

UTILIZACION DEL TRITICALE HEXAPLOIDE.

I. MOLIENDA EXPERIMENTAL

Por

**S. DE LA PLAZA, J. M. VALLEJO, P. CASASECA
y F. GARCIA OLMEDO**

Laboratorios de Química y Tecnología de Cereales

Hoy se sabe que entre un cuarto y un tercio de las especies vegetales se han formado por anfiploidía natural (1). Las especies de *Triticale* son anfiploides sintéticos, formados por duplicación del número de cromosomas de los híbridos estériles que resultan al cruzar una especie del género *Triticum* y el centeno (*Secale cereale*).

La literatura referente a estas especies sintéticas ha sido revisada recientemente por Briggie (2). El primer *Triticale* fue obtenido por Rimpau en 1891, a partir de un cruzamiento de trigo hexaploide por centeno. En 1934, Müntzing (3) inició un programa intensivo para el desarrollo de líneas de *Triticale* octaploide, con fines prácticos. En 1950, Sánchez-Monge inició un programa similar para la obtención de *Triticale* de 42 cromosomas y avanzó la hipótesis de que este nivel de ploidía debería ser más próximo al óptimo que el octaploide (4-5). En 1954 se inició el programa canadiense para la obtención de triticales de alto rendimiento (6).

En la actualidad, los antedichos programas están empezando a rendir los primeros frutos maduros y las primeras variedades comerciales empiezan a ser lanzadas. En el Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas, Sánchez-Monge tiene en multiplicación la variedad «Cachirulo», para su difusión inmediata.

El presente trabajo es el primero de una serie en la que se investigará la utilización del *Triticale* hexaploide.

La rugosidad típica del grano de *Triticale* es a la vez su principal virtud y su mayor defecto. Su principal virtud, porque la rugosidad implica el predominio del endospermo periférico (aleurona y subaleurona) frente al endospermo interno, con la consiguiente elevación del contenido en proteínas. La selección del *Triticale* para grano liso lleva consigo un descenso concomitante del contenido en proteínas.

La rugosidad, por otra parte, presenta problemas particulares para la molienda y fraccionamiento del grano. En este trabajo exponemos los resultados de nuestra investigación sobre dichos problemas.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Se ha utilizado *Triticale* hexaploide, variedad «Cachirulo», obtenido por Sánchez-Monge en el Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas.

Se han empleado dos molinos experimentales, modelo M. C. K., de Buhler, y modelo Vario C. ex 2, de Miag.

Con el molino Buhler se obtiene una molienda normalizada completa del producto, mediante tres pasadas de trituración y tres de compresión, y un remolido de las fracciones gruesas de la primera molienda. En la figura 1 se muestra el diagrama correspondiente.

En las moliendas segunda y tercera se utilizó el molino «Vario» (Miag), el cual posee un par de cilindros, fácilmente cambiables, que permiten una amplia regulación de las características que intervienen en cada pasada. Estas características variables son:

1.º Diámetro de los cilindros, con variación de 125 a 355 milímetros. Para todos los ensayos realizados en el presente trabajo se han usado los cilindros de 250 milímetros de diámetro.

2.º Estriado de los cilindros. En todas las pasadas de trituración se han empleado los mismos cilindros, caracterizados por un estriado definido por número de estrías por centímetros, 3,8; ángulos de las estrías, 30 y 65 grados; inclinación de estrías, 12 por 100; longitud de trabajo de los cilindros, 10 centímetros.

3.º Separación entre cilindros perfectamente regulable y cuyos valores utilizados se incluyen en el cuadro 1.

4.º Velocidad de cada cilindro, variable entre amplios márgenes. En el cilindro lento, de 10 a 1.600 r. p. m., y en el fijo, de 200 a 1.400 r. p. m. La velocidad diferencial entre ambos cilindros puede variarse continuamente. Los valores empleados en las diversas pasadas se dan en el cuadro 1.

5.º Proporción de alimentación, regulando la velocidad del cilindro distribuidor y el ajuste de la salida del distribuidor. Se ha mantenido constante para todas las pasadas e igual a 250 kilogramos/hora.

CUADRO A

Fracciones (Números)	Rendimiento	Cenizas sss	Proteínas sss
	Porcentaje	Porcentaje	Porcentaje
1	2,9	0,86	14,3
2	7,9	0,55	17,5
3	1,5	0,74	19,8
4	32,0	0,53	18,1
5	5,5	0,83	19,4
6	1,2	1,25	17,2
7	12,0	0,94	19,1
8	10,1	4,38	23,8
9	26,9	6,04	25,1

CUADRO B

GRUPO	Fracciones (Número)
Harina 1.....	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.
Salvado 1....	8.
Salvado 2....	9.

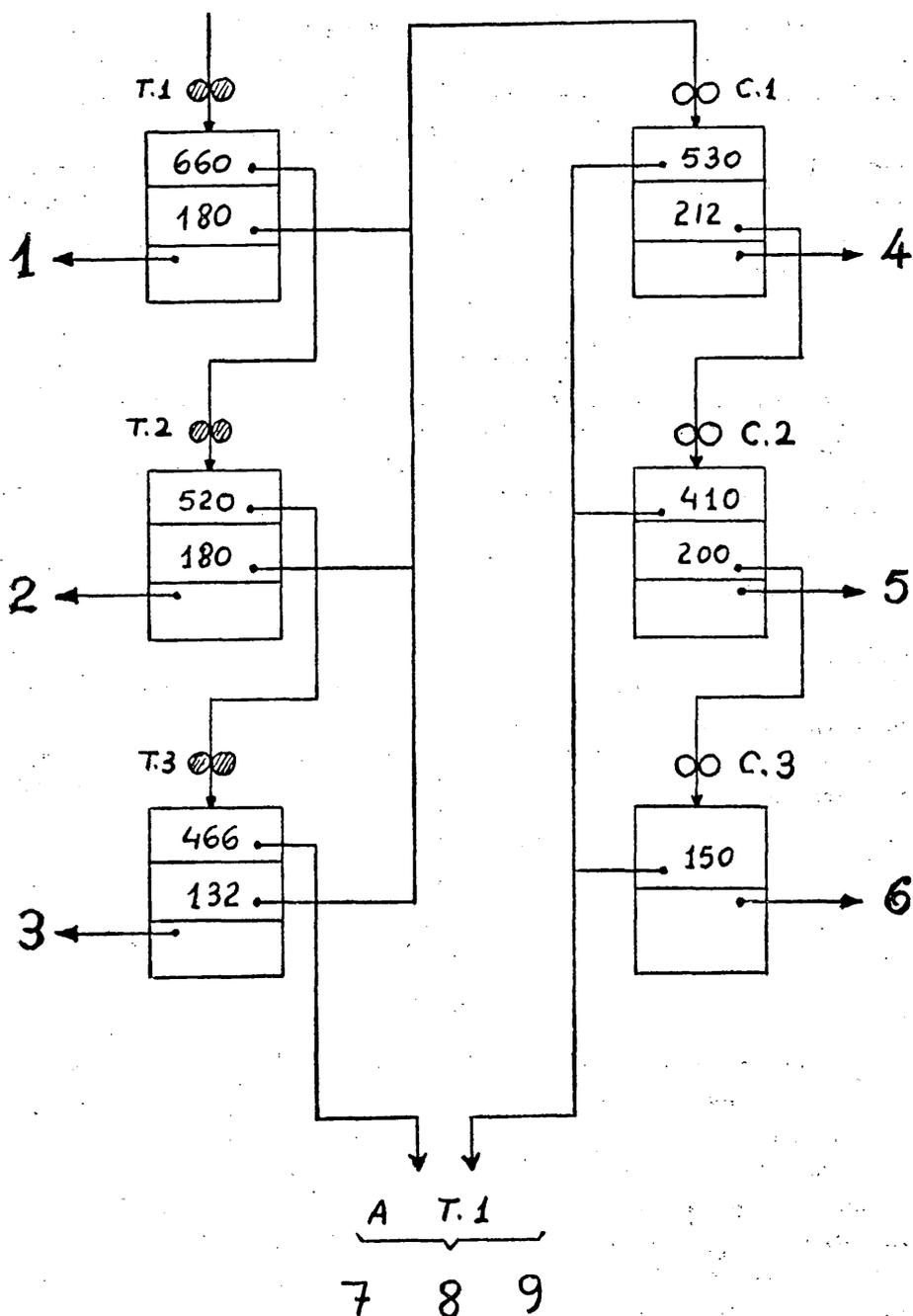


Fig. 1.—Diagrama de molienda experimental con el molino Buhler. Las fracciones 7, 8 y 9 son las resultantes del remolido. En el cuadro A se dan los rendimientos, cenizas y proteínas de las nueve fracciones finales. El cuadro B indica la agrupación en los tres productos finales de la molienda.

La molienda segunda, cuyo diagrama se muestra en la figura 2, se realizó para todas las pasadas de trituración y compresión con el molino «Vario», empleando para las diversas características los valores dados en el cuadro 1. Como puede observarse en el citado cuadro, en las pasadas de trituración se aumentó progresivamente la velocidad diferencial de los dos cilindros, en la posición relativa del estriado filo frente filo. Las fracciones de trituración, que no pasaron la malla de 150 micras, fueron conducidas a la compresión por caminos independientes.

CUADRO NÚM. 1

VALORES DE LAS VARIABLES MANEJADAS EN LAS PASADAS DE TRITURACION CON EL MOLINO VARIO

VARIABLES	MOLIENDA 2					MOLIENDA 3					
	T. 1	T. 2	T. 3	T. 4	T. 5	T. 1	T. 2	T. 3	T. 4	T. 5	T. 6
Posición relativa estriado (1).....	F:F	D:D	F:F	F:F	F:F	F:F	D:D	F:F	F:F	F:F	D:D
Velocidad cilindro fijo n_1 (r.p.m.).....	600	200	800	1.000	1.000	600	200	800	1.000	1.000	300
Velocidad cilindro lento n_2 (r.p.m.).....	300	800	200	200	200	300	800	200	200	200	800
Velocidad diferencial $\frac{n_1}{n_2}$	3:1	1:4	4:1	5:1	5:1	3:1	1:4	4:1	5:1	5:1	1:2,66

- (1) F: F — Filo contra filo.
D: D — Dorso contra dorso.

La molienda tercera, reflejada en el diagrama de la figura 3, se realizó con la combinación del molino «Vario» para las trituraciones y del molino Buhler para las compresiones. Todas las operaciones de cernido se realizaron con el plansichter del molino Buhler.

Para las tres moliendas se ha acondicionado el *Triticale* con la misma humedad y temperatura (tablas normalizadas para la molienda Buhler).

Se determinó el contenido en proteínas por Kjeldahl y en cenizas (7) de todas las fracciones, tanto intermedias como finales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En la molienda primera, usando el molino Buhler, de características fijas, se obtienen nueve fracciones finales, de las cuales las siete primeras constituyen la harina. Como puede apreciarse en la figura 1 (cuadro A), que recoge los rendimientos, análisis de cenizas y proteínas de cada fracción, para las siete primeras existe una cierta uniformidad en el contenido proteico. De los resultados de esta molienda se deduce que no sería factible separar ninguna fracción de bajas cenizas y clara dismutación del contenido de proteínas. En el cuadro B (fig. 1) se indica la agrupación de las nuevas fracciones en tres productos finales: harina, con un 63 por 100 de rendimiento; cenizas, 0,67; proteínas, 18,2, y salvados, 1 y 2, con un rendimiento conjunto de 37 por 100 y alto contenido en proteínas.

Para la molienda segunda se ha utilizado solamente el molino «Vario», debido a la gran flexibilidad que tiene en todas las variables que condicionan la molienda. Con él puede enfocarse un diagrama propio a las necesidades de la molienda a realizar. El diagrama empleado se presenta en la figura 2. Se deduce del cuadro 1, que se ha ido aumentando progresivamente en las pasadas de trituración la velocidad diferencial de los cilindros, con el objeto de producir una separación, por raspado violento, de la parte de endospermo más extensa y capa de subaleurona que puedan llevar los trozos gruesos de salvado, toda vez que las citadas zonas son de elevado contenido en proteínas.

Hemos enfocado esta molienda con un doble objetivo. En primer lugar, al observar los análisis de los salvados obtenidos con la molienda normal del Buhler, se deduce que su alto contenido en proteínas se debe a la inclusión de las zonas más ricas del grano junto a los trozos del tegumento externo. Para intentar la separación de estas fracciones actuamos sobre la velocidad diferencial, tal y como se ha expuesto anteriormente. Un segundo objetivo consiste en el tratamiento por separado del máximo número de fracciones y de esta forma, con los análisis de cenizas y proteínas de los productos finales, conocer la dismutación de estos componentes en las diversas partes del producto total.

En la figura 2 (cuadro A) se dan los rendimientos, cenizas y proteínas de las 34 fracciones finales. Se observa que dentro de un nivel de cenizas no superior al 2 por 100 existe una gama de fracciones con contenido en proteínas que va desde un valor mínimo de 14,9 por 100 para la fracción 17, hasta un valor máximo del 26,1 por 100 para la fracción 8. Ello indica una

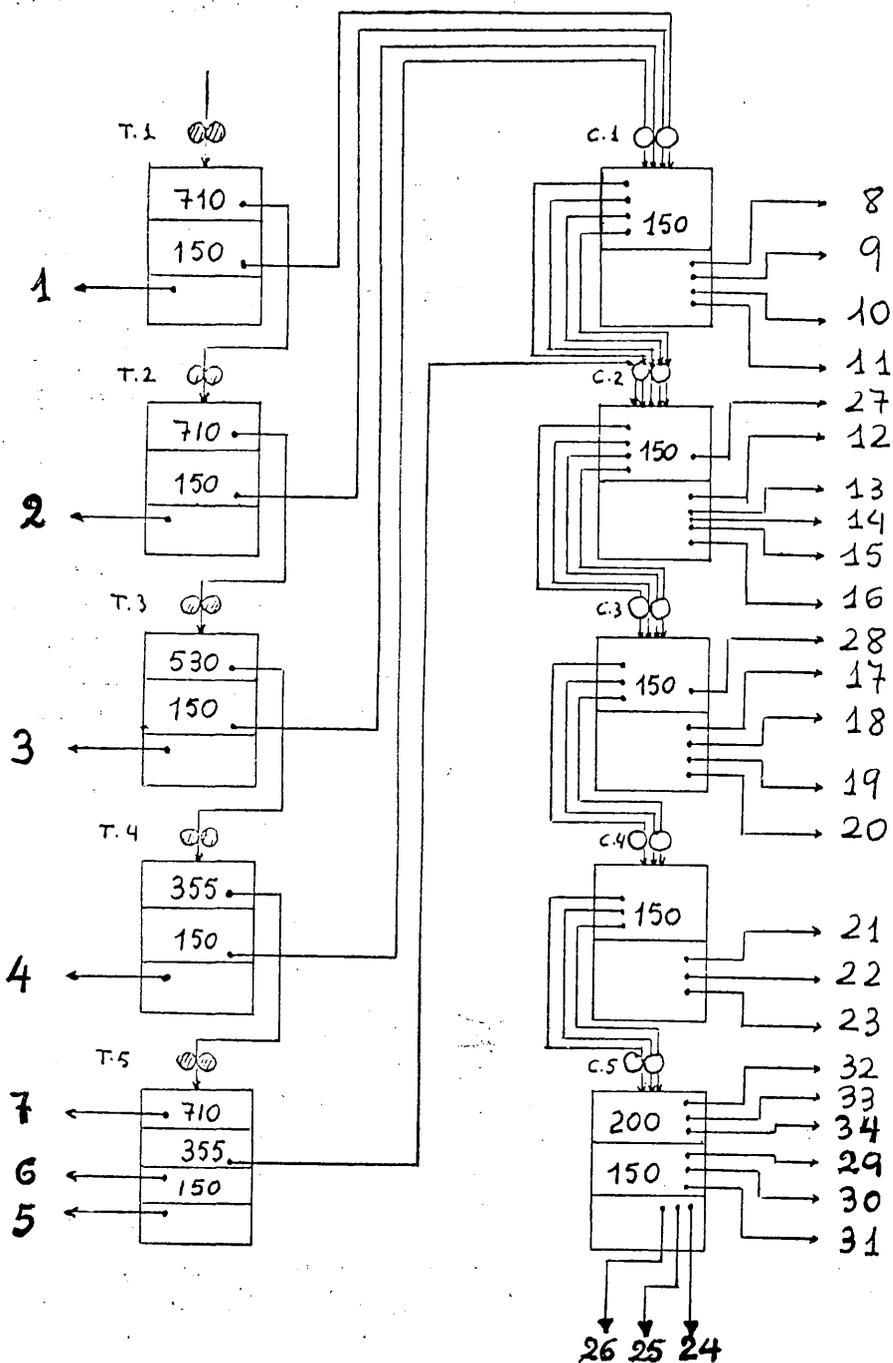


FIG. 2.—Diagrama de molienda número 2, usando el molino «Vario», tanto para las pasadas de trituration como para las de compresión. El cuadro A muestra los análisis de cenizas y proteínas, así como el rendimiento de cada fracción. El cuadro B indica la agrupación de fracciones según su nivel de contenido en proteínas, obteniendo seis productos finales de molienda.

CUADRO A

Fracciones (Números)	Rendimiento	Cenizas	Proteínas	Fracciones (Números)	Rendimiento	Cenizas	Proteínas
	Porcentaje	— Porcentaje	sss — Porcentaje		Porcentaje	sss — Porcentaje	sss — Porcentaje
1	3,7	1,26	15,9	18	1,8	0,76	15,8
2	1,8	0,97	16,5	19	0,6	0,93	18,8
3	1,4	1,20	20,3	20	1,4	2,08	24,9
4	0,8	1,87	22,5	21	3,3	0,83	19,7
5	0,5	2,14	24,7	22	2,1	0,72	17,0
6	2,5	1,95	24,3	23	0,7	0,91	16,3
7	15,2	5,60	21,0	24	4,8	0,69	16,7
8	0,9	1,30	26,1	25	2,3	0,65	17,7
9	0,4	0,96	26,0	26	0,6	0,85	19,6
10	0,2	1,22	18,4	27	2,6	1,42	24,4
11	0,3	1,96	21,7	28	13,7	6,01	28,3
12	1,2	1,33	17,1	29	8,4	0,73	17,8
13	0,7	1,09	16,7	30	5,9	0,55	18,7
14	0,2	1,51	16,9	31	2,8	0,80	21,6
15	0,3	1,74	25,7	32	5,3	3,41	21,3
16	2,7	1,41	23,1	33	4,4	3,14	23,2
17	4,1	0,78	14,9	34	2,4	4,11	26,8

CUADRO B

GRUPO	Proteínas Porcentaje	Fracciones (Números)
Harina 1.....	18	1, 2, 12, 13, 14, 17, 18, 22, 23, 24, 25, 29.
Harina 2.....	18-21	3, 10, 19, 21, 26, 30.
Concentrado 1.....	21-24	4, 11, 16, 31, 33.
Concentrado 2.....	24	5, 6, 8, 9, 15, 20, 27.
Salvado 1.....	24	7, 32.
Salvado 2.....	24	28, 34.

dismutación evidente y, por tanto, la posibilidad de obtener productos concentrados en proteínas. Igualmente se observa, en las fracciones que constituirán los salvados, una amplia variación entre el 21 por 100 de proteínas de la fracción 7 y el 28,3 por 100 de la fracción 28. Esto parece evidenciar la separación de los tegumentos más externos del grano de las partes que incluyen casi la totalidad del germen.

Las 34 fracciones estudiadas se agrupan (fig. 2, cuadro B) siguiendo el criterio de su contenido en proteínas y con límites máximos para las cenizas acumuladas. Los productos finales de la agrupación para esta molienda son: harinas, 1 y 2; concentrados, 1 y 2, y salvados, 1 y 2.

La molienda tercera se ha realizado con el criterio de simplificar la mecánica operativa de la segunda molienda, incluyendo en el diagrama el molino Buhler,

tanto para los cernidos como para las compresiones, y reservando las pasadas de trituración al molino «Vario», para aprovechar su versatilidad en la misma dirección que lo hicimos en la molienda anterior.

En la figura 3 (cuadro A) se resumen, de la misma forma que en los casos anteriores, las características de las 29 fracciones finales obtenidas. Con el mismo criterio anteriormente expuesto, estas fracciones se agrupan según se indica en el cuadro B, obteniendo los seis productos finales de este ensayo. Puede observarse que con este diagrama se verifica una dismutación en los contenidos en proteínas de las fracciones equivalentes a la obtenida en la molienda segunda.

CUADRO A

Frac- ciones (Núme- ros)	Rendimiento — Porcentaje	Cenizas sss — Porcentaje	Proteínas sss — Porcentaje	Frac- ciones (Núme- ros)	Rendimiento — Porcentaje	Cenizas sss — Porcentaje	Proteínas sss — Porcentaje
1	2,3	0,96	16,9	16	0,4	2,26	25,8
2	2,6	0,86	17,1	17	0,3	1,50	19,5
3	2,3	1,27	19,6	18	0,4	1,32	19,7
4	2,7	1,95	22,5	19	0,5	1,66	21,3
5	8,1	0,62	16,4	20	0,2	1,96	23,0
6	11,2	0,44	15,7	21	0,7	1,35	19,2
7	9,0	0,57	19,0	22	0,6	1,04	18,0
8	3,6	0,65	20,4	23	0,6	1,49	21,0
9	2,6	0,93	21,6	24	0,2	2,13	21,0
10	1,3	1,20	23,5	25	0,3	2,27	23,5
11	1,5	0,94	19,4	26	9,5	1,75	24,0
12	2,3	0,69	19,1	27	9,6	4,46	19,0
13	1,9	1,07	21,4	28	8,9	5,40	25,0
14	0,8	0,99	23,0	29	15,0	5,11	25,6
15	0,6	1,87	24,4				

CUADRO B

GRUPO	Proteínas — Porcentaje	Fraciones (Números)
Harina 1.....	< 18	6, 5, 2, 1.
Harina 2.....	18-21	3, 7, 8, 11, 12, 17, 18, 21, 22.
Concentrado 1.....	21-24	4, 9, 10, 13, 14, 19, 20, 23, 24, 25.
Concentrado 2.....	> 24	15, 16, 26.
Salvado 1.....	< 24	27.
Salvado 2.....	> 24	28, 29.

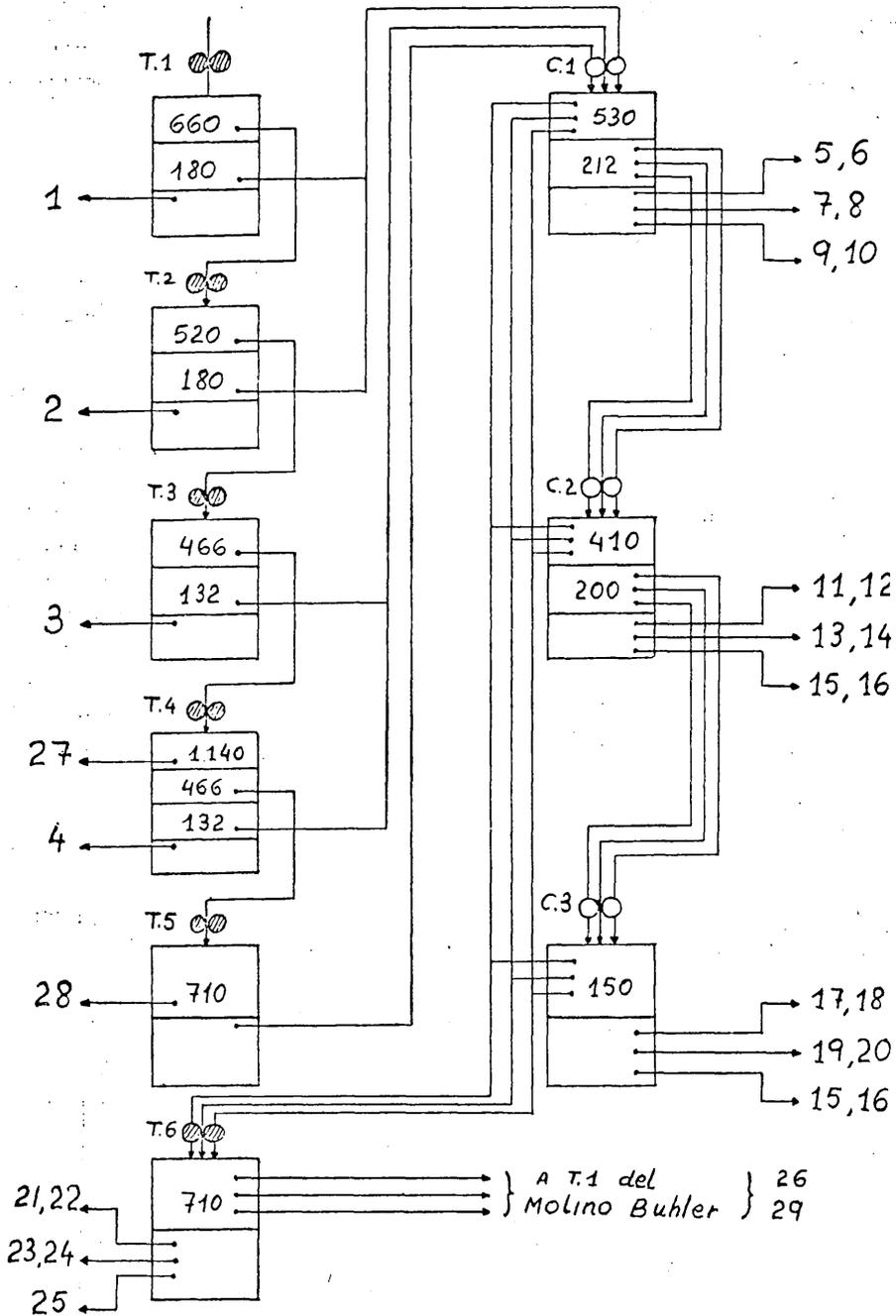


FIG. 3.—Diagrama de molienda número 3, usando para las pasadas de trituración el molino «Vario» y para las de compresión el molino Buhler. El cuadro A muestra los análisis de cenizas y proteínas, así como el rendimiento de cada fracción. El cuadro B indica la agrupación de fracciones según su nivel de contenido en proteínas, obteniendo seis productos finales de molienda.

los valores de la fibra para estos productos, manifestándose una variación sensible en el concentrado 1, entre el 2,2 por 100 de la molienda segunda al 0,9 por 100 de la molienda tercera. El resto de los productos muestran cierta uniformidad en los contenidos de fibra para ambas moliendas.

Los salvados 1 y 2 siguen siendo de elevado contenido en proteínas, tanto para la molienda segunda como para la tercera. Teniendo en cuenta que los rendimientos son muy semejantes para las tres moliendas, parece deducirse que la disminución en proteínas obtenida por las dos últimas moliendas no es debida tanto a la extracción de las zonas ricas en proteínas que acompañan a los salvados, como a la separación de las distintas partes del endospermo con niveles distintos de proteínas.

Para poder estudiar y discutir, en conjunto, los resultados de las tres moliendas experimentales de *Triticale*, hemos agrupado en el cuadro 2 los productos finales de cada molienda y su composición centesimal. Se observa que en las moliendas segunda y tercera pueden obtenerse dos harinas distintas, una de ellas con mayor contenido en proteínas que la otra, siendo de resaltar el menor contenido de cenizas de la harina 1 en la molienda tercera que en la molienda segunda. Igualmente se obtienen dos concentrados en proteínas, uno de ellos con 22,7 por 100 y el otro con 24,8 para la molienda segunda, y valores correspondientes para la molienda tercera de 22,2 y 24,1 por 100. Lo mismo que con las harinas, la tercera molienda mejora a la segunda en el nivel de cenizas del concentrado 1. Especial interés tiene observar

CUADRO NÚM. 2

COMPOSICION CENTESIMAL DE LOS PRODUCTOS FINALES DE LAS TRES MOLIENDAS EXPERIMENTALES

PRODUCTO	RENDIMIENTO			CENIZAS SSS			PROTEINAS SSS		
	Porcentaje			Porcentaje			Porcentaje		
	Molien- da 1	Molien- da 2	Molien- da 3	Molien- da 1	Molien- da 2	Molien- da 3	Molien- da 1	Molien- da 2	Molien- da 3
Harina 1.....	63,0	31,8	24,2	0,67	0,84	0,59	18,2	16,7	16,2
Harina 2.....	—	12,0	20,7	—	0,75	0,77	—	19,2	19,3
Concentrado 1.....	—	11,0	11,1	—	1,98	1,38	—	22,7	22,2
Concentrado 2.....	—	8,6	10,5	—	1,70	1,78	—	24,8	24,1
Salvado 1.....	10,1	20,5	9,6	4,37	5,03	4,76	23,8	21,1	19,0
Salvado 2.....	26,9	16,1	23,9	6,04	5,72	5,41	25,1	28,1	25,4
Grano entero.....	100,0	—	—	2,53	—	—	20,8	—	—

CUADRO NÚM. 2

(Continuación)

PRODUCTO	GRASA SSS Porcentaje			FIBRA SSS Porcentaje			E.N.N. SSS Porcentaje		
	Molien- da 1	Molien- da 2	Molien- da 3	Molien- da 1	Molien- da 2	Molien- da 3	Molien- da 1	Molien- da 2	Molien- da 3
Harina 1.....	1,5	1,5	1,0	0,6	0,6	0,7	79,0	80,4	81,6
Harina 2.....	—	1,5	1,0	—	0,6	0,8	—	78,0	78,1
Concentrado 1.....	—	2,1	2,1	—	2,2	0,9	—	71,0	73,4
Concentrado 2.....	—	2,3	3,0	—	1,9	1,8	—	69,3	69,3
Salvado 1.....	4,0	2,8	3,7	5,8	9,2	11,0	62,0	61,9	61,5
Salvado 2.....	4,2	4,8	4,6	8,0	6,0	6,7	56,7	55,4	58,9
Grano entero.....	2,4	—	—	3,4	—	—	70,9	—	—

Resumiendo, puede decirse que la molienda de *Triticale* a escala experimental con el diagrama normalizado del molino Buhler produce una extracción del 63 por 100 de harina, caracterizada por su gran contenido en proteínas, bastante superior al de las harinas de los trigos españoles, por lo que sus utilidades tienen un acusado interés. La rugosidad típica del grano de *Triticale* se manifiesta, desde el punto de vista de esta molienda, en una seria dificultad para separar las zonas más ricas en proteínas del grano de sus tegumentos externos, por lo que los salvados obtenidos son los productos de molienda de mayor contenido en proteínas.

De los seis productos obtenidos con las molientes segunda y tercera, las harinas 1 y 2 presentan un nivel de proteínas por encima y por debajo, respectivamente, del valor correspondiente a la harina de la molienda Buhler. Los ensayos de panificación enmarcarán la importancia de su utilización para la obtención de panes más nutritivos que los de trigo. Los concentrados 1 y 2, por su riqueza considerable de proteínas, son productos de gran interés, tanto para alimentación humana como animal. Los ensayos de panificación que se realicen centrarán su aplicación en la posibilidad de obtener panes dietéticos. Los salvados 1 y 2 son de gran interés para nutrición animal, manifestando el salvado 2 un mayor valor en este campo, por su contenido en proteínas, superior al del salvado 1 y por su menor contenido en fibra que el correspondiente al salvado 1.

Para terminar el presente trabajo, digamos que los diagramas experimentales empleados en las molientes son aptos, sin modificaciones sensibles en los resultados, para ser adaptados a escala industrial. Este problema será abordado en un próximo futuro cuando dispongamos de suficiente materia prima para realizar los ensayos pertinentes.

RESUMEN

Se ha investigado el fraccionamiento del grano de *Triticale* hexaploide, variación «Cachirulo», obtenido en el Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas. Se propone un diagrama de molienda experimental, por el que se obtienen dos tipos de harina, dos de concentrado proteico y dos de salvado. Se discuten las posibles utilidades de estos productos. El diagrama propuesto es susceptible de ser ensayado a escala piloto.

SUMMARY

The fractionation of hexaploid *Triticale*, var. «Cachirulo», Instituto Nacional Investigaciones Agronómicas, has been investigated. An experimental milling diagram is proposed by which six final products are obtained: two flours, two protein concentrates and two brans. This diagram can be tested at pilot plant level.

AGRADECIMIENTO

Se agradece la valiosa asistencia de doña Ana Blasco y don Teodoro Hernández.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- (1) STEBBINS, G. L.: *Processes of Organic Evolution*, p. 129, Prentice-Hall.
- (2) BRIGGLE, L. W.: *Crop Science*, 9, 197, 1969.
- (3) MÜNTZING, A.: *Hereditas*, 25, 387, 1939.
- (4) SÁNCHEZ-MONGE, E.: *9th Int. Congr. Genet. Proc.* (1953), *Caryologia Suppl.* 6, 748, 1955.
- (5) SÁNCHEZ-MONGE, E.: *An. Aula Dei*, 4, 191, 1956.
- (6) LASTER, E.: *Agr. Inst. Rev.* 23, 12, 1968.
- (7) AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS: *Cereal Laboratory Methods* (7th edn.), 1962.