

Efecto del almacenaje y el secado sobre la calidad de los granos

material preparado por Gustavo Giambastiani, Oscar Rubiolo¹

Introducción

La calidad de los granos está dada por las características físicas de los mismos, su composición química y las propiedades funcionales de sus componentes. Si conceptualmente se entiende por calidad a la aptitud de un producto o servicio para determinado fin, se desprende de esta definición que no siempre se buscarán los mismos atributos de un lote de granos, dado que no siempre se destinará a un mismo uso y por otro lado el responsable de su manipulación tendrá determinados propósitos. En la tabla N°1 se enumeran una serie de cualidades que resultan deseables que reúna un lote de granos y cuales de ellas pueden ser de mayor interés para diferentes destinos

Tabla N° 1: Propiedades deseables en granos de alta calidad y de mayor interés para diferentes usuarios.

Atributos de Calidad	Usuarios interesados
contenido de Humedad bajo y uniforme	
baja proporción de granos quebrados y dañados	comerciante
baja susceptibilidad al quebrado	
alto peso específico	
alto rendimiento en almidón	
alta extracción de aceite	industrial molinero
alta calidad de proteínas	
alta viabilidad	semillero
bajo contenido de hongos	fabricante de alimentos
alto valor nutritivo	balanceados

En general los atributos presentados hacen referencias a características de granos de cereales por lo que al indicar calidad de proteínas apunta a las características funcionales de este componente (por Ej. en trigo) pero en especial alta extracción de aceite y valor nutritivo de las proteínas son caracteres deseables también en granos de oleaginosas. Por otro lado una baja proporción de materias extrañas es un atributo deseable en ambos tipos de granos y de interés para la mayoría de los usuarios dado que facilita la conservación y aumenta el rendimiento de los productos y subproductos a obtener cuando no interfieren en su valor nutritivo (por Ej. semillas de malezas, granzas etc.).

El almacenaje y el secado de los granos influyen en gran medida sobre la calidad del producto luego que el grano es sometido a tales procesos.

En esta presentación, en primer lugar se especificará la composición química de los distintos granos, en forma comparativa, por ser esta característica uno de los factores principales a tener en cuenta para decidir su uso, es decir, es un atributo que condiciona en buena medida la calidad de los granos, ya sea por la proporción de los distintos componentes o por las propiedades funcionales y nutritivas a que esa proporción da lugar. En segundo lugar se analizarán los cambios que se producen en los granos durante el almacenaje y sus efectos sobre la calidad de los mismos. Por último, se mencionarán algunos cambios de los atributos de calidad de los granos producidos por el secado

Composición química de los principales cereales y oleaginosas

Es tradicional la clasificación de los cultivos graníferos extensivos en cereales y oleaginosos; los primeros constituyen la principal fuente de hidratos de carbono para la alimentación humana y animal, los segundos lo son de las grasas y aceites ya sean comestibles o para uso industrial, a lo que se le suma la importancia de las harinas derivadas de la extracción del aceite por su alto valor proteico.

Desde el punto de vista tecnológico y nutricional es importante conocer no solo la composición química de los granos enteros, sino

también como se distribuyen los distintos compuestos en las diferentes partes del grano. Cuando se hace referencia a la composición química, no solo es en cuanto a grandes grupos químicos (carbohidratos, proteínas, lípidos, etc.) sino también a sus componentes más simples (almidón, azúcares, aminoácidos, ácidos grasos, etc.). Estos son los que le confieren a los distintos productos las propiedades funcionales, nutricionales y de estabilidad en el tiempo.

Tabla N° 2: Composición química de los principales cereales

	proteínas	materia grasa	carbohidratos	cenizas	fibra
maíz	8.1-11.5	3.9-5.8	77.2-84.2	1.4-2	2.4-3.5
sorgo	7.3-15.6	0.5-5.2	68.1-89.9	1.1-4.5	1.2-6.6
trigo pan	11.5-17	1.8-2.8	75.2-82.1	1.8-2.0	2.8-3.0
cebada	7.5-15.6	1.8-2.6	72.8-82.8	2.6-3.1	5.3-5.9
avena (grano entero)	12.4-24.4	4.5-10.3	47.6-69.8	2.9-3.4	10.4-14.4
centeno	12.6-14.5	1.6-2.2	78.5-82.5	1.7-2.2	1.6-2.6
triticale	12.6-17.2	1.6-2.2	77.4-80.8	1.8-2.1	2.0-2.5

Como puede observarse en la tabla anterior la proporción de proteínas presente en los distintos granos de cereales es relativamente poco variable, sin embargo, si se tienen en cuenta las características físico químicas las diferencias son mayores. En la tabla N° 3 se presenta la composición de la fracción proteica de distintos granos de cereales tomando como base la clasificación de Osborne que determina cuatro grupos: albúminas, globulinas, prolaminas y glutelinas; los dos primeros grupos conforman proteínas de alto valor biológico y se encuentran por lo general en mayor proporción en germen mientras que las dos últimas especies son proteínas de reserva, con menor valor biológico, pero que son las responsables en mayor medida de las propiedades funcionales de las harinas y sémolas que se obtengan..

Tabla N° 3: Proporción de las distintas fracciones proteicas en granos de cereales

cereal	proteína total	proporción con respecto al total de proteínas			
		albúminas	globulinas	prolaminas	glutelinas
trigo	10-15	3-5	6-10	40-50	30-40
arroz	8-10	trazas	2-8	1-5	80-90
maíz	7-13	trazas	5-6	50-55	30-45
sorgo	9-13	trazas	trazas	60	resto
centeno	9-14	5-10	5-10	30-50	30-50
cebada	10-16	3-4	10-20	35-45	35-45
avena	8-14	1	80	10-15	5

Tabla N° 4: Composición Química porcentual de las diferentes partes de algunos granos de cereales

cereal	fracción del grano	proteína %	grasa %	almidón %	cenizas %	fibra %
	endosperma	73	15	98	18	
maíz	germen	24	83	1.5	78	
	salvado	3	2	0.5	4	

	endosperma	80	10	100	30	25
sorgo	germen	17	75	0	60	40
	salvado	3	15	0	10	35
	endosperma	72	50	100	23	8
trigo	germen	8	20	0	10	3
	salvado	20	30	0	77	89

Tabla N° 5: Composición Química porcentual comparada entre granos de soja, maní y girasol

parte del grano		proteína %	aceite %	carbohidratos %	cenizas %
	soja	40.4	22.3	31.9	4.9
semilla entera	maní	29.9	49.9	16.9	3
	girasol	20.8	54.8	18.4	3.9
cotiledones	soja	43.4	24.3	27.4	5
	maní	27	52.1	16.5	4.4
eje embrionario	soja	40.8	12	42.7	4.5
	maní	27.15	41.2	21.7	3
tegumento	soja	9	0.9	86.2	4
	maní	12.2	1.2	78.4	2.1

Así como la composición de aminoácidos es determinante de la calidad de las proteínas, la proporción de los diferentes ácidos grasos lo es para la materia grasa contenida en las semillas. En la tabla N° 6 se pueden observar como están compuestos los lípidos de distintas semillas. Al lado del nombre de cada ácido graso se representa su estructura molecular, siendo el primer número el que indica la cantidad de átomos de carbono y el segundo la cantidad de insaturaciones (doble enlaces entre átomos de carbono). Las insaturaciones son los sitios más propensos a reaccionar con el oxígeno, por lo tanto su cantidad determina la susceptibilidad de la molécula a la oxidación. En este sentido, a cobrado últimamente importancia, aunque todavía no desde el punto de vista comercial, la relación entre ácidos grasos saturados/insaturados. Un parámetro que se tiene en cuenta para evaluar este aspecto es la relación oleico/linoleico, que son los ácidos grasos más frecuentes en soja, maní, girasol y maíz, entre otros cultivos. Una mayor relación oleico/linoleico es deseable desde el punto de vista de la estabilidad de los aceites.

Otro aspecto a considerar es el nutricional, fundamentalmente en lo que hace al contenido de ácidos grasos esenciales, tal como el ácido linoleico.

Tabla N° 6: Composición de ácidos grasos en lípidos de semillas de girasol, maíz y maní de diferentes tipos botánicos

		maní			maíz	girasol
		virginia runner	virginia bunch	spanish bunch		
ácido palmítico	16:0	8.54-10.77	9.25-12.12	9.41-12.61	8-14	5-7.2
ácido esteárico	18:0	2.03-3.14	1.55-3.41	1.74-5	0.5-4	2-6.5
ácido oleico	18:1	50.55-54.69	37.64-44.13	36.3-49.7	19-50	14.7-37.2
ácido linoleico	18:2	29.7-33.37	38.82-46.65	29.96-44.32	32-62	51.5-73.5
ácido linolénico	18:3	0.0-0.04	0.0-0.04	0.0-0.04	0.4-2	0.01-0.3
ácido araquidónico	20:0	0.17-0.536	0.19-0.79	0.19-0.80	0.2-1	0-1
ácido eicosénico	20:1	0.51-1.06	0.57-1.19	0.33-0.97		

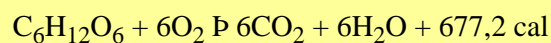
ácido behénico	22:0	1.5-2.89	1.05-4.10	1.32-4.04
ácido lignosérico	24:0	0.46-2.8	0.46-2.8	0.46-2.8

Cambios producidos en los granos durante el almacenaje

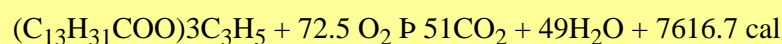
Las pérdidas de granos en la etapa de postcosecha son significativas, llegando en algunos países a ser del 50%, la mayor parte de las cuales se deben al accionar de insectos, microorganismos, roedores y pájaros. La respiración es un factor importante de pérdida en cuanto a la viabilidad, valor nutricional, propiedades industriales, etc. de los granos.

Bajo condiciones aeróbicas la combustión completa de los carbohidratos y grasas pueden ser representados en la siguiente ecuaciones:

Glucosa



Tripalmítico



Los factores principales que controlan la respiración del grano son la humedad, la temperatura, la aireación y la condición.

La humedad es por lejos el factor más importante. El almacenaje de una partida de granos con humedad dentro del rango establecido como seguro, y uniformemente distribuida en toda su masa, no es garantía de que no se vaya a producir deterioro. Esto es así dado que el aire que está en equilibrio con los granos puede sufrir movimientos y cambios de temperatura que modifican su humedad relativa. De esta manera se modifica el equilibrio aire-grano, estando dentro de las posibilidades que este se humedezca. Los efectos producidos por cambios atmosféricos en la temperatura de las paredes de los sitios de almacenaje, y el calor producido por el desarrollo por focos de insectos, son causas frecuentes de gradientes térmicos que resultan en la traslocación de humedad y luego en el concomitante deterioro de los granos.

Para un adecuado almacenamiento es necesario restringir el desarrollo de hongos. Una humedad relativa del aire intergranario de 75% es la mínima que se requiere para la germinación de las esporas de hongos en un amplio rango de las temperaturas más frecuentes. Por lo tanto, el nivel de humedad crítico para cualquier grano es el porcentaje de humedad a la cual el grano está en equilibrio con la humedad atmosférica de alrededor de 75%. El contenido total de agua en el grano, ensimismo, no es el factor controlador más importante.

El crecimiento bacteriano es raramente encontrado en los granos almacenados ya que la humedad relativa que estos requieren es superior al 90%.

El máximo contenido de humedad de los granos para un almacenaje comercial a corto plazo seguro, a las temperaturas más frecuentes, puede ser aproximado a la humedad de equilibrio con el aire a 75% de humedad relativa. Si el grano está partido, o si el almacenaje es a largo plazo, o a temperatura más altas de lo normal, el contenido de humedad máximo permitido es menor. Para almacenamientos a largo plazo (arriba de los dos o tres años), se debe aceptar una humedad del grano que se equilibre con una humedad relativa del aire del 65% como la máxima segura.

La humedad relativa de la atmósfera intergranaria en equilibrio con los granos a un dado contenido de humedad no es altamente influenciado por la temperatura. Aunque leve, el efecto de una disminución de la temperatura para un dado valor de humedad relativa es un aumento en el contenido de humedad de los granos. En general, el contenido de humedad (%) aumenta un 0,6 - 0,7 % por cada 10°C de caída en la temperatura.

La respiración es acelerada por un incremento en la temperatura hasta que es limitada por factores tales como la inactivación térmica de las enzimas involucradas, la desaparición del sustrato, limitación de oxígeno, o la acumulación de concentraciones inhibitorias de dióxido de carbono. Además, el efecto de la temperatura sobre la tasa respiratoria depende del contenido de humedad de los granos. También es necesario considerar la contribución relativa de semillas, hongos e insectos a la respiración total, debido a los efectos variables de la temperatura sobre aquellos.

Dado que la respiración aeróbica del grano y de los microorganismos asociados involucra el consumo de oxígeno y la liberación de CO₂, el proceso tiende a ser limitado por la provisión de oxígeno.

Las propiedades de almacenamiento de los granos están influenciadas por las condiciones ambientales durante su crecimiento y maduración, por el grado de madurez a cosecha, por el método de cosecha y por el manejo que reciben los granos hasta su almacenamiento. También hay diferencias varietales que influyen sobre las tasas respiratorias. Tal es el caso de los trigos blandos que respiran más que los trigos duros a igual nivel de humedad y temperatura.

La actividad respiratoria y la tendencia de los granos a deteriorarse en el almacenamiento son influenciadas considerablemente por la condición o sanidad del producto. Esta es una de las razones por la cual es imposible establecer un límite máximo seguro de humedad para el almacenamiento de cualquier grano.

Las alfa y beta amilasas atacan los gránulos de almidón de los granos y sus subproductos convirtiéndolos en dextrinas y maltosa. Como resultado de esta acción hidrolítica se podría esperar un incremento significativo en el contenido de azúcares reductores en el grano, pero dado que las condiciones que favorecen la descomposición de almidón también favorecen la actividad respiratoria, los azúcares son consumidos y convertidos en CO₂ y H₂O. Bajo estas condiciones, que usualmente se dan con niveles de humedad del 15% o más, el grano pierde almidón, azúcares y su peso seco disminuye.

En la tabla N° 7 se observan los cambios que ocurren en granos de trigo luego de ser almacenados durante 16 semanas a 30°C a distintos contenidos de humedad y en atmósfera aeróbica y anaeróbica. A cualquier nivel de humedad del grano, en atmósfera de nitrógeno, no se detecta presencia de hongos, en tanto que esta es mayor a medida que aumenta el contenido de humedad de los granos cuando se almacenan al aire. Se observan cambios en los contenidos de los azúcares reductores y no reductores en el trigo almacenado con atmósfera de nitrógeno a pesar de que no hubo crecimiento de hongos. El decrecimiento de los azúcares no reductores fue casi exactamente compensado por el aumento de los reductores. El almacenaje en aire produce crecimiento de hongos, y el aumento en el contenido de azúcares reductores fue de solamente un cuarto de la disminución de los no reductores, debido a la utilización de los primeros por los hongos en crecimiento.

Tabla N° 7: Efectos del tipo de atmósfera y el contenido de humedad de los granos sobre la presencia de hongos y el contenido de azúcares reductores y no reductores en trigo luego de ser almacenado durante 16 semanas a 30 °C.

Contenido de humedad del trigo y tipo de atmósfera

	15%		16%		17%			
	aire	nitrógeno	aire	nitrógeno	aire	nitrógeno	aire	nitrógeno
hongos	0.7	0	1.4	0	10.6	0	40	0
azúcares no reductores ¹	186	188	133	176	127	144	98	129
azúcares reductores ²	32	38	44	52	44	83	48	108

¹ expresado como miligramos de sacarosa cada 10 g de trigo (base seca). Valor inicial antes del experimento: 232.

² expresado como miligramos de maltosa cada 10 g de trigo (base seca). Valor inicial antes del experimento: 37.

En general, durante el almacenaje prolongado no se observan cambios importantes en el contenido total de proteínas, pero sí cambios a nivel cualitativo. En estudios de almacenaje de trigo a largo plazo en condiciones de temperatura de entre 1 y 20 °C y 42 al 80% de humedad, se observó que la composición fraccional de los granos de alta calidad se mantuvo estable en los primeros cuatro años de almacenamiento. Almacenamientos más prolongados mostraron un decrecimiento en las características hidrofílicas y de agregación de las moléculas de proteína. La calidad del gluten se deteriora con el almacenamiento, la tasa de deterioro es mayor para los granos de menor calidad y para aquellos que han sido severamente secados después de la cosecha o fumigados en almacenamiento.

En los granos sanos, la actividad enzimática está gobernada por la actividad biológica; estas son relativamente bajas a humedades

relativas por debajo del 75% y granos con un contenido de humedad menor al 15%. En los productos obtenidos a través de la molienda de los granos, el orden biológico es destruido y los cambios que ocurren durante el almacenamiento dependen de las condiciones externas. Consecuentemente, una completa retención de las propiedades deseables es más difícil en los productos de molienda que en el grano intacto.

Las enzimas proteolíticas en los granos y los microorganismos asociados, hidrolizan las proteínas a polipéptidos y finalmente a aminoácidos. Estas reacciones generalmente proceden muy lentamente y no son fácilmente medibles hasta que el grano no alcanzó un estado avanzado de deterioro.

Dado que la cantidad total de aminoácidos libres muestra un significativo cambio solo en estados avanzados de deterioro,

El deterioro de la materia grasa contenida en los granos o del aceite extraído de estos, pueden ser oxidativos, que resultan en olor y sabor rancio, o hidrolíticos, que resultan en la producción de ácidos grasos libres. Los granos que contienen cantidades suficientes de compuestos antioxidantes en general están bastante protegidos del ataque del oxígeno del aire. Por esto, los cambios oxidativos son más frecuentes se dan en los productos de la molienda: aceite y harinas.

Las grasas en los granos son fácilmente descompuestas por las lipasas en ácidos grasos libres y glicerol durante el almacenaje, particularmente cuando la temperatura y la humedad son altas. El deterioro es altamente acelerado por la presencia de hongos debido a la alta actividad lipolítica de estos organismos. La hidrólisis de los lípidos en los granos almacenados tiene lugar mucho más rápidamente que la hidrólisis de las proteínas o de los carbohidratos. Por esta razón, el contenido de ácidos grasos libres a sido propuesto como un índice sensible del incipiente deterioro de los granos.

Efecto del secado sobre las propiedades fisico-químicas y funcionales de los granos

El principal objetivo del secado de los granos es reducir la humedad de los mismos a niveles tales que no se produzca descomposición durante el manipuleo y almacenaje posteriores, para ello se hace circular aire con capacidad para extraer agua de la masa de granos, la capacidad de extraer agua del aire se halla en relación a su humedad relativa. La manera más común de disminuir la humedad relativa del aire aumentando su capacidad para extraer agua es por calentamiento.

Durante el secado con aire caliente hay un aumento del cuarteado de los granos, que es la ruptura del endosperma almidonoso sin llegar a la ruptura de la cubierta seminal. Este cuarteo aumenta la susceptibilidad del grano al quebrado durante el manipuleo posterior.

Tompson and Foster (1963) determinan la siguiente ecuación que permite predecir el aumento de granos cuarteados, en maíces amarillos, en base a la velocidad de secado:

$$AC = 6,6 VS - 5,3$$

Donde: A.C = aumento del cuarteo (expresado en %)

VS = Velocidad de secado (expresada en % de pérdida de humedad por hora)

Los autores señalan que los resultados finales son similares partiendo de humedades iniciales entre 27 y 31 % o entre 21 y 23 %.

Se desprendería de esta experiencia que cuando la pérdida de humedad del grano es menor a 0,8 % h⁻¹ no se produciría aumento del cuarteado.

Cuando el grano es enfriado como último paso del proceso de secado, una rápida disminución de la alta temperatura produce en el grano de maíz un aumento en el cuarteado.

Además influyen sobre el desarrollo de cuarteado la humedad inicial del grano al ser sometido a secado y la humedad relativa del aire de secado. Con respecto a la humedad inicial del grano, cuanto menor es esta, menor es el daño producido por el secado. Cuando la humedad relativa supera el 30% tiende a disminuir el cuarteado en el grano, mientras que con humedad relativa entre 10 y 30 % el efecto sobre la fragilidad del grano es mínima.

Entre otros factores que pueden influir sobre la susceptibilidad del grano al quebrado, pueden señalarse el genotipo, prácticas culturales, condiciones ambientales durante el cultivo, grado de madurez y equipos de manipuleo.

La densidad aparente del grano, que se puede expresar como peso hectolítrico (kg hl⁻¹) es un buen indicador de la calidad del grano, que permite predecir el rendimiento en harinas y sémolas en molienda seca, en especial en granos como trigo y maíz.

Por lo general , el Peso Hectolítrico del grano aumenta durante el proceso de secado. Ese aumento dependerá de la humedad inicial del grano, de la humedad final alcanzada , del deterioro del grano y del genotipo. Mientras que mayor es la diferencia entre humedad inicial y final del grano, mayor será el aumento del Peso Hectolítrico al ser secado el grano, aunque ese incremento será menor cuando mayor proporción de granos dañados tenga el lote.

Cuando el grano es utilizado en molienda húmeda, en particular maíz, el exceso de humedad dificulta los procesos de limpieza y transporte y disminuye la separación de sólidos solubles durante el remojado

La temperatura de secado influye directamente sobre de almidón y su calidad; además se ha demostrado que el rendimiento de aceite del germen de maíz disminuye en 1,1 % por cada °C de aumento de la temperatura de secado del grano , en el rango de 49 a 149 °C

Las altas temperaturas de secado producen una drástica disminución de la viabilidad por muerte del germen. Cuando el contenido de humedad es mayor el grano resulta mas sensible a los efectos de las altas temperaturas. Kent (1975) señala que el grano de trigo con una humedad inicial de 24 % pierde totalmente su capacidad germinativa al ser sometido durante 24 minutos a temperatura de 64 °C. Cuando la humedad es de 15 %, con temperaturas de 72 °C durante 60 minutos, el trigo pierde totalmente su poder germinativo.

Por último, algunos autores señalan que el tratamiento por calor de los granos aumenta la densidad de los mismos e incrementa su valor como alimento para rumiantes, además indican que por lo general los granos dañados por calor tienen mayor valor económico que el que los sistemas de tipificación les asignan.

BIBLIOGRAFIA:

Christensen C.M. (1982) Storage of Cereal Grains and their Products A.A.C.C. U.S.A.

Kent N.L. (1975) Technology of Cereals Pergamon Press U.K. , U.S.A. Australia, France, Germany 306 pp

Pomeranz Y (ed)(1978) Advances in Cereal Science and Technology vol II A.A.C.C. U.S.A. 463 pp

Salunkhe, D.K. ; Chavan, J.K. ; Adsule R.N.; Kadam S.,S. (1991) World Oilseeds: Chemistry, Technology and utilization Publish Van Nostrand Reinhold New York U.S.A. 554 pp.