



30A
2EJ

**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**
FACULTAD DE QUIMICA

**ALTERNATIVAS PARA EL PROCESAMIENTO
EN MEXICO DE LA CEBADA (*Hordeum vulgare*)**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

TRABAJO MONOGRAFICO
DE ACTUALIZACION
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO
P R E S E N T A :
MONICA GUADALUPE GUZMAN MEJIA

México, D.F.

1988



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

	Pág.
INDICE.....	3.
RESUMEN.....	5.
I INTRODUCCION.....	7.
ANATOMIA Y ECOLOGIA DE LA CEBADA.....	9.
COMPOSICION QUIMICA DE LA CEBADA.....	19.
Carbohidratos.....	20.
β -glucanos.....	20.
Proteinas.....	21.
Grasa.....	22.
Minerales.....	22.
Vitaminas.....	23.
ASPECTOS NUTRICIONALES DE LA CEBADA.....	23.
II PANORAMICA DE LA CEBADA EN MEXICO.....	29.
III MALTA Y CERVEZA.....	37.
SELECCION DEL GRANO.....	39.
MALTEO.....	43.
Tipos de malta.....	50.
Subproductos del malteo.....	51.
Enzimas de la cebada.....	52.
ELABORACION DE LA CERVEZA.....	54.
SUBPRODUCTOS DE LA CERVECERIA.....	62.
Grano seco o bagazo.....	62.
Condensados Solubles de Cerveceria.....	64.
IV ALTERNATIVAS PARA EL PROCESAMIENTO DE LA CEBADA.....	66.
MOLIENDA DE LA CEBADA.....	68.
Perlado.....	68.
Harina de cebada.....	72.
Almidón de cebada.....	81.
OTROS PRODUCTOS DE CEBADA.....	89.
Condimentos.....	89.
Usos farmacéuticos.....	90.
Obtención de pentosas y hexosas.....	91.
Obtención de vitaminas y biotina.....	91.
Substitutos de café.....	92.
Germinados.....	92.
V CONCLUSIONES.....	94.
BIBLIOGRAFIA.....	98.

RESUMEN.

De los cereales que se cultivan en México, la cebada ocupa el cuarto lugar, tanto en área sembrada como en volumen de producción, después del sorgo, maíz y trigo.

Se cultiva de temporal principalmente en los valles de Hidalgo, Puebla y Tlaxcala, y de riego en la región del Bajío. En estas regiones su cultivo constituye la principal y en ocasiones la única fuente de ingresos para miles de familias que reciben a razón de \$152 000.00 por tonelada de cebada¹.

La cebada se usa principalmente para alimentación de ganado y como fuente de malta para la industria cervecera.

La compra venta de la cebada en México está regida por una empresa, la Impulsora Agrícola S.A. y como la cebada que se produce en el país no siempre cumple con sus exigencias se importan cantidades considerables de cebada maltera.

Las propiedades químicas y nutritivas de la cebada la hacen un cereal con amplias perspectivas de industrialización como son la obtención de:

-Cebada perlada, con la que pueden prepararse sopas, hojuelas, escamas de cebada y harina de cebada entre otros productos.

(1) Dato proporcionado por el Instituto Nacional del Consumidor, febrero de 1988.

-Harina de cebada, que puede usarse como sustituto parcial de la harina de trigo en panes, pastas para sopa, cereales para desayuno, galletas, botanas etc.

-Almidón de Cebada, que puede servir como espesante, enturbiante, emulsificante, cobertura para confiteria, conservador de alimentos preparados con harina, materia prima para obtener jarabe, etanol y pegamentos, cobertura para papeles especiales, sustituto del talco para guantes de cirujano etc.

-Cebada germinada, que es la malta que utiliza la industria cervecera como materia prima pero que también sirve para obtener jarabes y extractos así como enzimas.

-Aceite de cebada que se ha utilizado para obtener lociones contra el acné.

-Cebada fermentada, con la que pueden obtenerse condimentos tipo koji.

Todos éstos productos pueden obtenerse utilizando o adaptando la tecnología existente en el país y están siendo aceptados por los consumidores en varios países de donde se observa la posibilidad de introducirlos en el mercado Mexicano.

I INTRODUCCION.

El presente trabajo consiste en una revisión de la literatura y tiene por objeto lo siguiente:

-Conocer la composición química y las propiedades nutritivas de la cebada.

-Investigar cuál es la situación de la cebada en México.

-Proponer alternativas para el procesamiento de la cebada.

-Proporcionar una fuente de información adicional que permita aprovechar este recurso natural mas racionalmente.

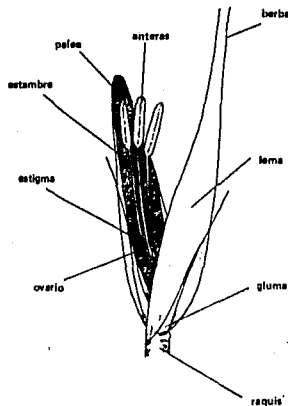
La alimentación humana se basa en buena parte en los cereales. Más de las dos terceras partes de la tierra total cultivada se utilizan para producir cereales. En los países ricos con excedentes de alimentos los cereales constituyen menos del 30% de la dieta y el resto se emplea en alimentación animal con miras a obtener productos como carne y mantequilla, a fin de lograr una gama más equilibrada y variada de alimentos mientras que en los países subdesarrollados donde por lo general el suministro de alimentos es inadecuado, los cereales constituyen la modalidad dietética principal y representan aproximadamente el 70% del aporte calórico diario del hombre.

Los cereales son los frutos de algunas plantas herbáceas cultivadas, pertenecientes a la familia de las gramíneas. Existen tres grupos, los cereales de verano como el maíz,

los de invierno como el trigo la avena y la cebada y los que requieren un tipo de cultivo especial como el arroz (Kent N.L., 1971).

Los cereales comerciales se recolectan, transportan y almacenan como granos. Estos se forman a partir de flores o flósculos (figura 1.1) que, en el trigo, cebada y centeno están formados por un ovario, tres estambres y dos "glómerulos" envueltos por un par de brácteas o "glumelas" llamadas lema y palea. El ovario junto con el óvulo dentro de él después de ser éste fertilizado por el polen forman el grano.

FIGURA 1.1. Flor de cebada.



El grano maduro de los cereales está formado, como se muestra en la tabla 1.1, por carbohidratos, compuestos nitrogenados (principalmente proteínas), grasas, sales minerales y agua, junto con pequeñas cantidades de vitaminas, enzimas y otras sustancias.

TABLA 1.1. Análisis bromatológico promedio de los principales cereales.

COMPONENTE	TRIGO	MAIZ	CEBADA	SORGO	ARROZ
			(%)		
Humedad	12.2	11.0	15.0	11.0	12.0
Proteína	13.2	9.4	10.0	11.0	8.6
Grasa	1.8	4.1	1.5	3.2	0.4
Carbohidratos	69.0	72.1	66.4	70.9	78.2
Fibra	2.1	2.0	4.5	2.4	0.3
Cenizas	1.7	1.4	2.6	1.5	0.5

Los datos para trigo corresponden a una mezcla de granos de diferentes variedades; para el maíz a maíz dentado y el arroz, a arroz pulido.

TABLA 1.2. Composición química del trigo, maíz y cebada.

PARAMETRO	TRIGO	MAIZ	CEBADA
AMINOACIDOS			
(g/16g de N)			
Arginina	4.3	5.0	4.37
Histidina	2.1	2.4	2.13
Isoleucina	3.8	4.0	3.67
Leucina	6.4	12.0	6.64
Lisina	2.7	3.0	3.49
Metionina	1.6	2.1	2.55
Fenilalanina	4.6	5.0	5.00
Treonina	2.9	4.2	3.17
Triptofano	1.3	0.8	1.40
Valina	4.3	5.6	5.06
CARBOHIDRATOS			
(%)			
Glucosa	0.3	*	0.05
Fructosa	0.06	*	0.09
Sacarosa	0.31	1.69	0.96
Maltosa	0.13	*	0.49
Oligosacáridos	1.29	0.23	0.63

* glucosa + fructosa + maltosa = 0.6 %

NOTA: La composición de carbohidratos se expresa como promedio

TABLA 1.2 (Continuación)

COMPONENTE	TRIGO	MAIZ	CEBADA
ACIDOS GRASOS			
(%)			
Mirístico	0.1	-----	1.0
Palmitico	24.5	7.8-10.2	11.5
Estearico	1.0	0.9- 3.5	3.1
Palmitoléico	0.8	-----	-----
Oléico	11.5	23.5-49.6	28.0
Linoléico	56.3	34.3-60.8	52.3
Linoléico	3.7	-----	4.1
Otros	1.9	0.3- 3.0	----
VITAMINAS			
(.g/g)			
Vitamina B1	2.9- 4.0	4.5	6.5
Riboflavina	1.1- 1.2	0.9	1.2
Acido nicotínico	50.0-70.0	23.0	115
Acido pantoténico	10.0-15.0	4.6	4.4
Biotina	0.1-15.0	0.1	----
Piridoxina	5.0	6.9	11.5
MINERALES			
(mg/100g)			
Potasio	453	339	580
Fósforo	380	322	440
Azufre	196	151	160
Magnesio	157	121	180
Cloro	76	45	120
Calcio	51	29	50
Sodio	24	36	77
Silicio	12	---	420
Fierro	5	3.6	5
Zinc	5	---	---
Manganeso	4	0.7	2
Cobre	0.1	0.5	0.5

Kent N. L., 1971; Robert J. Henry, 1985; Pomeranz Y. et al, 1976; E. Primo Yúfera, 1982.

ANATOMIA Y ECOLOGIA DE LA CEBADA.

La cebada *Hordeum vulgare*, es uno de los cultivos más antiguos de la humanidad, se piensa que se originó en la región occidental de Asia, ocupada por Iran, Siria y Palestina. En la antigüedad se usó ampliamente para el consumo humano. Fué introducida en México por los primeros

pobladores españoles que iniciaron las siembras de temporal en los valles altos de la Nueva España con resultados favorables (Impulsora Agrícola, 1983a).

La cebada pertenece taxonómicamente a la familia Graminae, subfamilia Festucoidae, tribu Hordeae y género *Hordeum*.

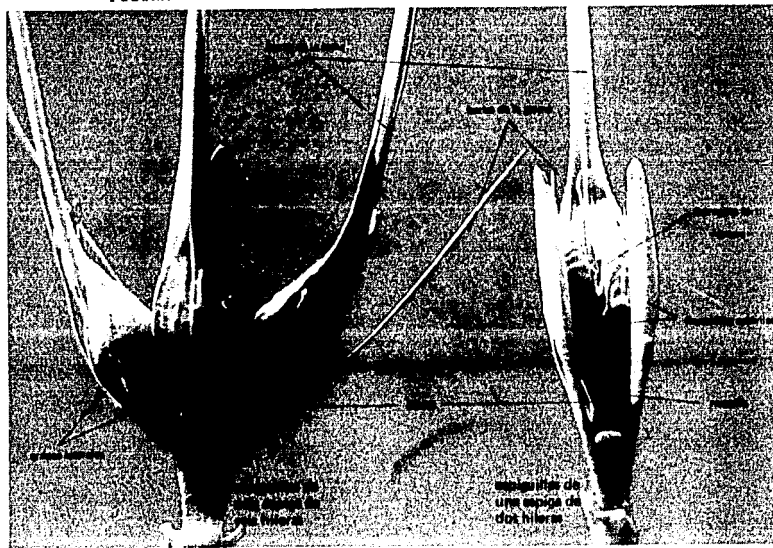
El género *Hordeum* comprende cerca de 25 especies de las cuales se cultivan principalmente tres: *Hordeum vulgare* de seis carreras (sus tres florecillas en cada uno de los nudos del raquis son fértiles y los granos laterales son ligeramente más pequeños que los del centro, figura 1.2); *H. distichum* de dos carreras (las florecillas laterales tienen sus órganos sexuales reducidos o carecen de ellos y no forman grano, figura 1.2) y *H. irregulare* con sus florecillas centrales fértiles, las florecillas laterales pueden ser fértiles, estériles, sin sexo o no existir, y su proporción está distribuida de un modo irregular en la espiga. En México debido a las condiciones climatológicas solo se cultivan las variedades *Hordeum vulgare* y *Hordeum distichum*.

Las cebadas se han dividido en dos grupos: el tipo mediterráneo, originario de los países asiáticos y el tipo costero, originario de la región del Mediterráneo en el norte de África (Impulsora Agrícola, 1983c).

La cebada es un cultivo con un amplio rango de adaptación. Tiene un hábito de crecimiento anual y existen variedades de primavera e invierno. Las primeras tienen un ciclo vegetativo corto de 80 a 90 días (2 a 3 semanas menor

que las variedades panaderas de trigo). Se siembran a fines del invierno o a principios de primavera y se usan principalmente para la producción de grano. Las variedades de invierno poseen un ciclo hasta de 160 días y se usan principalmente para la producción de forraje.

FIGURA 1.2. Cebada de seis y dos carreras.



La cebada prospera bien en regiones secas bajo condiciones de riego. Puede cultivarse a elevadas latitudes y altitudes. Se adapta a muy diversos tipos de climas y suelos. Se considera tolerante a la alcalinidad comparada

con el trigo y la avena y prospera mejor que ambos en suelos de textura arenosa.

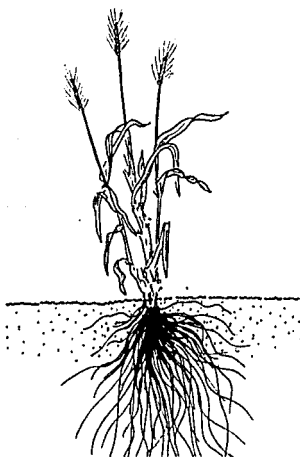
Su valor comercial es mucho menor que el del trigo al que reemplaza en las regiones secas, en áreas en las que las lluvias son escasas como para dar rendimientos de trigo satisfactorios.

Los rendimientos de cebada a nivel mundial se incrementaron de 1130 kg/ha en 1948 hasta 1650 kg/ha en 1966 (Arnon L., 1972).

En general en condiciones semejantes los rendimientos de la cebada son un poco mayores que los del trigo y mientras peores sean las condiciones mayor ventaja tendrá la cebada.

Como se muestra en la figura 1.3 las espigas de la cebada se componen de un eje llamado raquis, formado por nudos en zig zag, en cada uno de los cuales se encuentran tres flores hermafroditas (figura 1.1) que presentan tres estambres y un ovario con estigma doble, estas estructuras se hallan protegidas por la corola, la cual está constituida por la lema y la palea. Al cáliz de la flor lo componen dos glumas situadas en el lado donde se localiza la lema (lado externo respecto a su posición en el nudo). El raquis de las cebadas de seis carreras mide de 7 a 10 cm de longitud, posee 15 nudos y contiene aproximadamente 50 granos, y el de la cebada de dos carreras mide de 5 a 10 cm, tiene 16 nudos y 27 granos aproximadamente (Figueron Cárdenas, 1985). Las hojas de las cebadas salen de cada nudo y se encuentran alternadas en lados opuestos del tallo.

FIGURA 1.3. Morfología de la planta de la cebada.

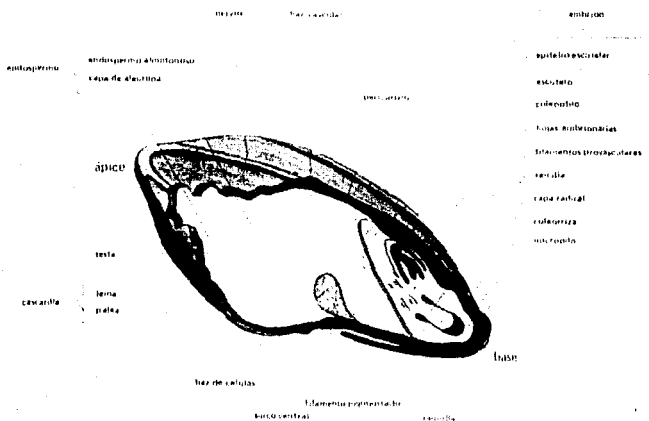


El grano de la cebada como se muestra en la figura 1.4 tiene forma fusiforme. Longitudinalmente se tienen dos partes: el lado dorsal o lema y el ventral o palea y transversalmente tres secciones: la basal o germinal, la media y la distal.

El tamaño del grano es muy variable, dependiendo si es de cebada de seis o de dos carreras. En las variedades de seis carreras varía de acuerdo a si el grano pertenece a la espiguilla central o a las espiguillas laterales. Mil granos

secos pesan de 21 a 45 g, tienen una longitud que va de los 6 a los 12 mm, miden de 2.7 a 5 mm de ancho, y de 1.8 a 4.5 mm de grueso (Impulsora Agrícola, 1983b).

FIGURA 1.4. Grano de cebada.



En las variedades de dos carreras todos los granos son simétricos, y la principal diferencia de tamaños es la de granos grandes en el centro y más pequeños en la base y en la parte superior de la espiga. En las variedades de seis carreras una tercera parte de los granos son simétricos y

las otras dos terceras partes son retorcidos (Agriculture Research Service 1968).

Existen también variedades aristadas en las que se tiene una arista o barba que protege al grano de los animales merodeadores, esta arista es una prolongación de la lema, su longitud es variable y constituye alrededor del 13% del grano aunque esto varía según el tipo, variedad, tamaño del grano y latitud del terreno donde se cultive.

El grano puede tener la cascarilla adherida al pericarpio (cebada cubierta) o suelta (cebada desnuda), y su color está influenciado por el intemperismo o por la coloración de la aleurona, y varía desde amarillo claro, amarillo pálido, crema claro, crema pálido, azul verdoso hasta azul. Es la primera capa que protege al grano y está constituida por celulosa, hemicelulosa y lignina. Se forma durante el desarrollo del grano y comprende la palea que lo cubre y la lema que lo envuelve. Constituye del 6 al 10% del peso de grano, es gruesa en la región basal o germinal y su grosor disminuye hacia la región distal del grano.

Las cebadas de invierno tienen más cascarilla que las de primavera y las de seis carreras más que las de dos, su contenido también aumenta conforme la zona de cultivo se aproxima al ecuador.

La lema es la cascarilla que envuelve al grano por su lado dorsal en ella se distinguen las venas laterales y centrales, la barba, la región basal y las glumas que se localizan en ese mismo lado del grano. La cascarilla de la

lema puede ser gruesa (lisa) o delgada (arrugada) y estar poco o muy adherida al grano.

La marca basal puede variar desde una ligera depresión hasta un doblez transversal. La depresión es uniforme y suave, no muy plana y gruesa, en tanto que el doblez transversal es rugoso, lineal, plano y delgado.

Las glumas son extensiones del eje de la espiguilla y pueden presentar barba larga o corta. Pueden ser largas o cortas dependiendo de la longitud del grano.

La palea es la cascarilla que cubre el grano por el lado ventral, en ella se localiza el canal ventral, y además la raquilla, que está unida al grano por el margen basal.

La capa ventral o hendidura central puede tener dobleces ovalados en forma de "v" a partir de la base del grano desde la mitad de éste hacia el extremo distal.

La rachilla se encuentra en el canal ventral unida al grano por el extremo apical. Puede ser larga, corta o abortiva y presentar vellosidades o carecer de ellas.

El pericarpio y la testa son capas semi-impermeables que se encuentran debajo de la cascarilla y contienen principalmente lípidos.

La aleurona comprende tres capas de células, en las cuales se inicia la síntesis primaria de la mayor parte de las enzimas del grano por la estimulación de la giberilina. y presenta una coloración azul o blanca.

El endospermo se localiza debajo de las capas de aleurona, es la reserva alimenticia del grano y está formado por almidón, incluye una región que se encuentra junto al escutelo formada por paredes celulares pero sin contenido celular.

También incluye la parte central donde hay células muertas que forman un parénquima, junto con granos de almidón de tamaño variable. Puede ser suave o vitreo.

El germen contiene una cantidad elevada de proteína, grasa y ácidos nucleicos y produce la giberilina que estimula la síntesis de enzimas.

La cebada es una planta sexual (se reproduce por medio de una semilla cuyo embrión se origina por la unión de gametos), monoica (el androceo y el gineceo se encuentran en una misma planta), hermafrodita (los dos sexos se encuentran en una misma flor) y perfecta (los dos órganos sexuales se encuentran en una misma flor).

La cebada desarrolla un sistema de raíces adventicias expresas al tiempo de macollar (tiempo en que se forman las espigas). El tallo es de 60 a 100 cm de altura el follaje

parecido al del trigo y La inflorescencia es una espiga cilíndrica.

ASPECTOS NUTRICIONALES DE LA CEBADA.

Los requerimientos crecientes de alimentos a nivel mundial solo podrán llenarse incrementando el uso de granos como la cebada. Se ha demostrado que la cebada tiene propiedades nutritivas que pueden compararse favorablemente con otros cereales (Weber and Chaudhari, 1987).

La composición de la cebada se muestra en las tablas 1.1 y 1.2 donde puede observarse que es factible utilizar este cereal en la alimentación humana.

TABLA 1.3. Análisis bromatológico de productos derivados de la cebada.

MATERIAL	HUMEDAD (%)	PROTEÍNA (%)	GRASA (%)	CENIZA (%)	FIBRA (%)	CARBOHIDR. (%)
Cebada perla	10.8	8.7	1.0	1.2	0.8	78.3
Harina	10.0	10.2	1.7	1.2	0.7	76.9
Cascarilla	10.4	1.4	0.3	5.6	34.0	48.3
Salvado	10.0	14.9	3.6	5.0	8.6	57.9
Polvo	13.0	11.8	2.2	3.2	4.6	65.2
"Bagazo"	40.4	32.6	6.0	4.4	16.6	----

Bakers digest 1985, Y. V. Wu 1986.

La tabla 1.3 muestra el análisis bromatológico de varios productos de cebada, ya que al procesar los cereales cambia

la composición de los productos que se obtienen debido a que los nutrientes no se encuentran repartidos de manera uniforme en el grano y esto provoca que se concentren al eliminar ciertas partes.

Carbohidratos.

Aunque el conocimiento de los carbohidratos de los cereales es todavía incompleto los principales componentes de los azúcares de la cebada se muestran en promedio en la tabla 1.2.

β -glucanos.

Los β -glucanos (1-3) (1-4) de la cebada representan el componente principal de las paredes celulares del endospermo (R. J. Henry, 1985) aunque también se encuentran en las células de la pared de la aleurona, constituyen del 2.4 al 4.6% de la cebada, parte de éstos son solubles y pueden originar soluciones muy viscosas. En la industria cervecera un contenido elevado de β -glucanos en la cebada puede ocasionar problemas tales como disminuir la velocidad de filtración del mosto, presencia de turbidez en la cerveza y posiblemente reducción de la eficiencia de extracción. Los β -glucanos también pueden tener propiedades antinutricionales, especialmente en dietas para pollos donde afectan ingesta de alimento, velocidad de crecimiento y la eficiencia de la transformación de alimentos mientras que en

alimentos para humanos un elevado contenido de -glucanos (como fibra soluble) puede ser deseable (Per Amán, 1986).

Proteína.

La proporción promedio de aminoácidos esenciales en la proteína de la cebada puede observarse en la tabla 1.2.

Los principales aminoácidos limitantes de la cebada son la lisina y la treonina. Existen diferencias significativas en el contenido de aminoácidos esenciales dependiendo del tipo de cebada que se trate, con excepción de serina, tirosina y aminoácidos azufrados. El incremento del contenido proteico se asocia principalmente con un aumento en el contenido de ácido glutámico y una disminución en prácticamente todos los aminoácidos esenciales (Pomeranz et al., 1976).

Suplementando dietas cuya base es la cebada con lisina, se observa que al ser consumidas por cerdos y ratas se incrementa el valor biológico de un 18 a un 37% dependiendo de la variedad de cebada de que se trate y si se suplementan con treonina se observa un incremento entre un 6 y 7 % del valor biológico de la cebada (Heralzyaski, 1983), lo anterior implica que el principal aminoácido limitante de la cebada es la lisina.

Se ha descubierto una línea de cebadas con un alto contenido de lisina y treonina (4.3 y 3.2% de la proteína del grano respectivamente) a las que se les llamó "Hiproly" cuyo valor nutritivo está mejorado, debido a su elevado contenido proteico provee más aminoácidos esenciales que la

avena comercial y cualquier otro cereal incluyendo a las mejores mutaciones de maíz, ésta cebada es de origen etiope, del tipo erectoide con semillas desnudas ligeramente arrugadas y que requieren un largo periodo de luz (Pomeranz et al., 1972).

Se ha observado que las cascarillas, lema y paea, y el germen contienen mas libina y ácido aspártico (6.0, 6.1 y 7.2% respectivamente) y menos ácido glutámico y prolina (12.8, 13.1 y 14.46% respectivamente) en sus proteínas (1.7, 2.0 y 35%) que las proteínas en el grano completo (Robins and Pomeranz 1972).

Grasa.

El contenido de grasa así, como el de los demás componentes de la cebada varía según la especie de que se trate y va de 4 a 5% en los embriones de la variedad "hiproly" y Riso 508 respectivamente.

La variedad Riso contiene 61 y 66% más lípidos que las Hiproly y Bomi respectivamente. La tabla 1.2 muestra la proporción promedio de ácidos grasos en la cebada.

Al procesar la cebada para obtener hojuelas se incrementa la extracción de lípidos y la cantidad de ácidos grasos libres disminuye en un 50% (Khototovskaya et al., 1986).

Minerales.

Se ha observado una mayor concentración de minerales en el germen de la cebada que en cualquier otra parte e inclusive que en el grano completo, mientras que en el

endospermo almidonoso se encuentra la menor proporción. La sección central del grano parece contener relativamente una mayor proporción de endospermo almidonoso y menor de aleurona y salvado que las dos porciones del grano sin germen y por lo tanto menor cantidad de componentes minerales que las secciones mas distantes del germen y parece ser que los minerales están asociados con las proteínas (Liu et al., 1974).

Vitaminas.

La proporción en la que se encuentran las vitaminas en la cebada se muestra en la tabla 1.2.

ASPECTOS NUTRICIONALES DE LA CEBADA.

Incrementando el contenido de fibra en la dieta humana disminuye el tiempo de tránsito y se incrementa el peso del excremento. En un estudio realizado por Judd en 1982, para conocer la aceptabilidad de la cebada como cereal alternativo en dietas para humanos y la digestibilidad de nutrientes en los sujetos, se consumió cebada durante cuatro semanas incrementándose el contenido de fibra en la dieta durante las primeras dos semanas, manteniendo altos niveles durante las dos últimas, la cebada se suministró en forma de pan, bisquets, adicionada en los guisados o como cereal para desayuno. Solo al consumir cantidades excesivas de cereal (270 g/día) se observaron efectos negativos (no en todas las personas) como náuseas y vómito que cesaron en

cuanto se suprimió la ingesta de cebada. Por otro lado se observó un notable incremento del peso de las heces tanto en base seca como en húmeda así como una clara correlación entre la cantidad de fibra ingerida y el peso de las mismas. La digestibilidad fué significativamente menor con la dieta de cebada, probablemente debido a la gran cantidad de cascarilla que permaneció sin digerirse. El estudio demuestra que la cebada que se utiliza principalmente como alimento para ganado puede ser aceptable y más aun agradable al paladar humano.

Los cambios en la digestibilidad efectivamente disminuyen la disponibilidad de proteínas y grasas en la dieta pero son cambios pequeños como para considerarse importantes en poblaciones bien nutridas. Además se ha sugerido que las dietas ricas en fibra pueden proteger de la obesidad así como ayudar a personas con sobrepeso para adelgazar debido en parte a que al ingerirla se tiene una sensación de saciedad y en parte al incremento en la pérdida de energía vía fecal.

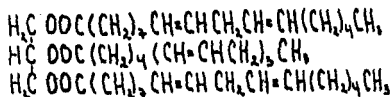
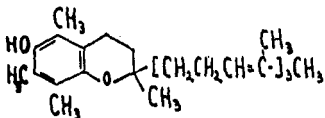
La cebada puede considerarse como una fuente de fibra dietética que aporta beneficios importantes en cuanto a salud se refiere, solo una porción muy pequeña de la cosecha de cebada se muele y se perla para consumo humano. Una proporción mucho mayor se utiliza para la obtención de malta y la mayor parte de ésta se utiliza a su vez para elaborar cerveza, de éste proceso el subproducto mas importante son los sedimentos o grano seco que contiene la proteína, fibra, grasa y minerales de la cebada original y

se puede moler para obtener harina con aproximadamente un 70% de fibra (harina con cascarilla) y hasta un 35% de proteína (harina proteica).

La harina con cascarilla y la proteica difieren en contenido de fibra pero las proporciones de celulosa hemicelulosa y lignina son similares. La harina con cascarilla aporta 1.2 cal/g y la proteica 2.2 cal/g (Weber et al., 1987).

Las harinas de cebada retienen muchos de los lípidos presentes en el grano antes del malteado y extracción con agua, la grasa cruda es 6.8 y 8.7% para las harinas con cascarilla y proteica respectivamente. Un poco más del 50% de los ácidos grasos presentes lo constituye el ácido linoleico. Además, en los lípidos extraídos de estas harinas, se han identificado compuestos (figura 1.5), que inhiben la primera enzima limitante de la velocidad en la biosíntesis del colesterol. Al alimentar pollos con harina proteica y su extracto de lípidos disminuye el colesterol total del suero (44%) y el colesterol lipoproteico de baja densidad (55%) con pocos o ningún cambio en el de alta densidad lo que sugiere que las harinas de cebada son inhibidores potenciales del colesterol para la dieta humana y deben investigarse como tales, ya que bajos niveles de colesterol se recomiendan para prevenir y en tratamientos de enfermedades cardiovasculares, cálculos biliares y mantenimiento nutricional de la diabetes.

FIGURA 1.5. Inhibidores de la primera enzima limitante de la velocidad en la biosíntesis del colesterol, d- α -tocotrienol y 1,3 dilynoleoil-2 γ -linoleonilglicerol



Otra influencia positiva la representa la fibra ya que sus componentes tienen la habilidad de absorber las sales y los ácidos biliares, estas harinas atrapan más de estos ácidos que el salvado de avena, maíz y celulosa y casi tanto como el salvado del trigo blanco suave.

La ingestión de fibra también puede prevenir cáncer del colon al atrapar compuestos mutagénicos o carcinogénicos, disminuyendo el tiempo de tránsito o contacto de tales compuestos y/o alterando la microflora del colon. Las dietas ricas en fibra puedan causar deficiencias en el aporte de minerales debido a la concentración del ácido fitico en cereales, pero esto no sucede con estas harinas ya que en el malteado de la cebada se elimina el fitato por acción de la fitasa.

Tanto la harina con cascarilla como la harina proteica son laxantes efectivos. En ratas se vió que la harina de cebada con cascarilla tiene un poder laxante mayor que el salvado de trigo, maíz y cascarilla de soya, y que el poder

laxante de la harina proteica es similar al del salvado de trigo (Frank Webber et al., 1987).

La cascarilla de la cebada está constituida por las partes externas del grano (lema y palea), generalmente separadas durante la abrasión del mismo y contiene aproximadamente 5% de proteína y mas del 30% de los minerales del grano, cuando se suplementan dietas para ratas con éste material, la digestibilidad de proteínas disminuye y parece ser que la proteína asociada con la fibra es poco digerible, aunque no afecta negativamente la disponibilidad de aminoácidos provenientes de otras fuentes dentro de la dieta.

La cascarilla de la cebada disminuye la absorción del zinc y del calcio en ratas jóvenes si se suplementa la dieta en una proporción mayor o igual al 0.3% (base seca) y también tiene un efecto negativo en la absorción del fósforo cuando la dieta contiene más del 0.05% (Donnangelo and Eggum, 1985).

La cebada contiene dos inhibidores de tripsina y dos inhibidores de la quimotripsina, éstos últimos son muy lábiles a la acción de la pepsina y por lo tanto no tienen ningún efecto nocivo, lo mismo pasa con uno de los inhibidores de tripsina pero el otro es estable a la pepsina, por lo que constituye el único inhibidor de proteasas que pueda tener algún efecto antinutricional y representa aproximadamente la tercera parte de la actividad inhibidora de tripsina total de la cebada, la cantidad de inhibidor que se suministra en una dieta normal para

ratas es demasiado pequeña como para causar alteraciones nutricionales (Pedersen and Boisen, 1982).

II PANORAMICA DE LA CEBADA EN MEXICO.

En México la cebada ocupa el cuarto lugar de entre los cereales en lo que se refiere a área cultivada y a producción, los datos de los últimos años se encuentran reportados en la tabla 2.1.

TABLA 2.1. Producción de cebada en México.

AÑO	AREA SEMBRADA (MILES HA)	RENDIMIENTO (KG HA)	PRODUCCION (1000 TON)
1981	281	1726	486
1983	303	1837	557
1984	321	1980	635
1985	292	2154	629

SFP 1981, 1984, 1985 y 1986

El cultivo de la cebada tiene gran importancia socioeconómica en los valles altos de Hidalgo, México, Puebla y Tlaxcala, que constituyen la principal región productora de cebada en grano, ejemplo de esto es que en 1978 y 1979 se sembró en esta zona el 73% del área de temporal cultivada con cebada en el país, y se contribuyó con el 50% de la producción nacional.

En 1980 el 15% del área total sembrada correspondió al estado de Tlaxcala (Rojas y Zamora, 1981).

El cultivo de la cebada es la base económica de miles de familias. En los últimos años la cebada de temporal ha tenido importancia en Durango, Zacatecas, norte de Guanajuato, costa de Ensenada y Baja California Norte (Fimbres y Chavez, 1986).

En los valles altos de Hidalgo, México, Puebla y Tlaxcala, la cebada se cultiva de temporal en el ciclo de primavera-verano, y las principales limitantes de la producción son precipitación escasa e irregular, falta de fertilización, escaso control de malezas, ataque de la mayoría de enfermedades comunes en este cereal, granizo y heladas tempranas.

En estas zonas los productores son generalmente ejidatarios o pequeños propietarios que disponen de menos de 5 hectáreas para sembrar. Aunque su cultivo es comercial su ubicación y la escala de sus operaciones no da oportunidad al productor primario de salir de un nivel de subsistencia. Algunos propietarios con predios mayores siembran cebada como cultivo complementario de sus demás actividades, principalmente ganaderas.

El potencial de esta zona será limitado mientras no se dediquen recursos suficientes para acondicionar los suelos temporaleros y llevar la modernización agrícola a los grupos campesinos.

Las principales zonas donde se cultiva cebada de riego se encuentran en el Bajío, el Valle de Mexicali y pequeñas áreas de Sonora y Sinaloa.

El Bajío es la principal región productora de cebada de riego en el invierno y la producción está limitada por la susceptibilidad de los cultivares comerciales actuales al ataque de la cenicilla *Erysiphe graminis* D. C. y al acame.

En esta zona así como en Baja California se obtienen rendimientos superiores al promedio (1.1 ton/ha en 1982) se

obtuvieron rendimientos de 3.7 y 2.8 ton/ha en Guanajuato y Baja California respectivamente, además la calidad del producto también es superior lo que permite la utilización de la mayor parte de la cosecha para la fabricación de malta, la expansión de la producción en estas áreas contribuyó a un incremento del 8.4% en la producción de 1970 a 1980. En esta zona compete por la dotación de agua en los distritos con el trigo y otros cultivos de mayor valor, y su producción se ve limitada por la determinación de las autoridades de mantener la siembra del trigo (Barkin y Suárez, 1985).

El valle de Mexicali es la segunda zona importante en la producción de cebada de riego durante el invierno, en donde el rendimiento esta limitado por la susceptibilidad de los cultivares al desgrane y al acame, la siembra fuera del periodo recomendado, la falta de control de malezas de hoja angosta, y la falta de tecnología específica para cada uno de los agro-ecosistemas existentes en la región.

El Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas ha iniciado investigaciones para resolver los problemas de los productores primarios y ha logrado en sus cultivares una mayor capacidad de rendimiento, precocidad, acortamiento de paja, resistencia al desgrane, acame y enfermedades y mejor calidad maltera comparando con los cultivares que se sembraron en 1963, permitiendo

Con lo anterior se ha permitido elevar el rendimiento medio de grano en 63% en los valles altos de Hidalgo, México, Puebla y Tlaxcala; en 342% en el Bajío; y en 32% en

el valle de Mexicali. Lo que ha hecho redituable el cultivo de este cereal. El impacto de la investigación en cebada a nivel nacional ha sido más notable desde el bienio 1966-67 (Navarro y Moreno, 1983).

A pesar del éxito de la cosecha de 1981, la historia de los últimos lustros destaca a México como comprador de millones de toneladas de granos del exterior, para reemplazar las que aquí no se pueden surtir. En 1980 se creó el Sistema Alimentario Mexicano que establecía lineamientos para distribuir los insumos necesarios a fin de elevar la productividad de las zonas de temporal, donde predominan los campesinos. Este provocó signos de evidente recuperación en la agricultura durante el trienio de 1980 a 1982 ya que se cubrieron transitoriamente las necesidades de granos básicos, pero no hubo cambios profundos para enfrentar el problema agropecuario nacional.

Las decisiones finales sobre los productos sembrados, la tecnología usada y la viabilidad de relaciones sociales de producción no capitalistas en la agricultura mexicana se encuentran circunscritas o incluso determinadas por grupos ajenos al sector y en ocasiones hasta al país.

El complejo agroindustrial de granos en México comprende a los siguientes granos: arroz, avena, cebada, maíz, sorgo y trigo. Se identifican dos cadenas productivas la agrícola y la industrial, con un punto de separación en el momento de entrega del grano para su procesamiento o consumo final por animales. En la agrícola los productores de cebada son fundamentalmente campesinos que viven en un nivel de

subsistencia, sujetos a la dominación de comerciantes locales y de una empresa particular que monopoliza la compra del grano para uso industrial la Impulsora Agrícola S.A.

La CONASUPO representa el factor de concentración en la esfera de comercialización y del conjunto de la política oficial, para orientar e imponer pautas en la producción agrícola e industrial, representa el elemento que amortigua y regula la relación económica y social entre estos grupos, y trata de mantener un relativo equilibrio entre dichos sectores. Aunque la CONASUPO no tiene una injerencia importante en lo que se refiere a avena y cebada ya que la mayor parte de la producción se dedica directamente a consumo animal. En 1972 CONASUPO anunció un programa de compra de cebada que por falta de infraestructura correcta no pudo llevar a cabo, pero logró hacer más efectivo el precio de garantía ofrecido por las cerveceras por medio de la Impulsora Agrícola S.A.

Hasta 1980 arroz, avena, cebada, maíz, sorgo y trigo ocuparon una parte relativamente constante de la superficie cosechada promedio: 11.8% de la denominada para consumo humano y 1.8% la de consumo animal, sin embargo en los siguientes años los granos para el consumo humano padecieron una disminución considerable, en contraste se observó un rápido incremento en granos de consumo animal que desde 1958 ganan terreno aceleradamente en las áreas sembradas.

La cebada como cultivo comercial cobra relevancia ultimamente ya que tradicionalmente la mayor parte de su producción se dedicó a la alimentación de animales

domésticos. Recientemente ha constituido un insumo intermedio para la elaboración de alimentos balanceados fundamentalmente con destino a la avicultura y la porcicultura. Aunque se utiliza como materia prima en la industria cervecera, un gran volumen de sus necesidades se cubre con importaciones de Estados Unidos. El cambio más significativo en este sector consiste en la creación de un organismo para estimular la producción de grano de calidad maltera: Impulsora Agrícola S.A. (IASA), creada en 1958 por cuatro empresas malteras: Malta S.A., Extractos y Maltas S.A., Central de Malta S.A. y Fábrica Nacional de Malta S.A. para satisfacer sus necesidades ya que la cebada constituye más del 80% del valor de sus adquisiciones. IASA opera en las principales regiones cebaderas del país para dar asistencia técnica y comprar el producto, de hecho es el único comprador de cebada de mayor calidad y precio, aunque existen otras empresas que compran pequeños volúmenes de la producción de cebada para elaborar alimentos balanceados.

IASA impulsa la investigación en semillas mejoradas, mediante contribuciones financieras al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y la difusión de estas semillas a través de su venta directa o la concesión de crédito para adquirirlas.

La cebada ha tenido dos periodos de crecimiento: de 1940 a 1950 cuando las compañías cerveceras no podían seguir importando y comenzaron a elaborar cerveza con la cebada disponible en el país y de 1970 a 1980 con un promedio de un 3.6% de crecimiento anual.

La IASA también ofrece contratos de cultivos garantizando el precio de la cebada al tiempo que surte las semillas y otorga el crédito o el aval necesario para que el agricultor obtenga su propio financiamiento, de esta manera impulsa la producción de la cebada maltera para cubrir las demandas de sus empresas, que se encuentran convencidas de que difícilmente se alcanzará en el país la autosuficiencia del grano ya que la cebada de las zonas de temporal sigue siendo de calidad forrajera y a causa de la política oficial que limita su siembra en las zonas más productivas. Por lo mencionado anteriormente las empresas cerveceras están experimentando con otras materias primas complementarias como el sorgo, para enfrentar en el futuro posibles problemas de abastecimiento de cebada.

El cultivo de la cebada es más rentable que el del trigo en zonas de riego pero ambos tienen que enfrentarse a la competencia de frutas y legumbres, que los desplazan de varios distritos.

En las zonas tradicionales de temporal, la cebada representa una ventaja productiva ante la escasez de alternativas para ocupar terreno cultivable y productor subocupado. Los ejidatarios no disponen de un apoyo oficial para mejorar sus prácticas agrícolas por lo que tienen que someterse a las estrictas normas de calidad de IASA en la entrega del producto. El grado de explotación de los grupos campesinos es alto y constituye una barrera para incorporarlos al avance agropecuario nacional.

Las cervecerías son el consumidor industrial más importante de cebada en México, la producción de cerveza se incrementó en un 71.48% en un lapso de cinco años pasando de aproximadamente 1 952 millones de litros en 1975 a 2 780 millones de litros en 1980, mientras que el consumo se incrementó tan solo en un 16.39%, de 61 a 71 l/persona año cifras que son superiores a las observadas en Finlandia Suecia y Noruega y similares a las de Estados Unidos (Mas Condés Carmen et al., 1986).

Actualmente se trata de aumentar el consumo con la introducción de nuevos artículos, como la cerveza ligera, para ampliar el mercado y la exportación de cerveza comienza a incrementarse (Barkin y Suárez, 1985).

En México la producción de bovinos para la exportación y la expansión y la transformación de las industrias avícola y porcina con base en nuevas tecnologías para surtir mercados nacionales, requieren para su sostén tierra y productos agrícolas y que ejercen presiones competitivas sobre la alimentación humana.

En la actualidad y debido a los requerimientos industriales, se ha estimulado la producción de sorgo, cebada y avena, lo que orienta a una creciente proporción de la superficie del país hacia cultivos para la alimentación animal y esto agudiza la polarización por la reducida o nula capacidad de consumo de productos animales entre la mayoría de la población.

III MALTA Y CERVEZA.

En México el principal uso industrial de la cebada es para la elaboración de malta que sirve a su vez para fabricar cerveza, de ambos procesos pueden obtenerse subproductos que pueden ser utilizados por la industria de alimentos para humanos en lugar de venderse como alimento para ganado.

La elección de la cebada de entre los demás cereales con fines de malteo y fabricación de cerveza se debió en un principio probablemente a la disponibilidad de este cereal.

En la actualidad hay otras razones para su uso:

-La cebada, el trigo y el centeno producen dos enzimas, la α -amilasa y la β -amilasa, cuando germinan. La acción combinada de estas enzimas es mucho más eficiente para hidrolizar el almidón que la acción de cualquiera de ellas sola.

-Solo la cebada tiene la cascarilla cementada al grano y que permanece unida después de trillada. La cascarilla protege al embrión del daño durante el proceso mientras crece bajo ella.

-En el proceso del malteo para cerveceras, elaboración de jarabes de malta y otros usos las cascarillas ayudan al filtrado en la separación de materiales solubles.

-La textura del grano de cebada remojado es algo más firme que la del trigo y el centeno a niveles elevados de humedad.

-La cebada posee varias capas aleurónicas que desarrollan gran cantidad de enzimas.

-Posee un alto contenido de almidón y bajos niveles de proteína y aceites (Houg and Briggs, 1971).

El establecimiento de la primera fábrica de malta en el país en 1906 marcó el inicio del cultivo de la cebada maltera en México, y aunque se tenía cebada con ciertas ventajas sobre la común, la industria maltera importaba grano debido a que el producido en el país tenía deficiencias en calidad a causa de ciertas características agronómicas desfavorables del propio cultivo, como eran la susceptibilidad al acame y a las enfermedades (Robles Sánchez, 1983).

En un principio en México no se contaba con cebada de calidad maltera, la única variedad que existía en grandes cantidades era la cebada criolla que es una cebada de seis carreras y de calidad forrajera. Posteriormente con esfuerzos combinados del Instituto Nacional de Investigaciones agrícolas y la IASA, se han obtenido variedades con mejor calidad como: la variedad Apizaco que debido a problemas de índole agrícola no se cultiva en grandes proporciones pero que sirve como patrón de calidad para cebadas de seis carreras; las variedades Porvenir, Celaya, Puebla, Cerro Prieto y Continela de calidad maltera de seis carreras; la Chevalier que se usa como patrón de calidad para cebadas de dos carreras y la variedad

Guanajuato de dos carrereras y calidad maltera (Impulsora Agrícola, 1983a).

SELECCION DEL GRANO.

El grano de cebada lleno y de tamaño uniforme es apropiado para el malteo, debido a que asegura una misma velocidad de absorción de agua en la mayoría de los casos y desarrolla excelentes germinaciones, lo que consecuentemente se refleja en la producción de altos rendimientos de extracto.

Los granos pequeños tienen menor velocidad de absorción de agua que los grandes, pero presentan también menor volumen, lo que hace que sobrepasen rápidamente los límites de absorción de 45% y germinen de una manera deficiente. Otra de las desventajas que presentan es su bajo rendimiento de extracto y alto contenido de proteína, lo que puede provocar turbidez en el mosto.

Al iniciarse la germinación, el grano desnudo se rompe fácilmente durante las manipulaciones del malteo, de lo que resulta una transformación incompleta del grano, que afecta la calidad de la malta que se obtiene.

En la selección del grano para malteo de acuerdo con su ancho no se pueden separar los granos desnudos y/o quebrados, por lo que se necesita llevar un control de calidad de éstos, debido a que son más sensibles al agua que los granos con cascarilla, y pueden presentarse altos porcentajes de granos embebidos por exceso de humedad o

germinaciones deficientes debidas a la ruptura de la plúmula. Porcentajes elevados de esos granos pueden dar altas concentraciones de β -glucanos, y producir a la vez viscosidades elevadas en los mostos.

Si la cebada se moja en el campo cuando está madura, puede empezar a germinar antes de trillarse, y ya no germina normalmente en las malterías, por lo que no es aceptable.

La viabilidad de los granos está indicada por el porcentaje de semillas que pueden germinar bajo condiciones controladas de humedad y temperatura. Esto es importante ya que durante la germinación se desarrollan las enzimas que actúan en los primeros procesos malteros, de destilación y otros. En la mayoría de estos procesos se requieren porcentajes de germinación superiores al 85% para que se desarrolle normalmente el potencial enzimático. La capacidad de germinación es el porcentaje de granos que muestran evidencia de desarrollo del germen, ya sea de la plúmula, raicilla o de ambas partes.

El almidón de las cebadas ricas en amilosa no se hidroliza satisfactoriamente durante el malteado y la obtención de la pasta. Por consiguiente el rendimiento de la cerveza y el grado de fermentación es bajo (Young et al., 1985).

Para que el grano de cebada pueda manifestar sus potenciales de calidad durante el malteo y pueda seleccionarse en los programas de mejoramiento de calidad maltera, es necesario que esté perfectamente sano, maduro,

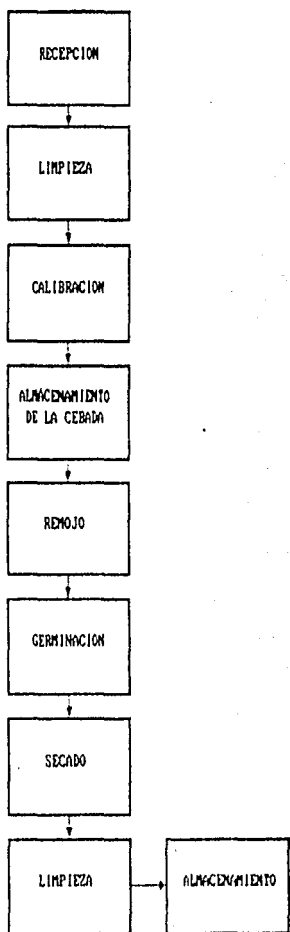
sin indicios de germinación, y con la cascarilla ligeramente opaca y adherida, cubriéndolo completamente (Navarro y Moreno, 1983).

Los requisitos que impone la IASA para la compra de cebada maltera se presentan en la tabla 3.1.

TABLA 3.1. Normas de calidad para la recepción de cebada maltera.

Germinación mínima	85.0%
Peso hectolítrico sobre la muestra original libre de impurezas	
Cebada de seis carreras	56 kg/hl
Cebada de dos carreras	58 kg/hl
Humedad	11.5 a 13.5%
Bonificaciones 5 kg/ton a <	11.5%
Deducciones 5 kg/ton a >	13.5%
Fábricas con secadoras recibirán camiones hasta con un 16.5% cobrando por el secado	
Grano de tamaño para uso maltero (que no pase la criba de 5.5/64" x 3/4")	85.0%
Bonificaciones: 5 kg/ton por punto de	86 a 95%
10 kg/ton por punto de	96 a 100%
Deducciones: 5 kg/ton por punto de	84 a 75%
10 kg/ton por punto de	74 a 70%
Granos desnudos y/o quebrados, hasta	5.0%
Bonificaciones:	
5 kg/ton por cada medio punto de	4.5 a 0.5%
Deducciones:	
5 kg/ton por cada medio punto de	5.5 a 10%
Impurezas	2.0%
Bonificaciones:	
5 kg/ton por cada medio punto de	1.5 a 0.0%
Deducciones:	
5 kg/ton por cada medio punto de	2.5 a 6.0%
Mezcla, hasta	10.0%
Grano dañado, hasta	10.0%
Residuos tóxicos de conformidad con las tolerancias establecidas por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos	
Requisitos de compra de Impulsora Agrícola S.A. (Impulsora Agrícola, 1983b).	

FIGURA 3.1
ELABORACION DE MALTA



MALTEO.

El malteo figura 3.1 es un proceso físico químico controlado, durante el cual los granos desarrollan, activan sus sistemas enzimáticos y modifican suficientemente sus reservas alimenticias. Tiene como finalidad obtener malta lo que se puede hacer a partir de granos de cualquier cereal que se someta a una germinación controlada, que se suspenda en una etapa adecuada, mediante secado.

Tipos de Malta.

Dependiendo del tratamiento en los últimos pasos de su obtención la malta puede clasificarse de la manera siguiente:

- Malta pálida : Se obtiene cuando la malta verde (el embrión ha crecido hasta alcanzar el tamaño del grano y se han desarrollado dos pares de raicillas) se lleva al secado.
- Malta caramelo : Se obtiene cuando la malta verde se lleva al tostador.
- Malta negra : Se obtiene cuando la malta pálida se lleva al tostador.
- Maltas especiales: Los granos pequeños con elevado potencial enzimático se usan generalmente con humedades y temperaturas de germinación mayores que las de la malta para cerveza. Se desean maltas con una elevada actividad enzimática sin

importar mucho el sabor por lo que se secan a temperaturas inferiores hasta llegar a una humedad entre un 5.5 y 6%, tienen una mayor actividad de amilabas menor sabor y aroma de malta y no están necesariamente bien modificadas.

Los granos de cebada que son demasiado pequeños como para maltearlos y que se escurren junto con el agua de remojo se venden como alimento para ganado.

La malta es esencialmente un producto intermedio que requiere un procesamiento posterior, o que sirve como ingrediente en otros productos. Se usa principalmente por su actividad enzimática, concentración de almidón, o por la combinación de ambas propiedades.

Otros usos para los que puede destinarse la malta son producción de levaduras para alimentación animal, humana y obtención de productos químicos; elaboración de alcohol; licores y whisky; cereales para desayuno; colorantes azucarados; sustitutos de café; productos alimenticios enriquecidos; concentrados de chocolate malteados; leches malteadas; alimentos para niños; harina de malta como suplemento para harinas de trigo; jarabes de malta para medicinas, textiles, productos horneados, cereales para desayuno y dulces.

Subproductos del malteo.

Prácticamente el único subproducto del malteo lo

constituyen las raicillas y los talluelos que se eliminan después del secado y representan del 3 al 5% del peso de la cebada. Esto constituye un material con una elevada disponibilidad de nitrógeno y factores promotores del crecimiento que se usa de manera limitada como nutriente en la elaboración de vinagre, ácido láctico y levaduras. Contienen aproximadamente el 27% de proteína, el 2.5% de grasa y el 12% de fibra y generalmente se usan como constituyente de alimentos para ganado.

Enzimas de la cebada.

Una malta de buena calidad debe contener suficientes enzimas que degradan el almidón para asegurar una hidrólisis rápida de almidones tanto de la malta como de los adjuntos dando azúcares fermentables durante la elaboración de la cerveza. Una de las principales enzimas reponsables de la hidrólisis del almidón es la α -amilasa, que se sintetiza en el grano durante la germinación, tiene una serie de isoenzimas (Briggs and Raynes, 1984), y es responsable de la degradación limitada de los gránulos de almidón que ocurre durante el malteo.

La degradación del almidón durante el malteo debe minimizarse para prevenir pérdidas del extracto de malta. Por lo tanto las muestras de cebadas que se quieran usar para la elaboración de cerveza deben contener niveles bajos de gránulos debido a que son más susceptibles a la α -amilólisis que los grandes durante el malteo (Macgregor and Ballance, 1980).

Las α -amilasas también pueden usarse en panificación para mejorar el volumen y la producción de gas. Tradicionalmente se han usado en Estados Unidos α -amilasas de la malta ya que tienen una estabilidad al calor compatible con las temperaturas de gelatinización de la harina de trigo y el almidón (Himmelstein 1985).

La β -amilasa se encuentra en la cebada y cataliza la hidrólisis de enlaces glicosídicos α 1 \rightarrow 4 en las maltodextrinas para dar maltosa. Se obtiene una dextrina limitante debido a que las ramificaciones α 1 \rightarrow 6 no se hidrolizan.

La β -amilasa se emplearía para producir jarabes con alto contenido de maltosa, pero debido a su elevado costo en forma nativa, mezclas de enzimas provenientes de hongos se usan frecuentemente en su lugar. En experimentos se demostró que la enzima puede inmovilizarse conservando casi toda su actividad haciendo rentable su uso en la producción de jarabes (Hon and Reilly, 1979).

ELABORACIÓN DE CERVEZA.

La industria cervecera requiere como materias primas principales cebada malteada, agua y lúpulo.

Se ha trabajado con productos de cebada extruida como materia prima para la elaboración de la cerveza. Estos se obtienen mezclando 10 kg de cebada con 400 ml de agua 70 °C por una hora y después se filtra, pero se ha visto que al incorporar de un 20 a 25% de éstos productos se aumenta el

contenido de β -glucanos, sólidos y polifenoles, además de que se eleva la viscosidad, lo que tiene un efecto negativo durante la filtración y clarificación del mosto (Yashnova et al., 1984).

El diagrama de la fabricación de cerveza se muestra en la figura 3.2, el proceso varía en pasos determinados dependiendo del tipo de cerveza que se desee obtener.

Debido a los problemas que se tienen al almacenar y transportar líquidos como concentrados de mosto de cerveza, extractos de cebada, etc. que tienen una viscosidad elevada se ha desarrollado un método para tener concentrados secos. El método incluye un proceso de formación de espuma, con un secado posterior. El concentrado resultante conserva sus propiedades iniciales y se obtienen buenos resultados a nivel experimental cuando se adiciona un 50% del concentrado seco a mosto elaborado con un 10% de cebada sin maltear (Krashnikov and Syroedov, 1983)

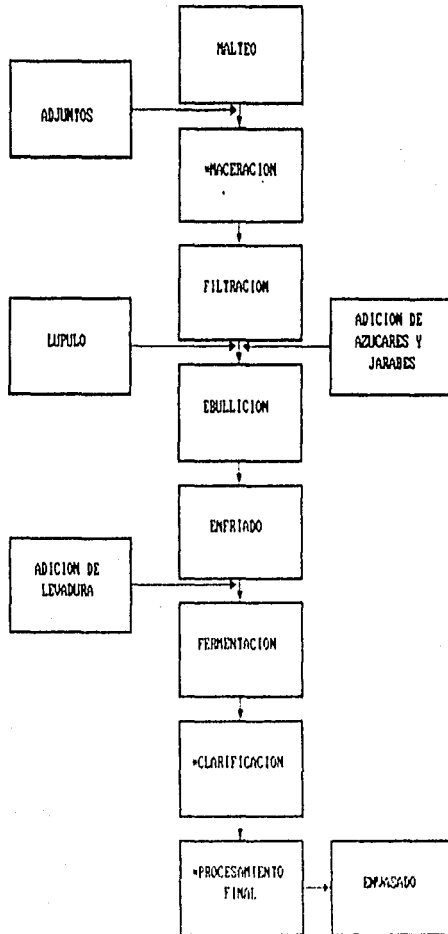
SUBPRODUCTOS DE LA FABRICACION DE CERVEZA.

Grano Seco o Bagazo.

Después de la fermentación de cereales y la destilación posterior del alcohol producido, se obtiene un residuo (grano seco o bagazo) que es rico en proteína. En la fermentación se utilizan principalmente los carbohidratos y otros nutrientes como proteínas y grasa se concentran en estos residuos, como puede observarse en la tabla 1.3 (Wu Y. V., 1986).

El residuo sólido que se obtiene en las cervecías

FIGURA 3.2
ELABORACION DE CERVEZA



* Estos procesos difieren dependiendo del tipo de cerveza que se quiera obtener.

después de filtrar el mosto de cerveza consiste principalmente del pericarpio y porciones de las cascarillas de cebada y de las partes no almidonosas de los adjuntos.

Por cada barril de cerveza que se obtiene se producen aproximadamente 5.7 kg de grano seco lo que representa una enorme proporción tomando en cuenta la gran cantidad de cerveza que se produce en el país.

En el grano seco se distinguen visiblemente dos porciones, la cascarilla que presenta partículas más grandes y que tiene una textura abrasiva y el pericarpio de la cebada que es de color café oscuro, tiene partículas de menor tamaño y tiene una textura más suave y amorfa.

El grano seco tiene un mayor contenido de proteína, fibra y lípidos que la mezcla original de cebada y adjuntos por lo que puede utilizarse en la alimentación humana como suplemento de fibra y proteína (Dreese and Hosenev, 1982).

La concentración de etanol glicerol y glucosa en el grano seco fueron 7.9, 0.6 y 0% en base seca respectivamente, después de 48 horas de fermentación. El contenido de lisina es relativamente mayor en la cebada y sus productos de fermentación que en los productos correspondientes obtenidos partiendo de maíz. Además el valor nutritivo de la cebada y productos de fermentación parece ser mejor que el de productos correspondientes de maíz, trigo y sorgo.

Una vez eliminado el mosto de cerveza, el bagazo o grano seco se seca a aproximadamente 45 °C hasta tener una humedad entre un 7 y un 9% y posteriormente se muele (Ustinikov et al, 1985) y se separan las partículas de mayor tamaño

(harina con cascarilla) de las de menor tamaño (harina proteica), estas harinas pueden y se han utilizado para enriquecer alimentos como los siguientes: pan, adicionando hasta un 12% (Dreese and Hosenev 1982, Prentice and D'Appolonia 1977); pastelitos de calabaza y zanahoria, adicionando hasta un 5% (Eidet and Newman, 1984), y Galletas con la adición de hasta un 15% (Kissel and Prentice 1979, Cho C. et al 1982).

Condensados Solubles de Cervecería (CSC).

Los CSC se obtienen de la concentración (44%) de los subproductos solubles en agua de la fabricación de cerveza que provienen del agua que se elimina del grano seco. Están constituidos principalmente por carbohidratos de cadena corta (74.8%), proteínas (8.85%), grasa (1.43%) y cenizas (2.5%) (Sebree et al., 1983b). La maltosa constituye aproximadamente el 45%, la maltotriosa el 13% y maltodextrinas de cadena mayor de 7 carbonos el 19% de los carbohidratos presentes. Posee un balance de aminoácidos esenciales mejor que el del maíz y sobrepasa a las melazas de maíz como fuente de minerales especialmente fósforo y hierro (Sebree et al., 1983a)

Los CSC pueden tratarse enzimáticamente con glucoamilasa a 60 °C para aumentar el nivel de azúcares fermentables a 1.8 veces su concentración inicial, Esto puede usarse como medio para dar un rendimiento de etanol después de 3 días de

fermentación con levaduras activas de un 95% v/v (Chung et al., 1986).

Se pueden usar los CSC y tanques de sedimentación de cerveza "lager" como medio de fermentación para la producción de ácido cítrico utilizando varias cepas de *Aspergillus niger*. Con los CSC se obtienen concentraciones de ácido cítrico de 19 g/l lo que representa un rendimiento del 78.5% en base a los azúcares consumidos. En el tanque de fermentación de cervezas "lager" se producen 11.5g/l lo que representa un rendimiento del 57.5% de acuerdo a los azúcares consumidos. Esto se logra después de 8 a 14 días y de 16 días de fermentación con CSC o en tanques de fermentación respectivamente y depende de la especie de hongo con que se trabaje (Roukas and Kotsekidou, 1986).

IV ALTERNATIVAS PARA EL PROCESAMIENTO DE LA CEBADA.

La cebada se usa muy poco para la alimentación humana. Aún en Asia donde se utilizó en gran escala, su consumo está disminuyendo al sustituirse con arroz conforme aumenta el nivel de vida de la población, en Dinamarca su consumo también está siendo desplazado solo que en éste caso por el trigo, probablemente debido a un incremento en el consumo de productos horneados en los que el trigo da definitivamente mejores resultados, a la apariencia de derivados de cebada y a la necesidad de perlar o mondar la cebada para poder consumirla (Bathy R. S., 1986 a).

La cebada es un cereal que se encuentra subutilizado ya que su principal uso industrial, en México prácticamente el único para consumo humano, es en la elaboración de malta, esta industria utiliza aproximadamente el 25% de la producción nacional y el resto se destina a alimentación de ganado.

Sobre todo la cebada desnuda tiene un enorme potencial en la alimentación humana ya que a diferencia de la cebada cubierta o con cascarilla, que se rehaza por que posee un elevado contenido de fibra (de 5 a 6%), contiene la misma fibra que pudieran tener el trigo o el maíz (Bathy R. S., 1986 b).

La cebada se ha utilizado como un sustituto de el trigo en épocas de escasez como lo fué la segunda guerra mundial,

y en algunos países como Korea y Japón se utiliza la cebada perlada para hacer rendir el arroz. En países occidentales pequeñas cantidades de cebada se continúan usando en cereales para desayuno, como espesantes para sopas, como hojuelas malteadas y en dietas especiales para infantes y ancianos.

En mercados internacionales se encuentran muchos productos de cebada comerciales tales como cebada perlada fina y media, harina gruesa de cebada, hojuelas, malta de cebada y harina de malta de cebada.

La cebada desnuda tiene la ventaja de que puede molerse directamente y cernirse adecuadamente para obtener harina para consumo animal, cebada perlada o harina de cebada perlada, harina de cebada y cebada malteada que pueden añadirse a alimentos como bisquets, pan plano de levadura, macarrones y otros productos horneados.

Desde hace muchos años se han utilizado escamas precocidas para elaborar almidones parcial o completamente gelatinizados y harinas para consumo humano y animal, el grado de cocimiento depende generalmente del contenido de humedad, tamaño de partícula, temperatura, presión aplicada al formar la escamas, tiempo de calentamiento y esto se aprovecha para obtener una serie de productos cocidos que presenten una amplia variedad de propiedades reológicas (Anderson R. A. 1982).

En la fabricación de escamas de cebada se modifican los gránulos de almidón aumentando su fragilidad, estas producen una viscosidad mayor que el grano completo, también dan una

sensación mas suave y gelatinosa parecida a la que se obtiene en los cereales para niños preparados en casa y en ambos productos se observa una gelatinización en dos etapas. Por lo que la cebada puede procesarse para producir una base de cereal para enriquecer alimentos, con muy buenas características para programas de alimentación infantil (Ferrel et al., 1973).

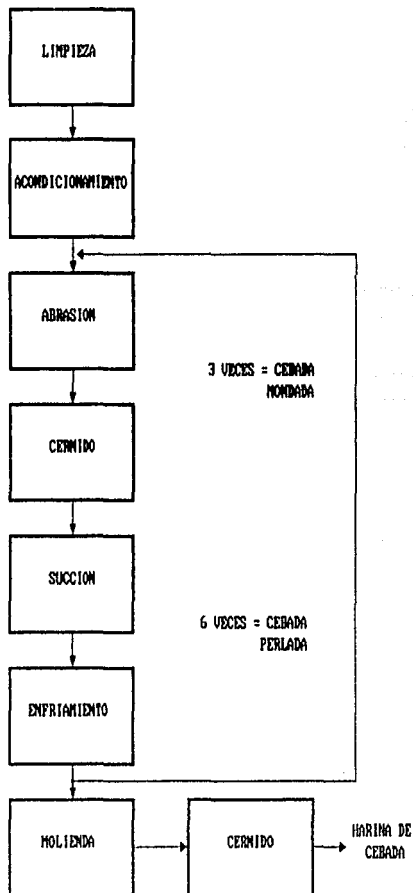
MOLIENDA DE LA CEBADA.

La cebada desnuda puede molerse para tener un rendimiento de aproximadamente 73% utilizando el equipo convencional para trigo. Un acondicionamiento para tener una humedad de un 11 a un 12% da mejores rendimientos. Se obtienen prácticamente tres derivados de la molienda de la cebada, de los que el más usado es la harina de cebada que tiene casi el mismo color que la harina de trigo, aunque contiene el doble de fibra cruda. Se puede blanquear para usos especiales. Como la cebada es un grano suave, debe molerse en condiciones como las usadas normalmente para la molienda de trigos para galletería.

Perlado.

El proceso de perlado se muestra en la figura 4.1, después de recibir la cebada, ésta se limpia con ayuda de máquinas similares a las empleadas para el trigo, solo que

FIGURA 4.1
PERLADO Y OBTENCION DE HARINA DE CEBADA



se modifican las aberturas entre los rodillos y los orificios de los tamices teniendo en cuenta el mayor tamaño de los granos de la cebada.

El acondicionamiento consiste en ajustar el contenido de humedad ya sea mediante secado o por adición de agua.

El perlado consiste en eliminar las capas externas del grano por abrasión y si esto se hace gradualmente se puede ir recuperando las capas externas, primero la cascarilla y después la aleurona para dejar el grueso del grano.

El perlado se lleva a cabo en un aparato en el que discos abrasivos giran dentro de un cilindro perforado que muele la cascarilla y las capas externas del grano, los discos, están cubiertos con carborundum y giran a aproximadamente 450 rpm. El cilindro está diseñado de tal modo que mantiene una rotación uniforme del grano, para que la eliminación del material sea pareja. Generalmente esto se lleva a cabo como un proceso de lotes y se puede controlar automáticamente.

El grano se perla por unos cuantos minutos, se transfiere a un tamiz para eliminar las cascarillas y otros materiales, se aspira para quitar partículas finas y finalmente se enfría. El proceso se repite con el grano frío.

Después de tres perlados toda la cascarilla y la mayor parte de la cubierta del grano se han eliminado y el grano puede salir a la venta, como grano mondado. La cebada perlada es aquella que ha sufrido cinco o seis perlados, en éstos granos se ha eliminado prácticamente todo el embrión y las capas externas del endospermo almidonoso. De 100 kg de cebada se obtienen 65 kg y 35 kg de cebada mondada y perlada

respectivamente. Se recupera la harina de cebada del material molido y el resto del material se utiliza para alimentación de ganado. En el caso del perlado se prefieren cebadas de tamaño moderadamente grande y uniforme, y generalmente se usan variedades de aleurona blanca y de dos carreras (Agriculture Research Service, 1968).

Se pueden tener productos de cocimiento rápido como la cebada perlada suave y cremosa que se ha calentado y tiene forma de escamas. Se utiliza como un ingrediente importante en sopas secas y como espesante cuando se requieren productos que se cocinen rápidamente. También pueden obtenerse hojuelas blancas que se utilizan como ingrediente en derivados de granola y para dar textura en panes especiales (Pomeranz 1985).

Un tiempo de perlado de 1.5 min da un rendimiento de entre 84 y 85%, si este tiempo se aumenta a 5 min se tiene un rendimiento entre un 71 y 73% y si se lleva a cabo un perlado en un tiempo entre 8 y 11.5 min se tiene un rendimiento de aproximadamente 56%. El contenido proteico, de grasa y fibra disminuyen conforme aumenta el grado de perlado, esto se debe principalmente a la eliminación de la aleurona y el germen ya que con un perlado mayor se obtienen granos que contienen casi exclusivamente endospermo almidonoso (Sumner et al., 1985).

Al producir fracciones con las propiedades deseadas, se aumenta su potencial para usarla en diversos alimentos y bebidas, la cebada perlada con un alto contenido de almidón puede ser apropiada como adjunto para cervecerías y como

espesante suave para alimentos. Los residuos con elevado contenido proteico pueden ser apropiados para la elaboración de botanas y otros alimentos enriquecidos con proteína (Sumner et al 1985).

Harina de cebada.

Se usa relativamente poca harina cebada, generalmente como constituyente que aporta proteína en alimentos para bebés.

Se obtiene como se muestra en la figura 4.1 de la molienda de la cebada perlada, de la cebada mondada y hasta de la cebada entera, pero en este último caso la impurifican una gran cantidad de productos secundarios procedentes de capas corticales del grano. Para la molienda de la cebada se utilizan rodillos lisos o estriados y cernedores parecidos a los que se usan en la molienda del trigo. La harina de cebada es un producto estable que puede usarse como espesante, estabilizante, ligante, en bebidas malteadas, carnes preparadas y alimentos para mascotas.

Cuando se obtiene harina a partir de cebada perlada se tiene un rendimiento del 82%, lo que representa un 58% del grano. Empleando cebada mondada se obtiene una extracción total del 59% (Kent N. L., 1971).

La harina de cebada puede adicionarse en proporciones limitadas (5 a 10%) sin afectar seriamente el volumen de la hogaza y las características del pan. Puede usarse en preparaciones de productos sin etiquetar como son bisquetas, pastas, panes y gran variedad de botanas preparadas con harinas (Prentice et al., 1979).

Los rendimientos de las harinas de cebada son en general comparables con los que se tienen de trigos suaves molidos bajo las mismas condiciones. El problema más serio de la molienda de la cebada es que se presenta una separación pobre del salvado con la porción de harina "gruesa", además la harina de cebada no fluye tan libremente como la de trigo por lo que debe cuidarse el proceso de molienda. El contenido de proteína y fibra de la harina de cebada varía notablemente dependiendo del grano de que se trate. La harina de cebada absorbe una mayor cantidad de agua que la de trigo (esto tiene efectos benéficos en el tracto gastrointestinal), posee una elevada viscosidad y absorbe aproximadamente la misma cantidad de grasa (Bathy R. S. 1987).

La harina de cebada con cascarilla tiene un mayor contenido de fibra (17% de fibra cruda y un 69% de carbohidratos asimilables) y un mayor contenido de proteína (18.5%). También tiene la habilidad de incrementar la absorción de agua de diferentes formulaciones, mejorando su textura, sabor y color, por lo que se recomienda su uso en cereales para desayuno (15 a 30%), en panes especiales, masa para pizza, hot cakes y botanas.

Si lo que se desea es aumentar el contenido proteico así como la fibra cruda entonces se puede usar la harina proteica, que también ayuda a aumentar la absorción de agua y es útil como un ligante y para aumentar el volumen del producto sin incrementar considerablemente el aporte de calorías. Puede usarse, según Prentice et al. (1979), en

galletas (hasta 30%), en botanas y cereales (hasta un 20%), en hot cakes (de 10 a 15%), en donas (hasta un 10%) y en panes y mezclas (de 2 a 5%).

La harina de cebada se ha utilizado ya en varios países como ingrediente en alimentos como:

a) Sustituto de harina de trigo para hacer pan:

Cuando se tienen mezclas de harinas de trigo y cebada los tiempos de desarrollo de la masa no se alteran sustancialmente con la adición hasta de un 20% de la misma. Pero se observan características diferentes en la masa probablemente debido a que las proteínas de la harina de cebada tienen alguna extensibilidad comparadas con las del trigo. De cualquier manera carecen de estabilidad y resistencia al mezclado aún en presencia de un mejorador de la masa. Los panes hechos con las mezclas de harinas dejan ver que no se puede añadir más de un 10% de harina de cebada a la mezcla sin que se afecten seriamente el volumen de la hogaza y su apariencia. Mayores concentraciones diluyen demasiado al gluten del trigo y afectan su capacidad de retención de gas (Bathy R. S., 1986a, Rhee C et al., 1982).

En panificación la harina de cebada desarrolla rápidamente pero tiene una baja estabilidad en el mezclado, lo que indica que tiene un gluten diferente al del trigo en cuanto a calidad y cantidad se refiere. Tiene una elevada capacidad de absorción y presenta extensibilidad en las masas. Tiene una menor capacidad que la de trigo para producir maltosa y dióxido de carbono, por lo que el

producto final presenta fisuras en la corteza y un color pálido (El Farra et al., 1985).

b) Manufactura de galletas.

Se pueden elaborar galletas especiales usando hojuelas de cebada según las siguientes formulaciones:

TABLA 4.1. Formulación de galletas en las que se sustituye parcialmente la harina de trigo con harina de cebada.

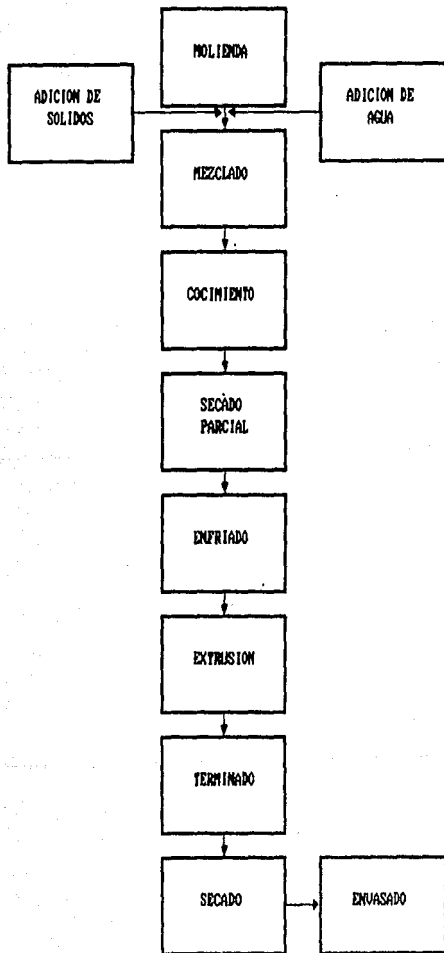
INGREDIENTES (g)	TIPO		
	I	II	III
Avena	1,178	79	----
Cebada	740	72	216
Azúcar morena	1,750	--	80
Mantequilla	983	--	112
Pasas	556	--	----
Vainilla	19	4	2
Polvos para hornear	23	8	2
Sal	17	0.8	3
Huevo	570	114	57
Grasa	----	224	----
Azúcar granulada	----	304	57
Harina:			
con cebada	1,725	228	72
con avena	1,285	228	72
almendras picadas	----	70	----
Dátiles picados	----	178	----
<u>Gotas de chocolate</u>	----	---	<u>168</u>

Todas las galletas anteriores tienen características organolépticas adecuadas y para algunos jueces hasta mejores que las galletas tradicionales que se elaboran con avena (Prentice et al., 1979).

c) Cereales para desayuno.

Productos listos para el consumo (ready to eat cereals) generalmente se hacen con masas que consisten en harina, proteínas de leche, extractos de malta, azúcar, saborizantes y otros aditivos, e incluyen una serie de productos coposos, soplados, desmenuzados y granulados preparados generalmente a partir de trigo, maíz y arroz, aunque también se pueden emplear la avena y la cebada.

FIGURA 4.2
CEREALES PARA DESAYUNO



Productos soplados.- Se preparan a partir del grano que una vez limpio y acondicionado se despoja de su pericarpio por medio de un restregado húmedo. A veces se prepara una masa a partir de harina que tenga una consistencia espesa a la que se le añade azúcar, sal y a veces aceite. Se cuece durante 20 min a presión, se seca hasta 14 a 16% de humedad y se forman pildoras o perlas haciéndolas salir por un troquel. Las perlas se calientan a presión y posteriormente se elimina bruscamente la presión y la expansión del vapor de agua al rebajarse bruscamente la presión provoca la hinchazón de los granos y de las perlas alcanzando tamaños varias veces superiores al original. El producto se seca y se tuesta hasta alcanzar una humedad del 3% y luego se enfría y se envasa.

Productos desmenuzados.- El grano se limpia y se cuece con agua hasta que se vuelva blando y gomoso, su contenido de humedad se aproxime al 43% y su almidón se encuentre totalmente gelatinizado. El grano cocido se enfría y se deja reposar por algunas horas, después de lo cual se envía a los desmenuzadores que consisten en una pareja de rodillos metálicos de los que el material sale en forma de largos fragmentos paralelos. Estos caen a una banda transportadora lenta que los va superponiendo en varias capas formando una torta que se corta en pastillas que se cuecen durante 20 min a 260 °C en un horno calentado por gas. Después de esta cocción las pastillas se secan hasta un contenido acuoso del 1%, se enfrían y se envasan.

Productos granulados.- Se prepara una masa con levadura,

sal y una harina fina integral, harina de elevada extracción o harina de cebada malteada. Esta masa se deja fermentar durante 5 horas, se forman panes que se llevan al horno una vez cocidos se parten, se secan y luego se trituran hasta un tener un tamaño de partícula determinado.

El diagrama de flujo de la fabricación de cereales se muestra en la figura 4.2, el almidón de los cereales debe gelatinizarse de tal forma que se obtenga una textura suave al adicionar leche para consumirlos, la gelatinización ocurre principalmente durante el cocimiento. La cantidad de agua en la fórmula es de suma importancia para la gelatinización. En ocasiones se utiliza un proceso combinado de cocimiento y extrusión. Si el producto va a extenderse el contenido de agua debe ajustarse por un secado parcial para que cuando se expongan las piezas de cereal a elevadas temperaturas se presente una expansión rápida. Las hojuelas se pueden hacer pasando láminas de masa a través de rodillos, cortadores y finalmente tostándose para que queden crujientes y desarrollen su sabor y olor característicos (Roger Daniels 1974).

Se han preparado cereales con harina de cebada (400g) a la que se adicionó agua hirviendo con 6g de sal, la mezcla se hierve vigorosamente por un minuto y después se cuece a fuego lento por otros 3.5 min y se obtiene un cereal con una consistencia dura, seca, crujiente, aspera y grumosa, con un mejor sabor que el cereal preparado de la misma manera pero

con avena (Prentice et al., 1979).

d) Elaboración de jarabes:

Se pueden obtener jarabes con elevado contenido de maltosa de cebada c erea. La cebada o la harina de cebada con un contenido mayor o igual al 92% de amilopectina se procesa como se muestra en la figura 4.3:

1) Se adiciona β -glucanasa a una pasta de cebada libre de sustancias inertes, para hidrolizar a los β -glucanos y liberar s olidos proteicos de la solución.

2) Se realiza una separación sustancial de los s olidos proteicos y derivados de la fibra y se obtiene una suspensión de almidón.

3) Se ajusta el contenido de s olidos de la suspensión eliminando agua hasta tener de un 25 a un 40% en peso y se agregan amilasas para lograr una transformación parcial del almidón a maltosa.

4) Se calienta la mezcla resultante de s olidos proteicos en el jarabe de maltosa y

5) se recuperan los s olidos proteicos y jarabes que contienen más del 50% de maltosa. Este jarabe es apropiado para usos alimenticios, y se pueden recuperar los s olidos proteicos adicionales, β -glucanos, carbohidratos, gomas y etanol (Goering and Eslick, 1984a, 1984b y 1986).

e) Fabricación de pastas.

Las pastas se elaboran parti endo de sémola que se obtiene del trigo aunque se ha observado que también pueden

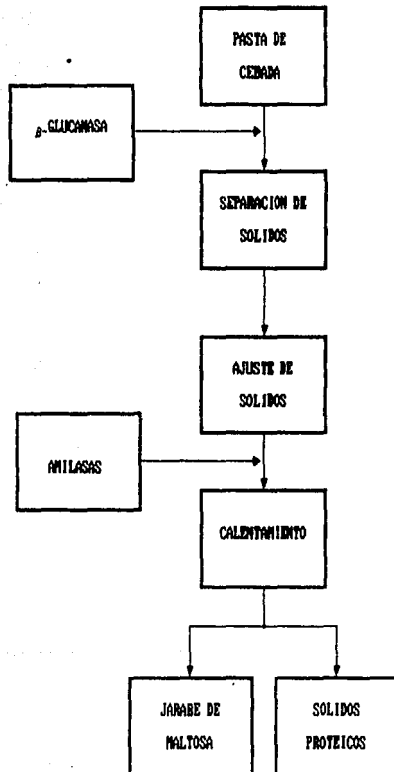
elaborarse de cebada. Para elaborar macarrones por cada 45.4 kg de harina se añaden de 2.5 a 3 galones de agua de 32 a 38 °C amasando la mezcla durante 10 - 15 minutos, consiguiéndose una masa espesa que después de un tiempo de reposo se hace salir a presión a través de un troquel que da a los productos su forma característica. Finalmente el producto se seca, lo que puede realizarse al aire libre o en cabinas especiales en las que se controla la temperatura y la humedad relativa del aire (Kent N. L., 1971).

Cuando se elaboran pastas con cebada, se ha visto que los lípidos modifican las propiedades de la harina, generalmente los lípidos polares aumentan la viscosidad y si se adicionan aceites vegetales disminuye la temperatura de gelatinización y aumenta la viscosidad (Choi In and Lee Su, 1984).

f) Elaboración de botanas.

Para aumentar el uso de la cebada, Mok et al (1984), han ensayado procesos de extrusión de la harina de cebada para obtener botanas esponjosas. Se encontró que la humedad óptima para la harina de cebada era de 20%. La humedad y la densidad de los extruidos disminuía conforme se aumentaba la temperatura de extrusión y disminuía el tamaño de los dados. Se obtuvieron extruidos de calidad aceptable cuando se trabajó a una temperatura de 180 °C, con dados de 4.5 mm y la velocidad de proceso era de 160 rpm.

FIGURA 4.3
ELABORACION DE JARABES



Almidón de cebada.

El principal componente de los cereales y derivados de los cereales es el almidón. En productos molidos, el contenido de almidón se incrementa con el grado de refinamiento, incremento que se ve acompañado de una disminución de celulosa, hemicelulosa y gomas de pentosanos.

El almidón constituye la principal fuente de carbohidratos en la dieta. Además tiene una amplia gama de aplicaciones industriales debido a su comportamiento como coloide altamente polimerizado.

Algunas variedades de cereales tienen granos con almidón constituido casi exclusivamente de amilopectina, se les llama céreos e incluyen variedades de maíz, arroz, cebada y sorgo. También se tienen especies con almidón con predominio de amilosa como en el maíz y la cebada "ricos en amilosa".

Los principales alimentos que contienen almidones son condimentos, sopas, aderezos, salsas enlatadas, postres, alimentos congelados, mezclas instantáneas, panes, bebidas, alimentos para mascotas, botanas, alimentos horneados, saborizantes, sazonadores, alimentos para bebés, pays, derivados lácteos y quesos (Wilhelm W., 1987).

Las funciones principales que tienen los almidones en alimentos son adhesión, prevenir del envejecimiento, ligantes, enturbiantes, emulsificantes, ayudar a mantener la espuma, gelificantes, recubrir golosinas, humectantes, estabilizantes de forma, texturizantes y espesantes (Wilhelm W., 1987).

La cebada como materia prima para la producción de almidón presenta características especiales:

Contenido de almidón ligeramente bajo (55 a 62% en base seca).

Elevado contenido de fibra que es abrasiva y difícil de moler.

Contiene materiales altamente viscosos como los glucanos que varían según el año y la variedad de que se trate (Lehussaari, 1987).

Los gránulos de almidón de cebada madura pueden separarse basándose en su tamaño. La fracción menor (10% en peso) contiene gránulos con diámetros menores de 5 μ y la fracción mayor contiene gránulos de 10 a 20 μ de diámetro. Ambos gránulos parecen contener proporciones semejantes de amilosa y amilopectina, pero difieren significativamente en su susceptibilidad a las enzimas y en temperaturas de gelatinización.

Los gránulos de cebadas normales y cèreo también difieren en sus propiedades físicas y en su susceptibilidad a la acción enzimática, esto puede atribuirse a la diferencia en su contenido de amilosa (25.8 y 2% como mínimo respectivamente (Morrison and Scott, 1986), aunque diferencias en la estructura de la amilopectina también pueden contribuir a esto (Macgregor and Morgan 1984).

La relación amilosa/amilopéctina del almidón determina su consistencia y absorción de agua. Los almidones cèreos tienen un poder de hidratación elevado por lo que de la

cebada c erea, se obtienen productos suaves, mientras que de la cebada normal se obtienen productos mas duros y secos.

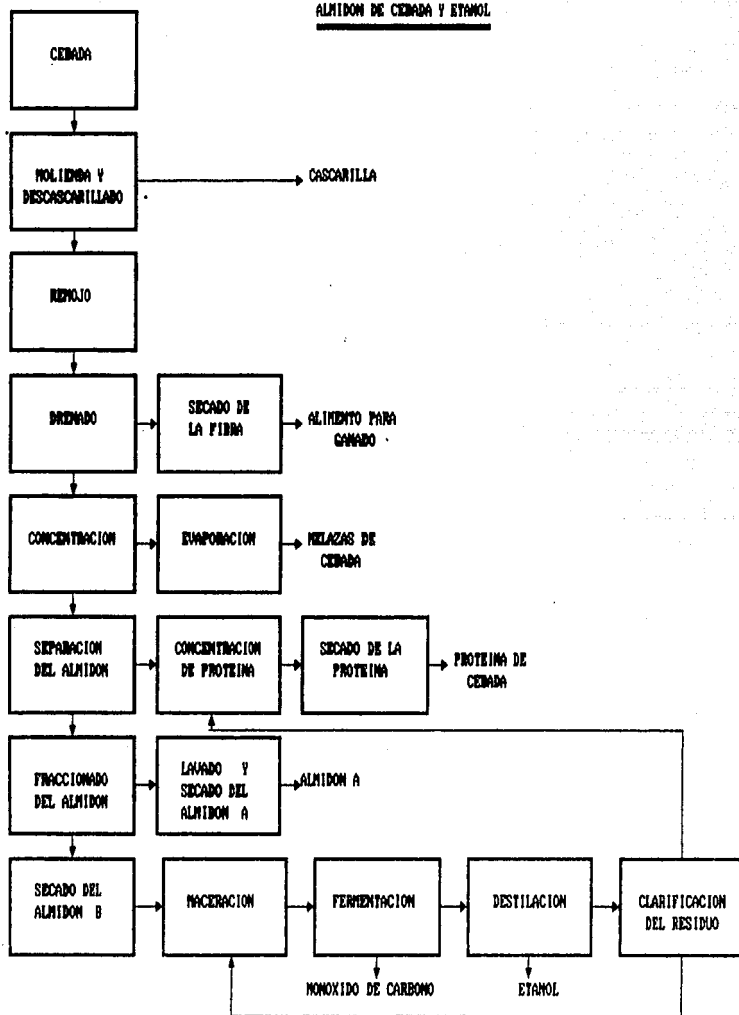
El almidón de cebadas normales contiene aproximadamente 25% de amilosa y 75% de amilopectina.

Se ha observado que el contenido de amilosa en el endospermo de la cebada aumenta cuando el tejido envejece. Los gránulos grandes se desarrollan primero y contienen mas amilosa que los gránulos pequeños que se desarrollan después (Young et al., 1985).

Se han desarrollado cebadas c reas que retienen suficiente -amilasa activa en los gránulos de almidón como para licuarse a si misma y al almidón de maiz c reo cuando se calientan juntos. Como ésto ocurre sin cocimiento o adición de enzima, este almidón puede ser ideal para elaboración de papel y posiblemente pueda reemplazar al jarabe de maiz que se utiliza en cervec ria. Se tienen datos preliminares que sugieren que los granos sin tratamiento pueden reemplazar cantidades importantes de malta en la industria cervecera (Goering and Eslick, 1976).

En el proceso de obtención del almidón de cebada que se muestra en la figura 4.4, se puede tener hasta un 80% de almidón que prácticamente no contiene particulas menores de 10 , posee elevada pureza y comportamiento uniforme al procesarse, debido a su capacidad de atrapar agua y bajas temperaturas de gelatinización es muy apropiado para la industria de cárnicos. Se ha usado en gran escala para producir cubiertas para papel, jarabes ricos en fructosa y

FIGURA 4.4
ALMIDON DE CEBADA Y ETANOL



maltosa, elaboración de salsas y en cervecerías, y el resto se utiliza para la producción de etanol.

-Molienda.

La cebada se muele y se eliminan la cascarilla y el salvado que se separan como porción de harina gruesa, del endospermo formado por una harina más fina.

-Recuperación del almidón.

La harina del endospermo se remoja por un periodo de 30 a 120 min a una temperatura menor de 60 °C. Aquí se liberan las sustancias solubles del grano y se suavizan las estructuras celulares, lo que facilita la separación del almidón, proteína y fibra.

Después del remojo se escurre y se elimina el agua por medio de una prensa. El líquido se concentra y se separa la parte superior que contiene los sólidos solubles y la inferior de la que se separa el almidón de la proteína.

Se tienen los siguientes subproductos que pueden usarse para alimentación animal: cascarilla, melazas, fibra fina y proteína.

Además se obtiene otro almidón que contiene una elevada proporción de sustancias fermentables y con el se tienen menos pérdidas en la elaboración de alcohol dejando muy poco residuo. Dependiendo del sistema de destilación se puede

obtener alcohol comestible o industrial de la pureza que se desee (Dellweg and Luca, 1987).

El almidón de cebada puede usarse en procesos como:
a) panificación.

Cambiando la proporción de amilosa y amilopectina adicionando almidón de cebada cérica a harina de trigo con elevado contenido proteico se pueden obtener panes más suaves después de un día de horneados que los panes convencionales, sin que ésta mezcla afecte el volumen de las hogazas. A los 3 y 5 días después de horneados la dureza de ambos panes es prácticamente la misma. Al recalentar el pan en bolsas para dorar se tiene un pan más suave y el grado de suavidad depende de la temperatura, aunque si el pan se almacena la dureza se incrementa rápidamente.

Panes que contienen exclusivamente almidón de cebada presentan una corteza notablemente más suave y tienen una consistencia pegajosa (Ghiashi et al., 1984).

La amilopectina pulverizada se utiliza ya en algunos países para ayudar a disminuir el envejecimiento de alimentos que contienen almidón tales como macarrones y productos horneados (Takayuki, 1985).

b) Elaboración de jarabes.

Se pueden producir jarabes partiendo de almidones o harinas impuras de varios cereales como la cebada que contengan β -glucanos ricos en proteína y gomas de cereales,

además pueden recuperarse los aceites del germen como subproductos.

La fuente de almidón se muele y se humedece con agua, ésto se hace reaccionar con β -glucanasa y posteriormente con α -amilasas, después se separan los sólidos y el aceite del germen de la solución acuosa. La solución acuosa se sacarifica para obtener una solución con un elevado contenido de dextrosa gracias a la acción de la glucoamilasa. La solución obtenida se filtra y se purifica ajustando su pH a 8.5 con óxido de magnesio activo antes de llevar a cabo una isomerización por los métodos tradicionales (Schoeniok et al., 1985).

Se puede licuar almidón de cereales, con o sin α -amilasas termoestables, seguida de una sacarificación enzimática para tener una fermentación continua con producción de etanol. El almidón puede licuarse mediante una extrusión en caliente con bajos niveles de humedad, y posteriormente puede sacarificarse rápidamente utilizando glucoamilasas sin tratamientos previos con α -amilasas. El uso de extrusores se ve limitado por la elevada viscosidad del almidón licuado, por lo que la combinación de una iniciación termomecánica de la gelatinización e hidrólisis enzimática con α -amilasas termoestables puede disminuir la viscosidad y reducir o eliminar la retrogradación de tal forma que permita seguir un proceso de sacarificación continua. Se ha visto que el proceso de fermentación también puede hacerse continuo inmovilizando las levaduras y haciendo pasar el jarabe, observándose una disminución de transformación de

carbohidratos a etanol de un 80 a un 65% en dos semanas, el tiempo de estancia del jarabe dentro de la columna es de tres horas y comparado con las 5 horas que se requieren para obtener una transformación del 90% utilizando melazas de caña, el proceso podría ser costable (Linko et al., 1983).

c) Otros usos. Además de la industria alimentaria existen varias industrias que pueden utilizar al almidón tal es el caso de la industria textil que lo utiliza como recubrimiento de hilos y telas y la industria de combustibles que lo utiliza como materia prima para obtener etanol después de una fermentación, también es útil en imprentas donde se utiliza para recubrir papeles especiales y elaborar pegamentos, en medicina donde se usa como sustituto del talco en guantes de cirujano ya que de quedar residuos en la herida el organismo puede degradarlos fácilmente y en lavanderías para planchar ropa entre otras.

Los almidones también pueden sufrir ciertas modificaciones que mejoran sus características y los hacen aún más valiosos para éstas y otras aplicaciones (Maríhart J., 1987, Smith and Bell 1986).

OTROS PRODUCTOS DE CEBADA.

Condimentos.

El koji es un producto fermentado japonés que se obtiene de arroz precocido al que se le agrega un inóculo de *Aspergillus oryzae* sobre su superficie y se incuba por varios días.

Mikio et al (1984a y 1984b) prepararon condimentos de este tipo, fermentando trigo y cebada perlada con koji. En general el condimento de trigo (convencional) contiene mayor contenido de aminoácidos que el de cebada. Ambos tienen tendencias similares en ácidos orgánicos especialmente cítrico, acético y láctico, y aunque se prefirió el condimento elaborado con trigo las características organolépticas del condimento de cebada son aceptables.

El condimento se prepara de la siguiente manera: se remoja la cebada y el trigo tostado y molido en agua, se agrega koji y se deja madurar por 40 días a 25 °C.

Otros condimentos elaborados con diferentes proporciones de cebada perlada y trigo quebrado y tostado tienen la misma aceptación que el koji.

Cuando se remojan trigo o cebada en agua por una hora, se cuecen por 40 min y después se adiciona cultivo de koji a 30 °C. Se tienen pocas diferencias en sabor y ambos productos son aceptados por el consumidor (Mikio et al, 1983).

Usos farmacéuticos.

a) Existe un polipéptido pequeño que se encuentra en la cebada que puede purificarse y se ha usado como agente carcinostático en formulaciones farmacéuticas.

Se produce de la siguiente manera: 4 kg de cebada se suspenden en una solución de Ácido sulfúrico 0.05N, se centrifuga, y el sobrenadante se cromatografía varias veces en una columna de carboxi metil celulosa, obteniéndose 198

mg del polipéptido. Se ha demostrado que este polipéptido inhibe los tumores de Ehrlich en ratones (Yoshizumi and Toyoshima, 1985).

b) Se ha utilizado el aceite de la cebada para elaborar lociones para la piel que son efectivas en la prevención del acné. Las lociones se elaboran de la siguiente manera:

Se mezclan 1 parte de aceite de cebada, 1 parte de aceite de ricino, 10 partes de etanol, 5 partes de glicerina, 3 partes de sorbitol, 1 parte de alcohol cetílico y 79 partes de agua (Sheten, 1982).

Obtención de pentosas y hexosas.

Al hidrolizar la paja de la cebada (picada hasta que tenga un tamaño de aproximadamente 1 cm) con ácido sulfúrico 0.75N y calentar la mezcla en un reactor tubular por 30 segundos a 23 °C con una presión de 3.2 a 4 mpa, se obtiene un 35% de glucosa y 65% de xilosa (Buus and Nielsen, 1983).

Obtención de vitaminas y biotina.

La biotina y vitaminas del grupo B (tiamina, rivoftabina y piridoxina) se pueden obtener del agua usada para remojar a la cebada. La cebada remojada se filtra, y el líquido resultante se concentra al vacío, se extrae con disolventes orgánicos y se purifica por adsorción con carbón activado. Se tienen rendimientos de biotina, tiamina, rivoftabina y piridoxina de 8.1, 6.3, 28 y 16 mg % respectivamente

(Kalashnikova, 1982).

Sustitutos de café.

En Rusia han desarrollado métodos para la producción de bebidas instantáneas a partir de granos de café y cebada. El café se muele y se extrae usando una batería de columnas con un rango de temperatura de 80 a 178 °C y una presión de 0 a 1.2 mpa y agua con una velocidad de flujo de 1100 a 1200 l/h. Luego se filtra el extracto y se mezcla con el extracto de cebada que se produce colocando cebada tostada en un extractor continuo de espiral a una temperatura de 145 a 165 °C, una presión de 0.8 a 1.0 mpa y una velocidad de flujo de agua de 1000 a 1300 l/h seguido de un tratamiento enzimático. Después del mezclado de los dos extractos, se realiza una condensación con un evaporador de dos columnas de 68 a 72 °C y una presión de 0.1 mpa. Las bebidas tipo café instantáneo resultantes tienen un alto grado de aglomeración, buena solubilidad, sabor y aroma agradable y buen color (Nakhmedoy and Pastashkove, 1983).

Se tienen ya dos bebidas tipo café instantáneo que contienen una 70% de cebada, 10% de semillas de uvas, y 20% de café natural, y la otra 80% de cebada y 20% de café natural, estas bebidas presentan buenas características organolépticas y su estudio es importante debido a que su contenido de cafeína es notablemente menor que el de las bebidas tradicionales (Samoltanskií and Opstatseva, 1982).

Germinados.

Los germinados representan una alternativa interesante para el consumidor de cereales debido a que al germinar el grano se eleva ligeramente el contenido de proteínas y además de vitaminas del grupo B como la Tiamina, la Riboflavina y el ácido nicotínico que tienen un papel importante en la oxidación de los carbohidratos (Fishser and Bender, 1976), por lo que describo el siguiente método para obtenerlos aunque realmente no sea un proceso a nivel industrial.

A nivel casero se pueden obtener germinados de cebada de la siguiente manera: En un frasco se remoja la cebada por aproximadamente 8 horas, se lava y se deja remojando nuevamente drenando el agua tres veces al día durante cinco días hasta que el germen tenga aproximadamente el mismo tamaño que el grano.

Este germen puede usarse para preparar pan, sopas y cereales.

Para preparar cereal de cebada germinada se licuan:

Media taza de ciruelas pasas remojadas

Una cucharadita de aceite

Media taza de agua

Media taza de germen de cebada

V CONCLUSIONES.

México es un país subdesarrollado y por lo tanto debe aprovechar todos sus recursos naturales en forma tal que dejen al productor primario la mayor utilidad posible y que al mismo tiempo beneficie a la mayoría de su población. Una gran parte de la población mexicana es de bajos recursos económicos, y llevan una alimentación precaria, deficiente sobre todo en cuanto a proteínas se refiere. Por lo que es indispensable que se desarrollen y se pongan a su disposición alimentos que puedan combinarse con su dieta normal y lograr así una alimentación balanceada.

La cebada es un recurso natural, con exigencias de cultivo menores que las de otros cereales como el trigo y aunque su producción es considerable y presenta gran versatilidad en cuanto a procesamiento se refiere, se utiliza básicamente para alimentar al ganado, y una menor proporción para elaborar malta.

Se ha comprobado que la cebada puede servir como cereal para consumo humano y que su ingesta no solo no daña al organismo sino que lo beneficia debido a su contenido de fibra y de ácidos grasos insaturados. Aún así su consumo por parte de la población mexicana es muy pequeño (se consume prácticamente solo al transformarse en cerveza) y esto se debe probablemente a:

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

-Costumbres.- La cebada se ha utilizado desde hace mucho tiempo para la alimentación del ganado y la gente no está dispuesta a consumir "alimentos para animales".

-Apariencia. Los productos elaborados con cebada, sobre todo si se hacen con harina "gruesa", tienen un aspecto grumoso y una textura algo abrasiva debido a la presencia de residuos de cascarilla que son difíciles de eliminar.

-Falta de información.- La mayoría gente no está enterada de los beneficios que aporta el suministrar fibra en la dieta ni de las ventajas de una alimentación variada sobre una alimentación basada en el consumo de carne y productos de origen animal.

Para cubrir las necesidades del organismo en cuanto a aporte proteínico se refiere pueden consumirse otros alimentos y no solo carne y productos cárnicos (Frances Leppe Moore, 1981).

Existen relativamente pocas ventajas cuando el ganado transforma alimentos de baja en alimentos de alta calidad nutricional y aún así se dan al ganado grandes cantidades de alimentos de calidad aceptable y en ocasiones de buena calidad que podrían utilizarse para alimentar a la población

de bajos recursos ya que su costo es mucho menor que el de alimentos de origen animal.

Aunque se requiere consumir proporcionalmente menos proteína de origen animal que de origen vegetal, para cubrir con los requerimientos del organismo (0.62g de proteína utilizable por kg de peso corporal) se tienen varias alternativas:

- Consumir grandes cantidades de alimentos de origen vegetal con proteína de menor calidad.
- Consumir fuentes alternativas de proteína animal tales como los productos lácteos.
- Consumir alimentos de origen vegetal variados que se suplementen mutuamente (tabla S.1).

Debemos estar conscientes de que ya no podemos desperdiciar los alimentos que se producen en nuestro país, por el simple hecho de que no estamos habituados a consumirlos, debemos tratar al menos de tener una mentalidad más abierta y aceptar nuevos productos alimenticios.

En este trabajo se han presentado alternativas para industrializar la cebada no tan solo para la industria de alimentos sino que también para otras ramas de la industria de entre las que cabe destacar la industria de los combustibles, de la cebada puede obtenerse etanol que podría sustituir en un futuro no muy lejano a los hidrocarburos, por lo que es importante realizar más estudios en este aspecto, ya que la rentabilidad del proceso si se integra con un proceso de obtención de almidón parece ser bastante

aceptable, y además no se tienen desperdicios ya que los subproductos que se obtienen pueden utilizarse para elaborar alimentos balanceados para animales.

Debemos buscar alternativas para el procesamiento en México no tan solo de la cebada sino de tantos recursos naturales que no se aprovechan como debieran o que están siendo subutilizados y en ocasiones hasta desperdiciados con el fin de mejorar el nivel de vida de los campesinos y la economía nacional.

TABLA 5.1. Los grupos de alimentos que pueden considerarse como fuente de proteína se muestran en la siguiente tabla:

GRUPO	FUENTE DE				
	ALIMENTICIO	LISINA	ISOLEUCINA	A.A. AZUFRADOS	TRIPTOFANO
Alimentos Marinos	MB	B	B	B	B
Derivados Lácteos	MB	B	B	B	B
Nueces y Semillas	R	R	R	R	B
Legumbres	MB	B	M	R	R
Granos y Cereales	R	R	B	B	B
Harinas	R	R	B	B	B
Verduras ¹	B	R	R	R	B
Carne	MB	B	B	B	B

¹ En caso de que se consumieran cantidades adecuadas ya que se componen principalmente de agua.

MB = muy buena

B = buena

R = regular

M = mala.

(Frenes Leppe Moore, 1981)

BIBLIOGRAFIA.

AGRICULTURE RESEARCH SERVICE U. S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Barley. Agriculture Handbook No. 338 1968.

ANDERSON R.A. 1982. Water Absortion and Solubility and Amilograph Characteristics of Roll Cooked Small Grain Products. Cereal Chem. 59(4), 265 - 269.

ANGELOVA L. 1983. Comparative Study of Wheat Barley and Triticale of Grain Fodder Crops. Rastenievod Nauki 230(2), 33 - 38.

ANONIMO. 1983. Agricultura Técnica en México. SARH, INIA pp. 151 - 154 y 115 - 124.

ANONIMO. 1985. Ingredients. Flour and Bread Nutrients. Baker's Digest pág 28.

ANONIMO. 1980. New Barley Forms Include Croutons, Crunches, Breeding. Baker's Digest pág 32:

ARNON L. Crop Production in Dry Regions, Vol 2. Systematic Treatment of the Principal Crops. Léonard Hill London 1972. pp. 71, 89, 90.

BARKIN DAVID, SUAREZ BLANCA. El Fin de la Autosuficiencia Alimentaria. Ed. Oceano, Centro de Ecodesarrollo. México D.F. 1985.

BATHY R.S. 1982. Distribution of Lipids in Embryo and Bran Endosperm Fractions of Riso 1508 and Hiproly Barley Grains. Cereal Chem. 59(2), 154 - 156.

BATHY R.S. 1987. Milling Yield and Flour Quality of Hullless Barley. Cereal Foods World 32(3), 270 - 272.

BATHY R.S. 1986. Physicochemical and Functional Properties of Hull-less Barley Fractions. Cereal Chemistry 63(1), 31 - 35.

BATHY R.S. 1986. The Potential of Hull-less Barley. A Review. Cereal Chemistry 63(2), 97 - 103.

BATHY R.S. and ROSSNAGEL B.G, 1980 Lipids and Fatty Acid Composition of Riso 1508 and Normal Barley Grains. Cereal Chem. 57(6) 382 - 386.

BRIGGS D. E. and RAYNES J.G. 1984. Alpha Amylase Isoenzymes of Germinated Barley. J. Cereal Sci. 3, 67 - 72.

BUUS LASSE, NIELSEN WOMER KOFOD. Pentose and Hexose From a Cellulosic Material Containing Pentosans by Acid Hydrolysis.

WO 8301,958 (Cl. C13K1/02) 09 Jun 1983. Chemical Abstracts, 1984 v. 101.

CHERNEY J.H. and MARTEN G.C. 1982. Small Grain Crop Forage Potential I: Biological and Chemical Determinants of Quality and Yield. *Crop Science* 22, 227 - 230.

CHUNG K.H., CHUNG D.S. and SEIB P.A. 1986. Brewer's Condensed Solubles III. Enzymatic Hydrolysis, Viscosity Reduction and Fermentation. *Cereal Chem.* 63(2), 124 - 130.

DANIELS ROGER. Breakfast Cereal Technology. Food Technology Review No. 11. Naves Data Corporation, N. Jersey 1974. pp. 2 - 8.

DELLWEG H. LUCA S. 1987. Improvements in Degradation and Fermentation of Starch to Ethanol. Fats, Oils and Starch Process and Technology Congress, China 1987. pp. 4-62 - 4-73.

DONNANGELO CARMEN M. and EGGUM B.O. 1985. Comparative effects of Wheat Bran and Barley Husk on Nutrient Utilization in Rats. *British J. of Nutrition* 54, 741 - 751.

DREESE P.C. and HOSENEY R.C. 1982. Baking Properties of the Bran Fraction from Brewer's Spent Grain. *Cereal Chemistry* 59(2), 89 - 91.

EIDET IRENE E. and NEWMAN ROSEMARY K. 1984. Making Quick Breads with Distiler's Dried Grain Flour. *Baker's Digest* pág 14 - 17.

EL FARRA A.A., MOSTAFA M.M. EL MONAWATY H.K. 1986. Baking Quality of Barley Flour. *Egypt J. of Food Sci.* 13(2), 129 - 136. Chemical Abstracts 1986, v. 104, 147434v.

FERREEL R.F., MOSSMAN A.P. and WASSERMAN T. 1973. Steam Processed Wheat & Barley for Use in Protein Fortified Food Blends. *Cereal Sci Today* 18, 154 - 157.

FIMBRES MORENO RAUL, CHAVEZ DURON JUAN ANTONIO, MARTINEZ CARRILLO GERARDO. 1986. Guia para Producir Cebada y Avena Forrajeras bajo Temporal en la Costa de Ensenada. Comité Editorial del CIANO pág. 3.

FIGUEROA CARDENAS JUAN DE DIOS. 1985. Métodos para Evaluar la calidad Maltera en Cebada. SARH INIA pág 7 - 13.

FISHER PATTY AND BENDER ARNOLD E. 1976. El valor nutritivo de los alimentos. Ed. Limusa. México, pag 26-28.

GHIASI K., HOSENEY P.C., ZELEZNAK K. and ROGERS D. E. 1984. Effect of Waxy Barley Starch and Reheating on Firmness of Bread Crumb. *Cereal Chem.* 61(4), 281 - 285

GOERING K.J., ESLICK ROBERT F. Processes for Production of Waxy Barley Products. U.S. US 4 428 967 (1984). Food Science and Technology Abstracts 1984.

GOERING K. J. and ESLICK R.F. 1976. Barley Starch VI A Self-Liquefying Barley Starch. Cereal Chem. 53(2), 174 - 180.

GOERING K.J., ESLICK ROBERT F. Recovery of Products From Waxy Barley. U.S. US 693,345 (Cl. A23L1/10) 27 Feb. 1986. Chemical Abstracts 1986, v.104, P185147k.

GOERING K.J., ESLICK ROBERT F. Waxy Barley Products. U.S. US 4,428,967 (Cl.426-28; A 23L1/09) 31 Jan 1984. Chemical Abstracts 1984, v.101.

HEBEDA RONALD E., STYRIUND. 1985. Starch Hydrolysis Products As Brewing As Aduncts. Cereal Foods World pág 685 - 597.

HENRY ROBERT J. 1985. A Comparison of the Non-starch Carbohydrates in Cereal Grains. J. Science Food and Agriculture 36, 1243 - 1253.

HENRY ROBERT J. 1985. A Comparative Study of the Total - glucan Contents of Some Australian Barleys. Australian Journal of Experimental Agriculture, 25, 424-7.

HERALZYASKI HENRICK. 1983. Nutritional Value of Barley Protein III. Effect of Supplementating of Barley Protein With Certain Essential Amino Adids on Pigs and a Comparisson with Results Obtained in Rats. Rorz Nouk Roln Ser. 101(4), 125 - 134.

HIMMELSTEIN ALLAN. 1985. Variety Breads. Enzymes Play Important Roles. Baker's Digest pág. 26 - 27.

HON CLARENCE C., REILLY PETER J. 1979. Properties of Beta-Amylase Inmovilized to Alkylamine Porous Silica. Biotechnology and Bioengineering 21, 505 - 512.

HOUG J.S., BRIGGS D.E. Malting and Brewing Science. Vol I, II y III. Richard Clay Great British 1971.

IMPULSORA AGRICOLA S.A. 1983. El Cultivo de la Cebada Maltera de Temporal pág 5 - 36.

IMPULSORA AGRICOLA S.A. 1983. El Cultivo de la Cebada Maltera de Riego pág 4 - 14.

IMPULSORA AGRICOLA S.A. 1983. La Calidad de La Cebada Maltera pág. 5 - 10.

JUDD PATRICIA A. 1982. The Effects of High Intakes of Barley on Gastrointestinal Function and Apparent Digestibilities of Dry Matter Nitrogen and Fat in Human Volunteers. J. of Plant Food 4, 79 - 88.

KALASHNIKOVA A.M., ESHOV I.S. 1982. Steeping Water as a Source of Vitamins and Biotin. Fermenten. Spirt. Prom-st. 3, 12 - 15. Chemical Abstracts 1982, v.97, 4573q.

KENT N. L. Tecnologia de Cereales. Ed. Acribia. México 1971.

KHOTETOVSKAYA M.K., BAIKOV V.G., MEL'NIKOV E.M. SKURICHIN I.M. 1986. Lipid Complex of Barley Products in Hydrothermal and Culinary Treatment. Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Pishch. Tekhnol. 5,,62 - 64.

KHOTETOSVAYA M.K., LINKE O.E. 1986. Effect of Hydrothermal Treatment on Gums of Barley and Products of its Processing. Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Pishch. Tekhnol. 1, 43 - 45. Chemical Abstracts 1986, v.104, 185116z.

KISSEL L.T. and PRENTICE N. 1979. Protein and Fiber Enrichment of Cookie Flour with Brewer's Spent Grain Flour. Cereal Chem. 56(4), 261 - 266.

KNUDSEN BACH K.E., WOLSTROP J. and EGGUM B.O. 1982. The Nutritive Value of Botanically Defined Mill Fractions of Barley. Z. Tierphysiol. Tierernahr. Futtermittelkde 48, 267 - 287.

KRASNIKOV V.V., SYROEDOV V.I. 1983. Production of Dried Concentrate for Brewing Beer and Kuars. Ferment. Spirt. Prom-st. 6, 14 - 17. Food Science and Technology Abstracts 1984.

KULEBAKINA T.P. ET AL. Production of Malt. SU 1047952A (1983). Food Science and Technology Abstracts 1984.

LEHUSSAARI ANTTI. 1987. New Process for the Integrated Production of Barley Starch and Ethanol. Fats, Oils and Starches Technology and Processing Congress China 1987. p. 4-182 - 4-189.

LINKO P. HADULIN S. and LINKO Y.Y. 1983. Extrusion Cooking of Barley Starch for the Production of Glucose Syrups and Ethanol. J. Cereal Sci. 1, 275 - 284.

LIU D.J., ROBBINS G.S. and POMERANZ Y. 1974. Composition and Utilization of Milled Barley Products IV. Mineral Components. Cereal Chem. 51(3), 309 - 315.

MACGREGOR A.W. and BALLANCE D. L. 1980. Hydrolysis of large and Small Starch Granules from Normal and Waxy Barley Cultivars by Alpha Amylases from Barley Malt. Cereal Chem 57(6),397 - 402.

MACGREGOR A.W. and MORGAN J.E. 1984. Structure of Amylopectins Isolated from Large and Small Starch Granules of Normal and Waxy Barley. Cereal Chem. 61(3), 222 - 228.

MARIHART J. 1987. Reactive Starch-Derivatives. Fats, Oils and Starches Technology and Processing Congress China 1987. pp. 4-13 - 4-20.

MAS CONDES CARMEN, MANRIQUE RAMIREZ ALEJANDRO, BARELA CARLOS, ROSOVSIYD TUCHZARDER HAYDEE, 1986. Variables Médicas y Sociales Relacionadas con el Consumo de Alcohol en México. Salud Mental. 28(5), 473-479.

MAULE D.R. Coagulable Material Removal From Starch of Malted Barley. EP 0188 882A1 (1986). Food Science and Technology Abstracts 1986.

MEUSER F. WITTIG J. HUSTER H and HOLLEY W. 1987. Recent Developments in the Extraction of Starch From Various Raw Materials. Fats, Oils and Starches Technology and Processing Congress China 1987. pp. 4-133 - 4-147.

MIKIO NEGISHI, YONEYAMA TADASHI ET AL. 1983. Studies on Fermented Seasonings 2. Research Report of the Nagano State Laboratory of Food Technology 11, 43 - 44. Chemical Abstracts 1984, v. 101, 128908x.

MIKIO NEGISHI, YONEYAMA TADASHI ET AL. 1983. Studies on Fermented Seasonings 4. Research Report of the Nagano State Laboratory of Food Technology 11, 48 - 49. Food Science and Technology Abstracts 1986.

MIKIO NEGISHI, YONEYAMA TADASHI CHIKE TEROI ET AL. 1984. Studies on Fermented Flavours 6. Nagano-Ken Shokohin Kogyo Shikenjo Kenkyu Hokoku 12, 42 - 45. Food Science and Technology Abstracts 1986.

MIKIO NEGISHI, YONEYAMA TADASHI ET AL. 1984. Studies on Fermented Flavours 7. Nagano-ken Shokovin Kogyo Shikenjo Kenkyu Hokoku. 12, 46 - 49. Food Science and Technology Abstracts 1986.

MOK C., PYLER R.E. McDONALD C.E. 1984. Extrusion Process of Barley Flour for Snack Processing. Korean J. of Food Sci. and Technology 16(4), 429 - 436.

MORRISON W.R., SCOTT D.C. KARKALAS J. 1986. Variation in the composition and Physical properties of Barley Starches. Starch/Staerke 38(11), 374 - 379.

NAKHMEYDOY F.G., FASTASHKOVE T.M. 1983. New Technology for the Production of Instant Coffe Beverages. Konservnaya i Oveshchesushil'naya Pronyshiennost 3, 8 - 16. Food Science and Technology Abstracts 1984.

NAVARRO FRANCO MANUEL, MORENO GALVEZ RODOLFO. 1983. Logros y Aportaciones de la Investigación Agrícola en los Cultivos de Cebada, Avena y Triticale. SARH, INIA pág 6 - 16.

- PANKIASHIKINA C.S., KURSHEVA N.G. 1986. Use of Succinic Acid for the Production of Malt in Alcohol Fermentation. Fermentn. spirt. Prom-st. 2, 22 - 23. Chemical Abstracts 1986, v 105.
- PEDERSEN BIRTHIE and BOISEN S. 1982. The Nutritional Effect of a Pepsin Stable Trypsin Inhibitor form Barley Grains. Z. Tierphysiol. Tierernahrg. U. Futtermittalkde 48, 267 - 287.
- PER AMAN, 1986. A Note on the Content of Mixed-Linked - Glucans in Swedish Barley. Swedish J. agric. Research. 16,73-75.
- POMERANZ Y., ESLICK R.F. and ROBBINS G.S. 1972. Amino Acid Composition and Malting and Brewing Performance of High-Amylose and Hiproly Barleys. Cereal Chem. 49(6),629 - 635.
- POMERANZ Y., ROBBINS G.S., SMITH R. T., CRADOCK T.C., GILBERSTONE J.T. and MOSEMAN J.G. 1976. Protein Content and Amino Acid Composition of Barleys From de World Collection. Cereal Chem. 53(4), 497 - 504.
- POMERANZ Y. Food Science and Technology. A series of Monographs. Functional Properties of Food Components. Academic Press Inc. Orlando 1985. pp. 219 - 243, 261, 272, 273,
- PRENTICE N., BURGER W.C. and D'APPOLONIA B.L. 1979. Rolled High lysine Barley in Breakfast Cereal, Cookies and Bread. Cereal Chem. 56(5), 413 - 146.
- PRENTICE N. and D'APPOLONIA B.L. 1977. High-Fiber Bread Containing Brewer's Spent Grain. Cereal Chem. 54(5), 1084 - 1109.
- PRIMO YUFERA E. Química Agrícola, V. III Alimentos. Ed. Alhambra, España 1982.
- RHEE C., BAE S.M., YANG H.C. 1982. Studies on Bread Baking Properties of Naked Barley Flour and Naked Barley - Wheat Flour Blends I. Korcan J. of Food Sci. and Technology 14(4), 370 - 374.
- ROBBINS J. and POMERANZ Y. 1972. Composition and Utilization of Milled Barley Products III Amino Acid Composition. Cereal Chem. 49(4), 240 - 246.
- ROBLES SANCHEZ RAUL. Producción de Granos y Forrajes. Ed. Limusa México 1983. pp. 247 - 266.
- ROJAS GUADIANA ENRIQUE, ZAMORA DIAZ MAURO. 1981. Guia para Cultivar Cebada de Temporal en el Estado de Tlaxcala. SARH, INIA pág. 1 - 2.

ROUKAS T. and KOTSEKIDOU P, 1986. Production of Citric Acid from Brewery Wastes by Surface Fermentation Using *Aspergillus Niger*. J. of Food Science 51(1), 225 - 226.

SAMOLTANSKII B.L., OPSTATSEVA E.I. ET AL. 1982. Chemical Composition of Instant Coffee Beverages. Vaprosy. Pitanaya 1,86 - 69. Food Science and Technology Abstracts 1984.

SCHOENIOK K.W.R. ET AL. Process for Producing a High Fructose Sweetener High Protein Meal and Cereal Germ Oils. U.S. US 4 501 814 (1985). Food Science and Technology Abstracts 1986

SEBREE B.P., CHUNG D.S. and SEIB R.A. 1983. Brewer's Condensed Solubles I. Composition and Physical Properties. Cereal Chem. 60(2), 147 - 151.

SEBREE B.P., CHUNG D.S. and SEIB R.A. 1983. Brewer's Condensed Solubles II. Viscosity Reduction of Brewer's Condensed Solubles by Cellulose end Beta-glucanase. Cereal Chem. 60(2), 151 - 154.

SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO. 1981. Agenda estadística.

SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO. 1984. Agenda estadística.

SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO. 1985. Agenda estadística.

SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO. 1986. Agenda estadística.

SHETEN OKASASU CO. LTD. Skin Lotions Containing Pearl Barley Oil. JP 82 31,604 (Cl. A61K7/00) 20 Feb 1982. Chemical Abstracts 1982, v. 97.

SHOOK CHOI IN, LEE SU RAE. 1984. Effects of Lipid Constituents on the Amylograph Characteristics of Barley Flour. 'Hang'uk Sikip'um Kwahakhoechi 16(1) 99 - 107. Chemical Abstracts 1986, v. 104.

SINGH T. and SOSULSKI FRANK W. 1986. Amino Acid Composition of Malts: Effect of Germination and Gibberilic Acid on Malted and Hullless Barley and Utility Wheat. J. Agric. Food Chem. 34, 1012 - 1016.

SMITH PAUL S., BELL HARVEY. 1986. New Starches for Food Applications. Cereal Foods for World 31(10), 724 - 745.

SUMNER A.K., GEBRE-EGZIABHER A., TYLER R.T. and ROSSNAGEL B.G. 1985. Composition and Properties of Pearled and Fines Fractions from Hulled and Hull-less Barley. Cereal Chem. 62(2), 112 - 116.

TAKAYUKI USUI. Preventing Food From Aging. JP 83/108,242,16 (Cl. A21D2/18) 03 Jan 1985. Chemical Abstracts 1987, v. 105.

TSEN CHO C., EYESTONE WILLA and WEBER JEANETTE L. 1982. Evaluation of the Quality of Cookies Supplemented with Distiler's Dried Grain Flours. J of Food Sci. 47, 684 - 685.

USTINIKOV A.A., ZOTOV Y.N., BOSLOV A.B. 1985. Use of Corundum Mills for the Fine Grinding of Grain in the Distillery Industry. Ferment. Spirt. Prom-st. 1, 6 - 9. Chemical Abstracts 1986. v. 104.

WEBER FRANK E. and CHAUDHARY VINOD K. 1987. Recovery and Nutritional Evaluation of Dietary Fiber Ingredients From a Barley By-Product. Cereal Food World 32(8), 548 - 550.

WILHELM W. 1987. Effect of Native and Modified Starches as Hydrocolloids and Gelling Materials in Modern Food Preparations and Sweet Goods. Fats, Oils and Starches Process and Technology Congress China 1987. pp.4-172 - 4-181.

WU Y.V. 1986. Fractionation and Characterization of Protein Material From Barley After Alcohol Distillation. Cereal Chem 63(2), 142 - 145.

YASHNOVA P.M. GOLIKOVA M.V., ANDREVA O. V., USTINNIKOV B.A. 1984. Use of Extruded Raw Materials in Beer Brewing, Fermenten. Spirt. Prom-st. 2, 5 - 10. Food Science and Technology Abstracts 1984.

YOKINOBU KANO, NAOYUKI KUNITAKE, TADURO KARAKAWA, HAJIME TANIGUCHI and MICHINORI NAKAMURA. 1980. Structural Changes in Starches Molecules During the Malting of Barley. Agric. Biol. Chem. 45(9), 1969 - 1975.

YOSHIZUMI HAJIME, TOYOSHIMA KUMAO ET AL. Polypeptide Carcinostatic Agent. U.S. US 4,497,799 (Cl. 514-9; A61K37100) 05 Feb. 1985. Chemical Abstracts 1987, v. 105.

YOUNG KANG MI, SUGIMOTO YOSHIMI, SAKAMOTO SADA0 and FUWA MIDETSUGU. 1985. Developmental Changes in the Amylose Content of Endosperm Starch of Barley (*Hordeum vulgare* L.) During the Grain Filling Period After Anthesis. Agric. Biol. Chem 49(12), 3463 - 3466. Chemical Abstracts 1986, v. 104, 95508j.