

b.) curtiembre al cromo con sales de alto agotamiento

c.) elaboración de "wet white" para generar virutas sin cromo.

d.) descurtición de residuos sólidos conteniendo cromo(III). Valorización de residuos sólidos.

e.) recuperación y reutilización del cromo desde los líquidos residuales para minimizar la presencia del cromo(III) en los barros primarios y secundarios de los sistemas de tratamiento.

Uno de los sólidos conteniendo cromo(III) que actualmente se produce en cantidades considerables es el generado en la operación de rebajado. Por cada tonelada de piel salada que se procesa se originan entre 100 y 130 kg de "virutas de cromo" (humedad comprendida entre 50-60%).

Este sólido es actualmente empleado como materia prima para la elaboración de ladrillos comunes, en la fabricación de cuero reconstituido, y procediéndose también a la disposición directa en rellenos sanitarios.

Considerando que anualmente se procesan en nuestro país 12 millones de pieles (25 kg peso promedio) se puede estimar que aproximadamente se originan 150 tn/día de virutas de cromo. Una curtiembre que procesa 1000 pieles/día genera cerca de 3 tn diarias de virutas.

La disposición apropiada de los residuos sólidos es hoy día una cuestión ineludible, no solo por cierto para el sector industrial sino también para todos los sectores integrantes de cualquier sociedad que es digna de ser civilizada.

Consideramos que una estrategia adecuada para afrontar los inconvenientes que ocasionan los desechos sólidos generados en la elaboración de la piel vacuna debe contemplar, entre otros, los dos conceptos siguientes:

* maximizar la generación de residuos no curtidos más que aquellos conteniendo el colágeno curtido como es el caso de las virutas y recortes de cuero en estado "wet blue".

* valorizar los residuos, esto significa por ejemplo cambiar el problema de "tirar" las proteínas contenidas en los

desechos a considerarlas como una fuente de alimentación y de uso en tecnología agropecuaria: incorporar los residuos al suelo y ofrecer una fuente alternativa de proteínas en lugar de tirarlos en rellenos sanitarios.

Las exigencias de las autoridades sanitarias frente a la descarga directa de ciertos desechos sólidos, y los costos asociados a tal modalidad de disposición son dos nuevos elementos que se incorporan al cambio de actitud que todo empresario debe manifestar, de cara a la estrategia de un desarrollo ambientalmente sustentable, para considerar el concepto "valorización de residuos".

En este contexto, uno de los procedimientos que en la actualidad se está considerando para el tratamiento de las virutas y recortes de cuero en estado wet blue es el proceso de descurtición por hidrólisis en medio alcalino asistido por la presencia de enzimas proteolíticas. Este procedimiento permite obtener dos productos: un hidrolizado proteico con un contenido de proteínas del orden del 80%, y una "torta de cromo" de la cual es posible recuperar el cromo (III).

Esta alternativa de tratamiento es técnicamente viable y su implementación dependerá de los mercados que asimilen los productos que se generan, de los costos de la disposición de los residuos sin tratamiento (exigencias sanitarias), y de la selección de la tecnología de tratamiento más apropiada.

En el presente artículo solo se hará referencia a aspectos técnicos del proceso de descurtición, dejándose para futuras publicaciones aquellos vinculados a los costos-beneficios del tratamiento y a los usos experimentados para los productos obtenidos.

II. Objetivo

Este trabajo está orientado al estudio de condiciones experimentales para optimizar la descurtición de virutas de cromo a temperatura moderada, en medio alcalino y en presencia de una enzima proteolítica para facilitar la degradación del complejo colágeno-cromo, y obtener

un hidrolizado proteico con bajo contenido de cromo (III) (inferior a 2 mg/kg de proteína seca) y una "torta de cromo" para recuperar la sal curtiembre.

III. Antecedentes.

La descurtición de las virutas de cromo puede llevarse a cabo bajo diversas condiciones:

- * a 300°C y 150 atm en presencia de óxido de magnesio (12).

- * por tratamiento a ebullición con hidróxido de calcio e hidróxido de sodio (13,14).

- * hidrólisis a 100°C con hidróxido de sodio en presencia de óxido de calcio y magnesio (15).

- * hidrólisis en medio ácido empleando: ácido sulfúrico p-toluen sulfónico, tricloroacético o ácido acético (16).

- * descurtición por tratamiento oxidativo empleando agua oxigenada en medio alcalino (17).

- * acción de enzimas proteolíticas de origen bacteriano en medio alcalino a temperatura moderada (55-65°C) en presencia de una combinación de reactivos alcalinos tales como carbonato de sodio, hidróxido de sodio, óxido de magnesio y de calcio (18).

La descurtición de las virutas conduce a dos productos:

- * "torta de cromo" (complejos de cromo altamente basificados) conteniendo además del cromo(III) sales inorgánicas, orgánicas, grasas y proteínas. Una de sus potenciales aplicaciones: regeneración del material curtiembre es analizada con detalles en la referencia (19).

- * "hidrolizado de proteínas" con un contenido en proteínas que puede oscilar entre el 75-85% en el producto seco, lo cual hace atractiva su aplicación en la alimentación balanceada de aves (14,20).

La selección de los mercados adecuados para ambos productos, y en especial las proteínas, es la fuerza impulsora para el emprendimiento de un proyecto de valorización de los residuos virutas y recortes en estado wet blue.

En la recuperación de las proteínas

desde estos residuos existe una relación directa entre la intensidad del tratamiento de hidrólisis y el grado de solubilización de la proteína colágeno, en este sentido el tiempo de hidrólisis, las condiciones de alcalinidad y la temperatura de reacción son factores relevantes a ser considerados en el proceso de descurtición (21).

En el trabajo experimental de la referencia (18) se propone demostrar principalmente el efecto que tiene la acción de una enzima proteolítica sobre el proceso de hidrólisis con un pretratamiento de las virutas con diferentes combinaciones de reactivos alcalinos.

En dicha referencia no se han estudiado las condiciones experimentales para optimizar la acción hidrolítica de los álcalis, principalmente hidróxido de sodio y sus combinaciones con óxido de calcio y magnesio en ausencia de la enzima.

De la numerosa información disponible en la literatura, a través de trabajos de investigación y desarrollo y de aplicación comercial, acerca de la conversión del colágeno en productos proteicos de degradación es razonable pensar que la acción alcalina sobre los complejos colágeno-cromo(III) es mucho más profunda que la mera adecuación del valor del pH para maximizar la digestión enzimática de las virutas (el así denominado "holding period" mencionado en la referencia (18)).

En relación a estas consideraciones debería en realidad decirse que la enzima proteolítica degrada una estructura colágeno-cromo desnaturalizada por el tratamiento alcalino previo. En la transición colágeno-productos proteicos de degradación ("precursor alcalino" del hidrolizado proteico), las cadenas peptídicas pueden considerarse como desprovistas de la estructura secundaria. Cada cadena tiene la "libertad" de adoptar diferentes configuraciones sin orientación preferencial, de manera que no es sorprendente que los segmentos peptídicos del colágeno desnaturalizado puedan adaptarse a la configuración de los centros activos de la enzima y ser "digeridos" por ésta (22).

IV. Desarrollo experimental

I. Variables.

En base a experiencias preliminares realizadas para identificar parámetros relevantes en el proceso de hidrólisis se seleccionaron las siguientes variables con sus correspondientes niveles:

a) Concentración de enzima:

nivel 1: E₀ = 0% de enzima;

nivel 2: E₁ = 4 % de enzima

(% sobre peso seco de las virutas)

b) Tratamiento alcalino-enzimático. Tiempo de hidrólisis

nivel 1: T₁ = álcali (hidróxido de sodio) 4 h + enzima 2 h.

nivel 2: T₂ = álcali (hidróxido de sodio) 2 h + enzima 4 h.

El tiempo de hidrólisis total (álcali + enzima) fue de 6 h.

En aquellas combinaciones de variables en las cuales no se incorporó la enzima el tiempo de hidrólisis total se mantuvo en 6 horas.

La adición de los productos se realizó incorporando en primer lugar el hidróxido de sodio y luego la enzima, respetando los tiempos asignados en T₁ y T₂.

Durante el tiempo de 6 h el sistema de reacción se agitó continuamente (ver procedimiento descrito en sección IV-3), y el esquema de la figura 1 sobre la adición de los reactivos.

c) "Extracción" de las virutas desnaturalizadas por el tratamiento alcalino-enzimático

La idea de esta variable e incluso su nombre es tomada de la fabricación comercial de gelatinas: las virutas de cromo desnaturalizadas por el tratamiento alcalino-enzimático, son sometidas a una "extracción" (cook) a 90°C durante 15 min. Esta extracción es llevada a cabo luego de cumplido el tiempo total de hidrólisis de 6 h señalado en la variable b).

La temperatura de los productos de reacción es elevada desde 55°C hasta 90°C fuera del baño termostatzado, y luego el recipiente es colocado en estufa a 90°C du-

rante 15 min.

nivel 1 = sin extracción;

nivel 2 = con extracción

d) Maceración

Con este término se describe el proceso que tiene lugar, luego de la hidrólisis de 6 h con agitación, cuando el recipiente de reacción es dejado a temperatura ambiente en reposo durante 16 horas.

Cuando esta variable es combinada con la variable "extracción", la maceración es aplicada luego de elevar la temperatura del recipiente a 90°C-15 min.

nivel 1 = sin maceración;

nivel 2 = con maceración

La combinación de las variables a sus respectivos niveles se realizó con un diseño factorial completo 2⁴, efectuándose el análisis de la varianza, para obtener los efectos principales y las interacciones de las variables, a un nivel de significación del 5%. Además se obtuvo con los datos experimentales el modelo matemático polinomial reducido a través de una regresión lineal múltiple. Las 16 experiencias se distribuyeron al azar en dos grupos de 8 ensayos.

2. Materiales y equipos

Las virutas de cromo se obtuvieron de una curtiembre y fueron conservadas a 4°C hasta su uso. La granulometría de las virutas dio la siguiente distribución de tamaño.

> 4,8 mm	34,1 %
entre 1,7 mm y 4,8 mm	34,9 %
entre 1,2 mm y 1,7 mm	6,2 %
< 1,2 mm	24,8 %

El contenido de cromo (expresado como Cr₂O₃) fue de 4,3 % (% basado en base seca -bs-), el nitrógeno Kjeldhal total 14,3 % (bs), grasas 0,8 % (bs), y cenizas totales 16,7 % (bs).

En las experiencias preliminares, las cuales permitieron ajustar el procedimiento más abajo descrito, se utilizó la enzima Alcalase (Novo Industry Dinamarca) y una enzima de fabricación nacional denomina-

da "Recuperase" de la empresa Strong Chemical S.A. Esta última enzima fue utilizada en la experiencia factorial que se describe en este trabajo. Su actividad proteolítica determinada sobre el sustrato caseína a 50°C y a diferentes valores del pH muestra un rango óptimo entre 10,0-10,7. La temperatura apropiada se encuentra en el rango de 50-57°C.

Los ensayos se realizaron en un baño termostático (Brunswick Scientific CO Inc. New Jersey USA) con una base modificada para soportar 11 erlenmeyer de 300 ml, y dotado de un movimiento horizontal.

3. Procedimiento

Todos los porcentajes indicados en esta sección están referidos al peso seco de virutas. Se adiciona 2 % de hidróxido de calcio a 1200 % de agua destilada y se agita durante 30 min, luego se adicionan las virutas equivalentes a 3 g de virutas seca, y se agita 30 min. (pretratamiento alcalino). Seguidamente las virutas son tratadas con 10 % de hidróxido de sodio durante 4 h, cuando el tiempo del tratamiento enzimático es de 2 h; y durante 2 h cuando el tiempo del tratamiento enzimático es de 4 h.

La reacción se lleva a cabo a temperatura comprendida entre 55-57°C, y el valor del pH se ubica entre el rango 10,4-10,7 con la adición de solución de hidróxido de sodio si es necesario.

En la figura 1 se representa esquemáticamente el orden de adición de los reactivos y sus porcentajes referidos al peso de virutas secas.

Todas las muestras fueron filtradas al vacío a través de papel de filtro Whatman 41, observándose la capacidad de filtración y la característica del filtrado en cada ensayo.

El residuo de los hidrolizados proteicos fue secado en estufa a 70°C durante 16 horas y pesado. Los resultados se expresaron como residuo sólido total basados sobre el peso seco de las virutas.

Dada la dificultad de obtener por medio de un control la cantidad de sales inorgánicas y orgánicas provenientes de las virutas y reactivos, y medir adecuadamente la distribución de las sales entre el

hidrolizado proteico y la torta de cromo, en esta parte del estudio presentamos el porcentaje de solubilización de las virutas en términos de los sólidos totales, como es utilizado en la referencia (18).

Aquí debe tenerse en consideración que la cantidad de los reactivos inorgánicos utilizados se ha mantenido constante durante todos los ensayos. A través del contenido de sólidos totales, en los hidrolizados de proteínas, pueden extraerse comentarios de interés en relación al rendimiento de los diferentes procesos.

En algunos de los ensayos se determinó el contenido de nitrógeno Kjeldhal total del hidrolizado, el cual es un parámetro más apropiado para medir el alcance de la hidrólisis. Sin embargo, el contenido de sólidos totales dio información de utilidad para seleccionar el procedimiento de descurtición más adecuado en el contexto experimental del presente trabajo, con la finalidad de realizar un ensayo a escala piloto utilizando 1 kg de virutas secas. En la experiencia piloto fue llevado a cabo un balance de proteínas en términos del nitrógeno total (ver sección g).

V. Resultados y discusión

a) Contenido de sólidos totales en el hidrolizado de proteína (% referido sobre el peso de virutas secas).

Para la descripción de los 16 tratamientos combinando las variables indicadas en la sección IV-3 se utilizaron las anotaciones que se indican a continuación:

Eo = 0% de enzima; E1 = 4% de enzima (% basado sobre viruta seca)

T1 = 2 h de tratamiento enzimático luego de 4 h de hidrólisis con hidróxido de sodio

T2 = 4 h de tratamiento enzimático luego de 2 h de hidrólisis con hidróxido de sodio.

Ext.sí = se utiliza el factor extracción

Ext.no = no se utiliza el factor extracción

Mac.sí = se utiliza el factor maceración

Mac.no = no se utiliza el factor maceración

b) Características del hidrolizado

proteico

Con los factores "extracción y maceración" se obtuvieron hidrolizados de color amarillo suave y de aspecto translúcido o transparente, especialmente cuando éstos se emplearon en combinación con el factor enzima.

En aquellos ensayos donde no se utilizaron los factores: "enzima, extracción y maceración", los hidrolizados adquirieron un color verde y su aspecto era turbio,

De los hidrolizados de color amarillo suave, cuando éstos fueron secados en estufa a 60-65°C con circulación de aire durante 16 horas, se obtuvieron productos de un color amarillo suave, sin olor y de característica higroscópica.

Estos productos están siendo caracterizados por su perfil de aminoácidos y ensayos de biodigestibilidad, con la finalidad de evaluar sus propiedades nutricionales. Actualmente se están realizando ensayos de alimentación de aves en un estudio emprendido con la sección de avicultura del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)- Pergamino.

Como ha demostrado Heidemann (21), el color amarillo de los hidrolizados es una función del tiempo y de la temperatura del proceso de hidrólisis, así como de la naturaleza y cantidad del reactivo alcalino. En nuestro trabajo las condiciones experimentales de la hidrólisis fueron moderadas en comparación a las utilizadas por Heidemann. De los estudios de este autor hemos adoptado la medición del color amarillo a través de un índice de amarillamiento, y estamos considerando la "influencia del color" en el uso de las proteínas como alimento de aves.

c) Filtrabilidad

La utilización de los factores: "enzima, extracción a 90°C y maceración" mejora apreciablemente la propiedad de filtrabilidad de los productos de hidrólisis. En las experiencias preliminares se observó que el uso de cal, adicionada antes del hidróxido de sodio, favorece la filtración del hidrolizado proteico.

La presencia de la enzima mejora la operación de filtración en los sistemas que

% sólidos totales

Eo-T1-Ext.sí-Mac.no = 86,4
E1-T1-Ext.no-Mac.no = 85,7
Eo-T2-Ext.no-Mac.no = 81,0
Eo-T1-Ext.sí-Mac.no = 91,7
Eo-T1-Ext.no-Mac.sí = 79,2
E1-T2-Ext.no-Mac.no = 83,0
E1-T1-Ext.sí-Mac.no = 90,7
Eo-T2-Ext.sí-Mac.no = 89,6

% sólidos totales

E1-T1-Ext.no-Mac.no = 85,7
Eo-T1-Ext.sí-Mac.no = 91,7
E1-T1-Ext.no-Mac.no = 83,0
Eo-T2-Ext.sí-Mac.no = 89,6
Eo-T2-Ext.no-Mac.sí = 84,0
E1-T2-Ext.sí-Mac.no = 96,5
E1-T1-Ext.sí-Mac.sí = 99,8
E1-T2-Ext.sí-Mac.sí = 96,1

emplean hidróxido de sodio. En la literatura se menciona la dificultad para separar los productos de hidrólisis cuando se utiliza hidróxido de sodio (12,13), este inconveniente puede corregirse con la adición de 2% de enzima y 2% de cal (% referidos a peso seco de virutas).

d) Contenido de cromo en el residuo seco proteico

En los residuos secos de color amarillo suave el contenido de cromo es inferior a 2 mg/kg (sensibilidad del método empleado).

En aquellas muestras de color verde (provenientes de los ensayos donde no se emplearon las variables "enzima, extracción 90°C y maceración") el contenido de cromo total fue de 400 mgCr/kg de producto seco.

e) Contenido de nitrógeno total en el residuo proteico seco

El contenido de nitrógeno total, determinado sobre 4 muestras, varió en el rango de 10,5-12,5%(bs) con un porcentaje de recuperación del nitrógeno contenido en las virutas del orden del 80%. En la sección g) se describe el balance de proteínas y parámetros característicos de los productos de reacción de una experiencia en planta piloto procesándose un peso de virutas equivalentes a 1 kg de virutas secas.

f) Análisis estadístico de los datos de sólidos totales en el hidrolizado proteico

Recordamos aquí la notación utilizada en la descripción de las variables en sección IV-2, y la asignación de los niveles que se adoptaron en cada una de ellas.

1) *Concentración de enzima*

nivel 1 0% de enzima

nivel 2 4% de enzima

(% sobre virutas secas)

2) *Tratamiento alcalino-enzimático*

- *Tiempo de hidrólisis*

nivel 1 T1 = 4 h con hidróxido de sodio + 2 h con enzima

nivel 2 T2 = 2 h con hidróxido de sodio + 4 h con enzima

En aquellos tratamientos donde no participó la variable enzima el tiempo de hidrólisis se mantuvo en 6 h.

3) *Extracción a 90°C durante 15 minutos*

en "nivel 1" no se utilizó la variable extracción

en "nivel 2" se utilizó la variable extracción

4) *Maceración.*

en "nivel 1" no se utilizó la variable maceración

en "nivel 2" se utilizó la variable maceración

En un diseño experimental no replicado, como el realizado en este trabajo, no se puede obtener una estimación directa del error a través del análisis de la varianza total de los ensayos. Tampoco podemos asignar a las interacciones de orden superior (3 o más) la calidad de error debido a que cuando se analizan los datos de un experimento se desconoce a priori si tales interacciones pueden ser o no importantes.

Para resolver tal inconveniente hemos utilizado el método propuesto por Daniel (23), autor que sugiere graficar las estimaciones de los efectos en papel de probabilidad normal. De esta manera, los efectos que son despreciables se distribuyen normalmente con media cero y varianza, σ^2 y tienden a ubicarse en el gráfico a lo largo de una línea recta. Mientras que los efectos significativos tendrán medias distintas de cero y no se ubican en torno de la línea rec-

ta, quedando fuera de ella.

Los denominados efectos significativos serán aquellos que debido a su influencia sobre el resultado del experimento pueden ser empleados para alterar el valor de éste en una dirección conocida.

En la figura 2 puede observarse la distribución de los distintos efectos en un gráfico probabilístico normal. De tal representación se han obtenido los siguientes efectos principales y sus interacciones:

c, a, ad, abd, bcd

Seguidamente es necesario evaluar tales efectos para verificar que sus influencias sobre el resultado (en este caso el grado de solubilización) no sean opuestas, ya que puede darse el caso de que el efecto principal de dos variables sea positivo cuando ambos actúan independientemente, mientras que su interacción sea negativa. Se determina así los niveles óptimos de las variables en sus interacciones para obtener el máximo resultado.

De este análisis surge que los niveles óptimos de las variables son: a) al nivel 2 (a+); b) al nivel 1 (b-); c) al nivel 2 (c+) y d) al nivel 2 (d+).

Con los factores seleccionados a los niveles óptimos el correspondiente modelo polinomial reducido es el siguiente:

$$Y = \mu + A_1 \cdot X_1 + A_3 \cdot X_3 + A_{14} \cdot X_1 \cdot X_4 + A_{234} \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot X_4 + A_{124} \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot X_4 + e$$

donde:

Y = % de sólidos totales en el hidrolizado proteico.

μ = valor medio. La media en estos modelos se puede considerar como el valor que tendrá el resultado de la experiencia si las variables estuvieran en sus niveles medios, es decir si no tuvieran influencia.

X_1, X_2, \dots = variables principales ($X_1 = a$, $X_2 = b$, $X_3 = c$, $X_4 = d$)

$X_1 X_2 \dots$ = interacción de ambas variables

A_1, A_2, A_3, \dots = coeficientes.

e = error aleatorio, es aquel debido a causas que son conocidas y no se pueden controlar o bien se desconocen. El

error sigue aproximadamente una distribución normal $[N(0, \sigma^2)]$.

En este tipo de modelo el valor utilizado para el nivel 1 (nivel inferior) de cada variable es (-1), y para el nivel 2 (nivel superior) es (+1). El lector interesado en diseño de experimentos y sus modelos asociados puede consultar las referencias (24,25).

El modelo polinomial reducido estimado, teniendo en consideración los valores de los efectos de la figura 2 se indica a continuación. Los coeficientes del modelo se calculan dividiendo por 2 los valores de los efectos.

$$Y = 88,91 + 2,45.X_1 + 4,2.X_3 + 1,55.X_1.X_4 - 1,24.X_1.X_2.X_4 - 1,21.X_2.X_3.X_4$$

La expresión para reemplazar un dado valor de X_i , seleccionado entre los dos niveles de cada variable, en el modelo estimado es la siguiente:

$$\left[\frac{X - (\text{nivel inferior} + \text{nivel superior})/2}{\text{nivel inferior} - \text{nivel superior}} \right] \cdot 2$$

Con este modelo se realizó una estimación del intervalo de confianza para el promedio del grado de solubilización de las virutas ($\mu = 88,91$). El test de significación, con un nivel de significación del

5%, dio, para la combinación de las variables seleccionadas, los siguientes límites:

$$88,3\% < \mu < 89,5\%$$

Siguiendo el procedimiento indicado en la sección IV-3 y aplicando el conjunto de variables elegidas en base al análisis estadístico, se realizó la prueba piloto mencionada. Los resultados se indican en la sección siguiente.

g) Ensayo en planta piloto : características de los productos y balance de masa de las proteínas.

A continuación se indican algunos parámetros de los productos obtenidos: hidrolizado proteico y torta de cromo, así como un balance de masa de las proteínas.

Análisis de las virutas de cromo

Parámetro (% sobre sustancia seca)	cantidad en 1 kg de viruta seca	
Nitrógeno Kjeldhal Total (TKN)	15,9	
Proteínas (TKN x 5,51) (ref 26)	87,6	876,1 g
Cromo (Cr)	1,9	19,0 g
cenizas totales	6,7	

1 kg de virutas secas tratadas por el procedimiento IV-3 y aplicando los factores seleccionados en sección f).

↓

residuo seco total en el hidrolizado proteico (*)
796,1 g

TKN 15,2%
proteína 666,7 g (83,8%)
recuperación de proteína 76,1%
Cr total < 2 mg/kg

grasa 0,04%
sodio (Na+) 0,4%
cloruro (Cl-) 0,8%
cenizas totales 11,5% (**)

↓

residuo seco total en la torta de cromo (*)
325,9 g

TKN 8,1%
proteína 145,4 g
(16,6% de la proteína de la viruta)
Cr total 5,6%
recuperación de Cr=95%
grasa 0,8%

cenizas totales 38,0%

(*) Todos los datos están referidos a muestra libre de humedad.

(**) El contenido de cenizas refleja el tratamiento alcalino con el hidróxido de sodio.

La torta de cromo no fue lavada durante la filtración, y su contenido de nitrógeno total refleja la proteína que queda retenida en ella, la cual depende de la eficiencia del proceso de filtración (en nuestro caso se empleó filtración por vacío).

VI. Conclusiones.

* Los reactivos alcalinos empleados en este estudio han manifestado un efecto hidrolítico marcado a temperaturas moderadas (55-57°C). El promedio de los residuos totales de los hidrolizados de proteínas de los 8 ensayos sin el uso de la enzima fue de 86,5%, en comparación con el valor correspondiente a los 8 ensayos empleando la enzima = 91,4%.

* Con la presencia de la enzima proteolítica se mejora la filtrabilidad de los hidrolizados proteicos y su contenido de cromo(III) es muy bajo (inferior a 2 mg Cr/kg de proteína seca).

* Los así denominados factores "extracción a 90°C y maceración" en combinación con la digestión alcalina-enzimática desempeñan un rol de significación para incrementar la producción de proteína recuperada desde las virutas.

* Con los datos experimentales fue desarrollado un modelo polinomial reducido, con el cual es posible predecir el comportamiento de los factores significativos dentro del rango de variación de cada una de las variables.

Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración y financiación parcial brindada por la empresa Strong Chemical S.A. durante la realización del trabajo.

Referencias

1. Cantera C.S. "Agua- Tecnología y tratamiento. Saneamiento Ambiental. 91, marzo, 41, 1994.
2. Langlais R.J. Journ. Am. Leath. Chem. Ass 86,413,1991.
3. James B.R. y Bartlett R.J. Jour. Envir. Anal 13,67,1984.
4. Bartlett R.J. y James B.R. "Mobility and Bioavailability of Chromium in soil" 267-304 Wiley & Son 1988. Vol. 20, Chapter 10 Ed. J.O. Nriagu and E. Niebaer.

5. Money A.C. Jour. Am. Leath. Chem. Ass. 86,229,1991.
6. Cado O.A. y Tamasi O. Cuero, pág. 30 abril/julio 1993.
7. Cado O.A. Cuero, pág 26 agosto.diciembre 1993.
8. Cado O.A. Cuero, pág 34, dic/93-marzo 1994.
9. Gansé B. Poschenrieder Ch. Barceló J. XXI Congreso de la Unión Internacional de Sociedades de Tco y Qcos de la Ind. del Cuero. Barcelona 1991 T-3.5 pág 587.
10. Gaughhofer J. Jour. Soc. Leath. Tech. Chem. 75,103,1991.
11. Gaughhofer J. "Metal and their compounds in the Environm. Edited by Ernest Merian 1991.
12. Reference 13 in reference 17 del presente artículo.
13. Bataille P., Faucher R., Hamel P. and Smith W.E., Technicuir 4,75,1981.
14. Alves DosReis and Beleza V. Jour. Soc. Leath. Tech. Chem. 75,15,1992.
15. Guardini G. U.S. Pat. 4.483.829 (1983)
16. Arounian E., Urbain. Le Cuir-Proyet de Fin d'Etude. Ecole Polytechnique de Montreal, 1977
17. Cot J., Manich A., Aramon C., Baucells M., Roura M. and Lacort G. Jour. Am. Leath. Chem. Ass. 86,141,1991.
18. Taylor M., Dieffendorf E.J. and Marmer, W.N. Jour. Am. Leath. Chem. Ass. 86,199,1991
19. Heidemann E. Jour. Am. Leath. Chem. Ass. 86,331,1991.
20. Trabajos en realización entre el CITEC y la sección de Avicultura en INTA-Pergamino (1994)
21. Heidemann E., Hein A., Moldehn R. y Knolker Ch. Das Leder 42,133,1991.
22. Veis A. "The macromolecular Chemistry of Gelatin. Academic Press. New York and London. 1964.
23. Daniel C. "Application of Statistic to Industrial Experimentation . Wiley & Son 1976.
24. Box, Hunter and Hunter. Statistic for Experimenters. Wiley & Sons. 1978.
25. Montgomery. Diseño de Análisis de experimentos. Grupo Editorial Iberoamérica 1991.
26. Ward A.G. and Courts A. The Science and Technology of Gelatin. Academic Press. New York NY 1977.

(*) Miembro de la Carrera del Investigador Científico y Tecnológico de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC).

(**) Becario de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC).

(***) Promovido por el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), y la Comisión de Investigaciones Científicas la Provincia de Buenos Aires (CIC).

FIGURA 1

**Esquema del procedimiento de destrucción de las virutas
acción de los reactivos [°]**

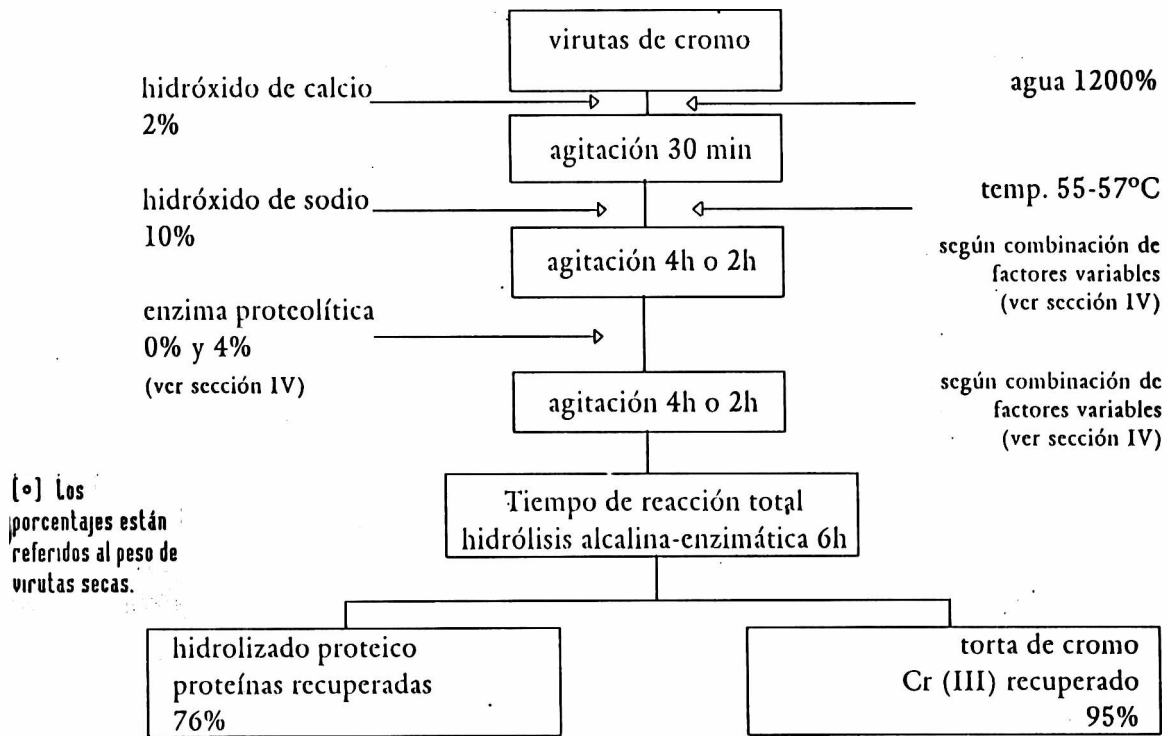


FIGURA 2

Gráfico de probabilidad normal de los efectos

