el incremento del rendimiento de una enzima específica en función del microorganismo usado. Los microorganismos como las bacterias, levaduras y hongos contienen una gran variedad de proteasas, las cuales no han sido purificadas pero son usadas en la industria de alimentos, principalmente en el curado de ciertos quesos. En estos procesos los cultivos microbianos actúan hidrolizando lentamente las proteínas durante el curado de los quesos y esto les permite obtener una textura suave y mantecosa. Los dos géneros que producen

enzimas a nivel industrial son: *Bacillus* y *Aspergillus* (Braverman, 1980, pp. 28, 29; Eliécer, 2002, p. 10).

La eficiencia de la enzima dependerá del tipo de cepa usada y las condiciones de operación a las cuales este expuesta. El tipo de sustrato usado también influye en la producción de las enzimas.

1.2.2 CLASIFICACIÓN POR SU MODO DE ACCIÓN CATALÍTICA

Por su acción catalítica pueden ser endo proteasas o exo proteasas.

1.2.2.1 Endoproteasas

Actúan sobre enlaces peptídicos a lo largo de la cadena, y las descomponen en fragmentos peptídicos más pequeños. Cerca del 60% de las enzimas comerciales lo constituyen las proteasas, en su mayoría estas son endoproteasas (Liu, 2003, p.368).

La tripsina es una endoproteasa, que actúa específicamente en las uniones peptídicas formadas por los carboxilos de los aminoácidos: arginina y la lisina.

La quimotripsina constituye un grupo de varias endopeptidasas que se identifican con las letras griegas α , β , γ , δ , π y su especificidad radica en la hidrólisis de las enlaces peptídicos en las que los aminoácidos aromáticos como: la tirosina o fenilalanina participan con el grupo amino.

La papaína presenta una alta estabilidad a elevadas temperaturas y actúa sobre los enlaces de arginina y lisina.

La bromelina actúa sobre las uniones peptídicas formadas por aminoácidos básicos y aromáticos tales como: la lisina, alanina y tiroxina. Además es sensible a la temperatura y es usada como ablandador de carne. La bromelina esta presenta en la pulpa, corteza y tallos de la piña (Eliécer, 2002, p. 13).

1.2.2.2 Exoproteasas

Hidrolizan uniones peptídicas adyacentes a los grupos amino terminales o a los grupos carboxilo terminales, los descomponen en aminoácidos individuales (Braverman, 1980, p. 27).

1.3 HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA

1.3.1 ETAPAS DE LA HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA

La hidrólisis proteolítica se caracteriza por reacciones simultáneas de ruptura de la cadena de sustrato. Se han planteado tres reacciones consecutivas, primero la formación de un complejo enzima-sustrato, segundo la ruptura del enlace amídico para producir la liberación de un péptido y para finalizar el péptido se separa de la enzima (Benítez, Ibarz y Pagan; 2008, p. 230).



E: enzima, S: sustrato, P, P': péptidos resultantes, k_x : constante velocidad de reacción.

Figura 1. 1. Mecanismo catalítico de una proteasa
(Benítez et al., 2008, p. 230)

Previo a la formación del complejo enzima-sustrato, se da la activación del sustrato, esto se produce como consecuencia de la afinidad del sustrato con ciertas áreas de la superficie de la enzima, las cuales se conocen como sitios activos.

1.3.2 CINÉTICA DE MICHAELIS-MENTEN

A pesar de que la teoría de Michaelis-Menten no generaliza el comportamiento de toda reacción enzimática, esta facilita el estudio del comportamiento de las enzimas (Bohinski, 1978, p. 165).

La ecuación de Michaelis-Menten, define el comportamiento de una reacción enzimática que solo actúa en un sustrato, y se representa mediante la ecuación 1.10, esta relaciona la velocidad inicial, la velocidad máxima y la concentración inicial del sustrato.

$$V_0 = \frac{V_{max} \times S}{k_M + S} \quad [1. 1]$$

$$K_M \approx \frac{1}{k_{afinidad}} \quad [1. 2]$$

El valor de K_M permite evaluar la afinidad de una enzima hacia un sustrato y tiene las mismas unidades de la concentración del sustrato [S] además es independiente de la concentración de enzima. Mientras mayor es su valor menor es su afinidad o para el caso contrario mientras menor es el valor de K_M mayor es su afinidad de acuerdo a la ecuación 1.2 (Bohinski, 1978, p. 167).

La ecuación 1.3 es la transformación algebraica de la ecuación de Michaelis-Menten, esta expresión es conocida como la ecuación de Lineweaver-Burk, a partir de la cual se puede obtener el valor de V_{max} y K_M .

Esta transformación se obtiene al considerar los recíprocos de ambos miembros de la ecuación de Michaelis-Menten, como se indica en la ecuación 1.2

$$\frac{1}{V_0} = \frac{K_M + S}{k_2 \times E_0 \times S} \quad [1. 3]$$

Al reordenar los términos se obtiene la ecuación 1.4 y al representar $1/V_0$ vs $1/[S]$, se obtiene una línea recta, y la intersección con el eje $1/[S]$ es igual al valor de $-1/K_M$. La figura 1.2 representa la ecuación 1.13 (Ghasem, 2007, p. 98).

$$\frac{1}{V_0} = \frac{K_M}{V_{\max}} \times \frac{1}{S} + \frac{1}{V_{\max}} \quad [1.4]$$

Donde:

- V_0 : velocidad inicial
- K_M : constante de Michaelis-Menten
- V_{\max} : velocidad máxima
- S : concentración de sustrato

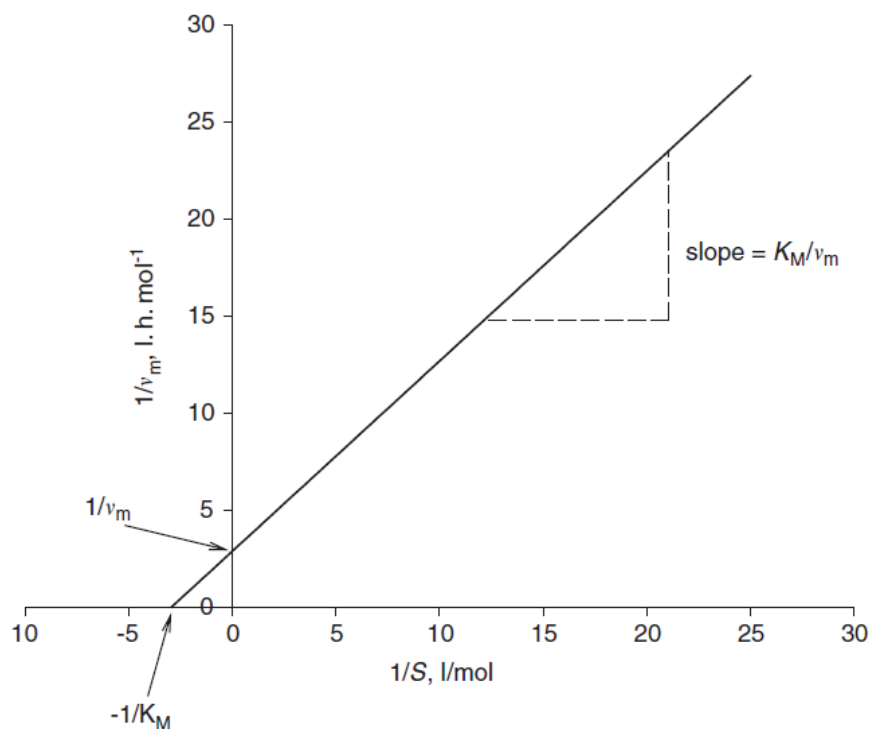


Figura 1. 2. Representación Lineweaver-Burk
(Ghasem, 2007, p. 98)

1.3.3 VARIABLES DE ESTUDIO EN LA HIDRÓLISIS

1.3.3.1 Influencia de la temperatura

De acuerdo a la ecuación de Arrhenius la velocidad de reacción es función de la temperatura, similar efecto se tienen en las reacciones enzimáticas en un rango óptimo de temperatura muy estrecho, debido a que pequeños cambios tienen una gran influencia en la reacción. Cada enzima presenta una temperatura óptima a la cual su actividad enzimática es máxima como se indica en la Figura 1.3. El efecto de la temperatura en una reacción enzimática no puede generalizarse con la ecuación de Arrhenius, debido a que es necesario tomar en cuenta que el sustrato también puede verse afectado por la temperatura y para el caso de reactivos o productos en estado gaseoso se afectará la solubilidad en el medio de reacción y se tendrá la eliminación de los mismos (Braverman, 1980, pp. 49, 50).

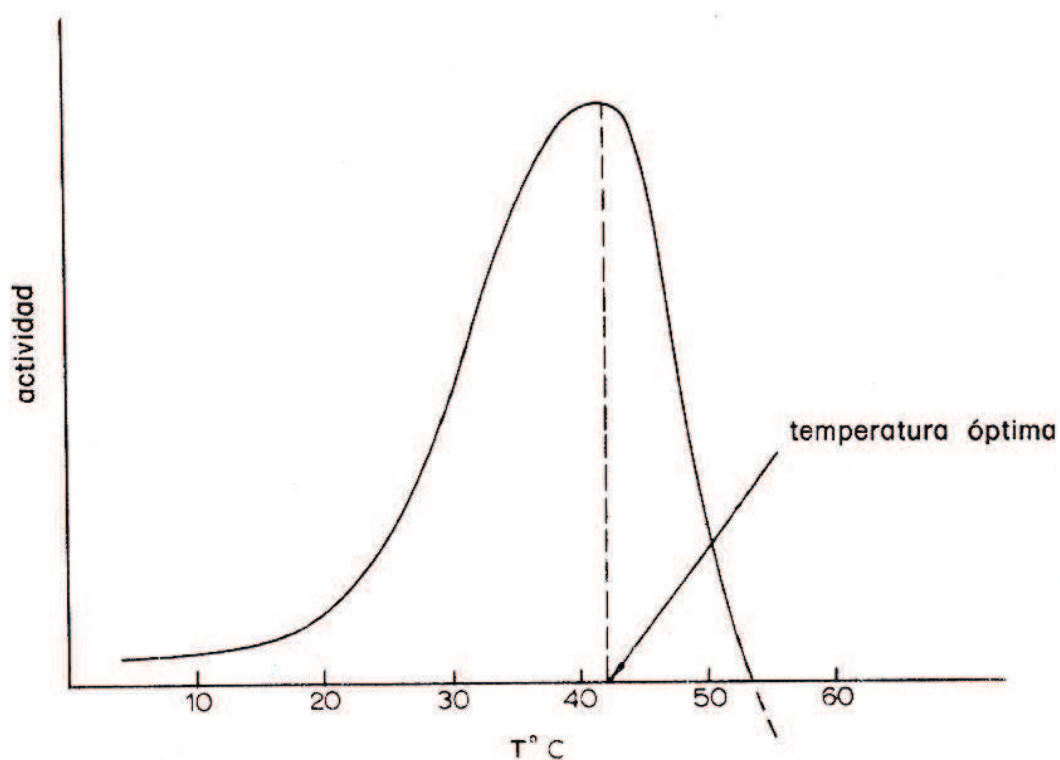


Figura 1.3. Curva esquemática temperatura-actividad
(Braverman, 1980, p. 49)

La actividad enzimática disminuirá con el tiempo debido a la inestabilidad de la enzima, mientras mayor es la temperatura pierden un mayor porcentaje de su actividad. Se define a U como la unidad de actividad enzimática, que cataliza la formación de de 1 μ mol de tirosina por minuto a 37 °C y pH 6,8 (Pérez et al., 2006, p. 1).

1.3.3.2 Influencia del pH

El pH es dependiente de los sustratos y condiciones de reacción como el tiempo de reacción, temperatura y concentraciones de enzima y sustrato, su rango de trabajo es estrecho.

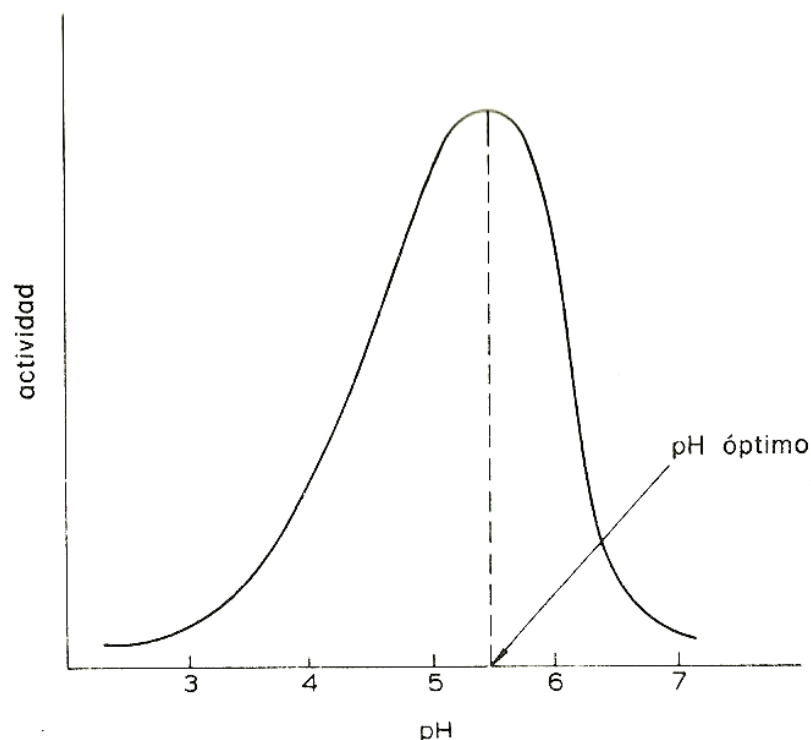


Figura 1. 4. Curva esquemática de la velocidad de reacción-pH de la reacción
(Braverman, 1980, p. 51)

Un pH muy ácido o muy básico provoca la denaturación irreversible de la enzima. La influencia que tiene el pH en las reacciones enzimáticas es aprovechada en la tecnología de alimentos para acelerar o retardar reacciones enzimáticas que sean

perjudiciales y provoquen el deterioro del producto o cambios en sus características organolépticas. La mayoría de las enzimas tienen un pH al cual su velocidad de reacción es máxima, su comportamiento se describe en la Figura 1.4 (Braverman, 1980, p. 51).

1.3.3.3 Concentración enzimática

Mientras las variables de temperatura, pH y concentración de sustrato sean las optimas, la velocidad de la reacción será directamente proporcional a la concentración de la enzima.

La Figura 1.5 representa el comportamiento causado por el incremento de la concentración de enzima, también se incrementa la concentración de producto obtenido, es decir aumenta su velocidad de reacción debido a que transforma una mayor cantidad de sustrato en menor tiempo (Braverman, 1980, p. 52).

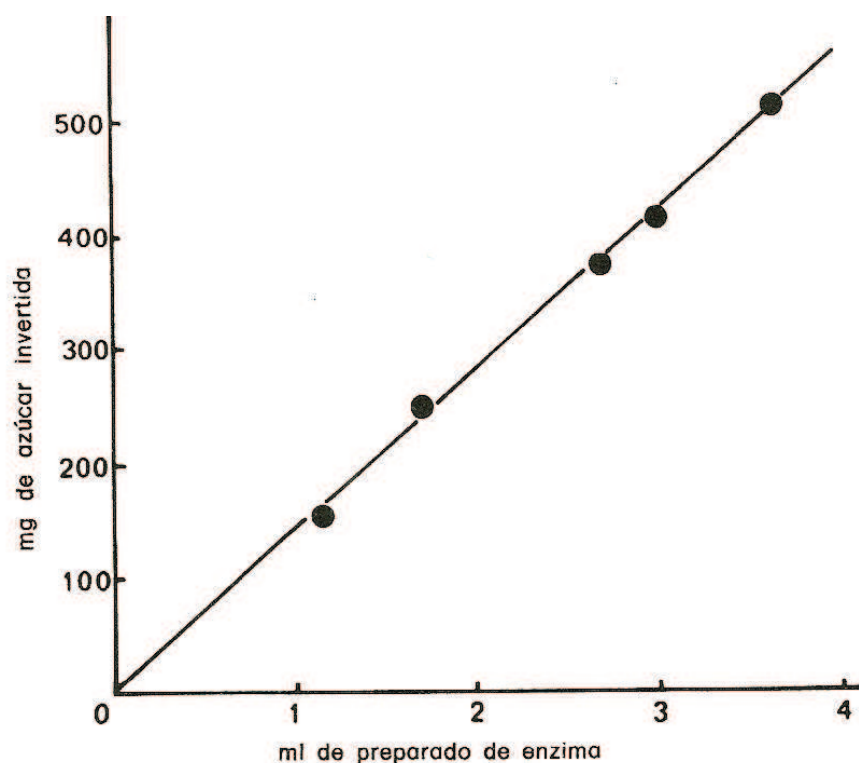


Figura 1. 5. Velocidad de reacción en función de la concentración de enzima (Braverman, 1980, p. 52)

1.3.3.4 Concentración de sustrato

La velocidad de reacción se incrementará con la concentración de sustrato, hasta cuando la velocidad no presentará variación, es decir se mantendrá constante por más sustrato que se le añada, bajo esta última condición la enzima se satura de sustrato. Todas las enzimas presenta el efecto de saturación pero en rangos de concentración de sustrato diferente. La velocidad máxima se alcanza cuando la concentración del sustrato es alta que prácticamente toda la enzima presente en el sistema está en forma de complejo ES. En la Figura 1.6 se observa el efecto de la concentración de sustrato sobre la velocidad de reacción, a una concentración de enzima constante, si se incrementa la concentración de enzima la velocidad de reacción también lo hará, y el efecto de saturación se conseguirá a mayor concentración de sustrato que el anterior.

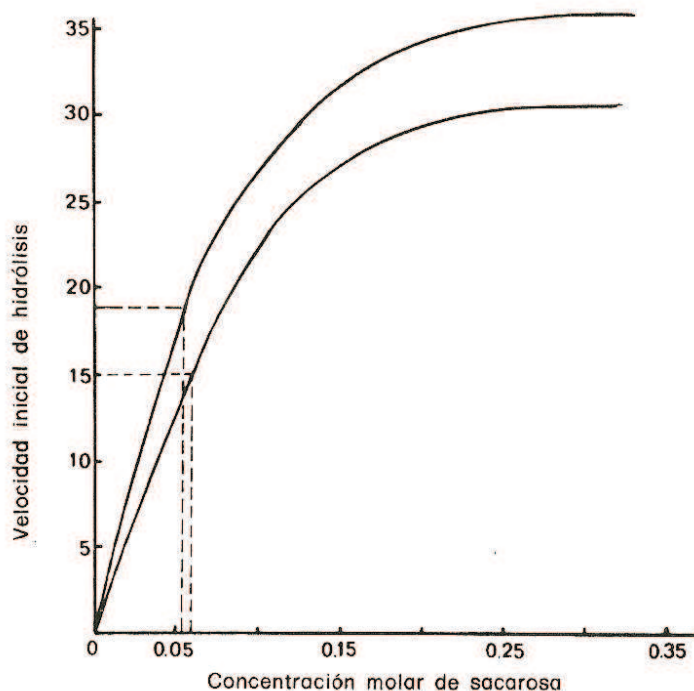


Figura 1. 6. Velocidad de hidrólisis de la sacarosa por la invertasa a diferentes concentraciones de sustrato
(Braverman, 1980, p. 53)

1.3.3.5 Influencia de la actividad del agua

El agua es el componente que se encuentra en más de un 90% en los alimentos y sistemas biológicos, y varias reacciones dependen del grado de hidratación, un ejemplo es que la reducción de agua en los alimentos que permite disminuir el deterioro por efecto de algunas enzimas.

La tarea del agua está en activar las enzimas y sustratos por hidratación, además de actuar como un medio de transporte permitiendo la difusión del sustrato hacia la enzima, debido a esto es parte fundamental en las reacciones hidrolíticas (Braverman, 1990, pp. 56-59).

1.4 HIDROLIZADOS PROTEICOS

Los hidrolizados proteicos se obtienen por medios químicos o biológicos (enzimas) pero debido a que los primeros están bajo condiciones drásticas estos producen compuestos tóxicos a diferencia de las enzimas que se trabajan a bajas temperaturas y a pH cercano al neutro. La principal característica de un hidrolizado es su grado de hidrólisis, que se define como el porcentaje de enlaces peptídicos fragmentados en relación a los enlaces peptídicos totales. El número de enlaces fragmentados o rotos es medido por varios métodos dentro de los más comunes se pueden mencionar: titulación con formol, método OPA, el método TNBS, método TCA. Para determinar el contenido total de nitrógeno se usa el método de Kjeldahl o el método de combustión directa de Dumas (Pasupuleti, Holmes y Demain, 2010, p. 4).

Dentro de las varias ventajas que presenta la hidrólisis enzimática frente a la hidrólisis alcalina o ácida se detallan a continuación: la selectividad de las enzimas, estos actúan en enlaces específicos y por esta razón no se tiene productos indeseables que pueden llegar a ser tóxicos, Las condiciones de trabajo de temperatura y pH son moderadas, estas oscilan en un rango de 40 a 60 °C y 4 a 8 respectivamente, No es necesario añadir sustancias extrañas. Se mantiene el valor nutritivo del hidrolizado a diferencia de la hidrólisis alcalina y

ácida que destruyen aminoácidos específicos (Guadix, Guadix, Páez, González, y Camacho, 2000, p. 80).

La hidrólisis enzimática de proteínas requiere que se detenga la reacción ya sea por un incremento o disminución drástica de temperatura o por una variación del pH y en algunos casos es necesario separar la enzima y al ser este un proceso lento es preciso mantener bajo condiciones asépticas para evitar contaminación microbiana (Guadix et al., 2000, p. 80).

La selección del sustrato a hidrolizar depende del uso que vaya a tener, como ejemplo si se quiere hidrolizados con propiedades gelificantes y emulsificantes se usa el colágeno y la gelatina a pesar que se ha incrementando el uso de la proteína del huevo, la carne y cereales que tenga un alto contenido de proteína. Mientras que para hidrolizados que tengan un alto contenido de nitrógeno se tiene como mejor opción la proteína del pescado y proteínas de origen microbiano, su fin está dirigido para alimentación animal y la proteína disponible en la soya y en lactosueros destinados para la preparación de alimentos infantiles y suplementos dietéticos para consumo humano (Guadix et al., 2000, p. 80).

La semilla de soya necesita tener un tratamiento calórico para poder destruir los inhibidores de crecimiento que esta contiene, entre los inhibidores se pueden mencionar los inhibidores de tripsina, hemoaglutininas, saponinas, isoflavonas entre otras, los efectos que estas pueden provocar son los siguientes: inhiben el crecimiento, disminuye la digestibilidad de la proteína, causa hipertrofia de páncreas, reduce la disponibilidad de aminoácidos, vitaminas y minerales. Estos efectos dependen de la especie de animal, se puede citar como ejemplo el caso en pollos jóvenes y adultos, pavos y ratas, en estos se produce hipertrofia de páncreas, mientras que en cerdos y terneros provoca una reducción de secreción pancreática mas no hipertrofia como en el caso anterior (Parsi et al., 2001, pp. 11, 12).

El uso de enzimas en alimentos de origen vegetal para aves inicio por la necesidad de eliminar agentes antinutricionales que afectan en la digestibilidad de los nutrientes y además con la prohibición de ingredientes proteicos de origen

animal se inicio investigaciones en el área del uso de enzimas o combinación de las mismas (Nagashiro, 2008, p. 4).

En función del grado de hidrólisis se clasifican en tres grupos: Hidrolizados con bajo grado de hidrólisis (1-10%), Hidrolizados con grado de hidrólisis variable, Hidrolizados extensivos (>10 %) (Vioque, Clemente, Pedroche, Yust y Millan, 2001, p. 133).

1.4.1 HIDROLIZADOS CON BAJO GRADO DE HIDRÓLISIS

Estos hidrolizados mejoran las propiedades funcionales como son: solubilidad, poder emulsificante, espumante, absorción de agua o aceite, viscosidad y gelación.

La hidrólisis enzimática va a incrementar la solubilidad factor que influye en el resto de propiedades funcionales.

El poder espumante facilita el uso en la elaboración de pasteles, pan, helados y postres.

Hidrolizados proteicos con un buen poder emulsificante es usado en la producción de mayonesas, carne picada, salchichas y helados. Mientras que para hidrolizados con buenas propiedades de absorción de aceite o agua son usados en derivados cárnicos y en productos bajos en grasas (Vioque et al., 2001, p.133).

1.4.2 HIDROLIZADOS CON GRADO DE HIDRÓLISIS VARIABLE

Los hidrolizados con grado de hidrólisis variables se obtienen por hidrólisis acida con ácido clorhídrico a tiempos mayores a 4 horas y a temperaturas superiores a los 100 °C hasta los 125 °C, y por lo tanto va a variar su grado de hidrólisis y el flavor va a depender de esto, varios aminoácidos tienen su flavor característico, como es el caso de la glicina o alanina que presentan un sabor dulce. La mezcla de estos aminoácidos con otros componentes como lípidos o azúcares permite

varias reacciones entre estos y se obtiene como productos secundarios compuestos volátiles que generan un olor o sabor característico al producto final. De hecho la hidrólisis ácida no se usa para la elaboración de hidrolizados extensivos debido a la producción de componentes antinutricionales como ya se menciono anteriormente y ahora se usa proteasa para la obtención de estos hidrolizados que tengan un posterior uso como flavorizante (Vioque et al., 2001, p. 133).

1.4.3 HIDROLIZADOS EXTENSIVOS

Los hidrolizados extensivos se consideran a aquellos que alcanzan un grado de hidrólisis superior al 10 %, este grupo de hidrolizados a su vez se dividen en dos grupos, el primero usado como suplemento proteico en la dieta, y el segundo usado en productos para tratamiento en enfermedades o síndromes específicos. Con respecto al primer grupo es importante la función que desempeña el incremento de la solubilidad debido a que facilita el uso como producto líquido (Vioque et al., 2001, pp. 133, 134).

1.4.4 APLICACIÓN DE HIDROLIZADOS PROTEICOS EN BIOTECNOLOGÍA

Una vez que se ha mejorado la producción de hidrolizados proteicos estos han sido utilizados en biotecnología, específicamente en áreas como: medicina, agricultura, fermentación industrial, producción de proteínas recombinantes, biorremediación, control de mala hierba y en el crecimiento de animales jóvenes.

Las aplicaciones que se pueden mencionar son las siguientes:

- Los hidrolizados proteicos no son simplemente un fuente rica en nitrógeno sino que son útiles en la producción de cuerpos monoclonales además incrementan la productividad de fármacos terapéuticos realizados por células animales y microorganismos recombinantes.

- Los hidrolizados proteicos son usados en la manufactura de pro bióticos y en productos fermentados.
- En la industria de la fermentación los hidrolizados proteicos han sido usados para suministrar componentes nitrogenados como péptidos, aminoácidos y estos han incrementado la productividad y los rendimientos.
- En aplicaciones especiales como regulador del crecimiento de las plantas e incrementa la resistencia de las plantas a los parásitos.
- También son usados en la nutrición animal, debido a que estos facilitan la absorción de la proteína (Pasupuleti, Holmes y Demain, 2010, p. 3).

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1 DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PROTEÍNAS Y ACTIVIDAD PROTEOLÍTICA

Para el presente trabajo se utilizaron los siguientes materiales: cáscaras de piña de la variedad *Cayena Lisa* y papaya de la variedad *maradol*; las cuales son desechos del proceso de obtención de pulpas de frutas de las empresas; La Jugosa y Agrocomercial Morvie. La pasta de soya se adquirió en un mercado mayorista de la ciudad de Sangolquí.

2.1.1 CARACTERIZACIÓN PROTEICA DE LAS CÁSCARAS DE PIÑA Y PAPAYA

Para la caracterización proteica de las cáscaras de piña y papaya, se usó un método espectrofotométrico en la región ultravioleta, para esto fue necesario preparar los extractos acuosos de las cáscaras de piña y papaya y posteriormente realizar lecturas de densidad óptica.

En el laboratorio, las frutas de las variedades antes mencionadas se lavaron en una solución de hipoclorito de sodio de una concentración de 20 ppm con el objetivo de eliminar contaminantes que interfieran en la lectura de la densidad óptica. Posterior a esto se realizó un pelado manual, las cáscaras obtenidas fueron cortadas en pedazos cuadrados de aproximadamente 2 cm de lado.

Las cáscaras de piña fueron trituradas en un vaso de licuadora y el material obtenido se conservó en un frasco herméticamente cerrado en refrigeración durante un día mientras se preparó el material y los equipos para el ensayo.

Las cáscaras de papaya se secaron en una estufa a 50 °C, con un flujo de aire de 5 m/s durante 14 horas, el material deshidratado fue triturado en un mortero. El polvo fino obtenido se mantuvo en refrigeración durante el transcurso de una semana mientras se realizaron los ensayos de caracterización y sus respectivas

replicas. En el caso de continuar los ensayos por más de una semana fue necesario preparar nuevamente el polvo de cáscara de papaya deshidrata bajo las condiciones antes indicadas.

Subsecuente se preparó las suspensiones de concentración 5 mg/ml para cada una de las muestras, para esto se pesó 125 mg de muestras de cáscaras, y se aforó en un matraz hasta 25 ml con una solución buffer de fosfato de potasio 50 mM de pH igual a 7,4. Las soluciones se mantuvieron en refrigeración durante 24 horas, a continuación se centrifugaron a 6000 rpm por 10 minutos (Chaiwut, Nitsawang, Kanasawud, y Shank, 2006, p. 110).

Los sobrenadantes fueron filtrados en un papel filtro de celulosa Whatman N° 4 con un tamaño de poro de 20 μm . En el filtrado obtenido se realizaron las respectivas lecturas de la densidad óptica en la región del ultravioleta. Se obtuvieron tres extractos por cada una de las muestras de cáscaras, estos fueron llevados al espectrofotómetro para determinar su densidad óptica y calcular la concentración de proteína. La concentración de proteína final de cada cáscara se obtendrá del promedio de las tres concentraciones obtenidas (Galván y Reyes, 2012, p. 2; Castillo, 2007, p. 9).

Los datos de densidad óptica obtenidos permitieron calcular la concentración de proteína mediante la ecuación 2.1. Si los valores de DO_{280} son mayores a 1 es necesario realizar diluciones (Lovrien, y Matulis, 2012, p.10; Castillo, 2007, p. 17).

$$P = \frac{DO_{280} \times \frac{f}{L}}{\varepsilon} \quad [2.1]$$

Donde:

P : concentración de proteínas (mg/mL)

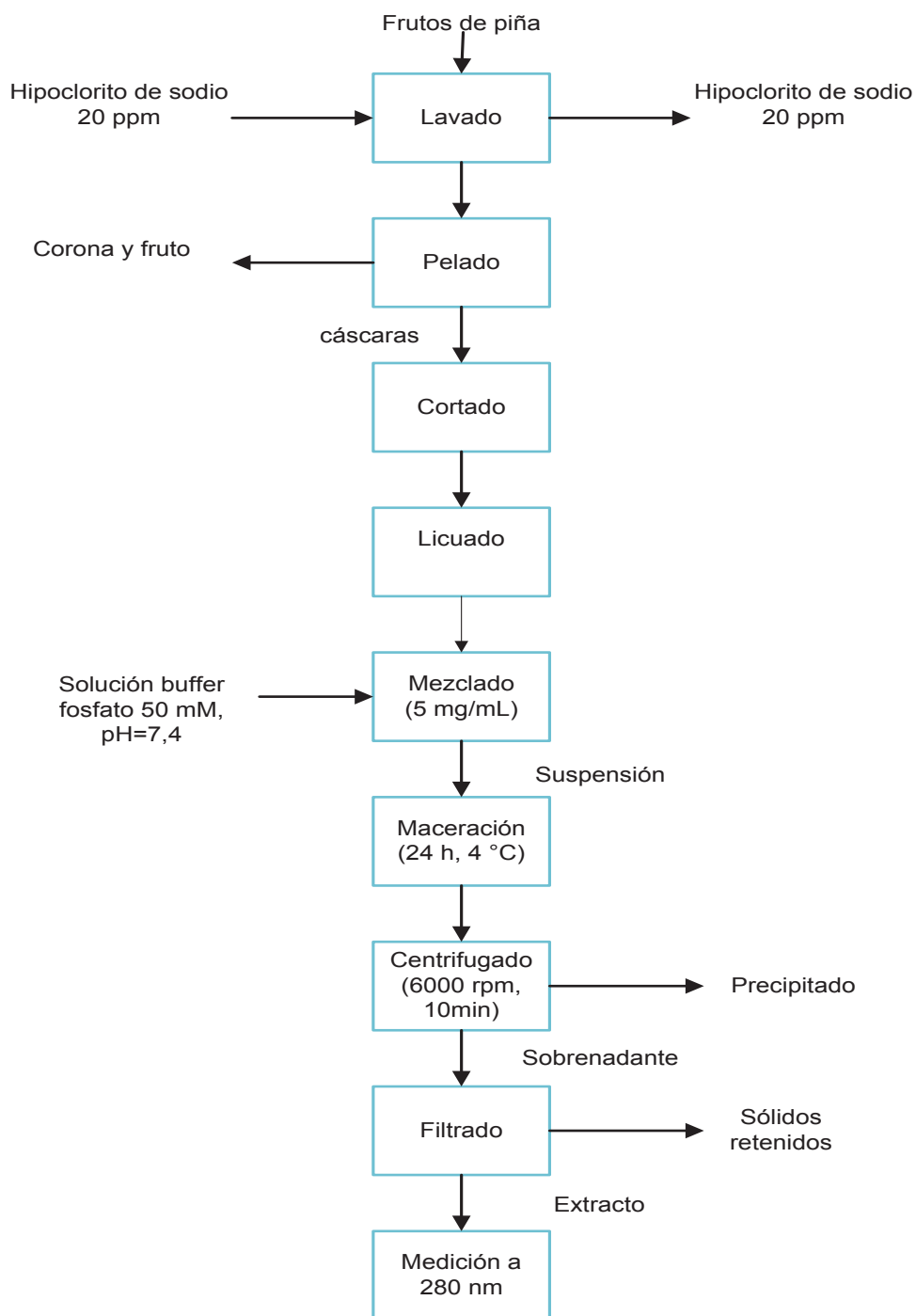
DO_{280} : densidad óptica del sobrenadante a 280 nm

f : factor de dilución

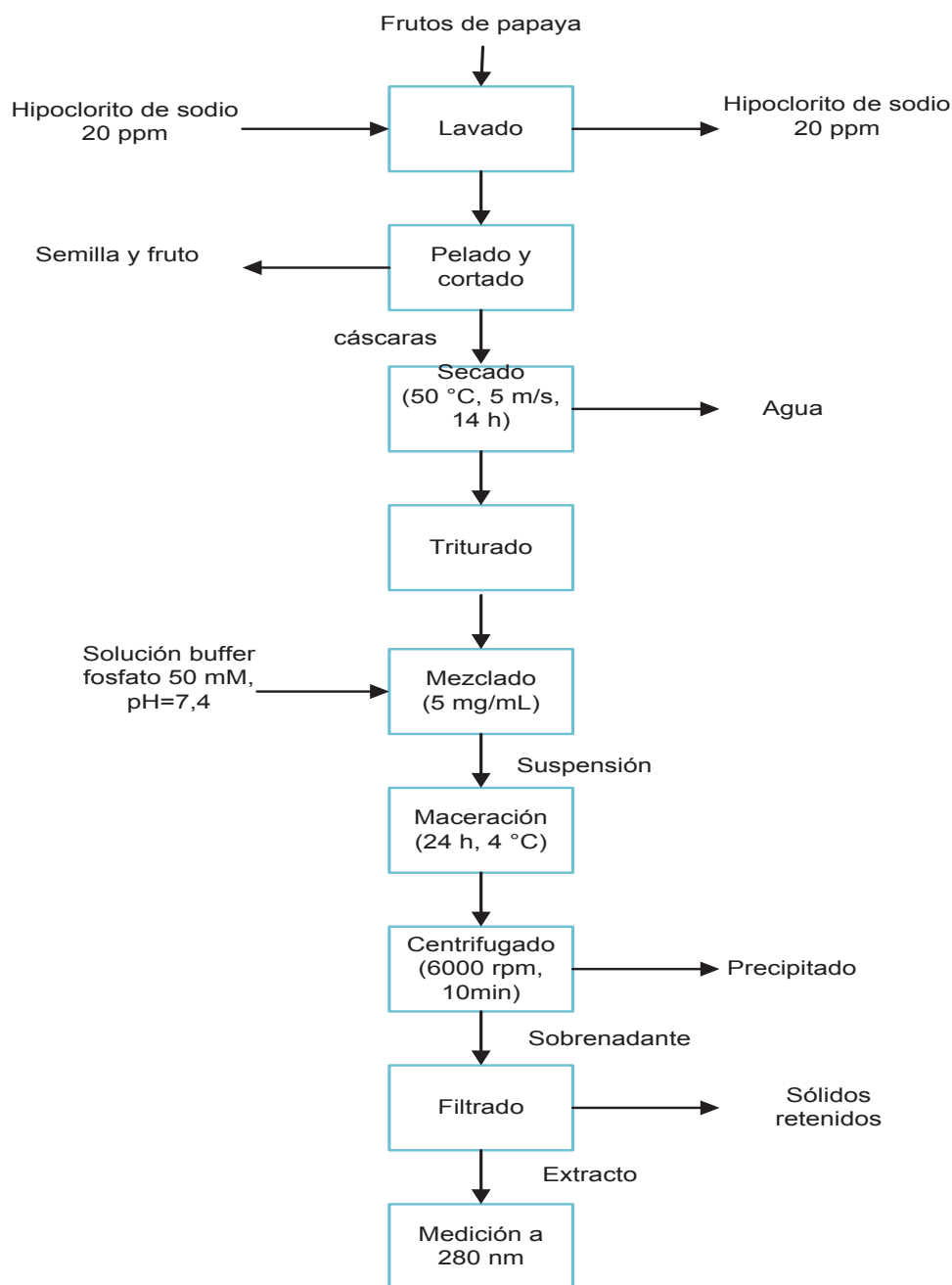
L : longitud de la celda en centímetros 1 cm

ε : coeficiente de extinción a 280 nm, valor igual a 1 mL/mg cm

En la Figura 2.1 y en la Figura 2.2 se detalla el diagrama del proceso para la determinación de la concentración de proteínas en las cáscaras de piña y papaya, respectivamente.



a)



b)

Figura 2. 1. Diagrama del proceso para la determinación de concentración de proteínas en a) cáscaras de piña, b) cáscaras de papaya

2.1.2 DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD PROTEOLÍTICA

La actividad proteolítica en las cáscaras de piña y papaya se determinó por el método de Anson, en cada una de las muestras de extractos obtenidos en el apartado 2.1.1. Cada análisis fue realizado con su respectiva paralela, para esto

se tomó 1 mL de muestra, la cual se colocó en el tubo de ensayo a esta se añadió 10 mL de una solución de caseína al 1 % (w/v), la solución se dejó en incubación durante 20 minutos a 37 °C. La reacción se detuvo por la adición de 15 mL de una solución de TCA al 5% (w/v), con agitación durante 1 minuto en un agitador vortex. Igual proceso se realizó en otro tubo de ensayo al mismo tiempo.

Las muestras fueron centrifugadas a 5000 rpm durante 15 minutos, se recuperó el sobrenadante que fue filtrado a través de papel filtro de celulosa Whatman N° 4, la solución obtenida fue colocada en celdas de cuarzo y se midió la densidad óptica a 280 nm en un espectrofotómetro.

Para cada muestra de extracto analizada se realizó un blanco, el procedimiento para la preparación del mismo difiere en el orden de adición de los reactivos respecto al procedimiento de la muestra. En primer lugar se tomó 1 mL de extracto, a este se añadió 15 mL de una solución de TCA al 5%, posteriormente se añadió 10 mL de una solución de caseína al 1% y se dejó en incubación durante 20 minutos a 37 °C. Se continuó con el centrifugado y filtrado bajo las mismas condiciones a las que se trabajó las muestras para finalmente registrar las lecturas de la densidad óptica (Flávia, Sousa y Salomao, 2004, p. 254).

La actividad proteolítica se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$A_c = \frac{h}{0,1^2} \quad [2. 2]$$

Donde:

A_c : actividad proteolítica (U/mL)

h : promedio de DO_{280} , entre las muestras realizadas en paralelo.

Para el cálculo de la actividad específica se aplicó la siguiente ecuación:

$$A_{esp} = \frac{A_c}{p} \quad [2. 3]$$

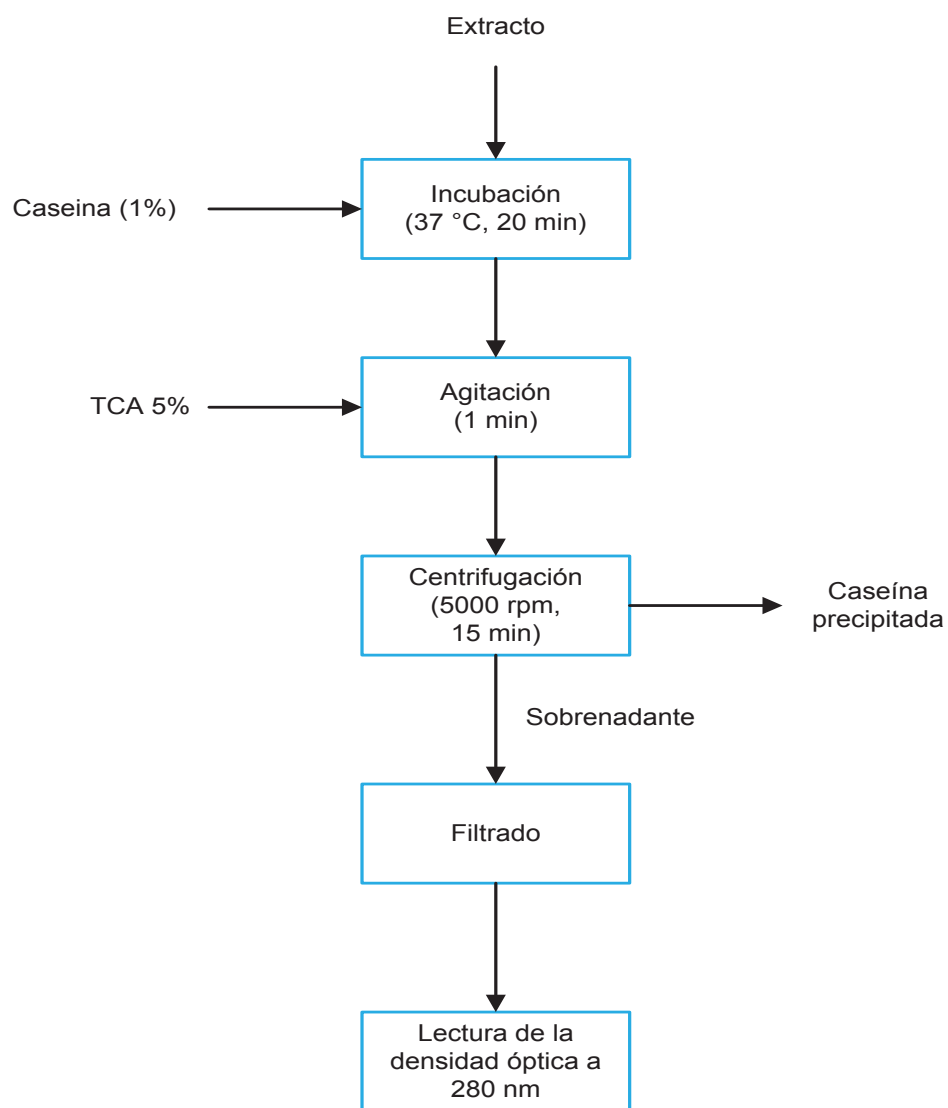
Donde:

A_{esp} : actividad específica (U/mg)

A_c : actividad proteolítica (U/mL)

P : concentración de proteínas (mg/mL)

El proceso para la determinación de la actividad enzimática y para la obtención de la medición del blanco se detalla en la Figura 2.2.



a)

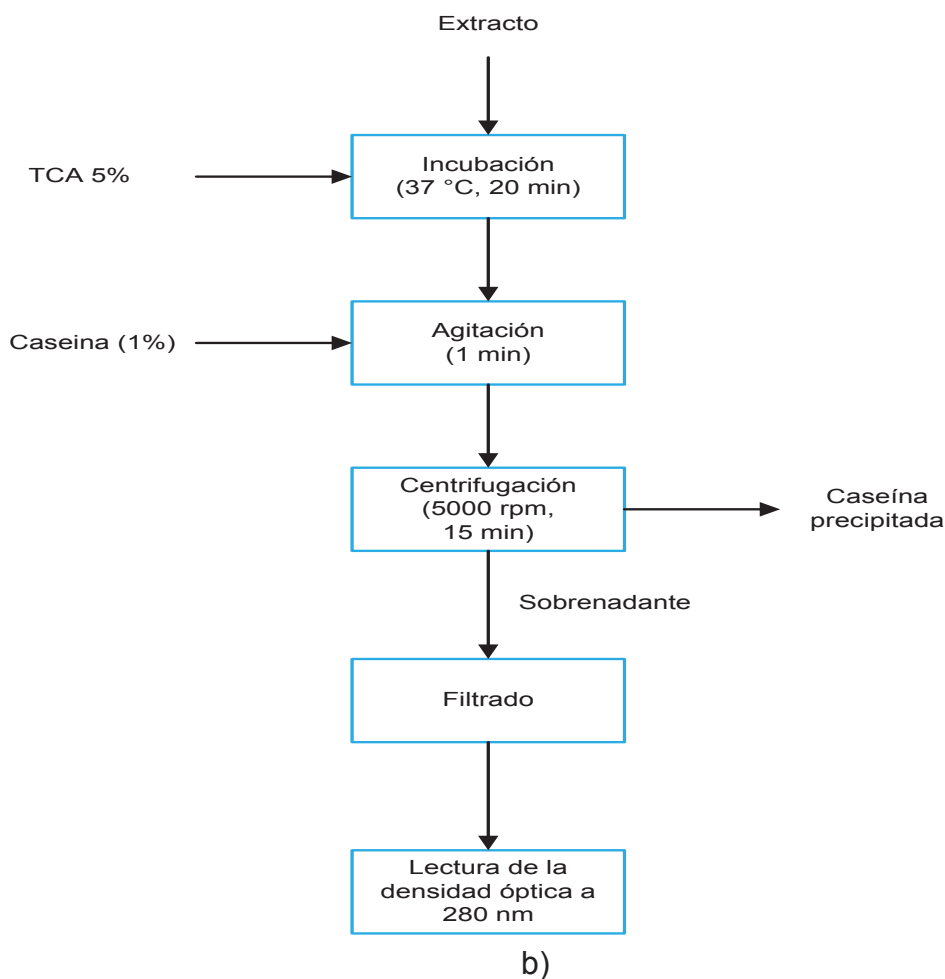


Figura 2. 2. Diagrama del proceso para la determinación de la actividad proteolítica en a) extractos de las cáscaras y b) los blancos

2.2 DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES MÁS ADECUADAS DE LA HIDRÓLISIS DE PASTA DE SOYA: pH, TEMPERATURA, CONCENTRACIÓN DE SUSTRATO (PASTA DE SOYA), RELACIÓN ENZIMA (EXTRACTOS)/SUSTRATO Y TIEMPO DE REACCIÓN

2.2.1 PREPARACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

Como materia prima se empleó la pasta de soya comercial, esta fue molida en un molino de discos Alpine. En la harina de soya obtenida se realizaron análisis de

granulometría, humedad y proteína según las normas INEN 517:2012, 518:2012 y 519:1998 respectivamente (INEN 517, 2012, pp.1, 2; INEN 518, 2012, pp.1, 2; INEN 519, 1998; pp. 1,2).

Las cáscaras de piña fueron cortadas en cuadrados de aproximadamente 1x1 cm, se licuaron y la suspensión obtenida se colocó en una tela con la cual se estrujó manualmente, obteniéndose un extracto que fue recolectado. El extracto de piña y las cáscaras deshidratadas de papaya fueron almacenados en refrigeración hasta su uso en los ensayos de hidrólisis a escala de laboratorio. El máximo tiempo de almacenamiento fue de 1 día y 1 semana para el caso del extracto de piña y cáscara deshidrata de papaya respectivamente.

Para la hidrólisis de harina de soya por vía enzimática se consideró influyente los siguientes parámetros: pH, temperatura, concentración de sustrato [S], relación enzima/sustrato y tiempo de reacción.

El proceso de hidrólisis se realizó a pH de 7 y temperatura de reacción de 50°C, estas fueron las condiciones de trabajo que se mantuvieron fijas durante el estudio de la cinética de hidrólisis y la elaboración del producto a escala piloto.

Los valores fijados se encuentran en el rango de trabajo al cual las enzimas presentes en las cascarás de piña (bromelina) y papaya (papaína) presentan mayor eficiencia (Benítez et al., 2008, p. 229; Taha, Ibrahim y Zabaty, 2002, p. 269).

El valor de pH se controló durante la reacción mediante la adición de una solución de NaOH 6N o con una solución de HCl 6N, según sea el caso.

La temperatura fue medida con un termómetro de mercurio y el flujo calórico suministrado por la resistencia de la plancha de calentamiento se disminuyó o se incrementó en función de la temperatura alcanzada en la muestra de tal forma que no sobrepase el valor establecido.

Las condiciones de concentración de sustrato [S], relación enzima/sustrato y tiempo de reacción se variaran de acuerdo a los procedimientos que se indican a continuación.

2.2.2 DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE SUSTRATO (PASTA DE SOYA)

La determinación de la concentración de sustrato se realizó mediante el estudio del proceso hidrolítico de la harina de soya con las cáscaras deshidratadas de papaya y extracto de piña, que contienen las enzimas proteasas que actuarán directamente sobre la cadena de proteínas de la soya.

La concentración de sustrato más adecuada es equivalente a $10 k_M$, para esto se obtuvo el valor de k_M mediante el método de las velocidades iniciales de reacción (Whitaker, 1994, p. 98; Belén, Moreno, García, Medina y Sidorovas, 2007, p. 189).

El estudio cinético de hidrólisis se realizó independientemente para la papaína y bromelina presentes en las cáscaras de papaya y piña respectivamente.

El método consistió en realizar la hidrólisis a condiciones de pH igual a 7, temperatura de 50°C, relación enzima/sustrato expresadas en peso de cáscaras de 758 g de extracto de piña y 1236 g de cáscara de papaya por cada 100 g harina.

De acuerdo al trabajo realizado por Taha, Ibrahim, y Zabaty (2002) la relación óptima enzima/sustrato es 0,06 de papaína y 0,067 de la bromelina al usar como sustrato la harina de soya, relaciones que fueron usadas y expresadas como gramos de cáscara a partir de la concentración de proteína previamente determinada (p. 269).

La concentración de sustrato se varió, para el efecto se preparó soluciones de harina de soya en agua a las siguientes concentraciones 5:100, 10:100 15:100 y 20:100 g/mL (w/v), se preparó 100 ml de solución a cada una de las concentraciones mencionadas en vasos de precipitación de 250 ml que fueron colocados sobre una plancha de calentamiento junto con un agitador magnético y a continuación se añadió la harina. Una vez que la solución alcance la temperatura fijada se añadió el extracto o las cáscaras según sea el caso, se controlaron la temperatura y pH. Se mantuvo la mezcla con agitación constante durante 20 minutos.

Para la construcción del gráfico de la inversa de la velocidad de reacción con respecto a la inversa de la concentración de sustrato, se determinó la proteína soluble en la muestra reaccionante para esto se tomo una alícuota de 10 ml, a la cual se añadió 10 ml de TCA al 10%, se centrifugó la muestra a 5000 rpm durante 10 minutos, el sobrenadante se filtro y se tomaron lecturas de la densidad óptica a 280 nm. A partir de esta lectura se interpola en la curva de calibración de suero bovino que se indica en el Anexo IV y se obtuvo el valor de la concentración de la proteína soluble en la harina de soya. El procedimiento se repitió para cada una de las concentraciones de harina.

Mediante regresión lineal se obtiene la relación de Lineweaver-Burk que se representa mediante la ecuación 1.7 y se calculó las constantes cinéticas, V_{max} y k_M . Se realizaron tres replicas por para cada muestra de extracto de cáscara de piña y cáscara de papaya respectivamente. Se consideró como densidad de la solución igual a 1 g/mL y se expresó la concentración en g / 100 mL de agua (Belén et al., 2007, p. 189; Bohinski, 1978, p. 168).

2.2.3 DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN ENZIMA /SUSTRATO

La relación enzima/sustrato, se obtuvo mediante el estudio cinético de la reacción de hidrólisis independiente para cada enzima, bajo el pH, temperatura fijados y relación sustrato/agua determinados en el apartado 2.2.2, mientras se vario la relación extracto/harina ó cáscara deshidratada/harina de acuerdo a las siguientes relaciones en peso (w/w) de 2:100, 11:100, 20:100, 29:100 y 38:100, durante la reacción se tomaron alícuotas cada 10 minutos de 10 mL, en las cuales se determinó la proteína soluble. Se usó el mismo proceso usado en el apartado 2.2.2 para la determinación de proteína soluble. El grado de hidrólisis se calculó mediante la ecuación 2.4, para cada alícuota que relaciona la proteína soluble y la proteína total determinada por el método de Kjeldahl.

$$GH \% = \frac{\text{Proteína soluble en CA}}{\text{Proteína total}} \times 100 \quad [2. 4]$$

Se construyó la curva de evolución del grado de hidrólisis, la relación más adecuada de enzima fue el valor al cual se alcanzo un grado de hidrólisis mayor o igual al 8%. Se realizaron tres replicas para cada concentración tanto para el extracto de piña y la cáscara deshidratada de papaya (Kristinsson y Rasco, 2010, p. 61; Vioque et al., 2001, p. 133)

2.2.4 DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE HIDRÓLISIS

Para determinar el tiempo de reacción se realizó la hidrólisis de pasta de soya a pH de 7, temperatura 50 °C y los valores de concentración de sustrato y relación enzima/sustrato ya determinadas en los apartados 2.2.2 y 2.2.3 respectivamente. Seguido se añadió simultáneamente el extracto de piña y las cáscaras deshidratadas de papaya. Se tomaron alícuotas de 10 mL de hidrolizado cada 10 minutos, en estas se determinó la proteína soluble y a partir de estos datos se cálculo el grado de hidrólisis el cual se graficó respecto al tiempo.

Se determinó el tiempo de hidrólisis como el valor al cual el grado de hidrólisis empieza a ser constante.

2.3 OBTENCIÓN DE PASTA DE SOYA HIDROLIZADA A ESCALA PILOTO

A escala piloto el proceso de hidrólisis se ejecutó en una marmita de acero de inoxidable de doble fondo de 10 L de capacidad, la cual se usó como reactor a esta se incorporó un agitador de hélice y fue calentada con vapor circulante por la chaqueta. Se realizaron ensayos hidrólisis con las mejores condiciones determinadas a escala de laboratorio. La relación enzima/sustrato se modificó hasta alcanzar un grado de hidrólisis del 8%.

Con base en el balance de masa se calculó la cantidad de agua y cáscaras frescas necesarias para procesar 3 kg de harina de soya. La cantidad de agua a ser añadida fue calculada mediante la resta entre el agua total y el agua presente

en las cáscaras, este último valor se obtuvo a partir de la humedad de cada cáscara.

El procedimiento consistió en la adición de la harina de soya y agua en la marmita, se agitó y calentó la mezcla hasta obtener una suspensión homogénea, a continuación se añadieron las cáscaras frescas que previamente fueron trituradas por separado en el desintegrador Rietz. Se determinó el pH de la mezcla el cual fue ajustado hasta un valor de 7 mediante la adición de una solución de NaOH 6N o HCl 6N según sea el caso. La temperatura fue medida con un termocupla y se reguló manualmente el incremento o disminución del flujo de vapor que circuló por la chaqueta. Tanto el pH y temperatura se controlaron cada 10 minutos y fueron reajustados en caso de ser necesario.

Se tomaron alícuotas de 10 ml de la muestra de hidrolizado cada 10 minutos hasta alcanzar el tiempo de reacción determinado a escala de laboratorio. En las alícuotas se determinó el contenido de proteína soluble, a partir de este valor se calculo el grado de hidrólisis. En el caso de no alcanzar el grado de hidrólisis de 8% se incremento los valores de la relación enzima/sustrato. Al concluir el tiempo de reacción se llevo la mezcla a 95 °C durante 5 minutos para detener la reacción. Se realizaron tres replicas del ensayo.

2.4 DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE SECADO DEL HIDROLIZADO DE SOYA

La velocidad de secado, se obtuvo a partir de las curvas de pérdidas de peso en función del tiempo de tratamiento térmico. Para esto se peso la bandeja vacía y sobre esta se colocó la masa hidrolizada, la cual se distribuyó hasta obtener un espesor de lecho de 2 cm y se registró el peso inicial de la muestra. La bandeja con la muestra se colocó en el interior de un deshidratador de bandejas, en el mismo que se fijó el flujo de aire en 5 m/s, temperatura de 100°C durante una hora. Al término del cual se sacó la bandeja y se la expuso a temperatura ambiente durante 30 minutos. Posteriormente se ingresó nuevamente al deshidratador a una temperatura de 70 °C. Se registró el peso de la bandeja

cada 30 minutos hasta que el peso fue constante. El cálculo de la humedad total y libre así como la velocidad y tiempo de secado se obtuvieron mediante las ecuaciones 2.5, 2.6, 2.7 y 2.8 respectivamente.

$$X_t = \frac{W_t - F_s}{F_s} \quad [2. 5]$$

Donde:

X_t : humedad total, (kg de agua/kg solido seco)

W_t : peso total del material, (kg)

F_s : peso de los sólidos secos, (kg)

Se calculó la humedad libre (x) un tiempo dado, mediante la siguiente ecuación:

$$X = X_t - X^* \quad [2. 6]$$

Donde:

X : humedad libre, (kg de agua/kg solido seco)

X_t : humedad total, (kg de agua/kg solido seco)

X^* : humedad de equilibrio, (kg de agua/kg solido seco)

La velocidad de secado se representa mediante la siguiente ecuación:

$$v = \frac{\Delta X}{\Delta t} \quad [2. 7]$$

v : velocidad, (kg de agua/kg sólido seco* h)

ΔX : variación de la humedad libre, (kg de agua/kg solido seco)

Δt : variación de tiempo, (h)

A partir de los datos de velocidad de secado se graficó velocidad vs humedad libre y se realizó un análisis de las etapas de secado (McCabe, Smith y Harriott, 2001, p. 842; Barbosa y Vega, 2000, p. 91).

Mediante el uso de la curva de velocidad se tomaron los datos para el cálculo del tiempo de secado durante la etapa a velocidad constante y decreciente mediante las ecuaciones 2.8 y 2.9 respectivamente.

$$t = \frac{L_S}{A \times v} \times X_1 - X_2 \quad [2.8]$$

- L_S : peso de sólido seco (kg)
 A : área superficial expuesta al secado (m^2)
 v : velocidad, (kg de agua/kg sólido seco* h)
 X_1 : humedad libre inicial, (kg de agua/kg sólido seco)
 X_2 : humedad libre final, (kg de agua/kg sólido seco)

$$t = \frac{L_S \times X_C}{A \times v} \ln \frac{X_C}{X_2} \quad [2.9]$$

- L_S : peso de sólido seco (kg)
 A : área superficial expuesta al secado (m^2)
 v : velocidad, (kg de agua/kg sólido seco* h)
 X_C : humedad crítica, (kg de agua/kg sólido seco)
 X_2 : humedad libre final, (kg de agua/kg sólido seco)

(Geankoplis, 1998, pp. 602, 609)

Se determinó el tiempo de secado como el tiempo al cual el hidrolizado tiene una humedad igual al 13% de acuerdo a los requerimientos de la norma INEN 1830 (INEN 1830, 1992, p. 2).

Se empleó el secado por rodillos como un método comparativo de secado respecto al secado por bandejas. La pasta del hidrolizado se puso en contacto con la superficie de los rodillos calentados interiormente con vapor. Por efecto de la transferencia de calor se evaporó el agua y se formó una capa de sólidos que fue retirada de forma continua mediante cuchillas las cuales entran en contacto con la periferia de cada rodillo. Se fijó la velocidad de giro en el nivel más bajo, con el objetivo de eliminar la mayor cantidad de agua. Para determinar la velocidad de giro de los rodillos se registró el tiempo que toma el rodillo en dar una vuelta completa. Con el promedio de tres tiempos y el diámetro de los rodillos se calculó la velocidad de giro. Se determinó el nivel de la velocidad de trabajo a la cual la humedad del hidrolizado sea menor o igual al 13%

Para los posteriores balances de masa y energía se consideró el calor sensible y latente de la mezcla, área de transferencia de calor y valores de las temperaturas tanto de la superficie como de la masa de hidrolizado registradas con una termocupla. El producto final fue caracterizado por los siguientes parámetros: proteína cruda, fibra cruda, cenizas para lo cual se utilizaron las normas INEN 543:1980, 542:1980 y 544:1980 (INEN 543, 1980, pp. 2,3; INEN 542, 1980, pp. 2,3; INEN 544, 1980, pp. 1,2).

2.5 DEFINICIÓN DEL LAYOUT DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE PASTA HIDROLIZADA DE SOYA

A partir del diagrama de bloques se determinó las condiciones de operación de cada etapa para la producción de 1 t de pasta de soya hidrolizada al día, con base en la disponibilidad de materia prima calculada a partir de la información proporcionada por el MAGAP.

Se determinó la capacidad de los equipos con sus respectivas dimensiones y áreas, para la posterior distribución de los equipos en la planta. Se dimensionó las áreas a ocuparse por la bodega de materias primas, producto terminado y sección administrativa. Además se estableció el tipo de distribución que se aplicará en la planta de acuerdo a las exigencias del proceso (CEEI, 2008, p. 14). Se realizó un PFD (process flow diagram) en el cual se especificó la secuencia de los equipos a utilizarse, mientras que en la distribución de la planta se pormenorizó las áreas designadas para cada sección.

2.6 ANÁLISIS DEL COSTO DE PRODUCCIÓN DEL HIDROLIZADO DE SOYA A ESCALA PILOTO

A escala piloto se consideró el tiempo de operación de cada equipo hasta alcanzar un producto final de pasta de soya hidrolizada con un 13% de humedad.

Se evaluó además, los porcentajes representativos en el costo de producción de pasta de soya hidrolizada a escala piloto.

Se consideró necesario un análisis de costos de producción a escala industrial para estimar un valor mínimo de venta. Los costos de producción se obtuvieron a partir de los costos fijos y costos variables. Los costos variables lo conforman todos los gastos relacionados directamente con el nivel de producción, entre los cuales se pueden mencionar costos de materia prima, energía, materiales indirectos mano de obra directa.

Los costos fijos incluyen los costos de los equipos, su instalación y mantenimiento además de los gastos administrativos.

Para la estimación del costo de instalación de los equipos se uso el Método de Lang, el cual establece que se calcule el costo de los equipos principales y a dicho valor se lo multiplica por factores de experiencia, estos consideran el costo de instrumentación, tuberías y edificios (Jiménez, 2003, p.39; Arata, 2009, p.77).

Además se determinó el precio de venta mínimo del producto a escala industrial, para esto se estableció el valor de beneficio extra igual a cero y una tasa de rendimiento mínima del 20% (Jiménez, 2003, p.24).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

En la pasta de soya molida se determinó el contenido de proteína y humedad, los valores se presentan en la Tabla 3.1. Se observa que el valor de proteína se encuentra dentro de los valores obtenidos en los trabajos realizados por Buitrago, Portela y Eusse (1992), quienes reportan un contenido de proteína de 45,50%, y Dudley (2003) una concentración de 47,50% (p.28; p. 13).

La pasta de soya utilizada en el estudio cumple con los requisitos de la Norma INEN 1705, en la cual se determina como valor mínimo un contenido de proteína de 42% y una humedad máxima de un 13% (INEN 1705, 1989, p. 2).

Tabla 3. 1. Caracterización de la pasta se soya

| Parámetro | Valor |
|-----------------|--------------|
| % Proteína | 46,55 ± 0,22 |
| % Humedad (b.h) | 7,25± 0,46 |

$\bar{x} \pm \sigma$ (n=3)

b.h base húmeda

El contenido de proteína esta sobre el valor mínimo establecido en un 10,83% esto asegura la disponibilidad de la misma y permite obtener un producto final de alta calidad.

Con respecto al contenido de humedad está por debajo del valor máximo permitido en un 44,23%, un bajo contenido de humedad disminuye posibles problemas de crecimiento de hongos durante su almacenamiento en el caso de contener una humedad superior al 13%.

La pasta de soya tal cual fue adquirida, se llevó a molienda en un molino de discos Alpine, en el cual se puede obtener partículas menores a las 100 μm , esto depende de la distancia de los discos y la velocidad de giro de los mismos.

Para la construcción de la grafica del perfil granulométrico se calculó el % pasante acumulado, que indica la cantidad que atravesó cada tamiz de diferente tamaño de malla, ensayo realizado con base en la norma INEN 517:1980 (INEN 517,1980, pp. 2,3). Los datos obtenidos se registraron en el Anexo II.

En la Figura 3.1. se presenta el perfil granulométrico de la harina de soya y los dos parámetros fijados según la norma INEN 1705, la cual establece que la granulometría de la harina de soya debe presentar un 97% de pasante acumulado a través del tamiz 2,8 mm (280 μ m) y el 90% de pasante acumulado a través del tamiz 2,00 mm (200 μ m).

Se observa que el tamaño de partícula cumple con la primera condición, más del 97% pasa a través del tamiz 2,8 mm, contrario a lo que sucede con la segunda condición no se alcanza el tamaño de partícula deseado, pero debido a que el objetivo de la molienda de la pasta de soya es obtener un material fino que facilite el mezclado de la misma con el resto de materias primas no se requiere alcanzar el tamaño de partícula de una harina.

Debido a que el producto final obtenido es uno de los ingredientes en la formulación de balanceados para aves, esta pasará a otro proceso de molienda con el resto de ingredientes para alcanzar un tamaño de partícula.

En el Anexo II se tabulan los datos experimentales para la determinación de la humedad, contenido de proteína y perfil granulométrico.

En la Tabla 3.2 se presenta la concentración de proteína y actividad proteolítica en la cáscara de piña de la variedad Cayena Lisa. Los valores fueron expresados por g de cáscara fresca con el objetivo de facilitar el cálculo de las posteriores relaciones y los balances de masa a escala industrial.

La desviación estándar de los datos experimentales no sobrepasa el 5,26% de los datos promedios obtenidos del resultado de tres replicas, este se considera un valor aceptable e indica la baja dispersión del conjunto de valores experimentales obtenidos.

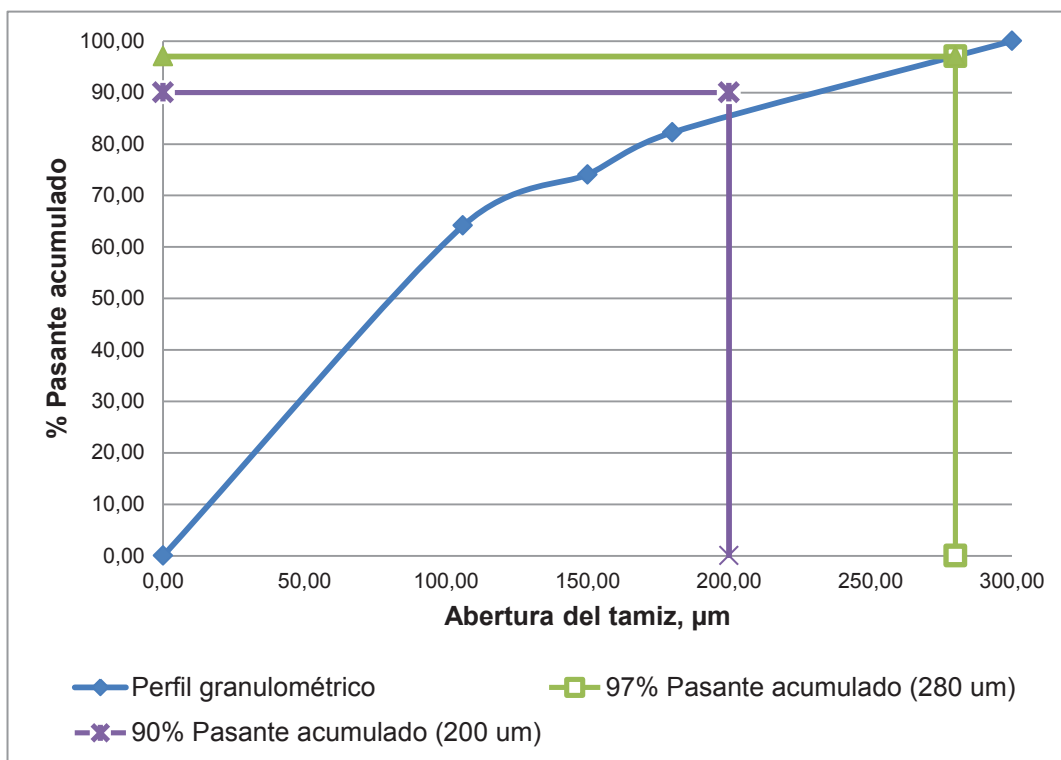


Figura 3. 1. Distribución del tamaño de partículas de la harina de soya molida en un molino de discos marca Alpine.

Los valores obtenidos son comparados con el trabajo de López (1996), en el cual se realizó un estudio de la concentración de proteína en el tallo, cáscara y pulpa de fruta, en función de los resultados obtenidos se determinó que el tallo contiene mayor concentración por lo cual estos también pueden ser usados para la elaboración de hidrolizados. Al igual que las cáscaras de piña los tallos de las plantas que cumplen su ciclo de cultivo son desechos agroindustriales que pueden ser aprovechados.

Tabla 3. 2. Concentración de proteína y actividad proteolítica en la cascara de piña

| Concentración de proteína | | Actividad proteolítica | |
|---------------------------|--|------------------------|------------------------|
| mg/ml | g de proteína /100 g de cascara fresca | U/mg de proteína | U/kg de cascara fresca |
| 1,12 \pm 0,05 | 0,38 \pm 0,02 | 1,57 \pm 0,05 | 6 042,00 \pm 98,73 |

$\bar{x} \pm \sigma$ (n=3)

U= unidad enzimática

En el trabajo con el que se compara los resultados obtenidos, el valor de la concentración de bromelina en la cáscara de piña expresada en las mismas unidades que el trabajo experimental son: concentración de proteína 0,18 g /100 g de cáscara y 0,28 U/mg correspondiente a la actividad enzimática. En la Figura 3.2 se observa la diferencia entre los valores obtenidos, respecto a la concentración de proteínas, esta difiere con el resultado obtenido en 0,2 g de proteína/100 g de cáscara fresca mientras que en la actividad enzimática su diferencia es de 1,29 U/mg, la variación es función de los siguientes parámetros: el método usado para la determinación dentro de este los reactivos y equipos utilizados durante el ensayo y la muestra analizada. Un trabajo adicional realizado por Hernández et al. (2005), caracterizó el contenido proteico en los tallos de la planta cuyos valores obtenidos fueron: 0,39 g /100 g de cáscara y 1,36 U/mg estos valores presentan una diferencia del 2,6 y un 12,7% respectivamente de los valores experimentales a pesar de que el análisis se realizó en diferente parte de la planta permite confirmar que los valores obtenidos están dentro de los resultados presentados en otros trabajos.

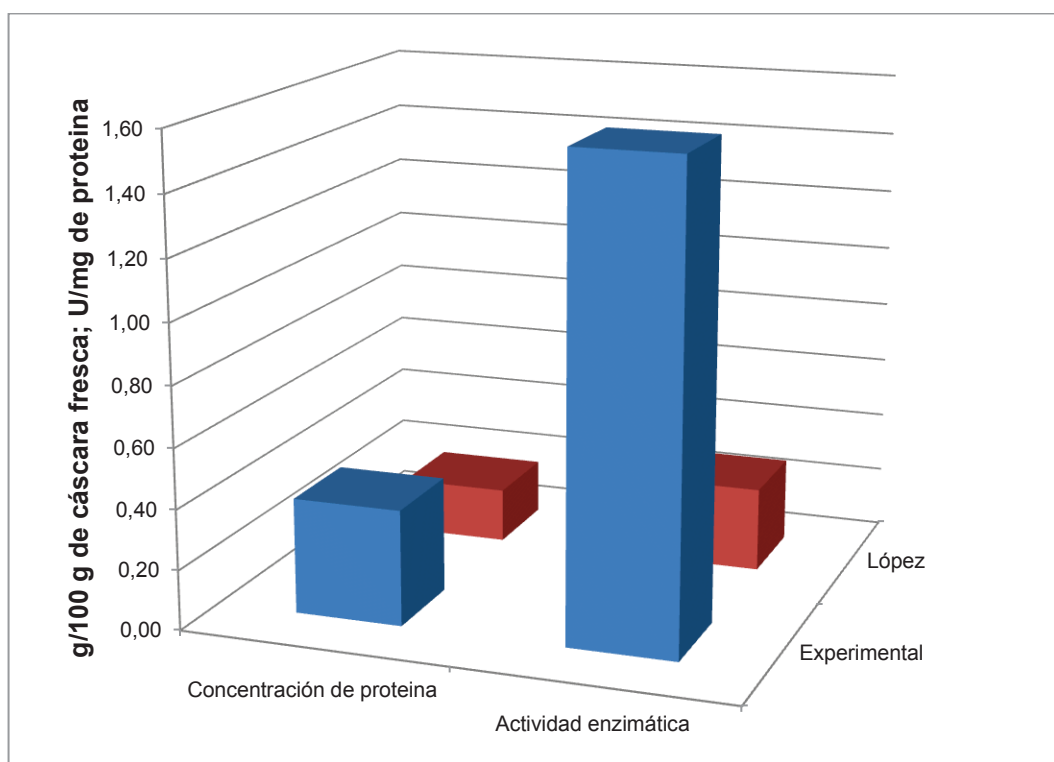


Figura 3. 2. Valores experimentales obtenidos en la cáscara de piña comparados con los obtenidos por López (1996)

Los resultados de la concentración de proteínas y actividad enzimática presentes en la cáscara de papaya de la variedad *Maradol* se tabulan en la Tabla 3.3.

En varios estudios realizados se ha determinado una alta concentración de papaína presente en el látex que emana el fruto en estado verde y la influencia del grado de madurez en la concentración de la enzima.

Se ha concluido que la concentración de papaína es inversamente proporcional al grado de madurez, es decir mientras mayor grado de madurez presente menor será el contenido de enzima (Gutiérrez, Geraldine, Velásquez, Virginia y Ferrer; 2008, p.13).

Las cáscaras usadas en el presente trabajo están en completo grado de madurez debido a que son desechos agroindustriales de las plantas procesadoras de conservas por lo cual es necesario que la fruta este completamente madura para que pueda ser procesada.

Respecto a los valores experimentales obtenidos, el valor que mayor dispersión presenta es la actividad enzimática respecto a la concentración de proteínas, principalmente se debe a la sensibilidad del método usado ya que esta depende de la temperatura y tiempo de incubación.

Tabla 3. 3. Concentración de proteína y actividad enzimática en la cascara de papaya

| Concentración de proteína | | Actividad enzimática | |
|---------------------------|---------------------------|----------------------|-------------------------|
| mg /ml | g/100 g de cáscara fresca | U/mg de proteína | U/ kg de cáscara fresca |
| 0,35±0,01 | 0,07±2,36 E-3 | 2,66 ± 0,13 | 1 928,76 ± 157,83 |

$\bar{x} \pm \sigma$ (n=3)

U= unidad enzimática

Los valores obtenidos se comparan con el trabajo realizado por Chaiwut et al., (2006) en el cual se estudió la concentración de proteínas y actividad enzimática en la cáscara de papaya madura deshidrata y el látex extraído del fruto verde, de acuerdo a los resultados obtenidos se confirma que el látex presenta mayor concentración y actividad. Los valores de concentración de proteína son: 8,2 mg/g de cáscara deshidratada y 327,7 mg/g de látex de papaya.

Mientras que para el valor de la actividad específica de la cáscara de papaya deshidratada y extracto de látex seco son los siguientes valores: 1,07 U/mg de proteína y 4,95 U/mg de proteína (p.112)

En la Figura 3.3 se observa el gráfico comparativo de la concentración de proteína y actividad expresado en las mismas unidades para efectos de comparación, la concentración determinada por Chaiwut et al., (2006), es de 0,08 g/100 g de cáscara fresca, 14 % superior al obtenido experimentalmente.

Entretanto el valor de la actividad difiere en un 59%, la diferencia se debe a la dependencia del grado de madurez del fruto de papaya con el contenido de proteína, no se dispone de un informe detallado del grado de madurez que presentaron las cáscaras analizadas en el trabajo realizado por Chaiwut et al., (2006).

Cabe señalar que el estudio de Chaiwut la deshidratación de las cáscaras se realizó a 55 °C respecto a los 50 °C a los que se realizó en este trabajo, este es un factor muy importante a considerar debido a que las enzimas son muy sensibles a la temperatura, y un incremento de temperatura durante la deshidratación podría denaturarla, esto afecta directamente en la actividad enzimática.

Puig et al., (2012) realizó un estudio para analizar la influencia del método de secado en la actividad proteolítica, entre una de las condiciones estuvo el secado en bandejas a 50 °C, igual a las condiciones realizadas en este trabajo y reporto un valor de la actividad enzimática de $1,84 \times 10^{-2}$ U/mg de cáscara seca mientras que el valor que se obtuvo en este trabajo expresado en las mismas unidades es de $1,86 \times 10^{-2}$ U/mg de cáscara seca. (p.4).

Este valor difiere en un 1% respecto al valor obtenido con el valor obtenido por Puig et al., (2012), y es muy cercano debido a que las condiciones de deshidratación fueron las mismas a diferencia de Chaiwut et al., (2006), quien indica que se realizó la deshidratación de las cáscaras 5 °C superior a la temperatura de deshidratación usada en los dos trabajos anteriores

Las cáscaras de papaya tienen un bajo contenido de proteínas respecto al presente en la cáscara de piña, esto debido al grado de madurez en el primer caso, factor que no influye en la cáscara de piña.

En el Anexo III se tabulan los datos experimentales de densidad óptica obtenidos para el posterior cálculo de la concentración de proteína y actividad enzimática en las cáscaras de piña y papaya.

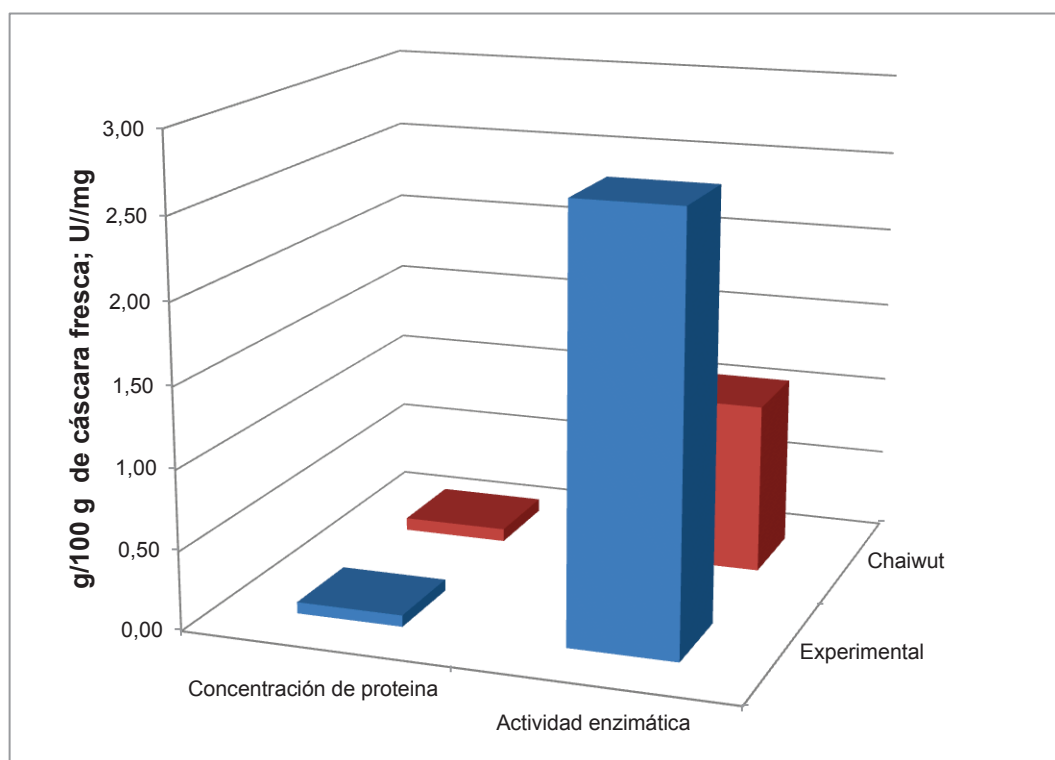


Figura 3. 3. Valores experimentales obtenidos en la cáscara de papaya comparados con los obtenidos por Chaiwut et al., (2006)

3.1.1 OBTENCIÓN DEL HIDROLIZADO A ESCALA DE LABORATORIO

3.1.2 CONCENTRACIÓN DE SUSTRATO

La constante de Michaelis y Menten (K_M), indica la afinidad entre el sustrato y la enzima, en la Tabla 3.4 se presenta el valor promedio de las constantes tanto

para la bromelina y la papaína, se observa que la soya tiene más afinidad con la papaína debido a que el valor de K_M es menor.

El valor de K_M de la bromelina es superior en un 50,77% con respecto al valor obtenido en la papaína. La concentración de sustrato a la cual se realizó el estudio de la cinética de reacción para determinar las condiciones más adecuadas fue equivalente al valor de $10 K_M$ respectivo para cada enzima.

Tabla 3. 4. Valores de la constante de Michaelis y Menten (K_M) para la hidrólisis de harina de soya

| Enzima-Sustrato | K_M (g/ml) | $10K_M$ (g/ml) |
|-----------------|---|-----------------------------|
| Bromelina- soya | $1,30 \text{ E-}2 \pm 8,84 \text{ E-}4$ | $0,13 \pm 8,84 \text{ E-}3$ |
| Papaina-soya | $0,87 \text{ E-}2 \pm 5,03\text{E-}4$ | $0,09 \pm 5,03\text{E-}3$ |

$x \pm \sigma$ (n=3)

Los valores de concentración de sustrato es expresado en gramos de soya por mL de agua, la densidad de la solución es de 1 g/ mL y los concentraciones para la bromelina y papaína son: 15 y 10 g de harina/ 100 mL de agua respectivamente.

La velocidad de reacción se incrementa proporcionalmente con la concentración de sustrato hasta alcanzar un valor límite, el cual se mantiene constante por más sustrato que se añada, es decir la velocidad de reacción pasa a ser independiente de la concentración de sustrato.

La Figura 1.6 representa el comportamiento explicado, en la cual se observa que la velocidad incrementa linealmente hasta llegar a un valor máximo y a partir de este se mantiene constante, es por esto que fue necesario determinar la concentración de sustrato a la cual se alcance el valor máximo de de la velocidad. El modelo matemático que permitió determinar la concentración de sustrato es la ecuación de Lineweaver-Burk, esta se obtuvo por la inversa de la ecuación de Michaelis-Menten. Los datos experimentales tabulados y la linealización de cada ensayo se presentan en el Anexo V.

3.1.3 RELACIÓN ENZIMA –SUSTRATO

La relación enzima-sustrato se obtuvo a partir del estudio cinético realizado para cada enzima con su respectivo valor de $10K_M$.

En la Figura 3.4 se indican la evolución del grado hidrólisis a diferentes concentraciones expresadas como g de extracto de cáscara de piña/100 g de harina obtenidas por el promedio de tres ensayos.

En los primeros 10 minutos de reacción se presenta la región de máxima pendiente en la reacción de hidrólisis, a partir de este tiempo el incremento del grado de hidrólisis es menor, además se observa que la curva de grado de hidrólisis es proporcional a la concentración de enzima.

Las curvas de evolución del grado de hidrólisis presentan variaciones esto debido a la perturbación provocada por el incremento o disminución del pH y la temperatura los cuales fueron controlados por adición de una solución ácida o básica según el caso y el suministro de calor para la temperatura. Durante el proceso se registró el valor del pH y temperatura, estas fluctúan durante los ensayos entre valores de $\pm 0,5$ y de ± 1 °C respectivamente.

La bromelina es sensible a la temperatura y su rango óptimo de trabajo está entre 20 y 65 °C como se observa en la Tabla 1.7. En la Figura 1.3 se observa que a temperaturas superiores al valor máximo, la velocidad de reacción empieza a decrecer, así se evidencia la influencia de la temperatura en la velocidad de reacción y por tanto las variaciones que presentan las curvas de hidrólisis al modificar la temperatura. Similar comportamiento se observa en la Figura 1.4 con el efecto del pH, es por esto la importancia del control de estos dos parámetros durante la reacción de hidrólisis.

La Figura 3.4 permite observar que se alcanzó el valor deseado de hidrólisis (8%) a los 40 minutos, con una relación enzima/sustrato de 38/100, es decir 38 gramos de extracto de cáscara de piña por 100 gramos de harina de soya. Esta relación enzima/sustrato expresada en términos de concentración de proteína por 100 g de sustrato equivale a 0,34 g de bromelina por 100 g de harina de soya.

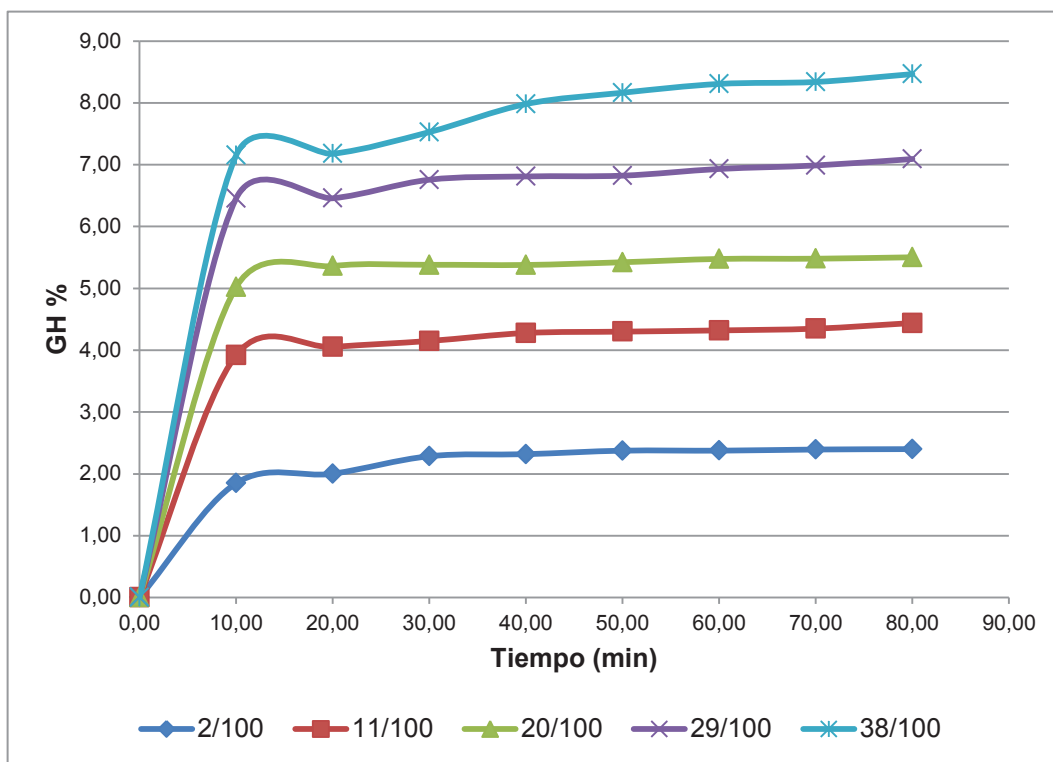


Figura 3. 4. Evolución del grado de hidrólisis de la proteína presente en la harina de soya con bromelina a diferentes relaciones E/S bajo las siguientes condiciones de [S]= 15/100, pH= 7, temperatura 50 °C, agitación constante

Los datos de grados de hidrólisis obtenidos durante el proceso hidrolítico de la harina de soya con papaína presente en la cáscara de papaya deshidratada se muestran en la Figura 3.5. La relación de enzima-sustrato se expresa en peso, g de cáscara de papaya deshidratada por 100 g de harina de soya

El comportamiento de los perfiles del grado de hidrólisis tiene la misma tendencia que en la Figura 3.4, en la cual se observa el comportamiento de las curvas de hidrólisis para la bromelina presente en el extracto de la cáscara de piña. En los primeros 10 minutos se tiene una zona de mayor incremento en el grado de hidrólisis. Se observa también que se alcanza un grado de hidrólisis de 8% con la relación 29/100 g de extracto de cáscara/ g de harina de soya.

El contenido de proteína correspondiente a la relación 29 g de cáscara de papaya deshidrata por cada 100 g de harina de soya es equivalente a 0,20 g de papaína por cada 100 g de harina de soya.

La relación enzima/sustrato en la papaya es menor con respecto al extracto de piña, debido a que la papaína presentaba mayor actividad específica y el sustrato harina de soya tiene una mayor afinidad con la papaína esto se comprueba con el valor de K_M presentado en la Tabla 3.5, este es menor comparado con el de la bromelina-soya, cabe recordar que mientras menor es su valor mayor es la afinidad entre el sustrato y la enzima.

Otro parámetro a favor para alcanzar el grado de hidrólisis establecido con menor cantidad de enzima añadida es la temperatura óptima de la papaína cuyo rango es de 40 a 75 °C como se indica en la Tabla 1.7.

La temperatura de trabajo fue de 50 °C, al existir un incremento de 5 °C no se llegaría a afectar debido a que no se estaría trabajando en el valor extremo y no existiría el riesgo de un decremento de la velocidad de reacción.

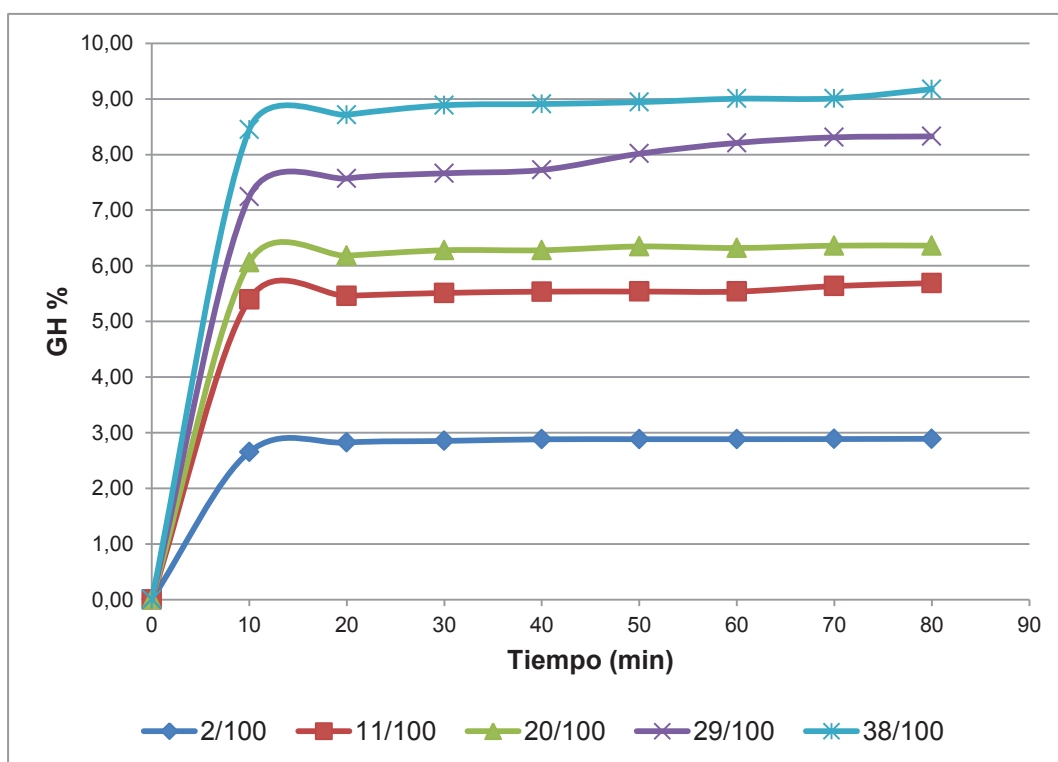


Figura 3. 5. Evolución del grado de hidrólisis de la proteína presente en la harina de soya con papaína a diferentes relaciones E/S bajo las siguientes condiciones de [S]= 10/100, pH= 7, temperatura 50 °C, agitación constante.

La cantidad de extracto de cáscara de piña es superior a la masa de cáscara de papaya deshidratada debido a que esta última se encuentra concentrada de enzima por eliminación del agua presente, mientras que el extracto de piña contiene una humedad superior al 95% y por lo tanto tiene una baja concentración de enzimas como consecuencia se requiere de una mayor cantidad de extracto.

Con base en todos estos aspectos mencionados se respalda el valor de la relación de enzima/sustrato obtenida. Los perfiles de grados de hidrólisis se incrementan proporcionalmente con la relación enzima/sustrato.

Los datos experimentales de la densidad óptica determinada a cada intervalo de tiempo para el posterior cálculo de la proteína soluble y el grado de hidrólisis para cada ensayo se detallan en el Anexo VII.

Al comparar los perfiles del grado de hidrólisis de una misma enzima a diferentes concentraciones se observa que para el caso de la bromelina (extracto de cáscara de piña) a los 30 minutos el grado de hidrólisis tiende a mantenerse constante mientras que para la papaína (cáscara deshidrata de papaya) su perfil tiene a ser constante a partir de los 20 minutos.

Esto se debe a la afinidad que existe entre la enzima y sustrato, se alcanza un mayor grado de hidrólisis en menor tiempo. Estos tiempos de 20 y 30 minutos respectivamente concuerdan con el trabajo realizado por Taha y Ibrahim (2002), las condiciones de hidrólisis fueron: papaína con soya (E/S 0,06 pH 7,20 T 50 °C) y bromelina con soya (E/S 0,07 pH= 6, T 31 °C). Las curvas tienden a mantener una tendencia constante al mismo tiempo a diferentes concentraciones de enzima (pp. 276, 277).

En la Figura 3.6 se presenta una gráfica comparativa del grado de hidrólisis alcanzado por cada reacción a una misma concentración de cáscara o extracto añadido en una relación expresada en peso durante un tiempo de reacción de 80 minutos.

La reacción soya-papaína presenta mayor grado de hidrólisis debido a la afinidad que ya fue determinada por el valor de K_M , este fue menor en comparación con el determinado para la reacción soya-bromelina.

La papaína alcanzó el grado de hidrólisis de 8% a la relación 29/100 expresada como 29 g de cáscara de papaya deshidratada por 100 g de harina de soya, relación menor a la obtenida por la bromelina para lograr alcanzar el mismo grado de hidrólisis cuyo valor es de 38/100 es decir 38 g de extracto por cada 100 g de harina, este valor es superior en un 31% respecto a la cáscara de papaya deshidrata.

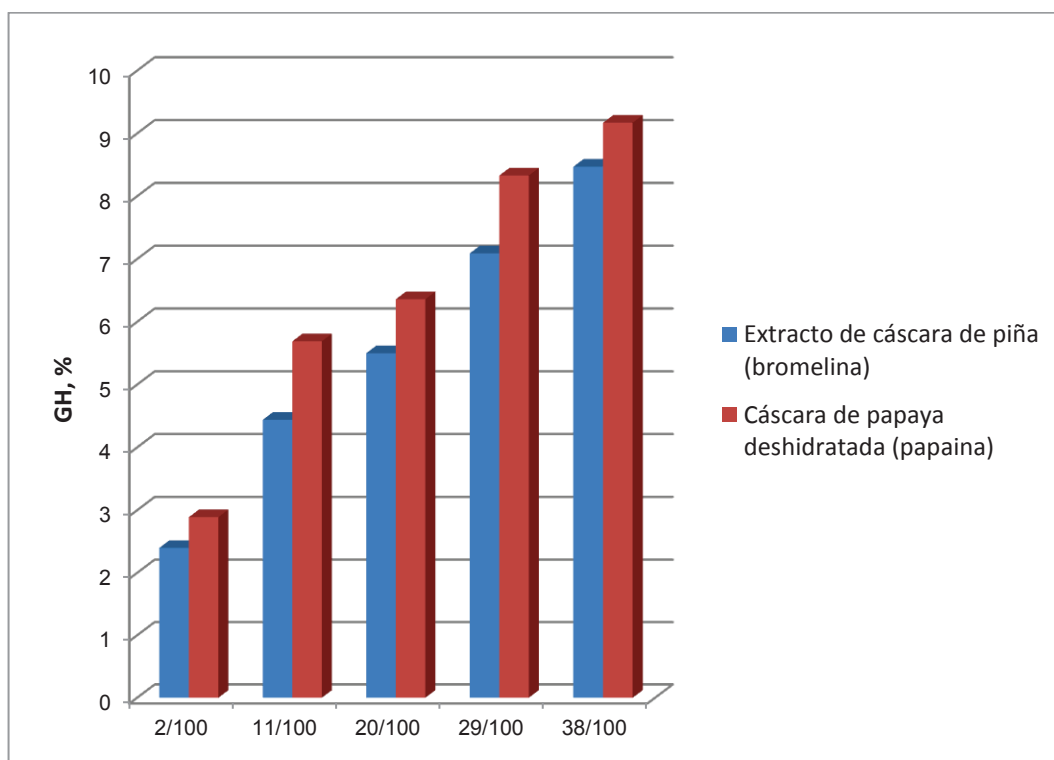


Figura 3. 6. Grado de hidrólisis de la harina de soya a diferentes concentraciones de cáscara de papaya y extracto de cáscara de piña, tiempo de reacción 80 minutos

Es importante mencionar la verdadera concentración de enzima aportada directamente por cada enzima, debido a que la relación enzima/sustrato esta expresado en peso de extracto y cáscara por 100 gramos de harina con el objetivo de facilitar la comparación pero en realidad la cantidad de enzima varía dependiendo de la humedad de las cáscaras.

Las enzimas usadas para el proceso de hidrólisis no son purificadas, el trabajo se realizó con las enzimas presentes en cáscara deshidratada de papaya o extracto de piña. Para los posteriores ensayos a escala piloto esta relación es expresada

en peso de cáscaras frescas por peso de harina de soya que es el estado en el que se trabajaran al procesar grandes cantidades.

Es trascendental considerar el contenido de proteína presente en las cáscaras de piña y papaya los cuales fueron obtenidos en el presente trabajo como el valor mínimo que debe cumplir la cáscara para que pueda ser usada como materia prima en la obtención de la harina de soya hidrolizada. Así los parámetros de operación determinados en el presente trabajo podrán asegurar las características finales del producto igual al obtenido en este estudio.

Para comparar el contenido de enzima realmente añadido a la reacción que está presente en el extracto y cáscara deshidratada se usó la Figura 3.7.

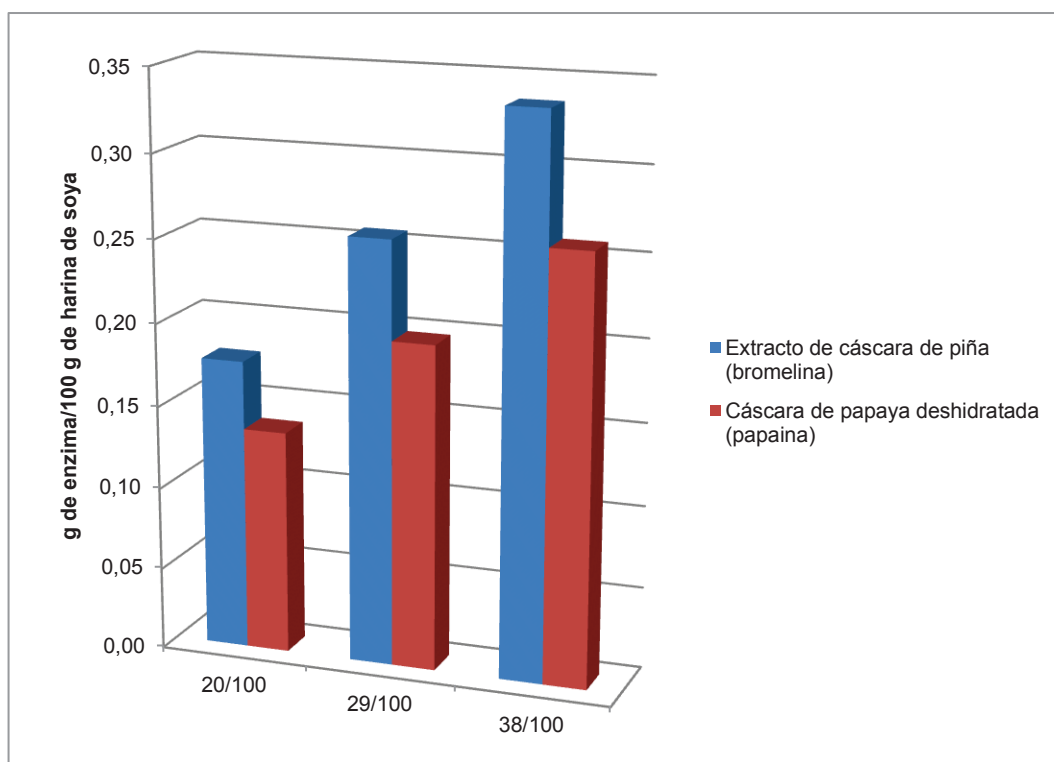


Figura 3. 7. Contenido de proteína presente en cada relación extracto y cáscara por cada 100 gramos de sustrato

La cantidad de enzima presente en el extracto de las cáscaras de piña obtenido por triturado y presión de las mismas, se obtuvo a partir de los datos de contenido de extracto por gramo de cascara fresca y el contenido de bromelina por gramo

de cáscara fresca. Para el caso de la cáscara deshidratada se consideró el contenido de humedad y la concentración de papaína por gramo de cáscara fresca.

Se puede observar que la cantidad de bromelina añadida es superior en un 20% respecto a la de papaína para el caso de la última relación (8/100). Esto facilita visualizar que a pesar de que se añade mayor cantidad de bromelina se alcanza un grado de hidrólisis mayor con la papaína como se aprecia en la Figura 3.6.

Esto debido a la afinidad que presenta la papaína y la harina de soya, además de otros parámetros que favorecen el desempeño de la papaína como la temperatura de reacción.

3.1.4 DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE HIDRÓLISIS A ESCALA DE LABORATORIO

La determinación del tiempo de hidrólisis se establece mediante el estudio cinético de la reacción de hidrólisis por la adición simultánea del extracto de las cáscaras de piña y las cáscaras de papaya deshidratadas en las cuales están presentes las enzimas bromelina y papaína respectivamente.

En el desarrollo del estudio de la cinética de hidrólisis actúan simultáneamente las dos enzimas y se toma como concentración de sustrato el mayor valor de $10 K_M$, determinados en el apartado 3.2.1 de esta forma se asegura la disponibilidad de sustrato necesaria para que las dos enzimas actúen conjuntamente y así evitar una disminución de la velocidad de reacción por limitaciones de sustrato.

Las condiciones de hidrólisis fueron: pH de 7, $T = 50\text{ }^\circ\text{C}$, $[S] = 15/100$, $E/S = 38/100$ y $29/100$ para el extracto de cáscara de piña y la cáscara deshidratada de papaya respectivamente. En la Figura 3.8 se observa el comportamiento de la cinética de hidrólisis para tres ensayos realizados a las condiciones antes citadas.

En los primeros 10 minutos se alcanza el grado de hidrólisis establecido para el estudio que es de 8%, esto se debe a que al actuar las dos enzimas, existe un

mayor número de péptidos producidos por el rompimiento de la cadena de proteína. Como cada una de estas enzimas actúan en enlaces diferentes esto favorece el rompimiento de la cadena proteica en diferentes enlaces peptídicos, para el caso de la papaína actúa en los enlaces de arginina y lisina y la bromelina actúa sobre las uniones peptídicas formadas por aminoácidos básicos y aromáticos tales como: la lisina, alanina y tiroxina.

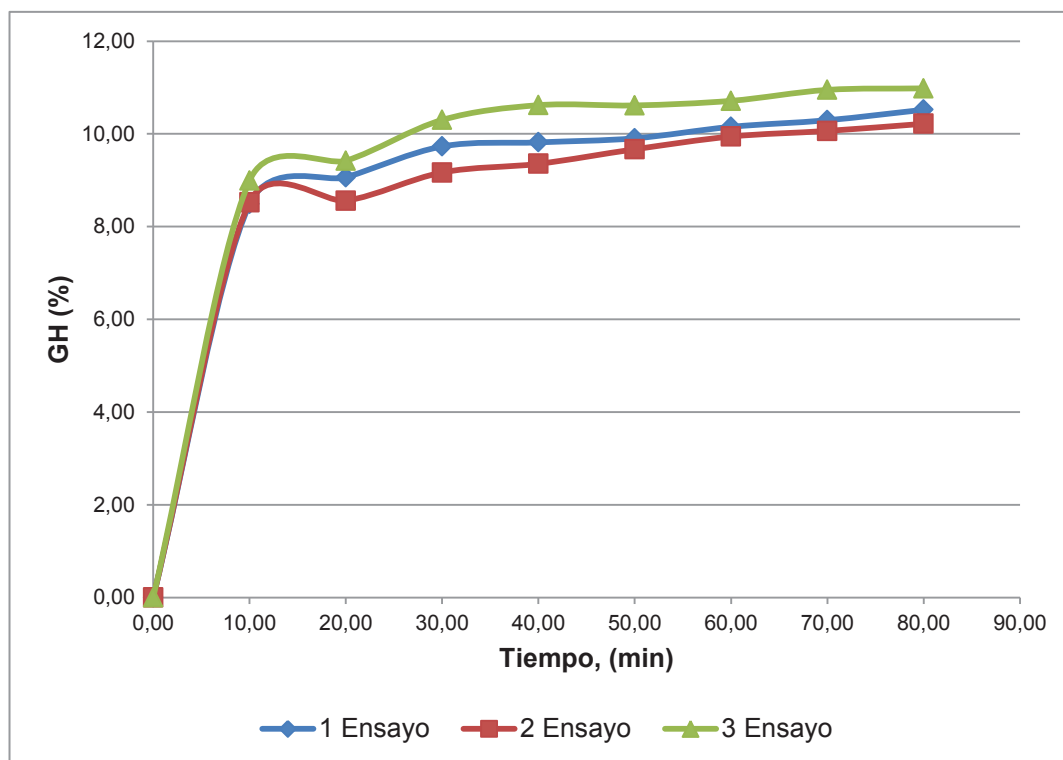


Figura 3. 8. Evolución del grado hidrólisis para la harina de soya con la adición simultanea del extracto de cáscaras de piña y cáscaras deshidratadas de papaya bajo las siguientes condiciones de pH= 7, temperatura 50 °C, agitación constante

Se determina como tiempo de hidrólisis 60 minutos debido a que a partir de este tiempo el grado de hidrólisis empieza a mantenerse constante con un incremento entre el 0,9 y el 2% con respecto al valor anterior hasta alcanzar un grado de hidrólisis entre el 10 y 11%.

Al graficar los datos de grado de hidrólisis se observa en la Figura 3.8 que los 3 ensayos presentan la misma tendencia y las fluctuaciones en las curvas son por efecto del pH y temperatura, variables influyentes en las reacciones de hidrólisis.

Los datos experimentales así como los valores de la proteína soluble y grado de hidrólisis calculados para la construcción de la curva se tabulan en el Anexo VIII.

La Tabla 3.5 sintetiza las mejores condiciones de hidrólisis obtenidos a escala de laboratorio para obtener un producto final con un grado de hidrólisis del 10% mediante la adición simultánea de las dos enzimas presentes en las cáscaras.

El valor de pH y temperatura son valores fijos mientras que para la concentración de sustrato, se tomo el mayor valor de $10 K_M$ obtenido al comparar las constantes obtenidas en la reacción harina de soya- papaína presente en las cáscaras de papaya y harina de soya-bromelina contenida en las cáscaras de piña, con esto se aseguró disponer de la cantidad de harina de soya necesaria sin llegar a añadir excesivas cantidades de sustrato que no serán hidrolizadas.

Con respecto a las relaciones enzima/sustrato se fijaron los valores que permitieron alcanzar un grado de hidrólisis igual a 8% determinadas por el estudio individual de cada enzima.

El tiempo de hidrólisis se fijo en 60 minutos debido a que la curva de hidrólisis obtenida tiende a ser constante a tiempos mayores, por lo cual no presenta ningún beneficio continuar con la reacción.

Tabla 3. 5. Condiciones más adecuadas para la obtención de hidrolizados proteicos de soya a escala de laboratorio empleando cáscaras de piña y papaya

| Mejores condiciones de hidrólisis | Valor |
|--|--------------|
| pH | 7 |
| Temperatura | 50 °C |
| Concentración de sustrato | 15/100 g/ mL |
| Extracto de piña/ harina de soya | 38/100 g/g |
| Cáscara de papaya deshidratada/ harina de soya | 29/100 g/g |
| Tiempo de reacción | 60 min |

3.1.5 OBTENCIÓN DE PASTA DE SOYA HIDROLIZADA A ESCALA PILOTO

3.1.6 PROCESO DE HIDRÓLISIS

Con la información del proceso hidrolítico a nivel de laboratorio se alcanzó un grado de hidrólisis del 10% bajo las siguientes condiciones: pH de 7, T= 50 °C, [S]= 15/100, E/S= 88/100 y 281/100 para la cáscara de piña y de papaya respectivamente y tiempo de hidrólisis 60 minutos.

El escalado a planta piloto se realizó modificando la concentración de enzimas contenidas en las cáscaras de las frutas para obtener el grado de hidrólisis mayor o igual al 8%. Los valores obtenidos son 109/100 y 368/100 g de cáscara fresca de piña y papaya por g de harina de soya respectivamente.

La diferencia de los resultados obtenidos entre los ensayos de planta piloto y laboratorio se debe a que no se puede homogenizar las muestras de cáscaras de piña y papaya en especial la de papaya que es altamente dependiente del grado de madurez mientras que a escala de laboratorio es fácil la selección de cáscaras con menor grado de madurez.

Se incrementó la concentración de enzimas en un 31 y 24% en peso para las cáscaras de piña y papaya, respectivamente.

En la Figura 3.9 se presenta las curvas correspondientes a los valores del grado de hidrólisis por acción de la adición simultánea.

Es importante mencionar que uno de los parámetros a controlar es la agitación, a nivel de planta piloto se utilizó un agitador de paletas cuyo principio de funcionamiento es el impulso de un fluido en la dirección tangencial y radial. Las corrientes de líquido formadas son direccionadas hacia la pared del tanque y después se mueven en dirección vertical de arriba hacia abajo, lo cual impide el depósito de sólidos en las paredes del recipiente en caso de que esto ocurriese disminuiría la transferencia de calor entre el calor suministrado por el vapor y la mezcla reaccionante.

Se observa una variación del grado de hidrólisis al tiempo final de reacción (60 minutos) cuyos valores mínimo y máximo alcanzados son: del 9,65 y 11,00% esta variación es mayor comparada con los datos obtenidos en el laboratorio, cuya variación está entre el 10 y 11%, estas variaciones del grado de hidrólisis se debe a que el régimen de agitación y de temperatura no son sensiblemente controladas esto por el volumen de materiales en proceso.

Además para mantener la temperatura de la suspensión en 50 °C fue necesario un control permanente del flujo de vapor.

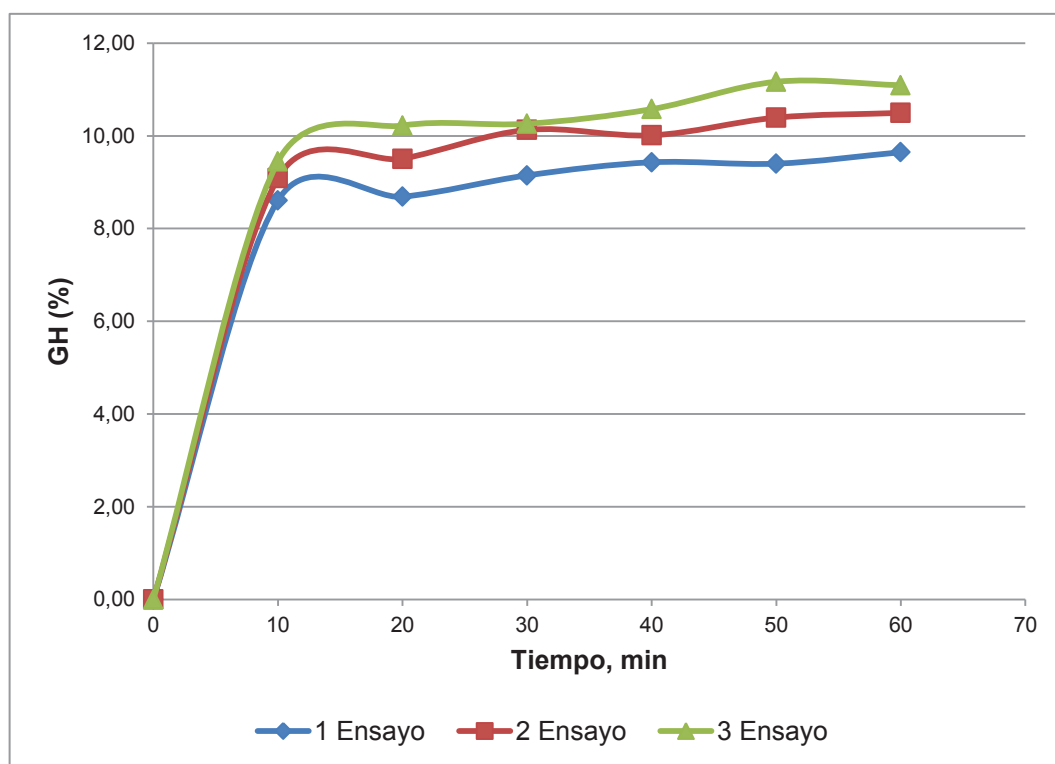


Figura 3. 9. Evolución del grado de hidrólisis para la harina de soya bajo las siguientes condiciones de pH= 7, temperatura 50 °C, agitación constante a escala piloto

Las curvas de evolución del grado de hidrólisis presentadas en la Figura 3.9 tienen similar tendencia a las obtenidas a escala de laboratorio con ciertas fluctuaciones debido al efecto provocado por el ajuste de pH, temperatura y agitación.

Al igual que a escala de laboratorio se observó que a escala piloto los primeros 10 minutos de iniciada la reacción proteolítica presentan un comportamiento creciente lineal a partir del cual los incrementos del grado de hidrólisis disminuyen con el tiempo hasta mantenerse constantes.

En la Tabla 3.7 se resume los valores de las mejores condiciones de hidrólisis a escala de planta piloto. La variable que fue necesaria reajustar es la concentración de enzima, mientras que la concentración de sustrato y tiempo de reacción, pH y temperatura se mantuvieron constantes.

La cantidad de cáscara de papaya es mayor respecto a la cantidad de cáscara de piña debido a que en laboratorio se trabajó con material deshidratado en la cual no influyó el contenido de agua. Al ser expresadas las relaciones por peso de cáscara fresca influyó directamente el contenido de humedad en la cáscara de papaya e incremento su relación cáscara/harina de soya.

Tabla 3. 6. Condiciones más adecuadas para la obtención de hidrolizados proteicos de soya a escala piloto

| Mejores condiciones de hidrólisis | Valor |
|---|--------------|
| pH | 7 |
| Temperatura (° C) | 50 |
| Concentración de sustrato (10K _M) | 15/100 g/ mL |
| cáscara de piña/ soya | 109/100 g/g |
| cáscara de papaya/ soya | 368/100 g/g |
| Tiempo de reacción | 60 min |

3.1.7 SECADO DE LA PASTA HIDROLIZADA

En la Figura 3.10 se presenta la curva de secado de la pasta de soya hidrolizada, deshidratada en un secador de bandejas. La curva presenta tres zonas, la primera corresponde a los 90 primeros minutos de secado, esta se realizó a las siguientes condiciones T= 100 °C y tiempo 60 minutos, los restantes 30 minutos las bandejas fueron sacadas y expuestas al medio con el objetivo de disminuir la temperatura y eliminar la mayor cantidad de agua.

En la zona de los primeros 90 minutos la humedad libre varío de 3,9 a 2,26 kg de agua / kg de sólido seco, es decir eliminó un 42% el contenido de agua presente en la pasta de soya hidrolizada.

Entre el minuto 90 y 120 transcurre la segunda etapa de secado a 70°C correspondiente al periodo de velocidad constante, esta etapa se diferencia claramente en la Figura 3.11.

La tercera zona inicia a partir del minuto 120 y se denomina periodo de velocidad decreciente, en esta etapa la disminución de la humedad libre se registra cada 30 minutos. La diferencia entre secuencia de los valores registrados disminuye desde el 17% hasta variaciones menores al 1%, al final llega a alcanzar la humedad de equilibrio de 0,1 kg de agua / kg de sólido seco, se realizó el seguimiento de la pérdida de peso hasta llegar a los 690 minutos.

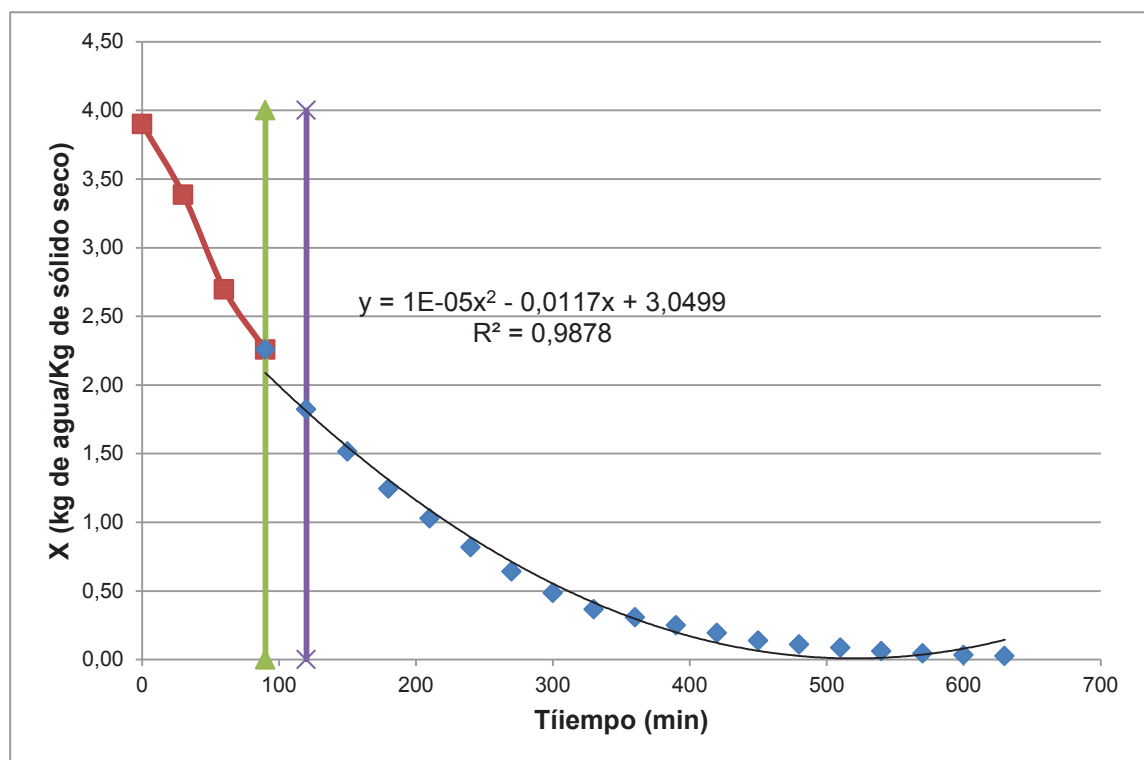


Figura 3. 10. Curva de secado de la pasta de soya hidrolizada a las siguientes condiciones: v aire= 5m/s, $T= 100$ °C, 1 h y $T= 70$ °C, 14 h densidad de carga 8,42 kg/m²

Se determina la ecuación de la curva por regresión a partir de los datos experimentales registrados a una temperatura de 70 °C, el mejor ajuste es una ecuación cuadrática con un factor de 0, valor muy cercano a 1 para considerarlo como el mejor ajuste.

Con respecto a las características del producto, este presentó un pardeamiento y formación de una sola capa sobre la bandeja, por lo cual se requerirá añadir una posterior etapa de molienda del producto deshidratado. Una fotografía de producto final se presenta en el Anexo XII.

En la Figura 3.11 se grafica el perfil de velocidad del proceso de secado en el cual se observan las tres zonas totalmente diferenciadas que también fueron demarcadas en la Figura 3.10.

La primera etapa corresponde al periodo inicial de mayor temperatura en el cual se tienen las más altas velocidades de deshidratación, se llega a alcanzar velocidades de pérdidas de agua de 1,38 kg de agua/kg sólido seco-h. La segunda etapa representa el periodo de velocidad constante, cuyo valor es de 0,87 kg/h y tiene un tiempo de duración de 0,5 h, finalizada esta etapa inicia el periodo a velocidad decreciente.

El tiempo que dura la etapa de velocidad decreciente es de 7,61 h hasta alcanzar un valor de 13% de humedad. Al sumar todos los tiempos incluido el de la zona a alta temperatura se obtiene un tiempo total de 9,61 h de secado para alcanzar una humedad final del 13%.

Debido a que las condiciones de secado por bandejas requiere de un tiempo superior a una jornada de 8 h lo cual obligaría a agregar otro turno en el caso de la producción a escala industrial y las características del producto no son presentables para ser comercializada, se analizó otra alternativa de secado que pueda realizarse con los equipos de la planta piloto.

En primer lugar está el secado por liofilización, esta no es una opción económicamente viable debido al elevado costo del equipo y de operación.

Se analizó el secado por spray dryer para lo cual se requiere que el fluido tenga un bajo contenido de sólidos menor al 30% y baja viscosidad, condiciones que la

pasta hidrolizada no cumple, pues el contenido de sólidos es superior al requerido.

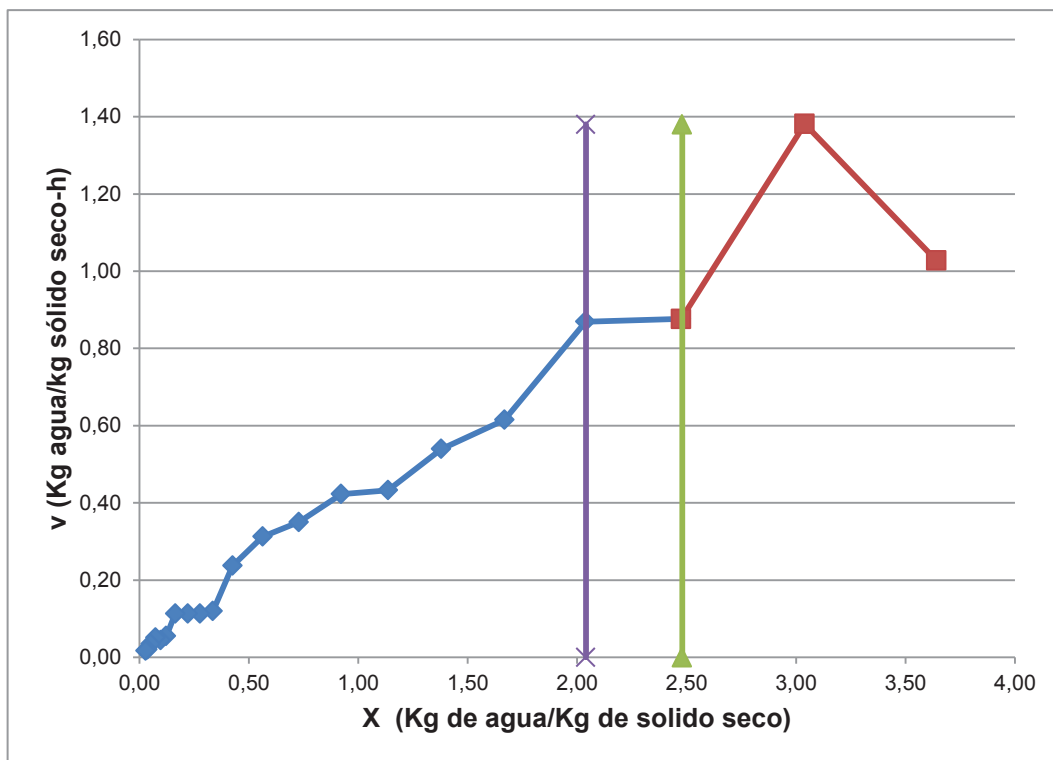


Figura 3. 11. Velocidad de secado de la pasta de soya hidrolizada vs la humedad libre

El secado por rodillos permite la deshidratación de productos pastosos como es el caso de la pasta hidrolizada es decir que se ajusta a las características de la mezcla reaccionante. Se realizó ensayos para esto se fijo la temperatura de superficie de los rodillos entre $90\text{ }^{\circ}\text{C} < T < 95\text{ }^{\circ}\text{C}$ por medio de un flujo constante de vapor, además se vario la velocidad de los rodillos hasta que el producto final obtenido alcanzó una humedad cercana al 13% (b.h.), el valor de velocidad de giro de rodillos determinado fue de 4 rpm. Se llegó a secar 4,8 kg de pasta de soya por hora, con un rendimiento de 99,24% el resto se va en pérdidas por operación. Mientras que en el secador de bandejas se obtiene 0,1 kg de pasta de soya por hora con un rendimiento del 87%.

Se realizó un análisis proximal en las muestras deshidratadas por bandejas y rodillos, cuyos valores se presentan en la Tabla 3.7, observándose que el contenido de proteína es el más relevante seguido del contenido de fibra.

La muestra deshidratada en un secador por rodillos presenta un contenido superior en un 7,4% respecto al contenido de proteína de a muestra deshidratada en un secador de bandejas. Respecto al contenido de fibra en la muestra deshidrata en un secador de rodillos, el valor obtenido es inferior en un 27,50%.

El porcentaje de proteína total disminuyó en un 26,00% con respecto a la harina de soya original que presenta un 46,55%, de proteína total, esto se debe a la adición de fibra presente en las cáscaras.

Tabla 3. 7. Caracterización del hidrolizado de pasta de soya, deshidratado por diferentes métodos

| Análisis % | Método de secado | |
|------------------------|-------------------------|----------------|
| | Rodillos | Bandeja |
| Proteína | 34,12 | 31,75 |
| Extracto etéreo | 2,70 | 2,70 |
| Fibra | 6,90 | 8,80 |
| Cenizas | 6,21 | 7,27 |
| Humedad | 12,71 | 12,11 |

Las condiciones de secado en el rodillo no son drásticas, debido a que la temperatura no supera los 100 °C y su tiempo de residencia es del orden de segundos, contrario al secador de bandejas.

El producto final tiene como destino ser parte de los componentes para la formulación de alimentos balanceados para aves, y por lo tanto debe cumplir con el contenido de humedad menor al 13%, los valores obtenidos en los dos métodos de secado cumplen con el valor establecido.

3.1.8 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

El diagrama de flujo permitió determinar la secuencia de operaciones básicas para la elaboración de pasta de soya hidrolizada.

En la Figura 3.12 se detalla el diagrama de flujo en bloques para la producción de pasta de soya hidrolizada a escala piloto.

Las etapas que comprenden el proceso de elaboración de pasta de soya inician con la recepción de las cáscaras que posteriormente fueron pesadas en la cantidad necesaria y luego trituradas por separado en un desintegrador Rietz, resultado de esta etapa se obtuvo una mezcla de apariencia pastosa.

Paralelamente se llevó la pasta de soya a molienda y la harina obtenida fue vertida en una marmita usada como reactor acoplada a un agitador eléctrico en la cual se añadió agua y se agitó hasta formar una suspensión. A través de la chaqueta de calentamiento de la marmita se hizo circular vapor y se midió la temperatura con una termocupla, el valor fue ajustado mediante el incremento o disminución del flujo de vapor.

Una vez disuelta la harina se agregó las cáscaras frescas previamente trituradas en las proporciones determinadas, las cuales se incorporaron con facilidad a la suspensión preparada.

La pasta obtenida se seco en un secador de rodillos, en el cual se fijo la velocidad de giro del rodillo y se controló el flujo de pasta añadida.

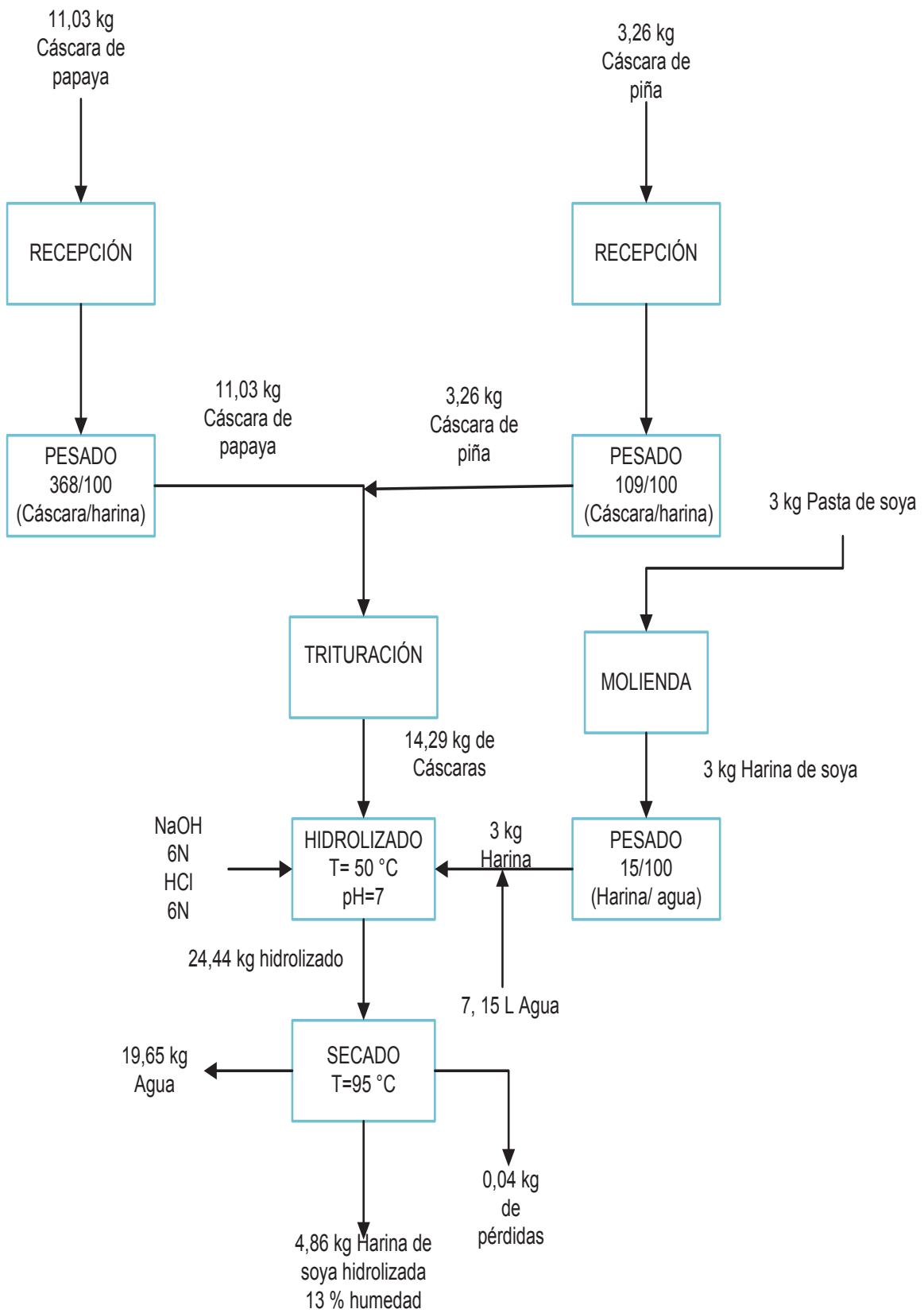


Figura 3. 12. Diagrama de flujo en bloques para la producción de harina de soya hidrolizada a escala piloto

3.1.9 DEFINICIÓN DE LA CAPACIDAD DE LA PLANTA

Para la definición de la capacidad instalada de producción de la planta se consideró la disponibilidad de materia prima y el tamaño de mercado de consumo existente que para el caso son las plantas de elaboración de balanceados.

Se evaluó la disponibilidad de materia prima con base en la información de la producción anual actualizada del año 2010, que dispone el MAGAP.

En la Figura 3.13 se compara la demanda contra la oferta anual para conocer si el mercado nacional satisface las necesidades de la planta.

En la Tabla 1.1 se resume la producción anual de soya, obtenida a partir de la producción total, la cantidad que va direccionada para el proceso de extracción del cual se obtiene como subproducto la pasta de soya. De acuerdo al balance de masa realizado para la producción de 1 t de harina de soya hidrolizada, se determinó un requerimiento de 222,30 t esto equivale al 0,58% de la totalidad disponible.

Se calculó la cantidad de cáscara de piña eliminada como desecho agroindustrial a partir de la producción anual de la fruta que se indica en la Tabla 1.4, el porcentaje destinado a la producción de enlatados y el contenido de cáscara.

Se tendrá entonces una disponibilidad de 11 507,31 t anules de cáscara y mientras tanto la demanda es de 241,67 t equivalente a un 2,10% de la materia disponible.

El análisis de la disponibilidad de cáscara de papaya se realizará igual que en los casos anteriores. En la Tabla 1.6 se registra una producción de papaya. El requerimiento de cáscaras de papaya es 817,52 t, esto representa un 33,80% de la oferta total de los desechos producidos por las industrias procesadoras de enlatados y pulpas de papaya

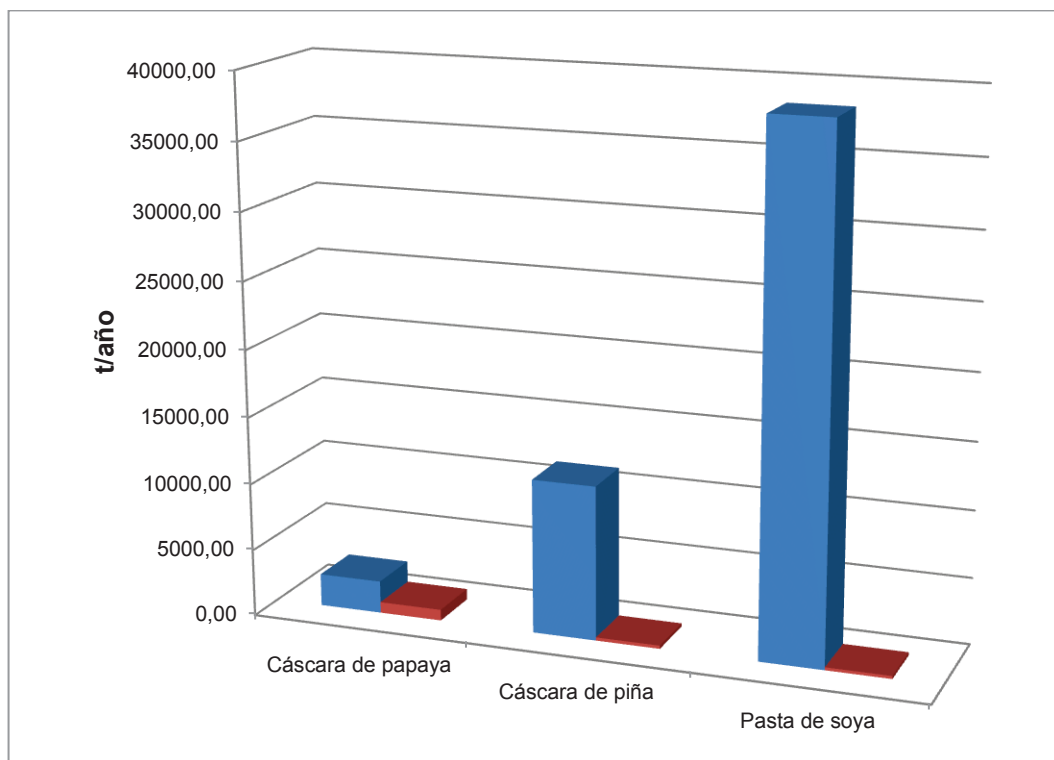


Figura 3. 13. Oferta y demanda de materia prima requerida para la producción de harina de soya hidrolizada

Respecto a la demanda de producto final obtenido a partir de la información disponible en la página de la Asociación Ecuatoriana de Fabricantes de Alimentos Balanceados para Animales (AFABA), se observa en la Tabla 3.8 que mensualmente se requiere de 23 078 t. La planta mensualmente abastece un 0,13% de la cantidad de pasta de soya demandada.

Tabla 3. 8 Necesidades mensuales de materias primas de la industria de alimentos balanceados para el año 2011

| Producto | Peso (toneladas métricas) |
|-----------------------|---------------------------|
| Maíz duro | 39 093 |
| Torta o pasta de soya | 23 078 |
| Total | 62 171 |

Con base en la disponibilidad de materia prima y demanda del producto final, la capacidad instalada de producción diaria se define en 1 t diaria de producto final con la posibilidad de incrementar la capacidad de producción.

3.1.10 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO PFD

Se elaboró el diagrama de flujo del proceso (PFD) para la producción de 1 t de harina de soya hidrolizada por día, en una jornada de trabajo de 8 h. En la Figura 3.14 se observan los equipos que serán usados, la secuencia de los mismos y una tabla que resume el valor de cada corriente.

Se determinó el requerimiento de vapor a partir de un balance de energía en el secador de rodillos. El secador de rodillos requiere un flujo de vapor de 490,12 kg/h, el cual es eliminado como líquido condensado, mientras que los reactores requieren 237,35 kg/h de agua caliente para mantener la temperatura de la mezcla en 50 °C, esto representa un 48,43% de la disponibilidad de agua caliente que sale del secador, es decir el agua condensada que sale del secador suple los requerimientos de los reactores.

Los equipos necesarios para la planta de producción de pasta de soya hidrolizada son: 1 silo para la recepción de pasta de soya y 2 tolvas para las cáscaras de piña y papaya.

Las cáscaras serán transportadas a través de un transportador de tornillo helicoidal hacia el desintegrador. Se eligió un transportador helicoidal por las características de diseño, este al no tener un eje central evita la aglomeración del producto de diferente tamaño y constitución pastosa.

La pasta de soya es almacenada en el silo es llevada hacia el molino de discos a través de un tornillo sin fin de hélice seccional, por las características de la pasta como: baja humedad 7% (bh) y ausencia de aglomeración, el tornillo de hélice seccional se presenta como la mejor elección respecto al tornillo helicoidal que no tiene un eje.

Se seleccionó un molino de discos debido a que estos están diseñados para la obtención de harinas de cereales, además permite controlar el tamaño de partícula deseado, al variar la distancia entre discos.

La harina de soya obtenida será llevada a una tolva de pesaje, la cual transferirá la harina a un reactor marmita que será usada como reactor. Se usaran dos

reactores que trabajaran en batch y estarán desfasados 30 minutos. A los reactores se alimenta agua para la preparación del medio y a continuación ingresaran las cáscaras trituradas.

Las cáscaras trituradas que salen del desintegrador son transportadas hacia los reactores mediante una bomba de tornillo, esta es específica para fluidos viscosos.

Se colocara un equipo dosificador que estará encargada de enviar acido clorhídrico o hidróxido de sodio para mantener constante el pH de 7 la mezcla que contiene el reactor.

La pasta hidrolizada será llevada al secador de rodillos a través de una línea en la cual se colocará una bomba de tornillo. El producto seco se llevará a una tolva de almacenamiento mediante a través de un transportador de cangilones para su posterior envasado. Se incluirá una envasadora de 50 kg.

Las etapas que conforman el proceso, son las siguientes: Recepción, triturado, hidrolizado, secado, envasado y almacenado.

Recepción

Los residuos son recolectados de las industrias procesadoras de pulpa y jugos ubicados en la vía Daule y en los alrededores de la ciudad de Guayaquil.

Triturado

Los residuos clasificados son pasados a través del desintegrador, con el objetivo de reducir su tamaño, homogenizar la muestra y mejorar la mezcla con las otras materias primas.

Molienda

La pasta de soya comercial es molida en un molino de discos y almacenada para su posterior uso. La pasta es transportada por un tonillo sin fin hacia el molino.

Hidrolizado

El hidrolizado se llevo a cabo en una marmita acoplado con un agitador mecánico, montado en un eje y accionado por un motor eléctrico. La agitación es un factor importante en el proceso de hidrólisis debido a que permite la mezcla de los componentes y disminuye la formación de regiones estancadas y puntos de sobrecalentamiento. La alta viscosidad de la mezcla obtenida al añadir las cascaras y harina requiere que el sistema tenga una adecuada agitación con el objetivo de mantener el mismo valor de temperatura en cualquier punto. La temperatura son medidas con una termocupla en varios puntos de la pasta y esta se controla por el incremento o disminución del flujo del agua suministrado.

Secado

La pasta hidrolizada es pasada a través de un secador de rodillos, la velocidad de los rodillos se mantiene en la mínima, mientras el flujo de vapor que ingresaba al interior de los rodillos y la alimentación de la pasta se mantuvo en un flujo constante. El producto final alcanza una humedad menor al 13%, como establece la norma INEN 1830:1992.

Envasado y almacenado

La pasta seca se procedió a envasar en sacos de polipropileno en presentaciones de 50 kg y finalmente fueron almacenados a temperatura ambiente para su posterior distribución a las plantas procesadoras de balanceados.

3.2 LAYOUT DE LA PLANTA

3.2.1 LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA

La localización de la planta es una decisión relevante en la elaboración de un proyecto debido a que esto influirá en los gastos para la empresa, lo cual limitará directamente en la capacidad competitiva de la misma. Se definió la macro localización, es decir la región o territorio en la cual se instalará la planta, para esto se consideró los siguientes factores: disponibilidad de materias primas, servicios básicos (Luz, agua, teléfono), combustible, mano de obra, leyes y reglamentos.

De acuerdo a la disponibilidad de materia prima, es necesario estar situada cerca de las plantas productoras de enlatados y pulpas de frutas, para de esta forma evitar recorridos innecesarios que puedan provocar fermentación.

Entre las plantas que podrían abastecer de materia prima están: Conservas del Guayas y Tropifrutas S.A., ubicadas en la vía Daule, en el parque industrial de Guayaquil. Mencionadas empresas son líderes en la exportación de productos enlatados además de satisfacer la demanda del mercado interno. Otras plantas procesadoras de fruta situadas en la ciudad de Guayaquil cerca del Parque industrial pero de menor capacidad de producción son: Compañía Agrícola e Industrial Ecuaplantation S.A., Exofrut, Fadesa Group y Agroindustrial del Pacífico.

El parque industrial de Guayaquil ubicado en la vía Daule dispone de servicios básicos y vías de acceso de primer nivel.

En la provincia del Guayas se conoce que se encuentran operando 21 plantas productoras de balanceados, estos serán los potenciales compradores del producto final.

Con estos antecedentes la macro localización de la planta procesadora de hidrolizado de pasta de soya se establece en el parque industrial de Guayaquil.



Figura 3. 15. Zona industrial de Guayaquil, vía Daule

3.2.2 SELECCIÓN DE EQUIPOS

Los equipos para el proceso de elaboración de la pasta de soya hidrolizada fueron seleccionados en función de la capacidad para producir 1 ton por día de producto final, características del material del proceso y disponibilidad de los mismos en el mercado. A partir de los balances de masa presentados en la Figura 3.7 se definió el equipo y la capacidad operativa de cada uno.

La demanda de materia prima permitió dimensionar los tanques de almacenamiento. En el caso de la pasta de soya la recepción será cada 7 días, el silo fue dimensionado con esta información. A diferencia de las cáscaras de piña y papaya cuya recepción será diaria, con base en esto se dimensionó los recipientes de almacenamiento para cada una.

La recepción de las cáscaras se realizará la tarde anterior para asegurar la producción del día siguiente y el tiempo de almacenamiento no superará las 24 h para evitar daños en las mismas.

Tabla 3. 9. Cantidad de materia prima para la producción diaria de pasta de soya hidrolizada

| Materia prima | Demanda de materia prima diaria (kg) |
|----------------------|---|
| Pasta de soya | 671,48 |
| Cáscara de piña | 670,75 |
| Cáscara de papaya | 2 270,89 |

En la Tabla 3.10 se enumeran los equipos requeridos para el proceso, con su respectiva capacidad. La selección de equipos en función de los requerimientos de material a procesar sin sobredimensionar los equipos con el objetivo de eliminar un gasto innecesario e incrementa el consumo de energía eléctrica o combustible. Tampoco se deberá sub dimensionar por que provocaría la generación de cuellos de botella que impidan cumplir con la planificación establecida para la cual fue diseñado el proceso.

Las características de los equipos seleccionados se detallan en el Anexo XI.

Para la molienda de la pasta de soya se usará un molino de discos, este permite alcanzar un tamaño de partícula menor a 300 μm , la finalidad de la reducción de tamaño es facilitar la mezcla con las cáscaras y de esta forma asegurar que las enzimas actúen en la cadena de proteína.

La mezcla de materias primas se llevará a cabo en una marmita para lo cual se ha establecido que se requiere de 0,42 minutos para la preparación del reactor batch, durante este tiempo se realizará la alimentación de la harina de soya y el agua mientras se incrementa la temperatura hasta 50 °C, e inmediatamente se procede a la adición de las cáscaras.

El tiempo de reacción es de 1,0 h, posterior a esto se estima 0,5 h para la descarga de la pasta hidrolizada con un flujo constante de 624,15 kg/h que será alimentado al secador. Una vez que se termina de descargar el primer reactor se debe disponer de un segundo el cual se preparará a las 0,5 h después de iniciar los trabajos con el primero, con esto se asegura una alimentación constante al secador. Para la producción diaria es necesario preparara 16 lotes. Se determinó

un volumen de reactor de 500 L en el cual se prepararan lotes de 300 L, al trabajar con reactores pequeños se facilita su operación y el control del pH y temperatura parámetros que influyen directamente sobre las características del producto final.

Los requerimientos de vapor para la planta se obtuvieron del balance de energía realizado en el secador, este es el equipo que presenta mayor demanda, seguido de estos están los reactores que son marmitas enchaquetadas por las cuales circulan vapor o agua caliente. Para los cálculos se consideró el calor sensible y latente de la pasta hidrolizada además de la cantidad de agua a evaporar para alcanzar un producto con una humedad final menor al 13%.

Como se demostró con un balance de energía se dispone de condensado que será almacenado en un tanque de recolección para posterior pasar a alimentar los reactores y de esta forma calentar la mezcla.

El condensado que salga del reactor será recirculada al caldero de esta forma mantener un circuito cerrado hasta que las características del agua no se alteren y afecten al buen funcionamiento de los equipos.

El producto deshidratado será almacenado en una tolva por medio de un tornillo helicoidal seguido de un transportador de cangilones y al final del turno iniciar con el ensacado del producto en presentaciones de 50 kg.

Dentro de lo posible se requiere que el proceso sea continuo por lo cual la trituración de las cáscaras se realizará en función de los requerimientos de cada lote y de esta forma no afectar la actividad enzimática de las cáscaras que por trituración y tiempo de espera, se pueden favorecer o acelerar las reacciones de oxidación en el material triturado.

El reactor opera por lotes, por lo cual la alimentación de las cáscaras trituradas al mismo será semi-continua como consecuencia el desintegrador operará en función de los requerimientos de los lotes.

Los procesos de molienda, trituración se mantendrán intermitentes mientras se alimenta cada reactor que presentan un desfase de 30 minutos uno respecto a otro con el fin de tener una alimentación continua al secador.

Tabla 3. 10. Listado del equipo requerido para el proceso

| EQUIPO | FUNCIÓN | CANTIDAD | CAPACIDAD CALCULADA |
|-----------------------------------|---|-----------------|----------------------------|
| Tanque de almacenamiento | Almacenado de cáscara de piña | 1 | 0,64 m ³ |
| Tanque de almacenamiento | Almacenado de cáscara de papaya | 1 | 2,16 m ³ |
| Silo | Almacenado de pasta de soya | 1 | 6,78 m ³ |
| Tornillo sin fin helicoidal | Traslada las cáscaras de papaya desde los tanques de almacenamiento hacia el desintegrador | 1 | 283, 86 kg/h |
| Tornillo sin fin helicoidal | Traslada las cáscaras de piña desde los tanques de almacenamiento hacia el desintegrador | 1 | 83,84 kg/h |
| Tornillo sin fin hélice seccional | Transporta la pasta de soya del tanque de almacenamiento hacia el molino y la harina de soya hacia el reactor | 2 | 77,19 kg/h |
| Molino de discos | Reduce tamaño de pasta de soya a harina de soya | 1 | 77,19 kg/h |
| Tolva de pesaje | Permite pesar la harina que sale del molino y luego será descargada en el reactor | 1 | 38,59 kg |
| Desintegrador | Reduce y homogeniza el tamaño de las cáscaras | 2 | 322,70 kg/h |
| Reactor | Sistema en el cual ocurre la reacción | 2 | 0,26 m ³ |
| Secador de rodillos | Elimina el agua presente en la mezcla | 1 | 624,15 kg/h |
| Caldero | Suministro de vapor para el rodillo y reactores | 1 | 490,11 kg/h |
| Transportador de cangilones | Traslada la pasta de soya seca hidrolizada hacia un silo de almacenamiento | 1 | 125,00 kg/ h |
| Silo | Almacena la pasta seca hidrolizada que sale del secador | | 0,43 m ³ |
| Ensacadora | Llenado de sacos de 45 kg para su venta | 1 | 2,78 fundas/h |

En la Tabla 3.11 se listan los equipos con su capacidad nominal y capacidad utilizada.

De acuerdo a las capacidades nominales y requeridas se establece que los equipos seleccionados satisfacen la demanda de producción planificada, además permitirán un incremento en la producción en el caso de existir una mayor demanda.

De acuerdo a la capacidad utilizada se observa que los posibles cuellos de botella son el desintegrador, reactores y secador, sus capacidades limitarán la capacidad máxima de producción.

Mientras que el molino y la ensacadora se ajustaran sobre la producción máxima, debido a que actualmente no es usada ni el 50% de su capacidad nominal.

Tabla 3. 11. Capacidad de operación de los equipos de la planta

| Equipo | Capacidad nominal | Capacidad en uso | % Capacidad utilizada |
|---------------|--------------------------|-------------------------|------------------------------|
| Molino | 210 kg/h | 77,19 kg/h | 36,75 |
| Desintegrador | 1 200 kg/h | 367,71 kg/h | 61,28 |
| Reactores | 6 800 L | 4161,00 L | 61,19 |
| Secador | 1 030 kg/h | 624,15 kg/h | 60,60 |
| Caldero | 1 000 kg/h | 490,12 kg/h | 49,01 |
| Ensacadora | 100 fundas/h | 2,78 fundas/h | 2,78 |

3.2.3 TAMAÑO DE LA PLANTA

La distribución que más se ajusta al proceso secuencial para la producción de 1 t día de hidrolizado, es por línea de producción o por procesos, en la cual las maquinas se encuentran fijas y los materiales son transportados hacia cada uno de ellas, en lo posible se requerirá de la menor mano de obra debido a que el transporte de los materiales será por transportadoras mecánicas asegurando así un proceso flexible y fiable.

La distribución física en el área de producción es en forma de L, como se observa en la Figura 3.16. La bodega de insumos y tolvas de recepción de las cáscaras son accesibles al área vehicular interna, esto permite el abastecimiento

La bodega de producto terminado se encuentra ubicado al final del proceso en la cual se almacenará el producto final en sacos de polipropileno de 50 kg sobre pallets, con esto se consigue reducir movimientos innecesarios, aprovechar el espacio utilizado, mantenimiento, limpieza y una mayor facilidad de supervisión del proceso.

La superficie para la construcción de la planta es de 475 m² los cuales se han distribuido en diferentes áreas como se indica en la Tabla 3.12.

Tabla 3. 12. Área de cada sección de la planta

| Unidad | Área (m²) | % |
|-------------------------------------|-----------------------------|----------|
| Proceso | 194 | 40,76 |
| Mantenimiento | 14 | 2,84 |
| Bodega de materia prima | 11 | 2,34 |
| Laboratorio | 6 | 1,26 |
| Bodega de producto terminado | 17 | 3,57 |
| Baños y cancelas | 17 | 3,59 |
| Administrativa | 23 | 4,79 |
| Áreas verdes y parqueadero | 194 | 40,85 |
| TOTAL | 475 | 100 |

Para el cálculo del área de proceso se consideró las dimensiones de los equipos, se consideró el espaciamiento entre la pared y equipo de 1,5 m, que permita el movimiento operacional. Se dispone de un 40,85% de área para parqueadero y movilización del transporte que entregará la materia prima y trasladará el producto final. Seguido en importancia esta el área designada para el proceso y la bodega de producto terminado. La Figura 3.16 muestra la distribución de las diferentes áreas en la planta de elaboración de pasta de soya hidrolizada, con sus respectivas acotaciones.

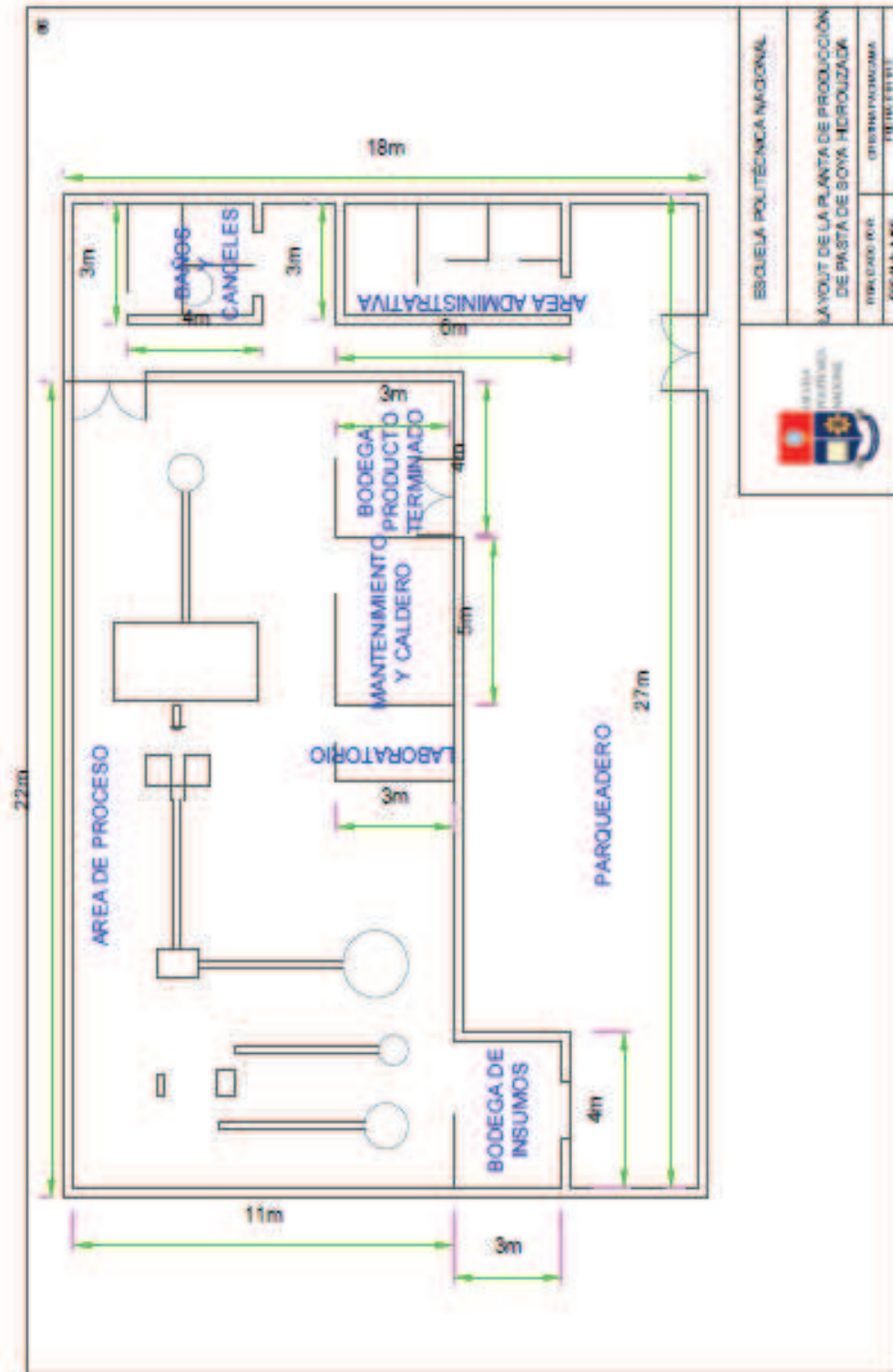


Figura 3. 16. Layout de la planta de producción de harina de soya hidrolizada

3.3 COSTOS DE PRODUCCIÓN

3.3.1 COSTOS DE PRODUCCIÓN PLANTA PILOTO

En la Tabla 3.13 se presentan los costos de operación cotizados de los equipos utilizados en la planta piloto para la producción de 4,37 kg de pasta de soya hidrolizada. Se observa que el calderín generador de vapor y el secador de rodillos representan cerca del 50%. Con base en las observaciones experimentales se recomienda instalar un sistema de ahorro de distribución de vapor con el objetivo de disminuir pérdidas de energía al medio y de esta forma incrementar los costos de generación de vapor.

Otro de los equipos que mayor costo de operación presenta es el secador, debido a que además de requerir vapor necesita de energía eléctrica para el movimiento de los rodillos.

Tabla 3. 13. Costos de equipos usados en la planta piloto

| Equipos | Tiempo operación (h) | Costo \$ | % |
|---------------------|----------------------|----------|-------|
| Calderín | 4,00 | 8,52 | 48,27 |
| Molino Alpine | 0,25 | 0,73 | 4,14 |
| Olla volteo 20 L | 2,00 | 0,73 | 4,14 |
| Desintegrador Rietz | 0,25 | 0,28 | 1,59 |
| Secador de rodillos | 2,00 | 5,14 | 29,12 |
| Uso de edificio | 0,65 | 2,25 | 12,74 |
| TOTAL 1 | | 17,56 | 100 |

En la Tabla 3.14 se observan los costos de materia prima empleados en el proceso de hidrólisis. Las cáscaras son un desecho que no tiene precio pero si se considera el costo de transporte desde las plantas procesadoras de frutas hacia la planta piloto, que para el caso se recolectaron de las empresas La Jugosa y Morvie, las cuales están localizadas en el Valle de los Chillos a 40 minutos de la planta piloto.

El costo de la pasta de soya representa el 52% seguido del valor del transporte de las cáscaras. El costo de agua como materia prima es el menor valor dentro de los materiales debido a que la cantidad requerida también es menor respecto a las cantidades del resto de materias primas.

Tabla 3. 14. Costos de materia prima para el proceso de hidrolizado

| Costos materia prima | Precio \$/kg | Costo (\$) de insumos para el proceso | % |
|----------------------|--------------|---------------------------------------|-------|
| Pasta de soya | 0,50 | 1,50 | 52,08 |
| Cáscara de papaya | 0,05 | 0,50 | 17,36 |
| Cáscara de piña | 0,05 | 0,50 | 17,36 |
| Agua | 0,76 | 0,38 | 13,19 |
| TOTAL 2 | | 2,50 | 100 |

El costo total del producto se determinó por la adición de todos los gastos cuyo valor determinado es de 4,61 \$/kg como se observa en la Tabla 3.15.

El costo del producto determinado a nivel de planta piloto permite estimar cual será el costo predominante en la inversión a escala industrial, el precio determinado no es un valor competitivo en el mercado, simultáneamente se observa que los costos de operación de los equipos es el factor predominante para determinar el costo final del producto.

Tabla 3. 15. Costo por kilo de producto obtenido

| Variable | Valor | % |
|----------------------|-------|-------|
| TOTAL 1 | 17,65 | 87,59 |
| TOTAL 2 | 2,88 | 14,29 |
| TOTAL | 20,15 | 100 |
| Producto kg | 4,37 | |
| Costo (\$/kg) | 4,61 | |

3.3.2 COSTOS DE PRODUCCIÓN PLANTA INDUSTRIAL

Para analizar los costos de producción a escala industrial se determinó los costos de materia prima, equipo, mano de obra directa e indirecta, suministros, etc.

Los costos de materia prima son anuales y se determinaron en función del balance de masa de la Figura 3.8. Se observa el costo de pasta de soya es el valor más representativo dentro de las materias primas debido a que este tiene un valor comercial a diferencia de las cáscaras que son desperdicios .

La Tabla 3.25 resume los costos de producción, el costo de materiales directos es el rubro más representativo respecto a los otros costos, este es seguido por el costo de suministros en los cuales se incluye el costo de energía eléctrica, combustible y agua.

Respecto a la mano de obra directa, se redujo al mínimo el personal capaz de operar la planta, esto fue posible por el diseño de la planta, debido a que el transporte del material de un equipo a otro se realiza en forma mecánica a través de tornillos sin fin. Esto también disminuye movimientos innecesarios tanto del material a procesar como el personal.

Para el cálculo de la depreciación se consideró que esta es lineal, para esto se consideró el costo de construcciones y equipos los valores determinados se presentan en el Anexo XII. Respecto a los rubros considerados para los suministros se enumeran los siguientes, agua, combustible y energía eléctrica.

Con el propósito de disminuir costos se recomienda instalar un sistema de ahorro de energía en líneas de vapor, para lo cual será necesario el aislamiento de tuberías e instalación de trampas de vapor, debido a que el combustible representa un 79 % del costo total de suministros y por pérdidas de energía al medio será necesario incrementar el uso de combustible lo cual genera un costo adicional.

El valor destinado para mantenimiento de equipos debe estar de la mano con un plan de mantenimiento que permita el correcto funcionamiento de cada equipo sin presentarse paros en la planta por daño de alguno de ellos.

A partir de los costos de producción se determinó el mínimo del producto de 0,86 \$/kg, con el valor de las ventas se puede cubrir costos y gastos operativos si obtener ganancia alguna

Tabla 3. 16. Costos de producción a escala industrial

| COSTO | (USD) | % |
|----------------------------|--------------|----------|
| Materiales directos | 121 737 | 55,78 |
| Mano de obra directa | 11 632 | 5,33 |
| Carga fabril | | |
| Mano de obra indirecta | 26 503 | 12,14 |
| Materiales indirectos | 400 | 0,18 |
| Depreciación | 2 733 | 1,25 |
| Suministros | 49 290 | 22,59 |
| Reparación y mantenimiento | 1 184 | 0,54 |
| Seguros | 710 | 0,33 |
| Imprevistos | 4 041 | 1,85 |

Al formular balanceados con la pasta de soya hidrolizada se tendría un producto potencialmente competitivo en el mercado debido a que el precio a la venta sería ligeramente mayor o igual a los balanceados comunes pero ofrecería ventajas como disminución en el consumo de alimento por parte del animal y una mayor ganancia de peso (Bermeno, 2013, p. 1).

Tabla 3. 17. Variables para determinar el costo unitario del producto

| Variable | Valor | Unidad de medida |
|---|--------------|-------------------------|
| Costo de producción | 218 230 | USD |
| Tasa de rendimiento mínimo (i min) | 20 | % |
| Utilidad neta | 32 211 | USD |
| Utilidad bruta | 96 633 | USD |
| Ventas anuales | 314 863 | USD |
| Costo unitario del producto /kg | 0,87 | USD |

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- El uso de desechos agroindustriales como son: las cáscaras de piña y papaya así como la pasta de soya en la obtención de hidrolizado permitió reducir los efectos de contaminación y ofrecer un valor agregado a estos subproductos.
- La concentración de proteínas y actividad enzimática en la cáscara de piña y papaya son: 0,38/100 gramos de cáscara fresca, 6042 U/kg de cáscara y 0,07/100 gramos de cáscara fresca, 1928,76 U/kg de cáscara fresca respectivamente.
- A escala de laboratorio las mejores condiciones son: 15 g / 100 ml (harina/agua), 29 g/100 g (cáscara de papaya deshidratadas/ harina), 38 g/100 g (extracto de cáscara de piña/ harina) y tiempo de reacción 1h.
- A escala piloto la relación enzima sustrato fue modificado a 368 y 108,63 gramos de cáscara de papaya y piña por cada 100 gramos de harina de soya respectivamente
- Se consiguió un producto con un grado de hidrólisis promedio a escala piloto de 10,41%
- El método más adecuado para el secado de pasta de soya hidrolizada es el secado por rodillos, a través del cual se obtuvo un producto con una humedad final del 12,7%.
- La oferta interna suple las necesidades de materia prima requerida para la producción de 1000 kg /día de pasta de soya hidrolizada a escala industrial, además cubre el 0,1% de la demanda de pasta de soya usada para balanceados avícolas.
- El área de la planta de capacidad instalada, 1 t/día es de 477 m².
- El costo de producción de pasta de soya hidrolizada a escala de planta piloto es de 4,61 \$/kg.

- El costo mínimo de venta del producto para que la empresa no tenga pérdidas ni utilidad es de 0,87 \$/kg.

4.2 RECOMENDACIONES

- Modelar y simular el proceso de hidrolizado con un controlador de temperatura y pH en los reactores para obtener un producto de características similares por lote y evitar el consumo innecesario de energía y reactivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Andrade, V., (2008), Presente y futuro de las oleaginosas en el Ecuador, Cultivos energéticos alternativos, Recuperado de <http://publicaciones.pucesi.edu.ec/documentos/libros/cultivos/59-74.pdf>
2. American Soybean Association, (2009), La soya, sus productos y aplicaciones, International Marketing, 1(1), 2-33, Recuperado de http://www.soyamex.com.mx/ASA%20SOY%20101%20FOR%20CH EFS_27may09-HIGH.pdf
3. Arata, A. (2009), *Ingeniería de la confiabilidad operacional en plantas industriales*. (1ra), Chile: RIL editores.
4. Barbosa, G., Vega, H., (2000), Deshidratación de alimentos, (1er. ed.), Zaragoza, España: Aspen Publisher, Inc.
5. Belén, D., Moreno, M., García, D., Medina, C., Sidorovas y A., (2007), Caracterización de un hidrolizado proteico enzimático obtenido del pez caribe colorado (*pygocentrus cariba humboldt, 1821*), 32(3), 188-194. Recuperado de <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=33912609>
6. Benítez, R., Ibarz, A., y Pagan, J., (2008), Hidrolizados de proteína, procesos y aplicaciones, Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana, 42 (2): 227-236. Recuperado de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S0325-29572008000200008&script=sci_abstract , (Mayo,2012)
7. Bermeo C. y Cabezas R., (2013), Efecto de una enzima en dietas a base de maíz-torta de palmiste en la cría y engorde de pollos de carne. 1-35 Recuperado de

http://www.uteq.edu.ec/facultades/pecuarias/archivos/ensima_palmiste.pdf

8. Bohinski, R. (1978). *Bioquímica*. (2da. ed.). Massachusetts, Estados Unidos: Fondo Educativo Interamericano.
9. Braverman J., (1990), *Bioquímica de los alimentos*, El manual moderno, México, México, 358.
10. Buitrago, A., Portela, C., Eusse, G. (1992) Grano de soya en alimentación de cerdos y aves. Asociación americana de soya.
11. Buttazzoni, M., y Caffini, N., (1982), Panorama actual de las enzimas proteolíticas vegetales, *Acta Farmaceutica Bonaerense*, 1(1), 23-38
Recuperado de http://www.latamjpharm.org/resumenes/1/1/LAJOP_1_1_2_1.pdf
12. Calvo, D. (2003), La soja: Valor dietético y nutricional, Recuperado de http://www.diodora.com/documentos/nutricion_soja.pdf, (Enero, 2013)
13. Castillo, P. (2007), *Extracción, purificación y caracterización de proteasas vegetales* (1ra.). Quito, Ecuador
14. Chaiwut, P., Nitsawang, S., Kanasawud, P., y Shank, L., (2006) A comparative study on properties and proteolytic components of papaya peel and latex proteases. *Chiang Mai J. Sci.*, 34(1), 109-118.
Recuperado de <http://www.science.cmu.ac.th/journal-science/josci.html> (Julio, 2012)
15. Centros Europeos de Empresas Innovadoras, (2008), Manual de Distribución en planta. Recuperado de <http://www.mediafire.com/view/?t4srpb4s3zv34as> (Mayo, 2013)

16. Dudley, W. (2013), Calidad de la harina de soja, Seminarios de control de calidad de materias primas, IV Jornadas sobre control de calidad de harina de soja y soja integral, Misuri, USA. Recuperado de ftp://asaim-europe.org/Backup/pdf/sbm_qual_s.pdf (Mayo, 2012)
17. Eliécer, J. (2002), Producción y aplicación de enzimas industriales, *Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 1(1), 9-15. Recuperado de <http://www.unicauca.edu.co/biotecnologia/ediciones/vol1/Ar11.pdf> (Junio, 2012)
18. Escritorio Comercial, (2012), Recuperado de <http://www.embequador.org.br/4-20.pdf> (Diciembre, 2012)
19. Envasados Agrícolas y Frutales, Compañía Anónima (ENVAGRIF) (2012) Recuperado de http://www.envagrif.com/nosot_esp.htm (Diciembre, 2012)
20. Food and Agricultural Organization (FAO), (2012), Producción-Cultivos: Estadísticas de área cosechada, rendimiento, producción-cantidad y semillas (FAOSTAT), Recuperado de <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#anchor> (Noviembre, 2012)
21. Flávia, K., Sousa, C., y Salomao, S. (2004) Biochemical characterization of select plant species from brazilian savannas. *Brazilian archives of biology and technology*, 47(2), 253-259. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/babt/v47n2/20574.pdf> (Julio, 2012).
22. Fresh plaza, (2011), Ecuador: son producidas 3 variedades de papaya, Recuperado de http://www.freshplaza.es/news_detail.asp?id=48193 (Agosto, 2012)

23. Food and agricultura organization of the Unites Nations, FAO, (1976),
Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados,
Recuperado de:
<http://www.fao.org/docrep/field/003/ab492s/AB492S06.htm> (Junio,
2012)
24. Fundación de Desarrollo agropecuario, Inc.(FDA), (1998). Cultivo de
Lechosa, 2(14), Recuperado de
http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CC0QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.elportalaagricola.com%2Findex.php%3Foption%3Dcom_docman%26task%3Ddoc_download%26gid%3D32%26%26Itemid%3D138&ei=2R28ULKrAYWu8ASPzoCoCQ&usg=AFQjCNFd-MdpF2VsUH1zzpWckdbjd5yp3w&sig2=38q2ODdSAaHn-slcMZ5vMw (Septiembre, 2012)
25. Galván, A., y Reyes, E., (2012), Métodos para la cuantificación de proteínas,
Recuperado de
<http://www.uco.es/organiza/departamentos/bioquimica-biol-mol/pdfs/>
, (Marzo, 2012)
26. Garzón V., (2010), La soya, principal fuente de proteína en la alimentación
de especies menores. Recuperado de <http://www.engormix.com/MA-avicultura/nutricion/articulos/soya-principal-fuente-proteina-t3104/141-p0.htm> (Marzo, 2012)
27. Geankoplis, C., (1998), Procesos de transporte y operaciones unitarias, (3ra.
ed.). México: Continental.
28. Ghasem, D., (2007), Biochemical engineering and biotechnology, (1er. ed.).
Amsterdam, The Netherlands: Elsevier.

29. Grupo Fadesa, (2012), Foodstuff. Recuperado de <http://www.fadesa.com/Web/Catalog/ProductDetail.aspx?Id=215&CategoryID=15&Cat=ali&ItemID=33>
30. Guadix, A., Guadix, E., Páez, M., González, P., y Camacho, F., Procesos tecnológicos y métodos de control en la hidrólisis de proteínas, *Ars Pharmaceutica*, 41(1), 79-89. Recuperado de http://www.ugr.es/~fcamacho/Originales/Trabajos%20Publicados/ARS_2000.pdf (Octubre, 2012)
31. Guamán R., (2011), Programa Nacional de oleaginosas, INIAP. Recuperado de http://www.iniap.gob.ec/nsite/index.php?option=com_content&view=article&id=22:oleaginosas&catid=6:programas&Itemid=12, (Noviembre, 2012)
32. Guamán, R., Andrade, C., Triviño, C., Arias, M., Espinoza, A., Peñaherrera, L., Vladivieso, E., Mite, F., Apuño, S., Viteri, G., (2005), Manual del cultivo de soya, (2da ed.) Guayaquil, Ecuador: Editorial Raíces
33. Guananga, L. Gutierrez, M., Pucha, J., (2009), *Cadena logística de exportación papaya hawainana variedad solo*, (Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero comercial). Recuperado de <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/10336>
34. Gutiérrez, M., Geraldine, S., Velásquez, S., Virginia, E., y Ferrer, J., (2008), Determinación del efecto de la maduración de la lechosa (*Carica Papaya L.*) sobre la concentración de la Papaina. Recuperado de <http://www.uru.edu/fondoeditorial/articulos/ARTICULO%20CIENT%203%20SOBRE%20EXTRACCI%20DE%20PAPAINA%20DE%20LA%20LECHOSA.pdf> (Junio, 2012)

35. Hernández, M., Carvajal, C., Márquez, M., Báez, R., Morris, H., Santos, R., Chávez, M., (2005), Obtención de preparados enzimáticos a partir de tallos de piña (*Ananas Comsus*) con potencialidades de uso en la biotecnología y la medicina. Revista CENIC Ciencias Biológicas 36(Especial), Recuperado de <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=181220525089> (Mayo, 2012)
36. Instituto ecuatoriano de normalización (INEN), (2012), INEN 519 Harinas de origen vegetal, Determinación de proteína. Recuperado de <http://www.inen.gob.ec/images/pdf/nte/519.pdf> (Julio, 2012)
37. Instituto ecuatoriano de normalización (INEN), (2012), INEN 543 Alimentos para animales, Determinación de proteína cruda. Recuperado de <http://www.inen.gob.ec/images/pdf/nte/543.pdf> (Julio, 2012)
38. Instituto ecuatoriano de normalización (INEN), (2012), INEN 517 Harinas de origen vegetal, Determinación del tamaño de las partículas. Recuperado de <http://www.inen.gob.ec/images/pdf/nte/517.pdf> (Julio, 2012)
39. Instituto ecuatoriano de normalización (INEN), (2012), INEN 518, Harina de origen vegetal. Determinación de la pérdida por calentamiento. Recuperado de <http://www.inen.gob.ec/images/pdf/nte/518.pdf> (Julio, 2012)
40. Instituto ecuatoriano de normalización (INEN), (2012), INEN 154 Tamices de ensayo. Dimensiones Nominales de las Aberturas. Recuperado de <http://www.inen.gob.ec/images/pdf/nte/154.pdf> (Julio, 2012)
41. Instituto ecuatoriano de normalización (INEN), (1992), INEN 1830 Alimentos zootécnicos, compuestos para aves ponedoras requisitos.

Recuperado de <http://www.inen.gob.ec/images/pdf/nte1/1830.pdf>
(Enero, 2013)

42. Instituto ecuatoriano de normalización (INEN), (1989), INEN 1705, Alimentos zootécnicos. Pasta o harina de soya. Requisitos. Recuperado de <http://www.inen.gob.ec/images/pdf/nte1/1705.pdf>
43. Instituto de salud pública de Chile, (2012) Determinación de proteínas, Método de Kjeldahl, Recuperado de http://www.ispch.cl/lab_amb/met_analitico/doc/ambiente%20pdf/Proteina.pdf, (Mayo, 2012)
44. Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), (2012), Visualizador de Estadísticas Agropecuarias del Ecuador (ESPAC)-Arboles o plantas permanentes dispersos-Ámbito Provincial. Recuperado de http://www.inec.gob.ec/estadisticas/?option=com_content&view=article&id=103&Itemid=75, (Diciembre, 2012)
45. Jiménez, A., (2003), *Diseño de procesos en Ingeniería Química*, (1ra. Ed.), México: Reverté.
46. Kristinsson, H., y Rasco, B., (2010), Fish protein hydrolysates: Production, Biochemical and Functional properties. *Food Science and nutrition*, 40(1),43,81
47. Lee, J., (2002), *Biochemical Engineering*, (2 da), Washington, Estados Unidos: Prentice-Hall Inc.
48. Liu, S. (2013), *Bioprocess Engineering*, 1ra, New York, Estados Unidos, Elsevier.
49. López, I., Díaz, J., y Merino de Cáceres, F. (1996) La bromelina: Una proteasa de interés comercial, *Ciencia y Tecnología Alimentaria*,

- 1(2), 17-22. Recuperado de www.redalyc.org/redalyc/pdf/724/72410203.pdf (Agosto,2012)
50. Lovrien, R., y Matulis, D., (2012), Current Protocols in protein science. Recuperado de http://www.ibt.lt/uploads/file/bvtl-2/assays_3.pdf , (Mayo, 2012)
 51. McCabe, W., Smith, J., Harriott, P.,(2001), Operaciones unitarias en Ingeniería Química, (6ta. ed.), México D.F., México: The McGraw-Hill Comanies, Inc.
 52. Mercatenerife, (2012), Papaya. Recuperado de <http://www.mercatenerife.es/article.php?id=83&categoryID=7>, (Agosto, 2012)
 53. Ministerio de agricultura, ganadería, acuacultura y pesca (MAGAP), (2011), Sistema de Información Nacional de Agricultura, ganadería, acuacultura y pesca, Producción. Recuperado de <http://servicios.agricultura.gob.ec/sinagap/index.php/superficie-produccion-y-rendimiento/semipermanentes/pina.>, (Noviembre, 2012)
 54. Ministerio de agricultura, ganadería, acuacultura y pesca (MAGAP), (2011), Sistema de Información Nacional de Agricultura, ganadería, acuacultura y pesca, Producción. Recuperado de <http://servicios.agricultura.gob.ec/sinagap/index.php/superficie-produccion-y-rendimiento/transitorios/soya> (Noviembre, 2012)
 55. Ministerio de agricultura, ganadería, acuacultura y pesca (MAGAP), (2011), Sistema de Información Nacional de Agricultura, ganadería, acuacultura y pesca, Producción. Recuperado de <http://servicios.agricultura.gob.ec/sinagap/index.php/superficie->

produccion-y-rendimiento/descargar-excel/file/180-pina, (Noviembre, 2012)

56. Munive, P. (2009). *Elaboración de un suplemento alimenticio en polvo para consumo humano a partir de una mezcla de hidrolizado de soya y almidón de maíz*. (Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial)
57. Nagashiro, C., (2008), Actualidad del uso de enzimas en la nutrición de aves. Recuperado de http://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/actualidad_del_uso_de_enzimas_en_la_nutricion_de_aves_nagashiro.pdf (Diciembre, 2012)
58. Normas Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA), (2008), Necesidades Nutricionales para avicultura: Pollos de carne y aves de puesta. Recuperado de http://www.fundacionfedna.org/sites/default/files/NORMAS_AVES_2008.pdf
59. Oficina Comercial del Ecuador en Moscú, (2010), Piña y papaya. Recuperado de <http://www.embajada-ecuador.ru/comercial/index.php/es/oferta-exportable-del-ecuador/frutas-tropicales-exoticas/280-pina-y-papaya.html> (Agosto, 2012)
60. Parsi, J., Godio, L., Miazzo, R., Maffioli, R., Echevarría, A., y Provencal, P., (2001), Valoración nutritiva de los alimentos y formulación de dietas. Recuperado de http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/16-valoracion_nutritiva_de_los_alimentos.pdf (Marzo, 2012)

61. Pasupuleti, V., Holmes, C., y Demain, A., (2010), Protein Hydrolysates in Biotechnology: Applications of protein hydrolysates in Biotechnology, doi: 10.1007/978-1-4020-6674-0_1
62. Pérez, A., Carvajal, C., Torres, J., Martín, M., Pina, D., Trujillo, R., Lorenzo, J., Natalucci, C., y Hernández, M.,(2006) Actividad proteolítica de extractos enzimáticos obtenidos de plantas de la familia Bromeliaceae. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 11(2) Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962006000200003 (Noviembre, 2012)
63. Puig, A., Gil, I., y Sánchez, O., (2012), Evaluation of drying techniques measuring proteolytic activity of papain obtained from unripe fruit and skin juice, Department of chemical engineering. Recuperado de <http://www.aidic.it/IBIC2008/webpapers/90Puig.pdf> (Agosto, 2012)
64. Pro Ecuador, (2011), Perfil de piña ecuatoriana, Inteligencia Comercial e Inversiones. Recuperado de <http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2011/11/PROEC-P2011-PINA-ECUATORIANA.pdf>
65. Ridner, E. (2006), Soja, propiedades y su impacto en la salud. Recuperado de <http://www.sanutricion.org.ar/pdf/soja.pdf> , (Enero, 2013)
66. Sandoval, C. (2006). *Estudio de factibilidad y rentabilidad del montaje de una planta industrial exportadora de concentrado y jugo de piña*. (Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial). Escuela Politécnica del Litoral, Guayas, Ecuador.
67. Taha, F., Ibrahim, M., y Zanaty, E., (2002), Optimum conditions for enzymatic degradation of some oilseed proteins. *Grasas y aceites*, 53(3), 267-272. Recuperado de

<http://grasasyaceites.revistas.csic.es/index.php/grasasyaceites/articloe/view/316/319> (Junio,2012)

68. Tropifrutas, S.A. Recuperado de <http://www.tropifrutas.com/> , (Diciembre, 2012)
69. Unidad Técnica de Estudios para la Industria (UTEPI), (2006), Piña: Estudio Agroindustrial en el Ecuador. Recuperado de www.unido.org/.../Pina_estudio_agroindustrial_en_el_Ecuador.pdf (Agosto, 2012)
70. Universidad politécnica de Valencia, (2003), Determinación de proteínas de un alimento por el método Kjeldahl. Valoración con un ácido fuerte. Recuperado de <http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16338/Determinaci%C3%B3n%20de%20proteinas.pdf?sequence=1> (Abril, 2012)
71. Vioque, J., Clemente, A., Pedroche, J., Yust, M., Millán, F., (2001), Obtención y aplicación de hidrolizados proteicos, *Grasas y aceites*, 52(2), 132-136. Recuperado de <http://digital.csic.es/bitstream/10261/22048/1/388.pdf> (Junio, 2012)
72. Witaker, JR., (1994) Principles of enzymology for the food sciences, (2 da ed.), Nueva York, EEUU.

ANEXOS

ANEXO I

DATOS EXPERIMENTALES DE HUMEDAD DE LA CÁSCARA DE PIÑA, PAPAYA

Tabla AI. 1. Datos experimentales para determinar la humedad de la cáscara de papaya

| N ° de repeticiones | Peso de cáscara fresca | Peso final de cáscara deshidratada | % Humedad |
|----------------------------|------------------------|------------------------------------|-----------|
| 1 | 76,70 | 9,20 | 88,01 |
| 2 | 197,90 | 18,90 | 90,45 |
| 3 | 130,90 | 13,10 | 89,99 |
| 4 | 157,50 | 15,40 | 90,22 |
| Promedio | | 89,67 | |
| Desviación estándar | | 1,12 | |

Tabla AI. 2. Datos experimentales para determinar la humedad de la cáscara de piña

| N ° de repeticiones | Peso de cáscara fresca | Peso final de cáscara deshidratada | % Humedad |
|----------------------------|------------------------|------------------------------------|-----------|
| 1 | 424,50 | 57,70 | 86,41 |
| 2 | 397,10 | 51,60 | 87,01 |
| 3 | 390,00 | 13,10 | 86,78 |
| 4 | 157,50 | 15,40 | 88,03 |
| Promedio | | 87,06 | |
| Desviación estándar | | 0,70 | |

ANEXO II

DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA TOTAL, HUMEDAD Y PERFIL GRANULOMÉTRICO EN LA HARINA DE SOYA

Tabla AII. 1. Datos experimentales para el cálculo de la proteína total en harina de soya por el método de Kjeldahl

| N ° de ensayos | Paralela 1 | | | | Paralela 2 | | | | % P media |
|---------------------|------------|-----|-------|-------|------------|-----|-------|-------|-----------|
| | V (ml) | N | W (g) | % P | V (ml) | N | W (g) | % P | |
| 1 | 29 | 0,1 | 0,50 | 46,27 | 32,5 | 0,1 | 0,56 | 46,30 | 46,29 |
| 2 | 29,5 | 0,1 | 0,50 | 46,79 | 30 | 0,1 | 0,51 | 46,63 | 46,71 |
| 3 | 30,5 | 0,1 | 0,52 | 46,76 | 29,5 | 0,1 | 0,51 | 46,52 | 46,64 |
| Promedio | | | | | | | | | 46,55 |
| Desviación estándar | | | | | | | | | 0,22 |

Tabla AII. 2. Datos experimentales para el cálculo de la humedad en la harina de soya

| N ° de ensayos | Paralela 1 | | | | Paralela 2 | | | | % Pc media |
|----------------|------------|--------|--------|------|------------|--------|--------|------|------------|
| | m1(g) | m2 (g) | m3 (g) | Pc | m1(g) | m2 (g) | m3 (g) | Pc | |
| 1 | 27,6 | 29,14 | 29,02 | 7,79 | 27,6 | 28,76 | 28,67 | 7,76 | 7,78 |
| 2 | 27,58 | 28,88 | 28,79 | 6,92 | 27,6 | 28,61 | 28,54 | 6,93 | 6,93 |
| 3 | 27,63 | 29,33 | 29,21 | 7,06 | 27,64 | 28,92 | 28,83 | 7,03 | 7,05 |

m1: masa del pesafiltro vacío con tapa, en g

m2: masa del pesafiltro y tapa, con la muestra sin secar, en g

m3: masa del pesafiltro y tapa, con la muestra seca, en g

Pc: Perdida por calentamiento, en porcentaje de masa

Tabla AII. 3. Datos experimentales para la determinación del perfil granulométrico de la pasta de soya

| °N malla | Abertura | m | % Retenido | % Retenido acumulado | % Pasante acumulado |
|----------|----------|--------|------------|----------------------|---------------------|
| 50 | 300 | 0,011 | 0,01 | 0,01 | 99,99 |
| 80 | 180 | 17,168 | 17,73 | 17,75 | 82,25 |
| 100 | 150 | 7,926 | 8,19 | 25,93 | 74,07 |
| 140 | 106 | 9,621 | 9,94 | 35,87 | 64,13 |
| Fondo | | 62,077 | 64,13 | 100,00 | |

ANEXO III

**DATOS EXPERIMENTALES PARA EL CÁLCULO DE LA
CONCENTRACIÓN DE PROTEÍNAS Y ACTIVIDAD ENZIMÁTICA
EN LAS CÁSCARAS DE PIÑA Y PAPAYA**

Tabla AIII. 1. Datos experimentales para la determinación de concentración de proteínas en cáscaras de piña

| Nº de ensayos | Dop | | | f | [P] | | |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|---------|
| | | | | | mg/ml | mg/kg | g/100 g |
| 1 | 0,122 | 0,111 | 0,119 | 10,00 | 1,17 | 4 012,80 | 0,40 |
| 2 | 0,111 | 0,105 | 0,123 | 10,00 | 1,13 | 3 864,60 | 0,39 |
| 3 | 0,101 | 0,108 | 0,113 | 10,00 | 1,07 | 3 670,80 | 0,37 |

Dop: densidad óptica

f: factor de dilución

[P]: concentración de proteína

Tabla AIII. 2. Datos experimentales para la determinación de concentración de proteínas en cáscaras de papaya

| Nº de ensayos | Dop | | | f | [P] | | |
|---------------|-------|-------|-------|---|-------|-----------------------|---------|
| | | | | | mg/ml | mg/kg de cáscara seca | g/100 g |
| 1 | 0,366 | 0,359 | 0,339 | 1 | 0,355 | 7093,33 | 0,07 |
| 2 | 0,355 | 0,362 | 0,361 | 1 | 0,359 | 7186,67 | 0,07 |
| 3 | 0,341 | 0,331 | 0,341 | 1 | 0,338 | 6753,33 | 0,07 |

Dop: densidad óptica

f: factor de dilución

[P]: concentración de proteína

Tabla AIII. 3. Datos experimentales para el cálculo de la actividad proteolítica en cáscaras de piña

| Nº de ensayos | Paralela 1 | | Paralela 2 | | Actividad proteolítica | |
|---------------|-------------|------------|-------------|------------|------------------------|--------------------------|
| | Dop muestra | Dop blanco | Dop muestra | Dop blanco | U/mg | U/ kg de cáscara de piña |
| 1 | 0,313 | 0,295 | 0,317 | 0,299 | 1,53 | 6156,00 |
| 2 | 0,411 | 0,393 | 0,418 | 0,401 | 1,55 | 5985,00 |
| 3 | 0,318 | 0,301 | 0,337 | 0,319 | 1,63 | 5985,00 |

Dop: densidad óptica

U: unidad de actividad enzimática

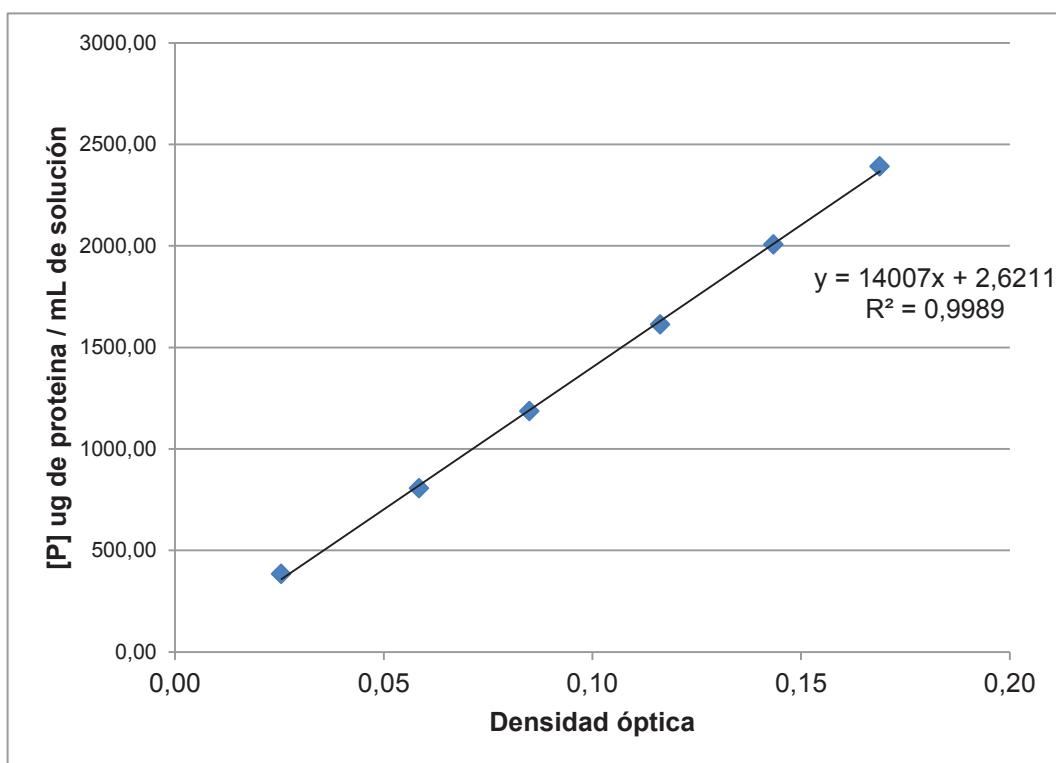
Tabla AIII. 4. Datos experimentales para el cálculo de la actividad proteolítica en cáscaras de papaya

| N° de ensayos | Paralela 1 | | Paralela 2 | | Actividad proteolítica | |
|---------------|-------------|------------|-------------|------------|------------------------|----------------------------|
| | Dop muestra | Dop blanco | Dop muestra | Dop blanco | U/mg | U/ kg de cáscara de papaya |
| 1 | 0,513 | 0,504 | 0,559 | 0,549 | 2,68 | 1963,20 |
| 2 | 0,523 | 0,513 | 0,522 | 0,512 | 2,78 | 2066,52 |
| 3 | 0,541 | 0,532 | 0,579 | 0,571 | 2,52 | 1756,55 |

Dop: densidad óptica

U: unidad de actividad enzimática

ANEXO IV

CURVA DE CALIBRACIÓN CON ALBUMINA DE SUERO BOVINO (BSA) PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PROTEÍNA**Figura AIV. 1.** Curva de calibración de suero bovino (BSA)

ANEXO V

DATOS EXPERIMENTALES Y GRÁFICOS DE REGRESIÓN LINEAL PARA DETERMINAR EL VALOR DE KM SOYA-BROMELINA (PIÑA)

Tabla AV. 1. Datos experimentales de densidad óptica de las alícuotas de hidrolizado a las siguientes condiciones: T= 50°C, pH= 7, E/S= 0,067; ensayo 1

| Dop | | | Proteína soluble (g/ml) | Velocidad [v](g/ml*min) | Concentración de sustrato [S] (g/ml) | 1/S (ml/g) | 1/V (ml*min/g) |
|-------|-------|-------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------------|------------|----------------|
| 0,102 | 0,102 | 0,101 | 1,43 | 0,07 | 0,01 | 100,00 | 14,02 |
| 0,16 | 0,157 | 0,156 | 2,21 | 0,11 | 0,05 | 20,00 | 9,05 |
| 0,197 | 0,181 | 0,188 | 2,65 | 0,13 | 0,10 | 10,00 | 7,56 |
| 0,254 | 0,25 | 0,259 | 3,57 | 0,18 | 0,15 | 6,67 | 5,61 |
| 0,232 | 0,231 | 0,232 | 3,25 | 0,16 | 0,20 | 5,00 | 6,16 |

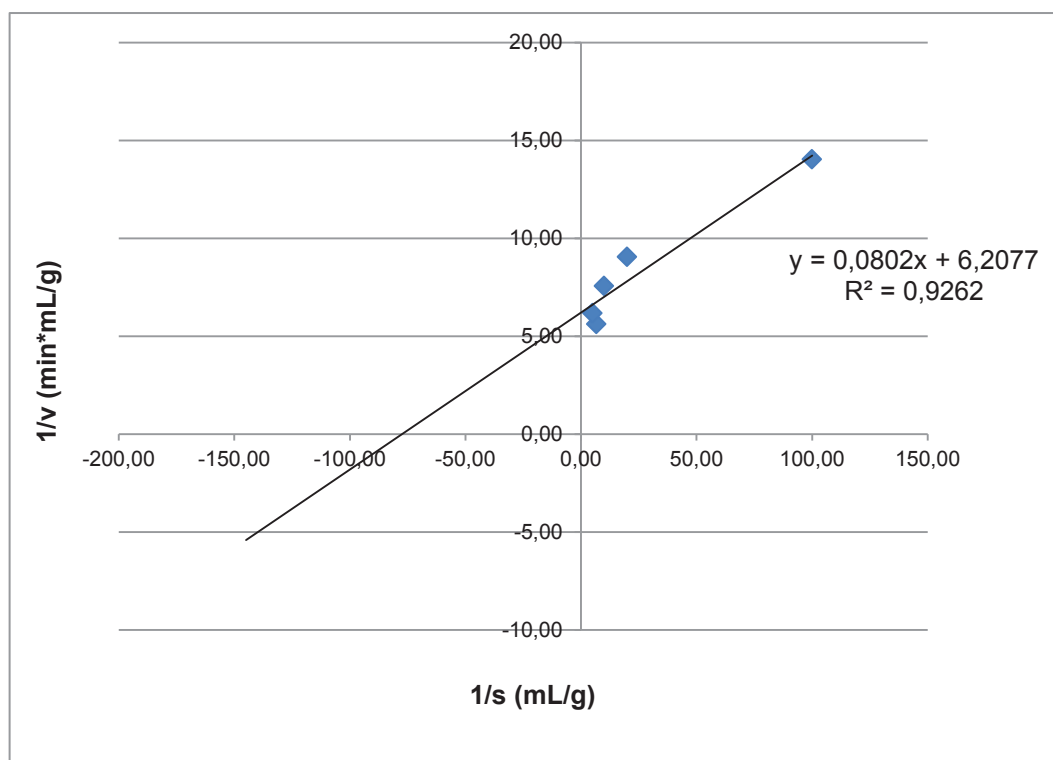


Figura AV. 1. Regresión lineal de la ecuación de Lineweaver y Burk, para la reacción de hidrólisis de harina de soya a las siguientes condiciones: T= 50°C, pH= 7, E/S= 0,067; ensayo 1

Tabla AV. 2. Constantes cinéticas de la ecuación de Lineweaver y Burk en la reacción de hidrólisis soya-bromelina, ensayo 1

| | |
|-------------------------|-------|
| Vmax (g/ml*min) | 0,16 |
| KM (g/ml) | 0,01 |
| 10 KM (g/ml) | 0,13 |
| 10 KM (g/100 ml) | 12,92 |

Tabla AV. 3. Datos experimentales de densidad óptica de las alícuotas de hidrolizado a las siguientes condiciones: T= 50°C, pH= 7, E/S= 0,067; ensayo 2

| Dop | | | Proteína soluble (g/ml) | Velocidad [v](g/ml*min) | Concentración de sustrato [S] (g/ml) | 1/S (ml/g) | 1/V (ml*min/g) |
|-------|-------|-------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------------|------------|----------------|
| 0,135 | 0,128 | 0,13 | 1,84 | 0,09 | 0,01 | 100,00 | 10,88 |
| 0,231 | 0,22 | 0,244 | 3,25 | 0,16 | 0,05 | 20,00 | 6,16 |
| 0,253 | 0,255 | 0,26 | 3,59 | 0,18 | 0,10 | 10,00 | 5,57 |
| 0,304 | 0,303 | 0,358 | 4,51 | 0,23 | 0,15 | 6,67 | 4,44 |
| 0,282 | 0,283 | 0,281 | 3,95 | 0,20 | 0,20 | 5,00 | 5,06 |

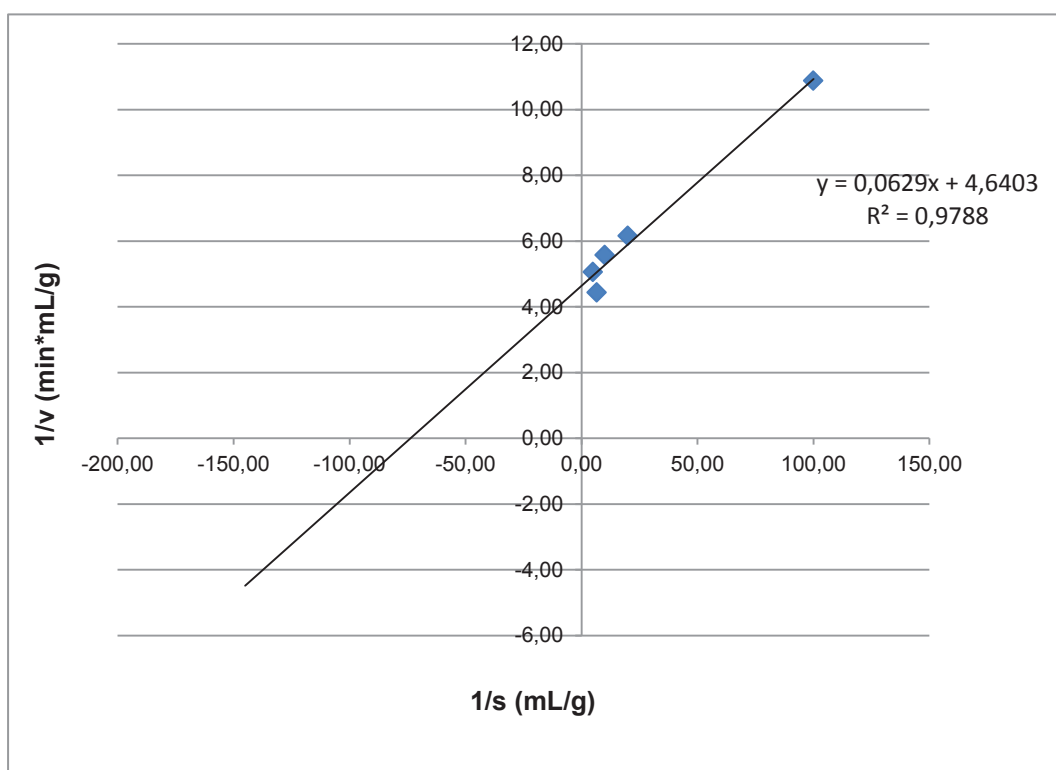


Figura AV. 2. Regresión lineal de la ecuación de Lineweaver y Burk, para la reacción de hidrólisis de harina de soya a las siguientes condiciones: T= 50°C, pH= 7, E/S= 0,067; ensayo 2

Tabla AV. 4. Constantes cinéticas de la ecuación de Lineweaver y Burk en la reacción de hidrólisis soya-bromelina, ensayo 2

| | |
|-------------------------|-------|
| Vmax (g/ml*min) | 0,22 |
| KM (g/ml) | 0,01 |
| 10 KM (g/ml) | 0,14 |
| 10 KM (g/100 ml) | 13,56 |

Tabla AV. 5. Datos experimentales de densidad óptica de las alícuotas de hidrolizado a las siguientes condiciones: T= 50°C, pH= 7, E/S= 0,067; ensayo 3

| Dop | | | Proteína soluble (g/ml) | Velocidad [v](g/ml*min) | Concentración de sustrato [S] (g/ml) | 1/S (ml/g) | 1/V (ml*min/g) |
|------------|-------|-------|--------------------------------|--------------------------------|---|-------------------|-----------------------|
| 0,144 | 0,143 | 0,15 | 2,04 | 0,10 | 0,01 | 100,00 | 9,79 |
| 0,243 | 0,217 | 0,273 | 3,42 | 0,17 | 0,05 | 20,00 | 5,84 |
| 0,283 | 0,297 | 0,297 | 4,10 | 0,20 | 0,10 | 10,00 | 4,88 |
| 0,344 | 0,374 | 0,352 | 5,00 | 0,25 | 0,15 | 6,67 | 4,00 |
| 0,289 | 0,285 | 0,284 | 4,01 | 0,20 | 0,20 | 5,00 | 4,99 |

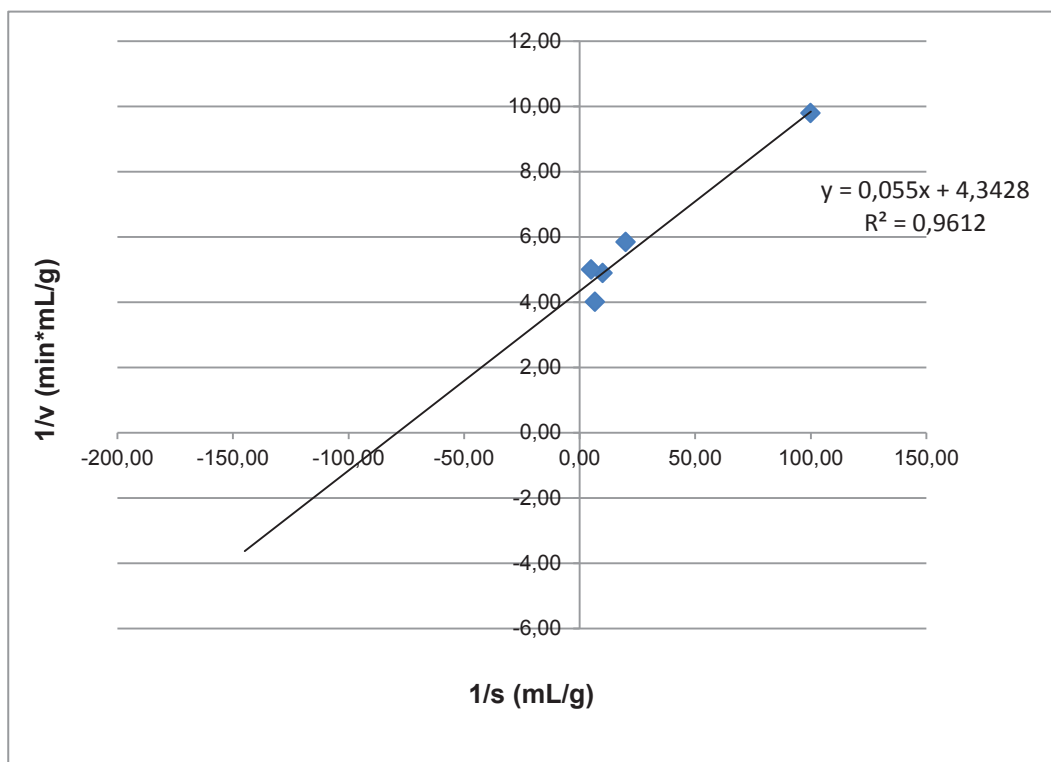


Figura AV. 3. Regresión lineal de la ecuación de Lineweaver y Burk, para la reacción de hidrólisis de harina de soya a las siguientes condiciones: $T = 50^{\circ}\text{C}$, $\text{pH} = 7$, $E/S = 0,067$; ensayo 3

Tabla AV. 6. Constantes cinéticas de la ecuación de Lineweaver y Burk en la reacción de hidrólisis soya-bromelina, ensayo 3

| | |
|-------------------------|-------|
| Vmax (g/ml*min) | 0,23 |
| KM (g/ml) | 0,01 |
| 10 KM (g/ml) | 0,13 |
| 10 KM (g/100 ml) | 12,66 |

ANEXO VI

DATOS EXPERIMENTALES PARA REALIZAR LOS GRAFICOS DE REGRESIÓN LINEAL PARA OBTENER EL VALOR DE KM SOYA-PAPAINA (PAPAYA)

Tabla AVI. 1. Datos experimentales de densidad óptica de las alícuotas de hidrolizado a las siguientes condiciones: T= 50°C, pH= 7, E/S= 0,06; ensayo 1

| Dop | | | Proteína soluble (g/ml) | Velocidad [v](g/ml*min) | Concentración de sustrato [S] (g/ml) | 1/S (ml/g) | 1/V (ml*min/g) |
|-------|-------|-------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------------|------------|----------------|
| 0,111 | 0,128 | 0,16 | 1,87 | 0,09 | 0,01 | 100,00 | 0,54 |
| 0,204 | 0,221 | 0,225 | 3,04 | 0,15 | 0,05 | 20,00 | 0,33 |
| 0,208 | 0,277 | 0,264 | 3,50 | 0,17 | 0,10 | 10,00 | 0,29 |
| 0,244 | 0,29 | 0,292 | 3,86 | 0,19 | 0,15 | 6,67 | 0,26 |
| 0,292 | 0,298 | 0,302 | 4,17 | 0,21 | 0,20 | 5,00 | 0,24 |

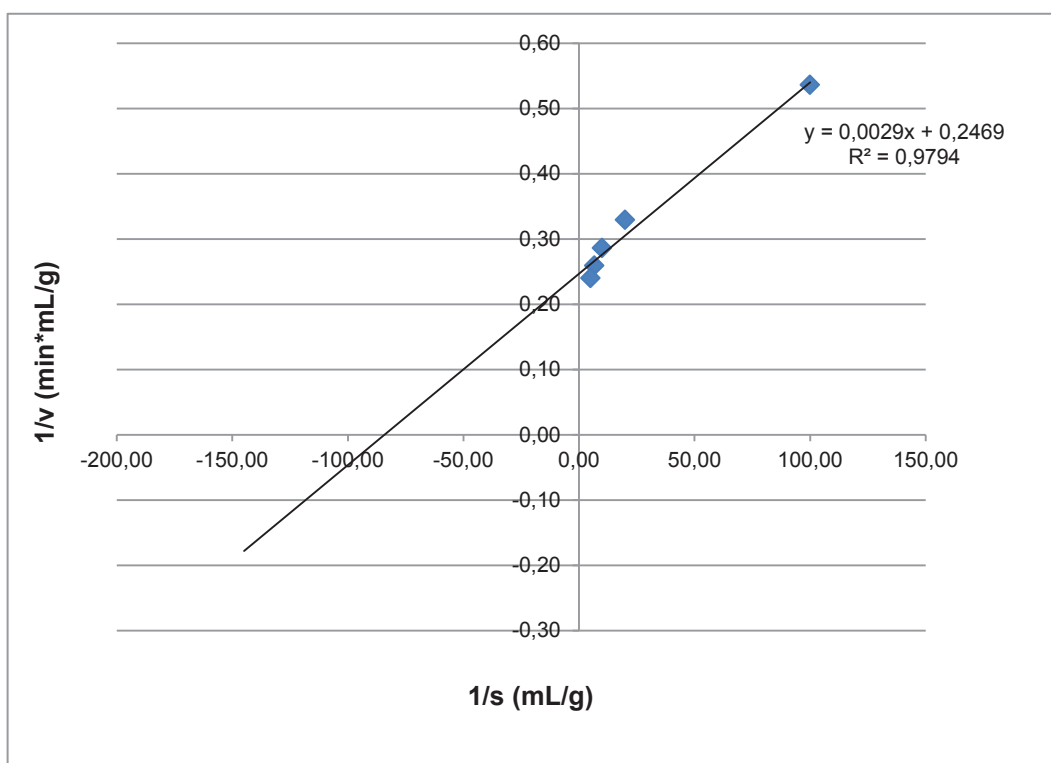


Figura AVI. 1. Regresión lineal de la ecuación de Lineweaver y Burk, para la reacción de hidrólisis de harina de soya a las siguientes condiciones: T= 50°C, pH= 7, E/S= 0,06; ensayo 1

Tabla AVI. 2. Constantes cinéticas de la ecuación de Lineweaver y Burk en la reacción de hidrólisis soya-bromelina, ensayo 1

| | |
|-------------------------|------|
| Vmax (g/ml*min) | 4,07 |
| KM (g/ml) | 0,01 |
| 10 KM (g/ml) | 0,08 |
| 10 KM (g/100 ml) | 8,13 |

Tabla AVI. 3. Datos experimentales de densidad óptica de las alícuotas de hidrolizado a las siguientes condiciones: T= 50°C, pH= 7, E/S= 0,06; ensayo 2

| Dop | | | Proteína soluble (g/ml) | Velocidad [v](g/ml*min) | Concentración de sustrato [S] (g/ml) | 1/S (ml/g) | 1/V (ml*min/g) |
|-------|-------|-------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------------|------------|----------------|
| 0,169 | 0,121 | 0,145 | 2,03 | 0,10 | 0,01 | 100,00 | 0,49 |
| 0,249 | 0,248 | 0,239 | 3,44 | 0,17 | 0,05 | 20,00 | 0,29 |
| 0,308 | 0,209 | 0,318 | 3,90 | 0,20 | 0,10 | 10,00 | 0,26 |
| 0,315 | 0,317 | 0,316 | 4,43 | 0,22 | 0,15 | 6,67 | 0,23 |
| 0,31 | 0,329 | 0,317 | 4,47 | 0,22 | 0,20 | 5,00 | 0,22 |

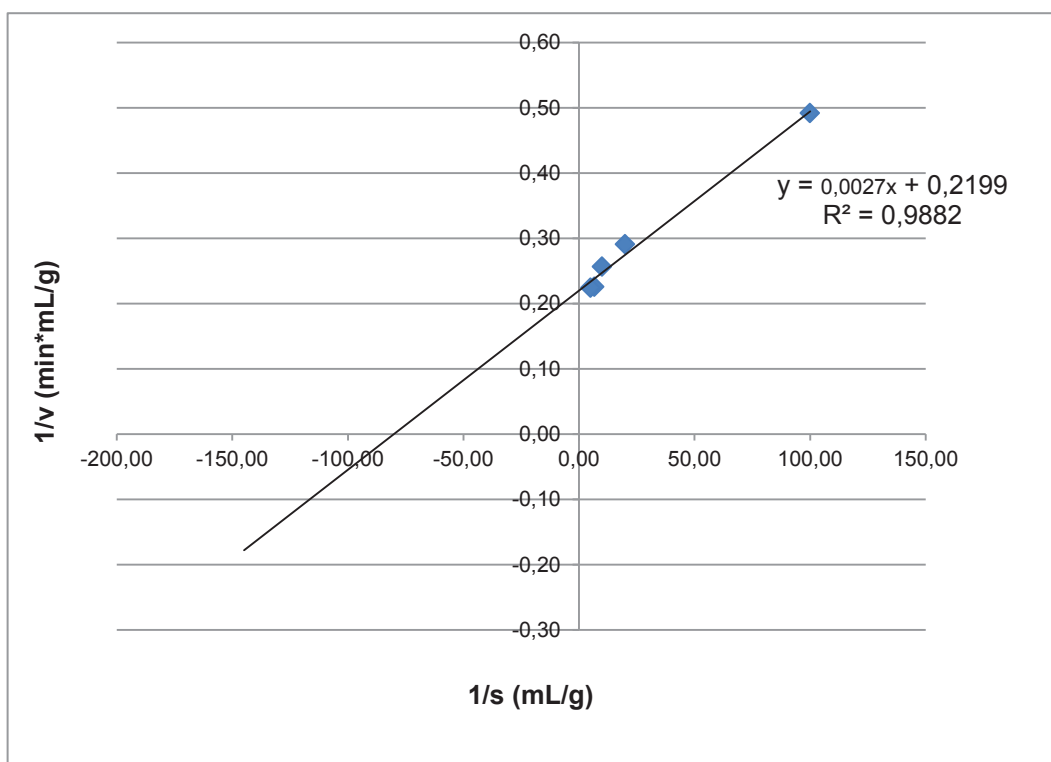


Figura AVI. 2. Regresión lineal de la ecuación de Lineweaver y Burk, para la reacción de hidrólisis de harina de soya a las siguientes condiciones: T= 50°C, pH= 7, E/S= 0,06; ensayo 2

Tabla AVI. 4. Constantes cinéticas de la ecuación de Lineweaver y Burk en la reacción de hidrólisis soya-bromelina, ensayo 2

| | |
|-------------------------|------|
| Vmax (g/ml*min) | 4,57 |
| KM (g/ml) | 0,01 |
| 10 KM (g/ml) | 0,09 |
| 10 KM (g/100 ml) | 9,13 |

Tabla AVI. 5. Datos experimentales de densidad óptica de las alícuotas de hidrolizado a las siguientes condiciones: T= 50°C, pH= 7, E/S= 0,06; ensayo 3

| Dop | | | Proteína soluble (g/ml) | Velocidad [v](g/ml*min) | Concentración de sustrato [S] (g/ml) | 1/S (ml/g) | 1/V (ml*min/g) |
|------------|-------|-------|--------------------------------|--------------------------------|---|-------------------|-----------------------|
| 0,148 | 0,133 | 0,141 | 1,97 | 0,10 | 0,01 | 100,00 | 0,51 |
| 0,224 | 0,233 | 0,238 | 3,25 | 0,16 | 0,05 | 20,00 | 0,31 |
| 0,294 | 0,288 | 0,266 | 3,96 | 0,20 | 0,10 | 10,00 | 0,25 |
| 0,297 | 0,289 | 0,296 | 4,12 | 0,21 | 0,15 | 6,67 | 0,24 |
| 0,298 | 0,297 | 0,309 | 4,22 | 0,21 | 0,20 | 5,00 | 0,24 |

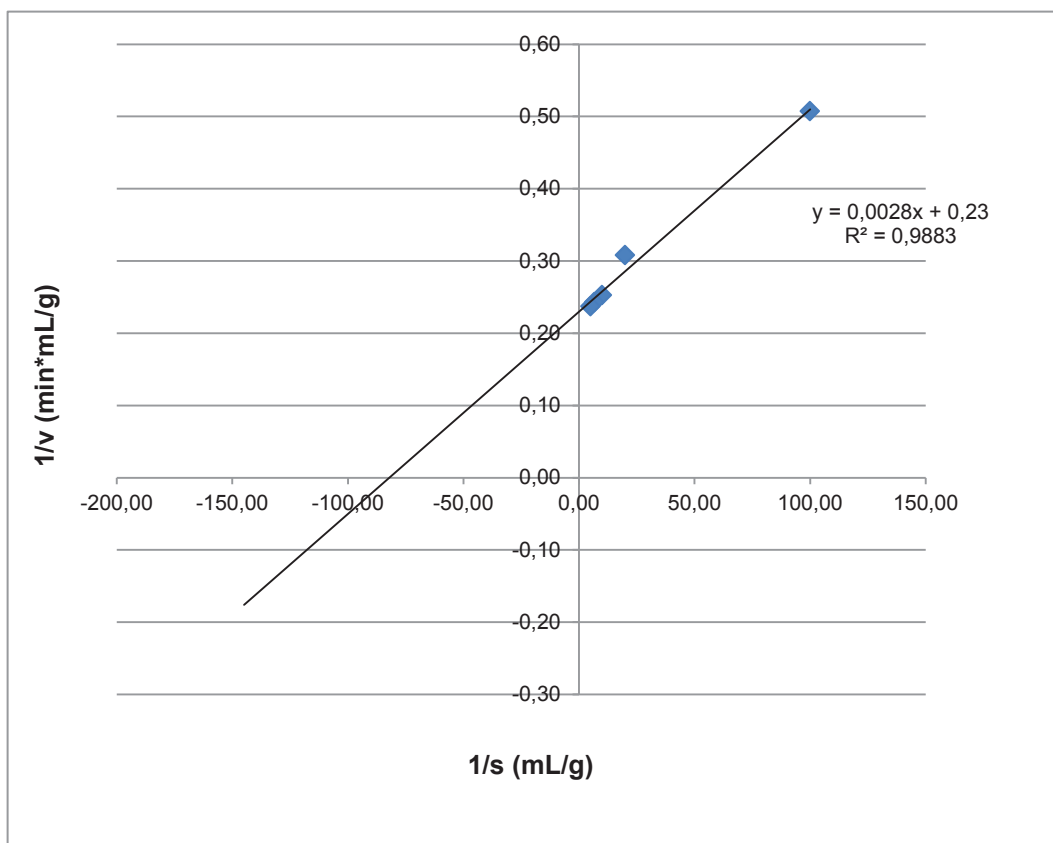


Figura AVI. 3. Regresión lineal de la ecuación de Lineweaver y Burk, para la reacción de hidrólisis de harina de soya a las siguientes condiciones: T= 50°C, pH= 7, E/S= 0,06; ensayo 3

Tabla AVI. 6. Constantes cinéticas de la ecuación de Lineweaver y Burk en la reacción de hidrólisis soya-bromelina, ensayo 3

| | |
|-------------------------|------|
| Vmax (g/ml*min) | 4,35 |
| KM (g/ml) | 0,01 |
| 10 KM (g/ml) | 0,09 |
| 10 KM (g/100 ml) | 8,70 |

ANEXO VII

**DATOS EXPERIMENTALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LAS
CURVAS DEL GRADO DE HIDRÓLISIS VS TIEMPO PARA LA
BROMELINA Y PAPAINA**

Tabla AVII. 1. Datos experimentales para el estudio de la cinética de hidrólisis de la harina de soya con extracto de cáscaras de piña a diferentes relaciones E/S bajo las siguientes condiciones de reacción: pH=7, T= 50°C, [S]= 15/100, a escala de laboratorio ensayo 1

| Enzima/ Sustrato | 2 g/100 g | | 11 g/100 g | | 20 g/100 g | | 29g /100 g | | 38 g/100 g | |
|---------------------|----------------|---------|----------------|---------|----------------|---------|----------------|---------|----------------|---------|
| | [P] (mg/ml) | % GH | [P] (mg/ml) | % GH | [P] (mg/ml) | % GH | [P] (mg/ml) | % GH | [P] (mg/ml) | % GH |
| 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 10,00 | 1,47 | 1,79 | 3,46 | 4,21 | 4,16 | 5,66 | 4,80 | 6,53 | 4,95 | 6,74 |
| 20,00 | 1,54 | 1,87 | 3,48 | 4,24 | 4,30 | 5,85 | 4,80 | 6,53 | 4,99 | 6,78 |
| 30,00 | 1,62 | 1,97 | 3,51 | 4,27 | 4,32 | 5,88 | 4,95 | 6,73 | 5,23 | 7,12 |
| 40,00 | 1,62 | 1,97 | 3,63 | 4,42 | 4,32 | 5,87 | 5,01 | 6,82 | 5,26 | 7,16 |
| 50,00 | 1,76 | 2,14 | 3,63 | 4,42 | 4,32 | 5,87 | 5,01 | 6,82 | 5,65 | 7,69 |
| 60,00 | 1,76 | 2,14 | 3,63 | 4,42 | 4,39 | 5,97 | 5,01 | 6,82 | 5,65 | 7,69 |
| 70,00 | 1,79 | 2,18 | 3,64 | 4,43 | 4,39 | 5,97 | 5,07 | 6,90 | 5,71 | 7,77 |
| 80,00 | 1,79 | 2,18 | 3,65 | 4,44 | 4,41 | 6,00 | 5,28 | 7,19 | 5,91 | 8,05 |

[P]: concentración de proteína soluble

GH: Grado de hidrólisis

Tabla AVII. 2. Hidrólisis de la harina de soya con extracto de cáscaras de piña a diferentes relaciones E/S bajo las siguientes condiciones de reacción: pH=7, T= 50°C, [S]= 13/100, a escala de laboratorio ensayo 2

| Enzima/ Sustrato | 2 g/100 g | | 11 g/100 g | | 20 g/100 g | | 29g /100 g | | 38 g/100 g | |
|---------------------|----------------|---------|----------------|---------|----------------|---------|----------------|---------|----------------|---------|
| | [P] (mg/ml) | % GH | [P] (mg/ml) | % GH | [P] (mg/ml) | % GH | [P] (mg/ml) | % GH | [P] (mg/ml) | % GH |
| 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 10,00 | 1,49 | 2,09 | 3,02 | 3,68 | 3,92 | 4,77 | 5,29 | 6,44 | 5,54 | 7,54 |
| 20,00 | 1,64 | 2,31 | 3,20 | 3,89 | 4,45 | 5,42 | 5,29 | 6,44 | 5,54 | 7,54 |
| 30,00 | 1,89 | 2,65 | 3,32 | 4,04 | 4,45 | 5,42 | 5,44 | 6,63 | 5,76 | 7,83 |
| 40,00 | 1,96 | 2,75 | 3,37 | 4,11 | 4,45 | 5,41 | 5,49 | 6,68 | 6,25 | 8,50 |
| 50,00 | 1,96 | 2,75 | 3,37 | 4,11 | 4,45 | 5,41 | 5,52 | 6,72 | 6,26 | 8,51 |
| 60,00 | 1,96 | 2,76 | 3,40 | 4,14 | 4,45 | 5,41 | 5,57 | 6,78 | 6,26 | 8,51 |
| 70,00 | 1,97 | 2,76 | 3,42 | 4,16 | 4,45 | 5,42 | 5,57 | 6,79 | 6,26 | 8,52 |
| 80,00 | 1,98 | 2,78 | 3,54 | 4,30 | 4,45 | 5,42 | 5,58 | 6,79 | 6,27 | 8,53 |

[P]: concentración de proteína soluble

GH: Grado de hidrólisis

Tabla AVII. 3. Hidrólisis de la harina de soya con extracto de cáscaras de piña a diferentes relaciones E/S bajo las siguientes condiciones de reacción: pH=7, T= 50°C, [S]= 13/100, a escala de laboratorio ensayo 3

| Enzima/ Sustrato | 2 g/100 g | | 11 g/100 g | | 20 g/100 g | | 29g /100 g | | 38 g/100 g | |
|---------------------|----------------|---------|----------------|---------|----------------|---------|----------------|---------|----------------|---------|
| | [P] (mg/ml) | % GH | [P] (mg/ml) | % GH | [P] (mg/ml) | % GH | [P] (mg/ml) | % GH | [P] (mg/ml) | % GH |
| 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 10,00 | 1,37 | 1,66 | 3,17 | 3,86 | 3,80 | 4,63 | 5,25 | 6,39 | 5,57 | 7,18 |
| 20,00 | 1,50 | 1,83 | 3,31 | 4,02 | 3,96 | 4,82 | 5,26 | 6,40 | 5,59 | 7,21 |
| 30,00 | 1,83 | 2,23 | 3,39 | 4,13 | 3,98 | 4,84 | 5,68 | 6,91 | 5,92 | 7,64 |
| 40,00 | 1,83 | 2,23 | 3,54 | 4,31 | 3,98 | 4,85 | 5,69 | 6,93 | 6,43 | 8,29 |
| 50,00 | 1,83 | 2,23 | 3,60 | 4,38 | 4,09 | 4,98 | 5,69 | 6,93 | 6,43 | 8,29 |
| 60,00 | 1,83 | 2,23 | 3,61 | 4,40 | 4,14 | 5,04 | 5,91 | 7,20 | 6,76 | 8,72 |
| 70,00 | 1,84 | 2,24 | 3,65 | 4,45 | 4,15 | 5,05 | 5,98 | 7,28 | 6,76 | 8,72 |
| 80,00 | 1,84 | 2,25 | 3,76 | 4,57 | 4,18 | 5,09 | 5,99 | 7,29 | 6,84 | 8,82 |

[P]: concentración de proteína soluble

GH: Grado de hidrólisis

Tabla AVII. 4. Datos experimentales promedio de los 3 ensayos para el estudio de la cinética de hidrólisis de la harina de soja con extracto de cáscaras de piña a diferentes relaciones E/S bajo las siguientes condiciones de reacción: pH=7, T= 50°C, [S]= 13/100, a escala de laboratorio

| Enzima/Sustrato | 2/100 | 11/100 | 20/100 | 29/100 | 38/100 |
|-----------------|-------|--------|--------|--------|--------|
| Tiempo | GH % | GH % | GH % | GH % | GH % |
| 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 10,00 | 1,85 | 3,92 | 5,02 | 6,46 | 7,15 |
| 20,00 | 2,00 | 4,05 | 5,36 | 6,46 | 7,18 |
| 30,00 | 2,29 | 4,15 | 5,38 | 6,76 | 7,53 |
| 40,00 | 2,32 | 4,28 | 5,38 | 6,81 | 7,98 |
| 50,00 | 2,38 | 4,30 | 5,42 | 6,82 | 8,16 |
| 60,00 | 2,38 | 4,32 | 5,48 | 6,93 | 8,31 |
| 70,00 | 2,39 | 4,35 | 5,48 | 6,99 | 8,34 |
| 80,00 | 2,40 | 4,44 | 5,50 | 7,09 | 8,47 |

Tabla AVII. 5. Cinética de hidrólisis de la harina de soja con cáscaras de papaya a diferentes relaciones E/S, pH=7, T= 50°C, [S]= 10/100, a escala de laboratorio ensayo 1

| Enzima/ Sustrato | 2 g/100 g | | 11 g/100 g | | 20 g/100 g | | 29g /100 g | | 38 g/100 g | |
|---------------------|----------------|---------|----------------|---------|----------------|---------|----------------|---------|----------------|---------|
| | [P] (mg/ml) | % GH | [P] (mg/ml) | % GH | [P] (mg/ml) | % GH | [P] (mg/ml) | % GH | [P] (mg/ml) | % GH |
| 0,00 | 0,0 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 10,00 | 1,5 | 2,83 | 3,05 | 5,56 | 3,22 | 5,88 | 3,85 | 7,03 | 4,74 | 8,66 |
| 20,00 | 1,5 | 2,87 | 3,05 | 5,56 | 3,29 | 6,01 | 4,12 | 7,52 | 4,83 | 8,82 |
| 30,00 | 1,5 | 2,96 | 3,04 | 5,56 | 3,31 | 6,05 | 4,21 | 7,68 | 4,83 | 8,82 |
| 40,00 | 1,5 | 2,97 | 3,06 | 5,58 | 3,32 | 6,05 | 4,30 | 7,86 | 4,87 | 8,90 |
| 50,00 | 1,5 | 2,97 | 3,06 | 5,58 | 3,42 | 6,25 | 4,49 | 8,20 | 4,92 | 8,98 |
| 60,00 | 1,5 | 2,98 | 3,06 | 5,58 | 3,37 | 6,16 | 4,65 | 8,48 | 5,02 | 9,17 |
| 70,00 | 1,5 | 2,98 | 3,21 | 5,86 | 3,44 | 6,28 | 4,65 | 8,48 | 5,02 | 9,17 |
| 80,00 | 1,5 | 2,98 | 3,30 | 6,02 | 3,44 | 6,28 | 4,65 | 8,50 | 5,28 | 9,65 |

[P]: concentración de proteína soluble

GH: Grado de hidrólisis

Tabla AVII. 6. Datos experimentales para el estudio de la cinética de hidrólisis de la harina de soya con cáscaras de papaya a diferentes relaciones E/S bajo las siguientes condiciones de reacción: pH=7, T= 50°C, [S]= 10/100, a escala de laboratorio ensayo 2

| Enzima/ Sustrato | 2 g/100 g | | 11 g/100 g | | 20 g/100 g | | 29g /100 g | | 38 g/100 g | |
|---------------------|----------------|---------|----------------|---------|----------------|---------|----------------|---------|----------------|---------|
| | [P] (mg/ml) | % GH | [P] (mg/ml) | % GH | [P] (mg/ml) | % GH | [P] (mg/ml) | % GH | [P] (mg/ml) | % GH |
| 0,00 | 0,0 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 10,00 | 1,3 | 2,55 | 2,84 | 5,18 | 3,32 | 6,05 | 4,12 | 7,53 | 4,34 | 7,92 |
| 20,00 | 1,5 | 2,87 | 2,95 | 5,39 | 3,42 | 6,24 | 4,13 | 7,54 | 4,60 | 8,40 |
| 30,00 | 1,5 | 2,87 | 2,96 | 5,40 | 3,55 | 6,49 | 4,19 | 7,66 | 4,87 | 8,89 |
| 40,00 | 1,5 | 2,91 | 2,97 | 5,42 | 3,55 | 6,48 | 4,19 | 7,66 | 4,87 | 8,89 |
| 50,00 | 1,5 | 2,91 | 2,97 | 5,42 | 3,55 | 6,49 | 4,44 | 8,10 | 4,87 | 8,90 |
| 60,00 | 1,5 | 2,91 | 2,97 | 5,42 | 3,56 | 6,50 | 4,44 | 8,11 | 4,87 | 8,90 |
| 70,00 | 1,5 | 2,91 | 2,98 | 5,43 | 3,56 | 6,50 | 4,53 | 8,27 | 4,88 | 8,92 |
| 80,00 | 1,5 | 2,92 | 2,98 | 5,43 | 3,56 | 6,50 | 4,54 | 8,29 | 4,89 | 8,93 |

[P]: concentración de proteína soluble

GH: Grado de hidrólisis

Tabla AVII. 7. Datos experimentales para el estudio de la cinética de hidrólisis de la harina de soya con cáscaras de papaya a diferentes relaciones E/S bajo las siguientes condiciones de reacción: pH=7, T= 50°C, [S]= 13/100, a escala de laboratorio ensayo 3

| Enzima/ Sustrato | 2 g/100 g | | 11 g/100 g | | 20 g/100 g | | 29g /100 g | | 38 g/100 g | |
|---------------------|----------------|---------|----------------|---------|----------------|---------|----------------|---------|----------------|---------|
| | [P] (mg/ml) | % GH | [P] (mg/ml) | % GH | [P] (mg/ml) | % GH | [P] (mg/ml) | % GH | [P] (mg/ml) | % GH |
| 0,00 | 0,0 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 10,00 | 1,3 | 2,58 | 2,98 | 5,44 | 3,42 | 6,25 | 3,92 | 7,16 | 4,80 | 8,77 |
| 20,00 | 1,4 | 2,73 | 2,98 | 5,43 | 3,45 | 6,30 | 4,19 | 7,65 | 4,88 | 8,92 |
| 30,00 | 1,4 | 2,73 | 3,06 | 5,58 | 3,45 | 6,30 | 4,19 | 7,65 | 4,89 | 8,94 |
| 40,00 | 1,4 | 2,77 | 3,07 | 5,61 | 3,46 | 6,31 | 4,19 | 7,65 | 4,89 | 8,94 |
| 50,00 | 1,4 | 2,77 | 3,07 | 5,61 | 3,46 | 6,31 | 4,24 | 7,75 | 4,90 | 8,94 |
| 60,00 | 1,4 | 2,77 | 3,07 | 5,61 | 3,46 | 6,31 | 4,40 | 8,04 | 4,89 | 8,94 |
| 70,00 | 1,4 | 2,77 | 3,07 | 5,61 | 3,46 | 6,31 | 4,47 | 8,17 | 4,89 | 8,94 |
| 80,00 | 1,4 | 2,77 | 3,07 | 5,61 | 3,46 | 6,31 | 4,49 | 8,20 | 4,90 | 8,95 |

[P]: concentración de proteína soluble

GH: Grado de hidrólisis

Tabla AVII. 8. Datos experimentales promedio de 3 ensayos para el estudio de la cinética de hidrólisis de la harina de soja con cáscaras de papaya a diferentes relaciones E/S bajo las siguientes condiciones de reacción: pH=7, T= 50°C, [S]= 13/100, a escala de laboratorio

| Enzima/Sustrato | 2/100 | 11/100 | 20/100 | 29/100 | 38/100 |
|------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Tiempo | GH % | GH % | GH % | GH % | GH % |
| 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 10,00 | 2,65 | 5,40 | 6,06 | 7,24 | 8,45 |
| 20,00 | 2,82 | 5,46 | 6,18 | 7,57 | 8,71 |
| 30,00 | 2,85 | 5,51 | 6,28 | 7,66 | 8,88 |
| 40,00 | 2,88 | 5,54 | 6,28 | 7,72 | 8,91 |
| 50,00 | 2,88 | 5,54 | 6,35 | 8,02 | 8,94 |
| 60,00 | 2,88 | 5,54 | 6,32 | 8,21 | 9,00 |
| 70,00 | 2,89 | 5,64 | 6,36 | 8,31 | 9,01 |
| 80,00 | 2,89 | 5,69 | 6,36 | 8,33 | 9,17 |

ANEXO VIII

**DATOS EXPERIMENTALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LAS
CURVAS DEL GRADO DE HIDRÓLISIS VS TIEMPO PARA
DETERMINAR EL TIEMPO DE REACCIÓN**

Tabla AVIII. 1. Datos experimentales para la cinética de hidrólisis bajo las siguientes condiciones: pH=7, T= 50°C, S/agua= 13/100, E/S = 29/100 y 38/100 para la cáscara de papaya y el extracto de piña respectivamente, a escala de laboratorio ensayo 1

| Tiempo min | Dop | | | | [P] mg/ml | % GH |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|
| | | | | | | |
| 0,00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| 10,00 | 0,388 | 0,386 | 0,388 | 0,381 | 5,41 | 8,49 |
| 20,00 | 0,411 | 0,408 | 0,422 | 0,407 | 5,77 | 9,06 |
| 30,00 | 0,447 | 0,444 | 0,438 | 0,44 | 6,20 | 9,73 |
| 40,00 | 0,446 | 0,44 | 0,455 | 0,444 | 6,25 | 9,82 |
| 50,00 | 0,454 | 0,451 | 0,444 | 0,452 | 6,31 | 9,91 |
| 60,00 | 0,473 | 0,451 | 0,465 | 0,457 | 6,47 | 10,15 |
| 70,00 | 0,467 | 0,463 | 0,475 | 0,467 | 6,56 | 10,30 |
| 80,00 | 0,478 | 0,478 | 0,476 | 0,481 | 6,70 | 10,52 |

Dop: Densidad óptica

[P]: concentración de proteína soluble

GH: Grado de hidrólisis

Tabla AVIII. 2. Datos experimentales para la cinética de hidrólisis bajo las siguientes condiciones: pH=7, T= 50°C, S/agua= 13/100, E/S = 29/100 y 38/100 para la cáscara de papaya y el extracto de piña respectivamente, a escala de laboratorio ensayo 2

| Tiempo min | Dop | | | | [P] mg/ml | % GH |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|
| | | | | | | |
| 0,00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| 10,00 | 0,387 | 0,375 | 0,395 | 0,393 | 5,43 | 8,53 |
| 20,00 | 0,391 | 0,387 | 0,388 | 0,390 | 5,45 | 8,56 |
| 30,00 | 0,422 | 0,420 | 0,418 | 0,407 | 5,84 | 9,17 |
| 40,00 | 0,421 | 0,428 | 0,425 | 0,427 | 5,96 | 9,36 |
| 50,00 | 0,444 | 0,436 | 0,440 | 0,438 | 6,16 | 9,67 |
| 60,00 | 0,456 | 0,457 | 0,451 | 0,444 | 6,33 | 9,94 |
| 70,00 | 0,466 | 0,450 | 0,456 | 0,458 | 6,41 | 10,06 |
| 80,00 | 0,467 | 0,464 | 0,460 | 0,467 | 6,51 | 10,22 |

Dop: Densidad óptica
[P]: concentración de proteína soluble
GH: Grado de hidrólisis

Tabla AVIII. 3. Datos experimentales para la cinética de hidrólisis bajo las siguientes condiciones: pH=7, T= 50°C, S/agua= 13/100, E/S = 29/100 y 38/100 para la cáscara de papaya y el extracto de piña respectivamente, a escala de laboratorio ensayo 3

| Tiempo min | Dop | | | | [P] mg/ml | % GH |
|------------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|
| | | | | | | |
| 0,00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| 10,00 | 0,411 | 0,409 | 0,411 | 0,404 | 5,73 | 8,99 |
| 20,00 | 0,433 | 0,432 | 0,424 | 0,424 | 6,00 | 9,42 |
| 30,00 | 0,464 | 0,471 | 0,468 | 0,470 | 6,56 | 10,30 |
| 40,00 | 0,480 | 0,487 | 0,483 | 0,481 | 6,76 | 10,62 |
| 50,00 | 0,484 | 0,480 | 0,487 | 0,479 | 6,76 | 10,61 |
| 60,00 | 0,495 | 0,488 | 0,480 | 0,485 | 6,82 | 10,71 |
| 70,00 | 0,501 | 0,498 | 0,500 | 0,492 | 6,97 | 10,95 |
| 80,00 | 0,507 | 0,507 | 0,496 | 0,487 | 7,00 | 10,98 |

Dop: Densidad óptica
[P]: concentración de proteína soluble
GH: Grado de hidrólisis

Tabla AVIII. 4. Datos experimentales para la cinética de hidrólisis bajo las siguientes condiciones: pH=7, T= 50°C, S/agua= 13/100, E/S = 367,77/100 y 108,63/100 para la cáscara de papaya y piña respectivamente, a escala piloto ensayo 1

| Tiempo min | Dop | | | | [P] mg/ml | % GH |
|------------|-------|-------|-------|-------|-----------|------|
| | | | | | | |
| 0,00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| 10,00 | 0,705 | 0,709 | 0,724 | 0,722 | 10,02 | 8,61 |
| 20,00 | 0,722 | 0,716 | 0,725 | 0,723 | 10,11 | 8,69 |
| 30,00 | 0,763 | 0,749 | 0,763 | 0,764 | 10,64 | 9,15 |
| 40,00 | 0,784 | 0,790 | 0,782 | 0,777 | 10,97 | 9,43 |
| 50,00 | 0,782 | 0,780 | 0,789 | 0,772 | 10,94 | 9,40 |
| 60,00 | 0,796 | 0,799 | 0,803 | 0,807 | 11,23 | 9,65 |

Dop: Densidad óptica
[P]: concentración de proteína soluble
GH: Grado de hidrólisis

Tabla AVIII. 5. Datos experimentales para la cinética de hidrólisis bajo las siguientes condiciones: pH=7, T= 50°C, S/agua= 13/100, E/S = 367,77/100 y 108,63/100 para la cáscara de papaya y piña respectivamente, a escala piloto ensayo 2

| Tiempo min | Dop | | | | [P] mg/ml | % GH |
|------------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|
| | | | | | | |
| 0,00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| 10,00 | 0,75 | 0,762 | 0,756 | 0,752 | 10,58 | 9,09 |
| 20,00 | 0,783 | 0,79 | 0,792 | 0,793 | 11,06 | 9,51 |
| 30,00 | 0,843 | 0,84 | 0,84 | 0,842 | 11,79 | 10,13 |
| 40,00 | 0,826 | 0,835 | 0,833 | 0,832 | 11,65 | 10,01 |
| 50,00 | 0,859 | 0,864 | 0,873 | 0,857 | 12,09 | 10,39 |
| 60,00 | 0,865 | 0,876 | 0,874 | 0,872 | 12,21 | 10,50 |

Dop: Densidad óptica

[P]: concentración de proteína soluble

GH: Grado de hidrólisis

Tabla AVIII. 6. Datos experimentales para la cinética de hidrólisis bajo las siguientes condiciones: pH=7, T= 50°C, S/agua= 13/100, E/S = 367,77/100 y 108,63/100 para la cáscara de papaya y piña respectivamente, a escala piloto ensayo 3

| Tiempo min | Dop | | | | [P] mg/ml | % GH |
|------------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|
| | | | | | | |
| 0,00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| 10,00 | 0,78 | 0,789 | 0,786 | 0,783 | 10,99 | 9,45 |
| 20,00 | 0,843 | 0,85 | 0,85 | 0,853 | 11,89 | 10,22 |
| 30,00 | 0,854 | 0,847 | 0,852 | 0,856 | 11,94 | 10,26 |
| 40,00 | 0,86 | 0,883 | 0,886 | 0,885 | 12,31 | 10,58 |
| 50,00 | 0,924 | 0,934 | 0,92 | 0,932 | 12,99 | 11,17 |
| 60,00 | 0,92 | 0,921 | 0,919 | 0,925 | 12,91 | 11,09 |

Dop: Densidad óptica

[P]: concentración de proteína soluble

GH: Grado de hidrólisis

ANEXO IX

DATOS EXPERIMENTALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LAS CURVAS DE SECADO

Tabla AIX. 1. Datos experimentales para el estudio de la cinética de secado de la pasta de soya hidrolizada a las siguientes condiciones: Aire, $v= 5$ m/s $T= 100^{\circ}\text{C}$ durante 1 h y $T=60^{\circ}\text{C}$ el resto del proceso, densidad de carga= $8,42$ Kg/m²

| Tiempo (min) | Peso Total | | | Humedad Del Producto (%) | Xt (Kg de agua/ Kg de solido seco) | X (Kg de agua/ Kg de solido seco) | Humedad libre media (Kg de agua/ Kg de solido seco) | Velocidad (Kg/h) |
|--------------|------------|-------|-------|--------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|---|------------------|
| | 1 (g) | 2 (g) | 3 (g) | | | | | |
| 0 | 1860 | 1861 | 1874 | 80,00 | 4,00 | 3,90 | | |
| 30 | 1775 | 1796 | 1725 | 77,71 | 3,49 | 3,38 | 5,14E-01 | 1,03E+00 |
| 60 | 1629 | 1660 | 1605 | 73,65 | 2,80 | 2,69 | 6,91E-01 | 1,38E+00 |
| 90 | 1544 | 1576 | 1519 | 70,21 | 2,36 | 2,26 | 4,38E-01 | 8,76E-01 |
| 120 | 1459 | 1492 | 1435 | 65,78 | 1,92 | 1,82 | 4,35E-01 | 8,69E-01 |
| 150 | 1404 | 1429 | 1374 | 61,76 | 1,62 | 1,51 | 3,08E-01 | 6,15E-01 |
| 180 | 1345 | 1379 | 1326 | 57,36 | 1,35 | 1,24 | 2,70E-01 | 5,40E-01 |
| 210 | 1298 | 1327 | 1299 | 53,03 | 1,13 | 1,03 | 2,16E-01 | 4,33E-01 |
| 240 | 1258 | 1289 | 1254 | 47,85 | 0,92 | 0,82 | 2,11E-01 | 4,23E-01 |
| 270 | 1212 | 1258 | 1229 | 42,60 | 0,74 | 0,64 | 1,75E-01 | 3,51E-01 |
| 300 | 1181 | 1228 | 1199 | 36,94 | 0,59 | 0,48 | 1,56E-01 | 3,13E-01 |
| 330 | 1157 | 1204 | 1178 | 31,85 | 0,47 | 0,37 | 1,19E-01 | 2,37E-01 |
| 360 | 1151 | 1179 | 1174 | 28,94 | 0,41 | 0,31 | 6,01E-02 | 1,20E-01 |
| 390 | 1149 | 1152 | 1170 | 25,95 | 0,35 | 0,25 | 5,67E-02 | 1,13E-01 |
| 420 | 1143 | 1135 | 1160 | 22,71 | 0,29 | 0,19 | 5,67E-02 | 1,13E-01 |
| 450 | 1132 | 1119 | 1154 | 19,17 | 0,24 | 0,14 | 5,67E-02 | 1,13E-01 |
| 480 | 1123 | 1118 | 1148 | 17,33 | 0,21 | 0,11 | 2,75E-02 | 5,50E-02 |
| 510 | 1117 | 1117 | 1142 | 15,77 | 0,19 | 0,09 | 2,23E-02 | 4,47E-02 |
| 540 | 1111 | 1115 | 1135 | 13,91 | 0,16 | 0,06 | 2,58E-02 | 5,15E-02 |
| 570 | 1108 | 1114 | 1129 | 12,61 | 0,14 | 0,04 | 1,72E-02 | 3,44E-02 |
| 600 | 1106 | 1114 | 1125 | 11,82 | 0,13 | 0,03 | 1,03E-02 | 2,06E-02 |
| 630 | 1105 | 1112 | 1123 | 11,15 | 0,13 | 0,02 | 8,59E-03 | 1,72E-02 |
| 660 | 1105 | 1110 | 1122 | 10,74 | 0,12 | 0,02 | 5,15E-03 | 1,03E-02 |
| 690 | 1104 | 1109 | 1121 | 10,32 | 0,12 | 0,01 | 5,15E-03 | 1,03E-02 |
| 720 | 1104 | 1108 | 1120 | 10,05 | 0,11 | 0,01 | 3,44E-03 | 6,87E-03 |
| 750 | 1104 | 1107 | 1120 | 9,91 | 0,11 | 0,01 | 1,72E-03 | 3,44E-03 |
| 780 | 1103 | 1105 | 1119 | 9,35 | 0,10 | 0,00 | 6,87E-03 | 1,37E-02 |
| 810 | 1103 | 1105 | 1119 | 9,35 | 0,10 | 0,00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
| 840 | 1103 | 1104 | 1119 | 9,20 | 0,10 | 0,00 | 1,72E-03 | 3,44E-03 |
| 870 | 1103 | 1104 | 1119 | 9,20 | 0,10 | 0,00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |

ANEXO X

DATA SHEETS

Tabla AX. 1. Data Sheet silo pasta de soya

| | | | |
|--|-------|------------------------|--------------------|
| PLANTA DE PRODUCCIÓN DE PASTA DE SOYA HIDROLIZADA | | Preparado por: | Cristina Pachacama |
| | | Fecha: | 01/04/2014 |
| SILO DE ALMACENAMIENTO DE PASTA DE SOYA | | Pag: | 1/1 |
| DATOS GENERALES | | | |
| | | Identificación | S-101 |
| Diámetro, m | 1,79 | Modelo | FFC-37 |
| Altura, m | 4,48 | | |
| DATOS DE DISEÑO Y OPERACIÓN | | | |
| | | V m³ | 6,78 |
| H1, m | 0,32 | | |
| H2, m | 2,24 | | |
| H3, m | 1,92 | | |
| Angulo de inclinación | 65 ° | | |
| Material de construcción | Acero | | |
| | | | |

Tabla AX. 2. Data Sheet del silo para la cascara de piña

| | | | |
|---|-------|------------------------|--------------------|
| PLANTA DE PRODUCCIÓN DE PASTA DE SOYA HIDROLIZADA | | Preparado por: | Cristina Pachacama |
| | | Fecha: | 01/04/2014 |
| TOLVA DE ALMACENAMIENTO DE CÁSCARA DE PIÑA | | Pag: | 1/1 |
| DATOS GENERALES | | | |
| | | Identificación | TV-101 |
| Diámetro, m | 1,22 | Modelo | FFC-37 |
| Altura, m | 3,06 | | |
| DATOS DE DISEÑO Y OPERACIÓN | | | |
| | | V m³ | 2,16 |
| L1, m | 2 | | |
| L2, m | 0,5 | | |
| L3, m | 1,5 | | |
| Angulo de inclinación, respecto a la horizontal | 60 ° | | |
| Material de construcción | Acero | | |
| <p>Diagrama de una tolva de almacenamiento de cascara de piña. La tolva tiene una boca superior de 2.0 m de ancho y una boca inferior de 0.50 m de ancho. La altura total es de 3.06 m, pero se muestran segmentos de 0.15 m y 1.5 m. El ángulo de inclinación de las paredes es de 60 grados respecto a la horizontal.</p> | | | |

Tabla AX. 3. Data Sheet del silo para cáscara de papaya

| | | | | |
|--|-------|------------------------|--------------------|--|
| PLANTA DE PRODUCCIÓN DE PASTA DE SOYA HIDROLIZADA | | Preparado por: | Cristina Pachacama | |
| | | Fecha: | 01/04/2014 | |
| TOLVA DE ALMACENAMIENTO DE CÁSCARA DE PAPAYA | | Pag: | 1/1 | |
| | | DATOS GENERALES | | |
| | | Identificación | TV-102 | |
| Diámetro, m | 0,81 | Modelo | FFC-37 | |
| Altura, m | 2,04 | | | |
| DATOS DE DISEÑO Y OPERACIÓN | | | | |
| | | V m³ | 0,64 | |
| L1, m | 1,5 | | | |
| L2, m | 0,35 | | | |
| L3, m | 1,15 | | | |
| Angulo de inclinación | 60 ° | | | |
| | | | | |
| Material de construcción | Acero | | | |
| <p style="text-align: center;">1.5 m</p> <p style="text-align: center;">0,15 m</p> <p style="text-align: center;">1,15</p> <p style="text-align: center;">0.35 m</p> | | | | |

Tabla AX. 4. Data Sheet del Molino de disco


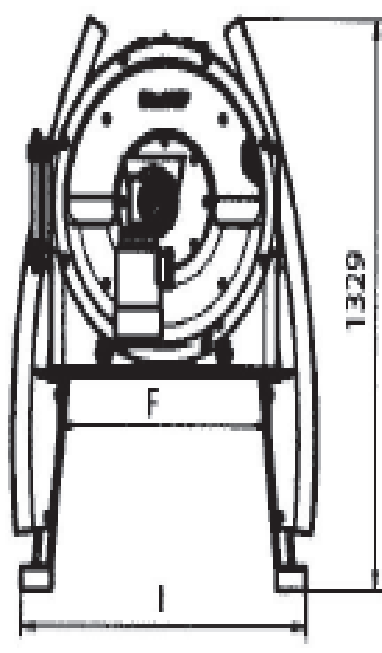
| | | | | |
|---|-------|--|--------------------|------|
| PLANTA DE PRODUCCIÓN DE PASTA DE SOYA HIDROLIZADA | | Preparado por: | Cristina Pachacama | |
| | | Fecha: | 01/11/2013 | |
| MOLINO DE DISCO | | Pag: | 1/1 | |
| DATOS GENERALES | | | | |
| Longitud, m | 1,15 | Identificación | M-101 | |
| Ancho, m | 0,76 | Modelo | FFC-37 | |
| Altura, m | 1,43 | | | |
| DATOS DE DISEÑO Y OPERACIÓN | | | | |
| Velocidad de rotación del eje principal RPM | 3600 | Capacidad kg/h | Maíz | 450 |
| Tamaño de Tamiz, mm | 0,6 | | Soya | 250 |
| | 1,2 | | Sorgo | 350 |
| | 3,6 | | Frijol | 1100 |
| Potencia del motor, kw | 7,5 | | | |
| Peso, kg | 158 | | | |
| Material de construcción | Acero | | | |
|  | |  | | |

Tabla AX. 5. Data Sheet Desintegrador

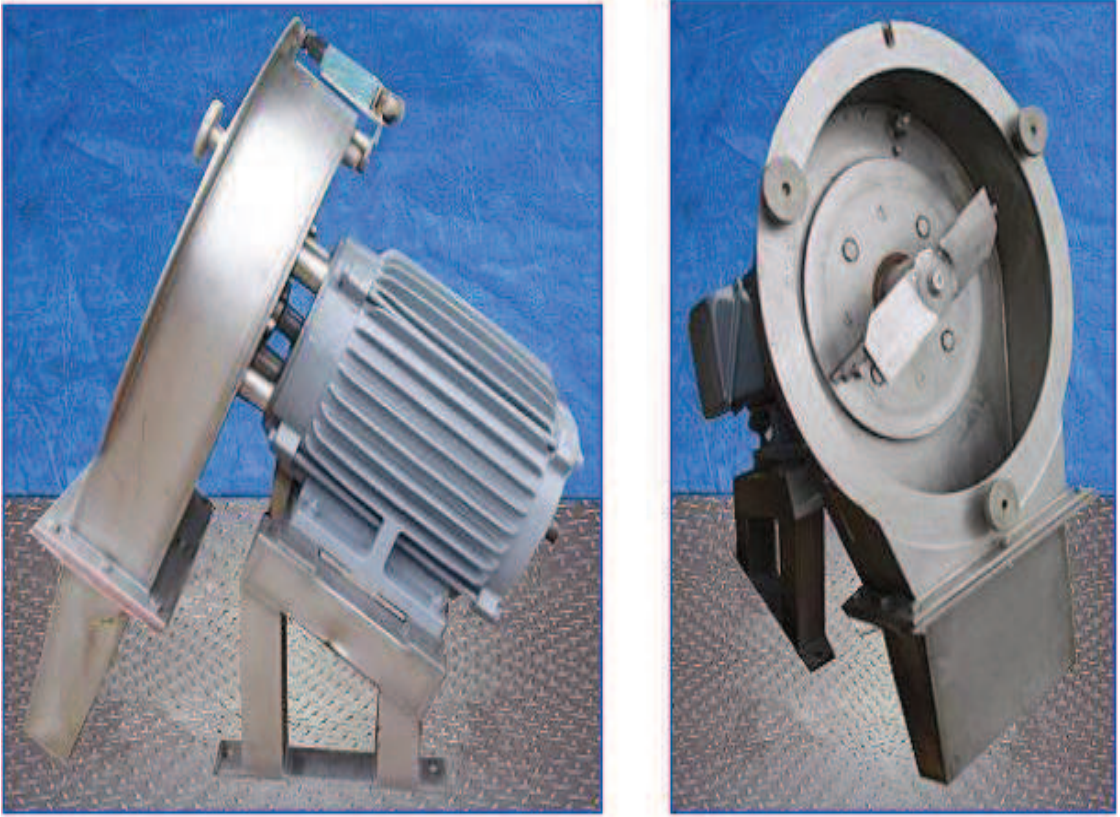
| | | | |
|--|----------------|-----------------------|--------------------|
| PLANTA DE PRODUCCIÓN DE PASTA DE SOYA HIDROLIZADA | | Preparado por: | Cristina Pachacama |
| | | Fecha: | 01/11/2013 |
| DESINTEGRADOR | | Pag: | 1/1 |
| DATOS GENERALES | | | |
| Longitud, m | 0,7 | Identificación | D-101 |
| Ancho, m | 0,5 | Modelo | RA-312-K122 |
| Altura, m | 0,68 | Marca | RIETZ |
| | | Serie | RA-86001771 |
| DATOS DE DISEÑO Y OPERACIÓN | | | |
| Teco motor, HP | 10 | Capacidad kg/h | 600 |
| Velocidad de giro, RPM | 1740 | | |
| Díámetro del rotor, mm | 203,20 mm | | |
| | 609,60 mm | | |
| Material | Hierro fundido | | |
|  | | | |

Tabla AX. 6. Data Sheet Secador de rodillos

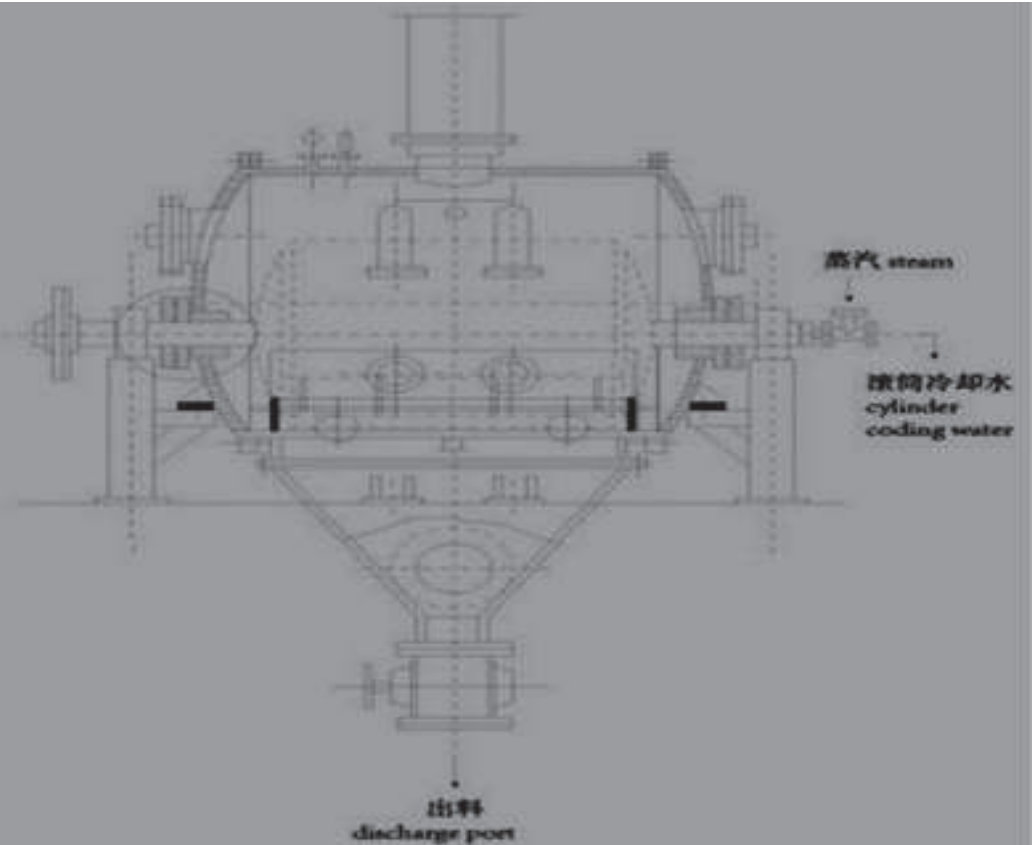
| | | | | | |
|---|-----------|--|--|-----------------------|--------------------|
| PLANTA DE PRODUCCIÓN DE PASTA DE SOYA HIDROLIZADA | | | | Preparado por: | Cristina Pachacama |
| | | | | Fecha: | 01/11/2013 |
| SECADOR DE RODILLOS | | | | Pag: | 1/1 |
| DATOS GENERALES | | | | | |
| Longitud, m | 4,1 | | | Identificación | SR-101 |
| Ancho, m | 2,05 | | | Modelo | HG-1800A |
| Altura, m | 3,5 | | | Marca | |
| DATOS DE DISEÑO Y OPERACIÓN | | | | | |
| Área efectiva de transferencia de calor, m² | 10,6 | | | Capacidad kg/h | 1030 |
| Consumo de vapor, kg/h | 1050-1575 | | | | |
| Potencia del motor, Kw | 8,6 | | | | |
| Diámetro del tambor, mm | 2000 | | | | |
| Espesor del material, mm | 0,3-1,5 | | | | |
| Tiempo de secado, s | oct-15 | | | | |
|  <p>The technical drawing shows a cylindrical roller dryer with a conical bottom. It features two horizontal rollers inside the cylinder. On the right side, there is a steam inlet labeled '蒸汽 steam' and a cooling water inlet labeled '滚筒冷却水 cylinder cooling water'. At the bottom center, there is a discharge port labeled '出料 discharge port'.</p> | | | | | |

Tabla AX. 7. Data Sheet Caldero

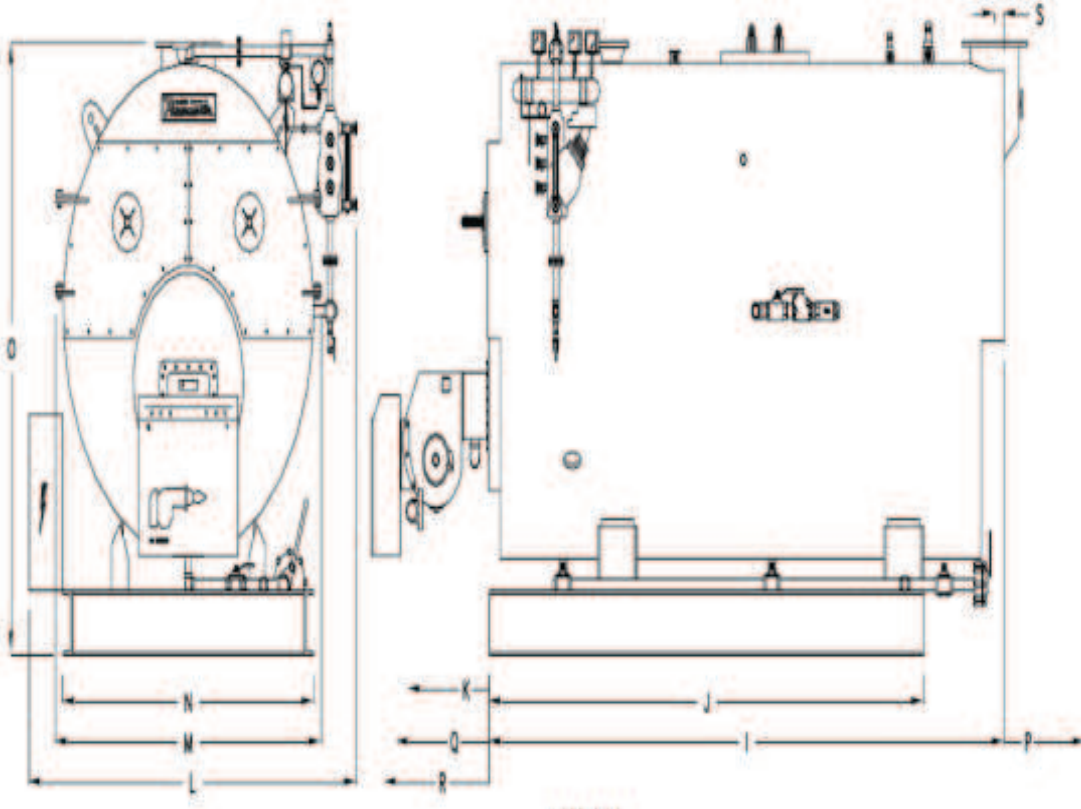
| | | | | |
|--|------|------------------------|---------------------------------|----|
| PLANTA DE PRODUCCIÓN DE PASTA DE SOYA HIDROLIZADA | | Preparado por: | Cristina Pachacama | |
| | | Fecha: | 01/11/2013 | |
| CALDERO PIROTUBULAR | | Pag: | 1/1 | |
| | | DATOS GENERALES | | |
| Longitud, m | 3,5 | Identificación | C-101 | |
| Ancho, m | 1,9 | Modelo | WNS1-1 | |
| Altura, m | 1 | | | |
| DATOS DE DISEÑO Y OPERACIÓN | | | | |
| Eficiencia, % | 86 | Capacidad, kg/h | 1000 | |
| Diámetro del agua de alimentación, mm | DN40 | | | |
| Válvula primaria de la salida de vapor | DN65 | Presión, atm | 9,86 | |
| Temperatura del agua de alimentación, °C | 20 | Temperatura, °C | 184 | |
| Área de calefacción, m² | 37 | Combustible | Naphtha, kg/h | 73 |
| | | | Heavy oil, kg/h | 76 |
| | | | Natural gas, Nm ³ /h | 85 |
|  | | | | |

Tabla AX. 8. Data Sheet Ensacadora

| | | | |
|--|-------------|---------------------------|--------------------|
| PLANTA DE PRODUCCIÓN DE PASTA DE SOYA HIDROLIZADA | | Preparado por: | Cristina Pachacama |
| | | Fecha: | 01/11/2013 |
| ENSACADORA | | Pag: | 1/1 |
| DATOS GENERALES | | | |
| Longitud, m | 2 | Identificación | E-101 |
| Ancho, m | 0,8 | Modelo | JHH 25 |
| Altura, m | 2,5 | Marca | JINHE |
| DATOS DE DISEÑO Y OPERACIÓN | | | |
| Peso de empaque, kg | 10-50 | Capacidad fundas/h | 100-300 |
| Polvo de gas m³/h | 1 7 0,4 Mpa | | |
| Potencia, kw | 2,2 | Potencia | AC380V±10% |
| | | | AC220V±10% |
| | | | AC50HZ±10% |
|  | | | |

Tabla AX. 9. Data Sheet Reactor

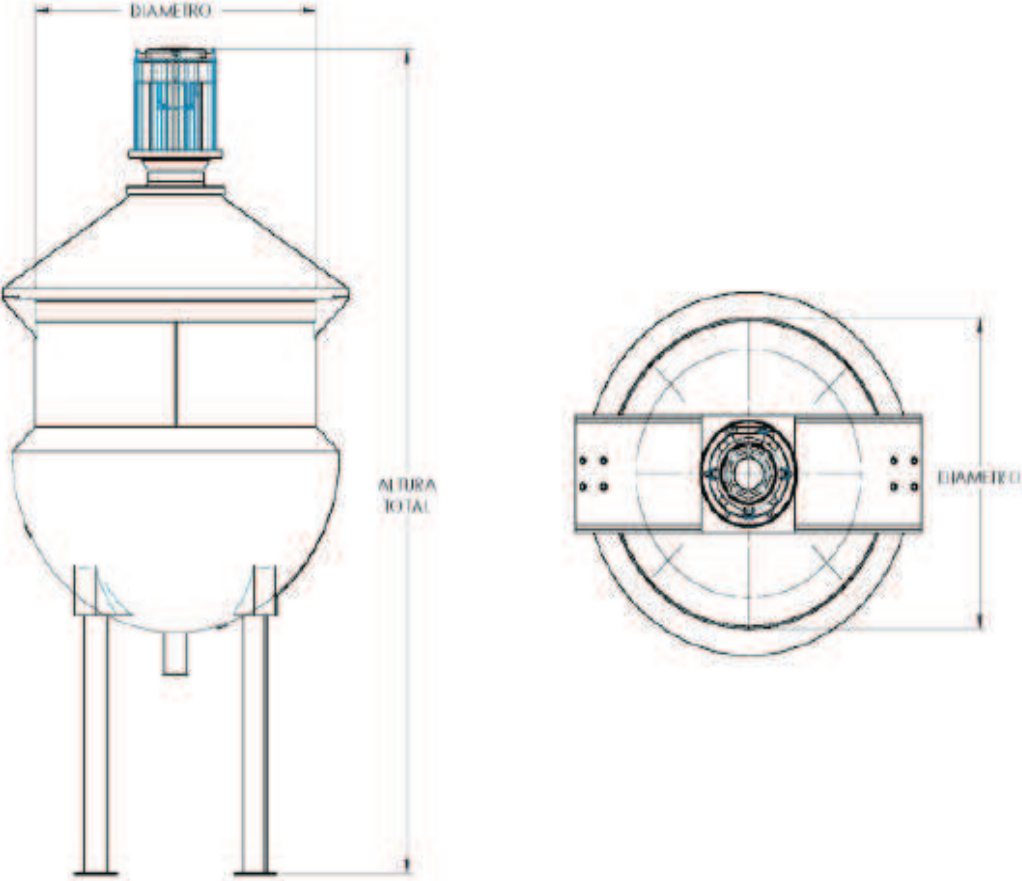
| | | | | |
|--|-------|-----------------------|--------------------|--|
| PLANTA DE PRODUCCIÓN DE PASTA DE SOYA HIDROLIZADA | | Preparado por: | Cristina Pachacama | |
| | | Fecha: | 01/11/2013 | |
| REACTOR | | Pag: | 1/1 | |
| DATOS GENERALES | | | | |
| Longitud, m | 0,83 | Identificación | R-101 A/B | |
| Ancho, m | 0,72 | Modelo | BLS-QJ500 | |
| Altura, m | 0,6 | N° | 2 | |
| DATOS DE DISEÑO Y OPERACIÓN | | | | |
| Presión de trabajo, Mpa | < 0,2 | Capacidad, L | 500 | |
| Cantidad de evaporación, kg/h | 150 | | | |
| Área de transferencia, m² | 1,9 | | | |
| Consumo de vapor, kg/h | 165 | | | |
| Peso del equipo, kg | 485 | | | |
|  | | | | |

Tabla AX. 10 Data Sheet Tanques de almacenamiento de HCl y NaOH

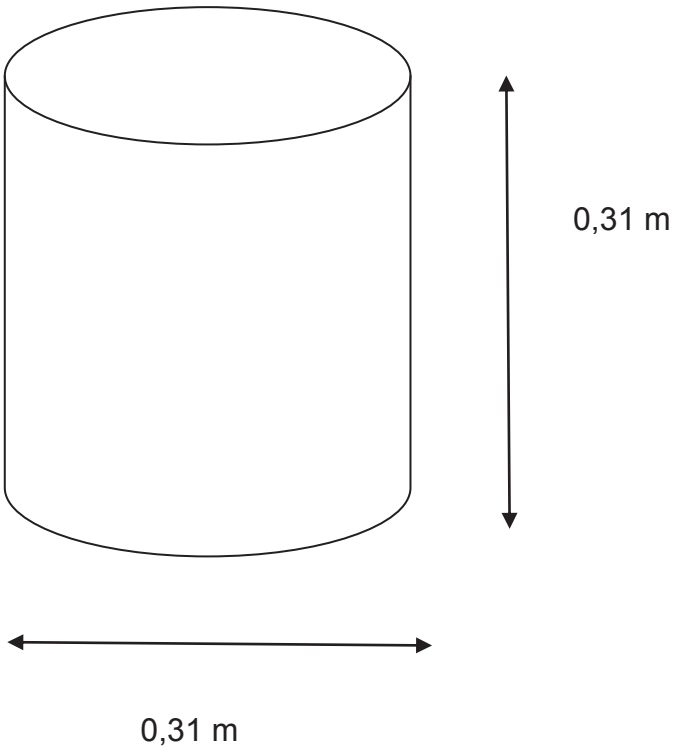
| | | | |
|---|-------|------------------------|--------------------|
| PLANTA DE PRODUCCIÓN DE PASTA DE SOYA HIDROLIZADA | | Preparado por: | Cristina Pachacama |
| | | Fecha: | 01/11/2013 |
| TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE HCl y NaOH | | Pag: | 1/1 |
| | | DATOS GENERALES | |
| Altura, m | 0,31 | Identificación | T-102 Y T-103 |
| Diámetro, m | 0,31 | Modelo | |
| | | N° | 2 |
| DATOS DE DISEÑO Y OPERACIÓN | | | |
| Presión de trabajo, atm | 1 | Capacidad, L | 20 |
| Material | acero | | |
|  <p>The diagram shows a 3D perspective of a cylindrical tank. A vertical double-headed arrow on the right side of the tank is labeled '0,31 m', indicating its height. A horizontal double-headed arrow at the bottom of the tank is also labeled '0,31 m', indicating its diameter. The tank is drawn with simple black lines on a white background.</p> | | | |

Tabla AX. 11. Data Sheet Tornillo sin fin

| | | | | |
|---|------------------|--|--------------------|----------|
| PLANTA DE PRODUCCIÓN DE PASTA DE SOYA HIDROLIZADA | | Preparado por: | Cristina Pachacama | |
| | | Fecha: | 01/11/2013 | |
| TORNILLO SIN FIN SIN ROSCA EJE CENTRAL Y CON EJE CENTRAL | | Pag: | 1/1 | |
| DATOS GENERALES | | | | |
| Longitud, m | 12 | Identificación | TR-102 Y 104 | |
| Ancho, m | 0,18 | Modelo | WLS 150 | |
| Altura, m | 0,18 | N° | 3 | |
| DATOS DE DISEÑO Y OPERACIÓN | | | | |
| Material | Acero al carbono | Capacidad, kg/h | 2400 | |
| Diámetro del tornillo, mm | 150 | | | |
| Diámetro de la caja, mm | 180 | MOTOR | Modelo | Y90L-4 |
| Angulo de operación | < 30 ° | | Poder, HP | 1,5 |
| | | | Modelo | Y100L1-4 |
|  | |  | | |
| <i>Sinfin con eje central</i> | | <i>Rosca sin eje central</i> | | |

Tabla AX. 12. Data Sheet Bomba de tornillo

| | | | | |
|---|---------|-----------------------|--------------------|--|
| PLANTA DE PRODUCCIÓN DE PASTA DE SOYA HIDROLIZADA | | Preparado por: | Cristina Pachacama | |
| | | Fecha: | 01/11/2013 | |
| BOMBA DE TORNILLO | | Pag: | 1/1 | |
| DATOS GENERALES | | | | |
| Longitud, m | 0,6 | Identificación | B-101 | |
| Ancho, m | 0,2 | Modelo | G35-1 | |
| Altura, m | 0,4 | N° | 2 | |
| DATOS DE DISEÑO Y OPERACIÓN | | | | |
| Díámetro, mm | 50 | Flujo, m3/h | 5 | |
| Velocidad, r/min | 960 | | | |
| Potencia, kw | 2,2 | Material | acero inoxidable | |
| Temperatura de servicio, °C | 0 a 180 | | | |
| | | | | |
|  | | | | |

ANEXO XI

COSTOS DE PRODUCCIÓN

Tabla AXI. 1. Costos de activo fijo

| TERRENO | Cantidad | Valor Unitario | Valor Total |
|--------------------------------|-------------------|----------------|---------------|
| | (m ²) | (USD) | (USD) |
| Terreno (17,75 * 26,77 m) | 475 | 50 | 23 758 |
| CONSTRUCCIONES | | | |
| Fábrica | 113 | 100 | 11 328 |
| Oficinas, laboratorio, lockers | 46 | 75 | 3 436 |
| Cerramiento (m) | 37 | 35 | 1 307 |
| Corredores y bodegas | 31 | 75 | 2 295 |
| Mantenimiento (2) | 12 | 25 | 300 |
| TOTAL | | | 42 424 |

Tabla AXI. 2. Costos de materias primas

| DENOMINACION | Cantidad (kg) | Valor Unitario (USD) | Valor Total (USD) |
|-------------------|---------------|----------------------|-------------------|
| Pasta de soya | 222 293,28 | 0,50 | 111 147 |
| cáscara de papaya | 817 522,06 | 0,01 | 8 175 |
| cáscara de piña | 241 469,07 | 0,01 | 2 415 |
| Total | | | 121.737 |

Tabla AXI. 3. Costos anuales de mano de obra directa

| DENOMINACIÓN | Nº | Sueldo Mensual (USD) | Total Anual (USD) |
|---------------------|----|----------------------|-------------------|
| Semi-calificados | 1 | 400 | 9 600 |
| No calificados | 1 | 318 | 7 632 |
| Cargas Sociales 35% | | | 3 016 |
| Total | | | 11 632 |

Tabla AXI. 4. Costos anuales de mano de obra indirecta

| DENOMINACIÓN | Nº | Sueldo Mensual (USD) | Total Anual (USD) |
|---------------------|-----------|-----------------------------|--------------------------|
| Jefe de Planta | 1 | 1 000 | 12 000 |
| Guardia | 1 | 318 | 3 816 |
| Bodeguero | 1 | 318 | 3 816 |
| Cargas sociales 35% | | | 6 031 |
| Total | | | 26 503 |

Tabla AXI. 5. Costo anual de materiales indirectos

| DENOMINACIÓN | Cantidad | Costo Unitario (USD) | Costo Total (USD) |
|---------------------|-----------------|-----------------------------|--------------------------|
| Fundas PP 45 Kg | 8 000 | 0,05 | 400 |

Tabla AXI. 6. Costos anuales por depreciación

| CONCEPTO | Vida Útil (Años) | Costo (USD) | Valor Anual (USD) |
|---------------------|-------------------------|--------------------|--------------------------|
| Construcciones | 20 | 18 366 | 918 |
| Maquinaria y equipo | 10 | 17 150 | 1 715 |
| Laboratorio | 10 | 1 000 | 100 |
| Total | | | 2 733 |

Tabla AXI. 7. Costos de suministros

| CONCEPTO | Cantidad | Valor Unitario (USD) | Valor Total (USD) |
|--------------------------|-----------------|-----------------------------|--------------------------|
| Energía eléctrica (Kw-h) | 51 869 | 0,20 | 10 374 |
| Combustible (galones) | 33 762 | 1,25 | 42 202 |
| Agua (m ³) | 1 703 | 0,50 | 851 |
| Lubricantes (gal) | 5 | 15,00 | 75 |
| Total | | | 53 502 |

Tabla AXI. 8. Costos anuales de reparación y mantenimiento

| CONCEPTO | % | Costo (USD) | Valor Total (USD) |
|----------------------------|----------|------------------------|------------------------------|
| Maquinaria y equipo | 5,0 | 5 317 | 266 |
| Edificios y Construcciones | 5,0 | 18 366 | 918 |
| Total | | | 1 184 |

Tabla AXI. 9. Costos anuales de seguros

| CONCEPTO | % | Costo (USD) | Valor Total (USD) |
|----------------------------|----------|------------------------|------------------------------|
| Maquinaria y equipo | 3,0 | 5 317 | 159 |
| Edificios y Construcciones | 3,0 | 18 366 | 551 |
| Total | | | 710 |

Tabla AXI. 10. Costos anuales por imprevistos de la carga fabril

| CONCEPTO | Valor Total (USD) |
|--|------------------------------|
| Aprox. 5% de todos los rubros anteriores | 4 041 |

ANEXO XII

PRODUCTO FINAL



Figura AXII. 1. Pasta de soya hidrolizada, secado en bandejas



Figura AXII. 2. Pasta de soya hidrolizada, secado por rodillos