

14. CALIDAD DEL GRANO DE AVENA

Edmundo Beratto M.

14.1 INTRODUCCIÓN

La calidad del grano de avena ha venido adquiriendo mayor importancia en el tiempo, tanto en el mercado internacional como en el nacional. Chile, por su clima y suelo, tiene condiciones privilegiadas para cultivar y producir avenas de alto rendimiento y excelente calidad de grano, especialmente entre los 36° y 46° de latitud Sur. Por lo anterior es que las actuales exportaciones de avena pueden incrementarse en el futuro, preferentemente hacia el mercado de América del Sur y de América Central. Sin embargo, para enfrentar este desafío es necesario continuar mejorando la calidad lograda, y simultáneamente seguir difundiendo los conocimientos y avances obtenidos, respecto a las características que determinan la calidad del grano.

14.2 DEFINICIÓN DE CALIDAD

Actualmente, el concepto de calidad de grano es ambiguo y difuso. Generalmente, el que emplea el agricultor no es el mismo que utiliza el sector comercial, ni el sector industrial. Es poco probable que todos concuerden en un concepto único de calidad, aunque algunas características son de uso y entendimiento común. Por tanto, la visión que se tiene del grano de avena, en términos de calidad, no es único ni simple, y en muchos casos tampoco es el más adecuado. La calidad del grano incluye requerimientos morfológicos, características físicas, industriales y bioquímicas, tanto del grano cubierto como del grano pelado de avena.

14.3 TIPOS DE GRANO

Los granos de avena se comercializan con diferentes denominaciones, principalmente cuando están destinadas al mercado de exportación, y que se indican a continuación.

14.3.1 Grano cubierto o entero

Es el obtenido al momento de la cosecha. Se encuentra cubierto o envuelto por dos membranas externas, la lemma y la palea, conocidas vulgarmente como cáscaras, que

constituyen un 25 a 60% del peso del grano, dependiendo de la variedad.

14.3.2 Grano pelado o mondado

Se obtiene a partir del grano cubierto al que mecánicamente se le ha extraído la lemma y la palea, y posteriormente sometido a un tratamiento térmico que tiene como objeto inactivar los ácidos grasos.

14.3.3 Granos desnudos

Son los que al momento de la cosecha pierden de manera natural la lemma y la palea, y al igual que los granos pelados, son sometidos a tratamiento térmico.

A partir de granos pelados y de granos desnudos se pueden obtener diferentes productos destinados a alimentación humana, como: a) muesli, que es la avena laminada obtenida por aplastamiento del grano entero; b) avena trozada o picada, son los granos cortados en trozos o rebanadas; c) avena laminada o aplastada o machacada, obtenida a partir de la avena trozada; se le conoce también como copo u hojuela de avena, o vulgarmente como quaker; d) harina de avena, corresponde a la fracción más fina obtenida a partir de la avena laminada, previamente molida y tamizada; y e) salvado de avena, es la fracción más gruesa de la avena laminada y molida retenida en el tamiz.

14.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL GRANO

14.4.1 Peso de hectolitro

Es el parámetro más antiguo y tradicional utilizado para determinar la calidad física en la comercialización del grano de avena. Es un importante y útil estimador de la calidad física de los cereales de grano desnudo, como trigo, triticale, centeno, avena y cebada de grano desnudo, pero no es el mejor estimador de calidad en avenas de grano cubierto, ya que la forma, tamaño y volumen es modificado por la palea y la lemma que cubren o envuelven al grano.

El peso de hectolitro se emplea para determinar el peso de los granos contenidos en una unidad de volumen, y se expresa en kilogramos por hectolitro (kg/hL). En Chile, el instrumento oficial para medirlo es la "Balanza Shopper", de amplia aceptación por su uso fácil y rápida determinación (Forsberg y Reeves, 1992). Los valores son diferentes entre las variedades de grano cubierto (Cuadro 14.1), pelado y desnudo, y a su vez es

variable dentro de cada uno de estos tres grupos, debido a que las variedades tienen distinta constitución genética y por tanto diferentes pesos, formas, tamaños y volúmenes de grano. Estas características pueden ser modificadas también por factores ambientales, como disponibilidad de agua y variaciones de temperatura, y por factores de manejo, como la fertilización. Dichas alteraciones ocurren principalmente durante el período de formación y crecimiento del grano, entre antesis y madurez fisiológica, si se tienen condiciones de sequía, ya que los granos cosechados serán finos o delgados, con una alta proporción de cáscara, y por lo tanto con un bajo peso de hectolitro.

Cuadro 14.1 Peso de hectolitro promedio de variedades comerciales de avena sembradas en otoño y primavera. INIA Carillanca, 1997 a 2001.

Variedad	Peso hectolitro (kg/hL) Siembra de otoño			Peso hectolitro (kg/hL) Siembra de primavera		
	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio
Urano INIA	53,7	56,5	54,7	52,6	55,8	54,2
Pepita Baer	51,5	55,4	54,0	52,7	55,6	53,7
Neptuno INIA	50,7	54,2	52,8	51,1	57,2	53,4
Nebuén INIA	48,5	52,0	51,0	48,4	53,0	50,3
Llaofén INIA	47,6	51,8	50,3	46,9	54,5	50,0
Saturno INIA	45,6	50,7	49,1	48,0	51,9	49,3
Rubia corriente	41,5	48,0	45,4	43,7	50,1	47,4

Fuente: Beratto y Rivas, 2002.

Las variedades sembradas en otoño y primavera, tienen pesos de hectolitro muy similares, pero en años con sequías las sembradas en primavera tendrán pesos de hectolitro inferiores a las sembradas en otoño.

En Chile, en general, el peso de hectolitro tiende a ser mayor cuando las variedades se cultivan en localidades ubicadas entre 36° y 40° de latitud Sur, y a disminuir cuando se cultivan en latitudes más al norte que las señaladas (Cuadro 14.2). Durante el período de formación del grano, las temperaturas altas y sequías, las lluvias y/o vientos, las epifitias severas de polvillo de la hoja (*Puccinia coronata* Cda. f. sp. *avenae* [Fraser y Ledinham]), polvillo del tallo (*Puccinia graminis* Pers. f. sp. *avenae* [Fricks. & E. Henn.]) y el *Virus del enanismo amarillo de la cebada*, aumentan la proporción de cáscara y reducen el peso de hectolitro, comparativamente con los obtenidos en un año normal (Beratto y Rivas, 2002). Una situación similar ocurre cuando se utilizan dosis altas de semilla y/o de nitrógeno (MacKey, 1959; Ohm, 1976).

Cuadro 14.2 Peso hectolitro de variedades comerciales de avena en diferentes localidades de Chile.

Variedad	Peso hectolitro (kg/hL)					Promedio variedad
	La Platina 33°34' lat.S	Quilamapu 36°31' lat.S	Collipulli 37°58' lat.S	Traiquén 38°14' lat.S	Carillanca 38°41' lat.S	
Urano INIA	53,9	55,8	55,8	55,9	54,7	55,2
Pepita Baer	50,9	50,9	54,6	52,1	54,0	52,5
Neptuno INIA	49,5	54,1	51,1	52,4	52,8	52,0
Nehuén INIA	45,8	50,7		49,5	51,0	49,3
Llaofén INIA	42,7	50,1	48,2	48,4	50,3	47,9
Saturno INIA	48,9	52,1	50,7	51,8	49,1	50,5
Promedio localidad	48,6	52,3	52,1	51,7	52,0	

Fuente: Beratto y Rivas, 2002.

14.4.2 Extracción de grano pelado

El grano utilizado tanto en alimentación humana como animal es deseable que tenga el menor contenido de cáscara. La cáscara tiene bajo valor nutritivo, por su alto contenido de fibra (36,1%, Kent, 1987), y bajo contenido de proteína (1,4 a 1,9%, Youngs y Forsberg, 1987). Además, encarece el transporte; sin embargo, protege al grano del ataque de hongos e insectos.

La extracción de grano pelado (EGP) o relación grano/cáscara se define como el porcentaje de granos pelados obtenidos al descascarar o pelar mecánicamente 100 kg de avena cubierta. De modo que una variedad con una EGP de 70%, produce 70% de grano pelado y 30% de cáscara. Es uno de los parámetros más confiables para determinar la calidad física e industrial de los granos, constituyéndose en uno de los principales requisitos para comercializar y exportar este cereal. Los granos llenos de cáscara fina y sin sobreposición entre lemma y palea tienen una alta proporción de grano pelado, y por ende una muy buena EGP. Las variedades con más altas EGP en orden descendente son: Neptuno INIA y Urano INIA, luego Saturno INIA y Pepita Baer, y finalmente Neuén INIA y Llaofén INIA (Cuadro 14.3). A diferencia del peso de hectolitro, la EGP no presenta marcadas diferencias entre localidades, a excepción de Neptuno INIA y Urano INIA que tienen EGP más altas en las localidades donde el cultivo es regado (Beratto y Rivas, 2002).

Cuadro 14.3 Extracción de grano pelado (EGP) de variedades comerciales de avena sembradas en otoño y primavera. INIA Carillanca, 1997 a 2001.

Variedad	EGP (%) Siembra de otoño			EGP (%) Siembra de primavera		
	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio
Neptuno INIA	63,6	74,0	69,4	66,9	73,0	69,6
Urano INIA	64,7	70,7	68,5	65,4	69,4	67,8
Saturno INIA	47,0	67,5	62,3	58,9	67,1	64,0
Pepita Baer	59,6	62,7	61,7	63,2	64,3	63,6
Nehuén INIA	53,7	66,2	61,3	59,6	64,7	62,8
Llaofén INIA	52,2	65,2	60,7	60,2	66,1	62,4

Fuente: Beratto y Rivas, 2002.

14.4.3 Rendimiento molinero

El rendimiento molinero (RM) representa la cantidad de granos cubiertos que se requieren para producir 100 kg de avena pelada, y por ser un índice no se expresa en unidades de medida. Esto significa que en una variedad con RM igual a 2, se necesitan 200 kg de avena cubierta para producir 100 kg de avena pelada, mientras que en otra con RM igual a 1,5 sólo se requieren 150 kg de avena cubierta para producir los mismos 100 kg de avena pelada. Los valores de RM fluctúan regularmente, según la variedad, entre 2,40 a 1,33 (Greig and Findlay, 1907; Brownlee and Gunderson, 1938), aunque información más reciente registra variaciones de 1,57 a 1,72 (Root, 1979). En Chile, se han determinado RM mínimos de 2,13 y 2,09 en las variedades Saturno INIA y Rubia corriente, respectivamente (Beratto y Rivas, 2002), ambas sembradas en otoño, y RM máximos de 1,35 y 1,37 con la variedad Neptuno INIA, tanto en siembras de otoño como de primavera (Cuadro 14.4).

En general, en siembras de otoño y de primavera, las variedades de avena con mejor RM son Neptuno INIA y Urano INIA, que tienen las más altas EGP, conclusión que se reafirma en los estudios realizados por Root (1979), que concluye que el RM se correlaciona negativamente con el peso hectolitro ($r = -0,81^{**}$) y la EGP ($r = -0,73^{**}$).

Cuadro 14.4 Rendimiento molinero (RM) de variedades comerciales de avena, sembradas en otoño y primavera. INIA Carillanca, 1997 a 2001.

Variedad	RM Siembra de otoño		RM Siembra de primavera	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Neptuno INIA	1,58	1,35	1,49	1,37
Urano INIA	1,55	1,41	1,53	1,44
Saturno INIA	2,13	1,48	1,70	1,49
Pepita Baer	1,68	1,59	1,58	1,56
Nehuén INIA	1,86	1,51	1,68	1,55
Llaofén INIA	1,92	1,53	1,66	1,51

Fuente: Beratto y Rivas, 2002.

14.4.4 Dureza del grano

La obtención de granos pelados se logra en un proceso de descascarado a que se somete el grano cubierto. Esta operación mecánica de remoción de cáscaras requiere que los granos pelados tengan resistencia al quiebre, que es una característica genética, diferente en cada variedad. De aquí que la dureza del grano pelado sea muy importante, ya que al aumentar la susceptibilidad al quiebre se incrementan las pérdidas económicas en el proceso de extracción. Por tanto, la calidad del grano implica, entre otros factores, que las variedades de avena cultivadas deban producir granos con alta dureza y EGP, y con valores de RM iguales o cercanos a 1,25 (RM óptimo).

Este concepto ha sido ampliamente desarrollado en maíz y trigo (Pomeranz *et al.*, 1988; Wu *et al.*, 1990), pero no avena. Actualmente en Estados Unidos, la dureza del grano es evaluada experimentalmente en el analizador de textura TA-XT2 (Texture Technologies Corp, Scarsdale, NY) (Doehlert *et al.*, 1997)

14.4.5 Coeficiente de descascarado

Este coeficiente tiene como objetivo determinar la facilidad de desprendimiento de la cáscara que envuelve al grano cubierto durante el proceso de descascarado. Las mejores variedades son aquellas que producen granos con valores de coeficiente de descascarado (CDD) cercanos o iguales a uno (Villegas, 2000).

Las variedades Neptuno INIA y Urano INIA destacan por su alto CDD (0,99), en tanto que las variedades Saturno INIA y Nehuén INIA tienen un valor medio (0,97) y la variedad Llaofén INIA el valor más bajo (0,96).

14.5 CARACTERÍSTICAS BIOQUÍMICAS DEL GRANO

14.5.1 Proteína

El grano de avena tiene una proteína de muy buen valor biológico (Kasahara, 1970), y una excelente composición y balance total de aminoácidos, comparativamente con todos los otros cereales de grano pequeño incluyendo al maíz (Frey, 1977). Sin embargo, al igual que los otros cereales, es deficiente en lisina.

En Estados Unidos se han determinado tenores de proteína en granos pelados de 12,4 a 24% (Robbins *et al.*, 1971) y 13,8 a 22,5% (Youngs y Forsberg, 1987), y en Chile de 10,4 a 13,7% (Hernández, 1994). Las diferencias en proteínas entre ambos países se explica principalmente por el efecto de dilución, ya que en Estados Unidos el rendimiento promedio es 2,0 ton/ha y en Chile de 4,5 ton/ha. En tanto, en granos cubiertos obtenidos de avenas cultivadas en el sur del país, los contenidos de proteína oscilaron entre 10,9 a 12,3% (A. Peyrelongue, Comunicación personal) y 7,5 a 11,4% (Hernández, 1994), los que se incrementan a medida que se aumenta la dosis de nitrógeno (Cuadro 14.5)

Cuadro 14.5 Efecto de la fertilización nitrogenada en el rendimiento y contenido de proteína.

Fertilización (kg/ha)		Rendimiento (ton/ha)	Proteína (%)
P ₂ O ₅	N		
150	0	5,5	10,9
150	50	6,6	10,9
150	100	7,9	11,5
150	150	8,2	11,4
150	200	7,8	12,3

Fuente: Peyrelongue, 1991. Informe Técnico. INIA Carillanca. Comunicación personal.

En avenas sembradas en otoño y primavera en un suelo Andisol, con distintas dosis y combinaciones de nitrógeno (N), fósforo (P) y NP, los contenidos más bajos de proteína en granos cubiertos, en ambas épocas de siembra, se tuvieron en los tratamientos testigos, sin nitrógeno y sin fósforo; en tanto, los contenidos mayores se obtuvieron con las más

CALIDAD DEL GRANO DE AVENA

altas dosis de N. También se determinó que el N absorbido por la avena a inicios de encañado o elongación del tallo, varía entre un 40% a más de un 65% del N total aplicado en dosis de 50 a 150 kg de N/ha respectivamente, y que el grano acumula sobre el 65% del total de N aplicado, independientemente de la dosis utilizada (Peyrelongue, comunicación personal).

Cuadro 14.6 Contenido de proteína de variedades comerciales de avena en diferentes localidades de Chile.

Variedad	Proteína (%)					Promedio variedad
	La Platina	Quilamapu	Carillanca Otoño	Carillanca Primavera	La Pampa	
Neptuno INIA	12,8	10,8	13,6	11,4	15,1	12,7
Urano INIA	10,9	9,8	10,4	11,6	14,8	11,5
Saturno INIA	11,5	10,4	12,9	11,8	11,7	11,7
Llaofén INIA	12,6	10,9	12,2	10,3	14,8	12,2
Nehuén INIA	12,3	10,0	10,8	9,5	12,3	11,0
Promedio localidad	12,0	10,4	12,0	10,9	13,7	

Fuente: Beratto y Rivas, 2002.

Además el contenido de proteína del grano depende de la dosis del fertilizante nitrogenado aplicado (Cuadro 14.5), como también de la variedad y localidad (Cuadro 14.6)

14.5.2 Ácidos grasos

La avena es el cereal con más alto contenido de ácidos grasos, que se forman debido a la acción de la lipasa que hidroliza tanto los triglicéridos como otras grasas, liberando ácidos grasos libres. La enzima lipasa es la causante de la rancidez del grano (Youngs y Forsberg, 1987), cuando éstos se cosechan y almacenan con altos contenidos de humedad. Los principales ácidos grasos de la avena son el palmítico, oleico y linoleico, y constituyen alrededor del 95% de los ácidos grasos totales (Youngs y Forsberg, 1987). El palmítico es el principal ácido graso saturado, mientras que el linoleico y oleico, ambos insaturados, tienen contenidos muy similares, aunque el linoleico es ligeramente superior al oleico. En Estados Unidos y Canadá, los rangos de ácidos grasos palmítico, linoleico y oleico fluctúan entre 15,5 a 25,8%, 31,3 a 46,2% y 25,8 a 47,5% del total de ácidos grasos, respectivamente (Youngs y Forsberg, 1987). En tanto, en Chile, en cuatro variedades comerciales y siete líneas avanzadas de avena, se obtuvieron rangos

de 12,41 a 16,19% de ácido palmítico; 35,74 a 45,49% de ácido linoleico y de 28,35 a 44,67% de ácido oleico (Beratto y Rivas, 2002). Entre las variedades comerciales estudiadas, Neluén INIA tuvo el más alto contenido de ácido palmítico y linoleico, y él más bajo de oleico; Urano INIA, el más alto de ácido oleico y el más bajo de linoleico, y Saturno el más bajo de ácido palmítico (Cuadro 14.7).

Cuadro 14.7 Contenido de ácidos grasos de cuatro variedades comerciales de avena en Chile.

Variedad	Ácidos grasos (%)			
	Palmítico	Oleico	Linoleico	Total
Urano INIA	14,4	44,7	36,3	95,4
Saturno INIA	12,6	39,4	41,0	93,0
Llaofén INIA	13,8	39,0	41,6	94,4
Neluén INIA	14,6	34,7	45,5	94,8
Promedio ácidos grasos	13,9	39,5	41,1	94,5

Fuente: Beratto y Rivas, 2002.

14.6 CALIDAD DEL GRANO CUBIERTO

La información contenida en las secciones 14.6 y 14.7 es un resumen elaborado en base a diferentes fuentes, algunas referencias están incluidas en el texto y otras se indican a continuación: Quaker Oats. Comunicación personal (EE.UU.); Compañía Molinera El Globo. Comunicación personal (Chile); U. Maldonado. Comunicación personal (México); De la Cuesta. Comunicación personal (Colombia); Hosenev (1986), Youngs y Forsberg (1987), y Beratto y Rivas (2002).

14.6.1 Características morfológicas

Las características morfológicas de los granos de avena fueron los primeros patrones, vigentes en la actualidad, utilizados para evaluar la calidad de los granos destinados a usos agroindustriales. Las características más importantes son: tamaño, forma, llenado, uniformidad y color de la cáscara del grano, presencia o carencia de arista o barba en la cáscara, y presencia de granos dobles y granos terciarios en la espiguilla.

a. Tamaño y forma. El tamaño del grano primario o principal de la espiguilla es variable entre variedades de avena, fluctúa entre 6 y 13 mm de longitud y de 1 a 4,5 mm de ancho (Kent, 1987). El mejor grano es el que tiene 10 mm promedio de longitud y aproximadamente 3 mm de ancho, que permite obtener hojuelas de avena de mayor tamaño y amplitud. Las variedades Urano INIA, Llaofén INIA y Nehuén INIA tienen granos con un largo promedio de 11 a 13 mm (Hernández, 1994). En general, los granos con 13 o más milímetros de largo y con aristas tienen un menor peso de hectolitro, comparativamente con los de menor longitud y sin aristas.

La forma del grano puede ser determinada a través de la relación entre la longitud y ancho del grano. En la actualidad se utiliza el "análisis de imagen digital" que entrega una caracterización morfológica del grano, como también la longitud, ancho, perímetro, superficie y forma, en un gran número de granos individuales (Symmons y Fulcher, 1988).

b. Llenado y uniformidad. El grano lleno o pleno, en general, se abre con mayor facilidad y rapidez para exponer su almidón con fines alimenticios, ésta es otra de las razones por la que los granos delgados o finos son rechazados. Además, los granos plenos tienen mayores peso de hectolitro que los finos. Un buen indicador del llenado del grano es su peso, que no debería ser inferior a 30 mg. En Chile, el peso de grano normalmente fluctúa entre 30 a 56 mg en variedades sembradas de otoño, y entre 34 a 56 mg en siembras de primavera.

La uniformidad en el tamaño del grano es cada vez más importante, tanto para la comercialización como para la agroindustria, ya que incide en la uniformidad del producto final y en la disminución de pérdidas durante el procesamiento, comparadas con las avenas a granel (sin clasificar). Lo anterior se explica a partir de la espiguilla de avena que esta formada, en la mayoría de los casos, por granos dobles: uno primario y otro secundario. Estos últimos, a diferencia de los granos primarios, son más pequeños en longitud y ancho, y de menor peso. La aceptación por la industria de este tipo de granos está condicionada a que su tamaño sea aproximadamente cercano al tamaño del grano primario, situación muy poco frecuente y que se presenta en casos muy particulares.

Un método práctico para estimar, con relativa certeza, el tamaño, forma, llenado y uniformidad del grano, es la medición del calibre de grano (mallaje). Para esta determinación se utilizan dos cribas o harneros: una con perforaciones de 1,75 x 20 mm, y otra de 1,50 x 12 mm. En la primera criba quedan retenidos los granos que constituyen

la materia útil, y en la segunda criba, los granos delgados o finos no aptos para el proceso de pelado, como también las impurezas.

c. Color de la cáscara y aristas. La cáscara debe ser fina y suave, de color blanco o amarillo y no prolongarse más allá del final del grano. Los colores negro, gris, rojo o café son causales de rechazo, ya que la presencia de partículas o restos de cáscaras alteran la calidad final del producto, sean éstos hojuelas, harina u otro tipo de alimentos.

Por las mismas razones, los granos utilizados para fines industriales deben ser míticos o carentes de aristas, ya que éstas son causa de rechazo, debido a que son de difíciles de eliminar en el proceso de pelado del grano.

d. Granos triples. Anteriormente se hizo referencia a los granos dobles, pero también hay variedades de avena que tienen espiguillas con tres tipos de granos: primario, secundario y terciario, denominados granos triples. El grano terciario es el más pequeño, en longitud y ancho, y de menor peso que el grano primario y secundario, característica que la hace indeseable y motivo de rechazo total (Kasahara, 1970).

14.6.2 Patrones de calidad

Además, de las características morfológicas del grano indicadas anteriormente, las avenas de grano cubierto deben cumplir con los requisitos que a continuación se señalan:

a. Peso de hectolitro. El grano cubierto, según algunas empresas, no debe tener un peso de hectolitro inferior a 49 kg/hL. Sin embargo, la tendencia actual es privilegiar la compra de avenas con pesos de hectolitro superiores a 50 kg/hL. Los pesos de hectolitro de algunas de las variedades comerciales de avena cultivadas en diferentes localidades del país están contenidos en los Cuadro 14.1 y 14.2.

b. Contenido de humedad. El contenido máximo de humedad del grano no debe exceder al 13%. Porcentajes superiores favorecen aumentos de temperatura, proliferación de hongos, cambios en el olor y sabor (rancidez) natural de los granos, tanto en el almacenamiento como en transporte, que alteran la calidad y son una importante causal de rechazo.

c. Contenido de proteína, fibra cruda y acidez grasa. El porcentaje mínimo de proteína del grano cubierto debe fluctuar entre 11,5 a 12%; el contenido máximo de fibra cruda no debe exceder el 12%, y el máximo de acidez grasa no debe superar el 7% expresado como ácido oleico.

d. Materias extrañas. Las avenas de grano cubierto deben estar libres de todo tipo de materias extrañas. El máximo de tolerancia es 4%, como restos vegetales, piedrecillas, semillas de malezas, semilla de otros cereales u otras plantas cultivadas (trigo, cebada, raps, etc.), otros tipos de semillas de avena (avenas negras, grises, etc.). De esta manera se garantiza la comercialización de granos limpios de alta pureza y calidad.

e. Color de la cáscara. Los granos cuya lemma y pálea son de color negro, gris o tonalidad oscura son definitivamente rechazados. Si bien, la gran mayoría de las variedades cultivadas en el país tienen granos con cáscaras de color claro a amarillo, éstos pueden ser contaminados con granos de avenilla (*Avena fatua* L.), maleza difícil de erradicar en el cultivo comercial de avena, que tiene cáscara de color negro a gris y aristas fuertemente adheridas, que constituyen causa de rechazo.

f. Materias contaminantes. Los granos deben estar libres de materias que alteren el olor y sabor natural de la avena, como polvo de trumao, harina de pescado, y pesticidas. Los lugares de almacenamiento deben mantenerse protegidos de plagas de insectos y roedores, limpios y libres de todo contacto con aquellos productos y materias extrañas que puedan transferir olores y sabores que alteren y/o contaminen la materia prima natural. Todos los productos contaminantes deben guardarse en lugares distintos y alejados de aquellos en que se almacene la avena.

14.7 CALIDAD DEL GRANO PELADO

El grano pelado es la materia prima básica de la industria procesadora de avena. Debe ser de color blanco o amarillo, libre de pubescencias (vellosidades), y si los tiene deben ser escasos y cortos. Esta es una característica genética, propia de cada variedad, que no es modificada por el medio ambiente ni por las prácticas culturales de manejo del cultivo.

14.7.1 Características morfológicas del grano pelado

a. Tamaño, llenado y color. El grano pelado debe tener una longitud promedio de 6 mm, un ancho promedio de 2,5 mm, un peso promedio de 22 mg, color claro a amarillo, y en lo posible libre de pubescencia.

14.7.2 Patrones de calidad

Los requisitos de calidad para los granos pelados de avena que se presentan a continuación, son los usados en el comercio internacional de este cereal.

a. Granos cubiertos y cáscaras de avena. En una muestra de 100 g de avena pelada, los granos cubiertos de avena no deben exceder de 50 unidades (granos), y la tolerancia máxima de cáscaras no debe superar las 10 unidades.

b. Granos de trigo y cebada. La tolerancia máxima de granos de trigo y cebada, independientemente una de otra, no debe exceder las 5 unidades por muestra de 100 g de avena pelada.

c. Otros granos. La presencia de granos de cultivos y malezas, distinta a las anteriormente indicadas, es causal de rechazo.

d. Materias contaminantes. Las avenas de granos pelados deben estar libres de todo tipo de materias contaminantes, cualquiera sea la naturaleza de éstas.

e. Contenido de humedad y acidez grasa. El porcentaje de humedad del grano pelado no debe exceder al 8%, y el de acidez grasa no debe superar al 7%, expresado como ácido oleico.

f. Características organolépticas. Los granos pelados no deben tener olores ni sabores diferentes, al natural y propio del grano de avena.

14.8 ALMACENAMIENTO

En las secciones anteriores se ha enfatizado la importancia que tiene el almacenamiento en la conservación de la calidad del grano de avena. Con tal propósito es recomendable que las avenas se acopien en lugares limpios y secos.

Las avenas de grano cubierto, en general, no tienen problemas de almacenamiento si se guardan con niveles iguales o inferiores a 13% de humedad y libre de materias extrañas e insectos, pero las avenas de grano pelado y grano desnudo son altamente susceptible a contaminaciones si no se toman los resguardos mínimos de almacenamiento. En este tipo de granos, porcentajes superiores a 14% de humedad pueden provocar rancidez debido al alto contenido de ácidos grasos que tiene el grano de avena, aunque

para evitarla tanto el grano pelado como el grano desnudo son sometidos a un proceso térmico de inactivación de los ácidos grasos.

14.9 ANÁLISIS DE AVENA

14.9.1 Correcciones a los análisis

Las avenas de grano cubierto para uso industrial, en la gran mayoría de los casos, deben cumplir con los requisitos establecidos en este capítulo para ser aceptados por las agroindustrias, como también por el mercado nacional e internacional. Estos requisitos, progresivamente se han venido convirtiendo en una exigencia que se acentuará en el futuro.

No es causa de rechazo si algunos requisitos no se cumplen totalmente; en estos casos se realizan correcciones, por presencia de granos dobles, otros granos, restos e impurezas, con el objeto de determinar el rendimiento industrial final, como se indica a continuación:

a. Granos dobles. La presencia de granos dobles es motivo de corrección; el porcentaje de corrección es determinado por cada empresa o industria. Partiendo del supuesto de un análisis de una muestra de 100 g de avena cubierta que tiene un 2% de granos dobles, y que la corrección por granos dobles es 10%, la materia útil obtenida será igual a 99,8%

b. Otros granos. Si esta muestra a su vez contiene: 0,05% de avenilla, 0,10% de trigo, y 0,10% de cebada, la suma total es igual a 0,25%, y la materia útil es de 99,75%.

c. Restos. Las materias extrañas (restos de pajas, piedrecillas, etc.) también son motivo de corrección. Si la muestra contiene 0,05% de paja y 0,70% de piedrecillas, la materia útil será igual 99,25%.

d. Impurezas. Se considera como impurezas, en este ejemplo, la suma de otros granos 0,25% (b) y de los restos 0,75% (c) que es igual a 1%.

14.9.2 Materia útil

La materia útil es la que se obtiene a partir de los 100 g de muestra original, menos las correcciones por granos dobles e impurezas, como se indica:

Materia útil= Muestra original (100%) -[Granos dobles (0,2%) + Impurezas (1%)]= 98,8%

14.9.3 Rendimiento industrial

El rendimiento industrial es la resultante del producto entre la materia útil y la extracción de grano pelado (EGP). Se considera, para este caso, una variedad que tiene una materia útil de 98,8% y una EGP= 67%, por tanto el rendimiento industrial obtenido es 66,20 g.

Rendimiento industrial = Materia útil (98,8%) x EGP (67%) = 66,20 g.

Se concluye que de los 100 g de la muestra de avena cubierta, 1,2 g corresponden a granos dobles e impurezas, y a cáscaras 32,6 g.

14.10 EXPORTACIÓN

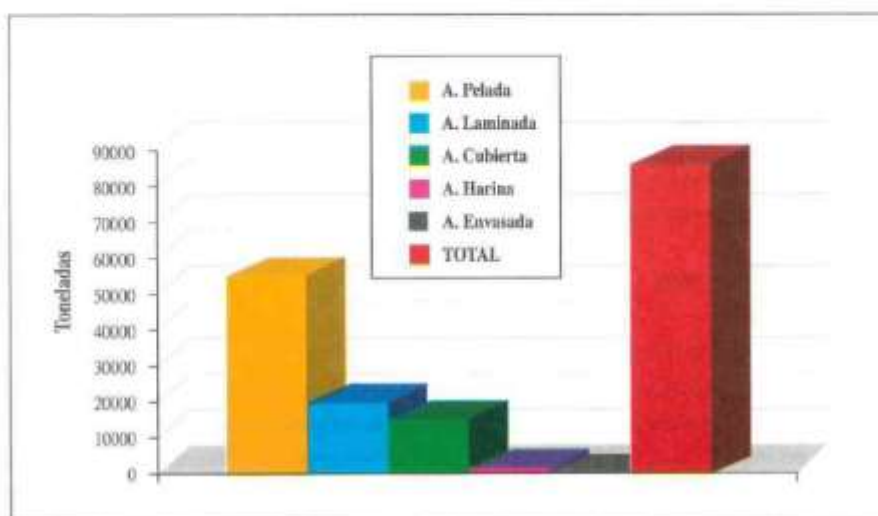
La calidad del grano de avena producida en el país es uno de los factores determinantes en los aumentos de exportación de este cereal. Es así, que entre 1990 y 2001 la exportación de avena pelada o mondada ha experimentado un aumento sostenido en volumen, seguida en importancia por la exportación de avena laminada o avena aplastada, que ha tenido un significativo incremento desde 1999 hasta 2001, con respecto a los volúmenes exportados entre 1990 y 1998. En tanto el volumen exportado de avena cubierta, entre 1990 y 2001, ha tenido una evolución fluctuante e irregular (Benavides, 2002).

Los principales productos exportados por Chile, en orden de importancia, son: avena pelada o mondada, avena laminada o aplastada y avena cubierta o entera. En tanto, las exportaciones de harina de avena como la de productos procesados envasados son aún irrelevantes (Figura 14.1).

Los principales países a los cuales se exporta avena pelada son: Perú, Colombia, Ecuador y República Dominicana, volúmenes menores se venden a Costa Rica, Venezuela y Bolivia. En el caso de la avena laminada esta tiene como principales mercados externos a Ecuador, seguido de Venezuela y luego Colombia, ambos son mercados permanentes de Chile. Guatemala y Perú, aun cuando importan menores volúmenes de avena laminada que los países anteriormente mencionados, también son mercados permanentes para el país. En tanto, los mercados más importantes de colocación de avena cubierta nacional en el quinquenio 1997 a 2001 han sido Perú y Ecuador, en segundo lugar Colombia, luego Panamá, y finalmente Venezuela. Además, Perú, Panamá y Venezuela han sido mercados permanentes de Chile, aunque fluctuantes en volúmenes adquiridos, una

tendencia similar ha mantenido Ecuador y Colombia, a excepción de algunos años (Benavides, 2002).

Figura 14.1 Exportación nacional de avena de grano cubierto.



Fuente: Beratto, 2003.

El desarrollo y consolidación del mercado de exportación es auspicioso para el país, ya que los envíos se dirigen a países limítrofes, o geográficamente cercanos como Perú, Ecuador, Colombia, Venezuela, Panamá, República Dominicana y Bolivia, lo que conlleva una reducción de costos por transporte. Además, algunos de estos países no cultivan o tienen una baja superficie sembrada de avena, otros tienen dificultades para obtener rendimientos aceptables y granos de buena calidad industrial. A lo anterior se agrega que en el hemisferio sur, sólo dos países son productores de avenas de muy buena calidad de grano: Australia y Chile (Beratto, 2003).

14.11 SISTEMA DE COMERCIALIZACIÓN EN CHILE

A continuación se hace una breve reseña de los principales canales que operan en el país para comercializar los granos de avena.

14.11.1 Agricultores

Participan vendiendo su producción de avena a plantas procesadoras y empresas exportadoras, muchas veces a través de corredores agrícolas. También, la destinan a alimentación animal, auto abastecimiento de semillas, y en otros casos a la exportación directa, principalmente como avena cubierta.

14.11.2 Corredores

Generalmente operan como intermediarios entre los agricultores, plantas procesadoras y empresas exportadoras, percibiendo el 1% de comisión de ambas partes. En algunos casos intervienen como exportadores directos, principalmente de avena cubierta.

14.11.3 Empresas de semillas

Estas operan en la comercialización de la semilla de avena, pero no en la comercialización de granos. Su función es garantizar la pureza, germinación y estado sanitario de las semillas transadas en el mercado nacional e internacional, y su acción es supervisada por el Ministerio de Agricultura a través del Servicio Agrícola Ganadero (SAG).

14.11.4 Empresas exportadoras

Compran avena a los agricultores y corredores con el fin de exportar avena cubierta, pelada y laminada.

14.11.5 Empresas procesadoras

Estas compran avena a agricultores y corredores como materia prima para procesarlas industrialmente y obtener avena pelada, laminada y otros productos destinados al consumo interno y a la exportación, en forma directa o a través de una empresa exportadora.

LITERATURA CITADA

- Benavides, P. 2002. Nuevas tendencias en la comercialización de avena. p. 43-65. Boletín INIA N°87. *In:* E. Beratto M. (ed.). Avena calidad del grano, comercialización, agroindustria y exportación. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Carillanca, Temuco, Chile.
- Beratto, E. y Rivas, R. 2002. Calidad del grano de avena: características y parámetros de comercialización. p. 9-37. Boletín INIA N° 87. *In:* E. Beratto M. (ed.). Avena calidad del grano, comercialización agroindustria y exportación. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Carillanca, Temuco, Chile.
- Beratto, E. 2003. Avena: un cultivo nacional con proyección internacional. Tierra Adentro N° 49. p. 16-18.
- Brownlee, H. J., and F. L. Gunderson. 1938. Oats and oat products, culture, botany, seed structure. Milling, composition, and uses. *Cereal Chem.* 15: 257-262.
- Doehlert, D. C., M. S. McMullen, S. Angelikousis., and G. A. Hareland. 1997. Factors affecting groat breakage and bran yield during oat milling. p. 65-72. Third South American Oat Congress. INIA La Estanzuela, Colonia, Uruguay.
- Forsberg, A. R., and D. L. Reeves. 1992. Breeding oat cultivars for improved grain quality. *In:* H. G. Marshall and M. E. Sorrels (eds.). p. 751-775. *Oat science and technology.* American Society of Agronomy, Crops Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA.
- Frey, J. K. 1977. Protein of oats. *Z. Pflanzenzüchtg* 78: 185-215.
- Greig, R.B., and W.M. Findlay. 1907. The milling properties of oats. *J. Bd. Agric.* (London). 14: 257-268.
- Hernández, C. 1994. Estudio comparativo de la calidad industrial y el rendimiento en grano de 12 cultivares de avena (*Avena sativa* L.) destinados a alimentación humana. 123 p. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad de la Frontera, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, Temuco, Chile.
- Hoseney, R. C. 1986. Principles of cereal science and technology. 327 p. American Association of Cereal Chemist, St. Paul Minnesota, USA.
- Kasahara, I. 1970. Avena laminada enriquecida con concentrado proteico de pescado (FPC), a partir de una nueva variedad de avena (*Avena sativa* L.) var. Putnam 61 y de una variedad tradicional. 73 p. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Agronomía, Santiago, Chile.
- Kent, N. 1987. Tecnología de los cereales. 221 p. Introducción para estudiantes de ciencias de los alimentos y agricultura. Editorial Acribia S.A, Madrid, España.

- MacKey, J. 1959. Hafer (*Avena sativa* L.). II Morphology and genetics of oats. *In*: H. Kapper and W. Rudolf (eds.). Handbuch der Pflanzenzüchtg. Band: Züchtung de Getreidearten. Paul Parey, Berlin, Alemania.
- Ohm, H. W. 1976. Response of 21 oat cultivars to nitrogen fertilization. *Agron. J.* 68: 773-775.
- Pomeranz, Y., Z. Czuchajowska, M. D. Shogren, G. L. Rubenthaler, L. C. Bolte, H. C. Jeffers, and P. J. Mattern. 1988. Hardness and functional (bread and cookie-making) properties of U.S. wheats. *Cereal Foods World* 33: 297-304.
- Robbins, G.S., Y. Pomeranz, and L.W. Briggie. 1971. Amino acid composition of oat groats. *J. Agric. Food Chem.* 10: 536-539.
- Root, W.R. 1979. The influence of oat (*Avena sativa* L.) kernel and cariopsis morphological traits on grain quality characteristics. Ph.D. diss. of Wisconsin-Madison (Diss. Abstr. In. 40:4070-B-4071N^o 8004738).
- Symmons, S.J., and R.G. Fulcher. 1988. Relationship between oat kernel weight and milling yield. *J. Cereal Sci.* 7: 215-217.
- Villegas, R. 2000. Parámetros y métodos para determinar la calidad industrial en avena (*Avena sativa* L.). 53 p. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad de la Frontera, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, Temuco, Chile.
- Wu, Y. V., A. C. Stringfellow, and J. A. Bietz. 1990. Relation of wheat hardness to air-lasification yields and flour size distribution. *Cereal Chem.* 67: 412-427.
- Youngs, V. L., and R.A. Forsberg. 1987. Oat. *In*: R. A. Olson and K.J. Frey (eds.). Nutritional quality of cereal grains: Genetic and agronomic improvement. *Agron. Monogr.* 28. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.