

COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS
CAMPUS CORDOBA
POSTGRADO EN AGROINDUSTRIA

MODELOS DE CURVAS DE DESHIDRATADO DE PLATANO ROATAN EN VERDE (*Musa acuminata*)

JOSÉ ADAN PÉREZ PRADO

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRIA TECNOLÓGICA EN AGROINDUSTRIA

CORDOBA, VERACRUZ

2010

La presente tesis titulada: “**Modelos de curvas de deshidratado de plátano Roatán en verde (*Musa acuminata*)**”, realizada por el alumno: **José Adán Pérez Prado**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRIA TECNOLÓGICA EN AGROINDUSTRIA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO: _____
DR. FRANCISCO HERNÁNDEZ ROSAS

ASESOR: _____
DRA. KATIA A. FIGUEROA RODRIGUEZ

ASESOR: _____
DRA. OBDULIA BALTAZAR BERNAL

Córdoba, Veracruz a 25 de Enero del 2010

**MODELOS DE CURVAS DE DESHIDRATADO DE PLATANO ROATAN EN
VERDE (*Musa acuminata*)**

JOSÉ ADAN PÉREZ PRADO, M.T.

Colegio de Postgraduados, 2010

El plátano es el frutal en segundo lugar en importancia económica en México, el 95% se destina al consumo nacional y el 5% restante a la exportación. No obstante, las pérdidas por manejo postcosecha justifican buscar métodos para conservarlo. El plátano presenta cambios en volumen debido al intercambio de calor y masa, por lo que decrece su superficie bajo la contracción de los tejidos por pérdida parcial de agua. En consecuencia, todos los parámetros que dependen de cambios de dimensión interna y externa, requieren del uso de modelos de simulación mediante curvas de secado que nos permitan describir dicho comportamiento en los alimentos. Por lo anterior, el presente trabajo presenta una serie de modelos de regresión (exponencial, lineal, logarítmico y polinomial) con la finalidad de obtener el mejor modelo y la curva con base en la R^2 , para el secado de plátano verde bajo diferentes tratamientos: rayado, rodajas, con limón, con cáscara y en charolas con perforaciones con base en el contenido de humedad – sólidos y a_w . El modelo Polinomial permitió relacionar aspectos biológicos del comportamientos de los tratamientos a fin de que la R^2 solo fue un referencia de ponderación de una regresión; sin embargo, las mediciones de contenido de humedad – sólidos y actividad de agua, además de los tratamientos con limón y las charolas sin perforaciones, permitieron no solo basarse en los números sino en el comportamiento que en su conjunto nos permitió concluir que el secado de plátano verde con cáscara con limón y sin perforaciones, es la mejor vía para el secado a 70 °C. Finalmente, los niveles de contenido de humedad del secado del plátano verde en rodajas con el tratamiento con limón y el tratamiento sin perforaciones, se pudo obtener el 14% de humedad y la a_w fue menor al 0.40 que suele inhibir en gran medida la presencia de microorganismos contaminantes y las reacciones enzimáticas y no enzimáticas, que minimizan la degradación de la calidad del producto.

PALABRAS CLAVE: Ácido cítrico, enzimas, obscurecimiento, harina, madurez

DRYING MODELS PLOTS FOR GREEN BANANA (*Musa acuminata*)

JOSÉ ADAN PÉREZ PRADO, M.T.

Colegio de Postgraduados, 2010

Banana is the second largest fruit in economic relevance in Mexico, 95% of its production is consumed nationally and only 5% is exported. Nevertheless, the losses due to unapropiated post harvest management are considerable justifying methods that help reduce those losses. The banana fruit presents changes in volume due to changes in heat and mass, its surface decreases when tissues lose water. In consequence, all parameters depending on internal and external changes in the fruit dimension require the use of simulation models using drying curves that allow describing the process. This research presents a series of regression models (exponential, lineal, logarithmic and polynomial) that aim to obtain the best model and curve based on their R^2 , for dehydrating green banana under different treatments: lined grated, sliced, with lemon, with rind and in trays with and without perforations, based on the humidity-solids content as well as the water activity. The polynomial model was the best for relating the biological aspects of the treatments and R^2 remained a reference for the rigidity of the regression. Nevertheless, accounting for humidity-solids and water activity, as well as the treatments with lemon juice and the trays without perforations, allowed to not only based the decision on numbers but in the behavior that in an integral way allowed us to conclude that drying the green banana with rind, lemon juice and without perforations is the best way to dehydrate at 70°C. Finally, the level of the content of humidity of the dehydrated banana slices was of 14% and 0.40 of water activity, which are ideal for reducing enzymatic activity and microorganism development.

KEY WORDS: Citric acid, enzyme, darkening, flour, ripening

AGRADECIMIENTOS

A la Línea Prioritaria de Investigación 13, Comunidades Rurales Agrarias, Ejidos y Conocimiento Local y a la Línea Prioritaria de Investigación 5: Biotecnología Microbiana, Vegetal y Animal del Colegio de Postgraduados por el apoyo para realizar la presente investigación así como al Colegio de Postgraduados Campus Córdoba por haberme permitido realizar mis estudios y ser posible mi formación.

Al Dr. Francisco Hernández Rosas por su apoyo para la realización de la investigación escrita y las largas sesiones en el laboratorio.

A la Dra. Katia Figueroa Rodríguez por haberme brindado la oportunidad de seguir creciendo como profesionista.

A la M.C. Natalia Real Luna por haberme otorgado todas las facilidades para la elaboración de la investigación.

A la Dra. Obdulia Baltazar Bernal por su participación en mi consejo particular.

A la Finca Mundo Nuevo en Tuxtepec, Oaxaca por las facilidades para la obtención del fruto.

DEDICATORIA

Le doy gracias a Dios y a la Virgen de Juquila por brindarme la oportunidad de seguirme preparando en mis estudios, que siempre ha cuidado, guiado y protegido a toda mi familia además de ayudarnos a salir adelante.

A mis padres, Marina y José Ladislao que siempre me han dado su apoyo, confianza y comprensión, por ellos y para ellos he culminado con mis metas, gracias.

A mis hermanos, Xochitl y Gabriel por impulsarme y apoyarme siempre a terminar mis estudios, gracias.

A mi alma gemela Mirian, la cual nunca me dejo caer ante las adversidades, gracias a ella, hoy veo finiquitado mi trabajo, por tu amor, tu paciencia, tu comprensión y entrega, gracias.

A mis abuelitos y familia que Dios tenga en su gloria.

A la Química Rosario, por brindarnos su amistad, sus consejos, su hospitalidad y por todas las arduas jornadas de trabajo que compartimos, las cuales han sido de gran ayuda y de experiencia para nosotros, gracias.

A Doña Lourdes y su esposo Don Jesús, por hacernos sentir como de su familia, por su amistad, su hospitalidad y todas las facilidades que nos dieron para llegar a su hogar, gracias.

A todas las personas que nos apoyaron y creyeron a nosotros, muchas gracias, que Dios los bendiga a todos.

INDICE

AGRADECIMIENTOS.....	v
DEDICATORIA.....	vi
INDICE	vii
INDICE DE CUADROS.....	ix
INDICE DE FIGURAS.....	x
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MARCO DE REFERENCIA	3
2.1. Generalidades sobre el plátano Roatán.....	3
2.1.1. Importancia económica y distribución geográfica del plátano	4
2.1.2. Descripción botánica del plátano.....	6
2.1.3. Principales variedades del plátano Roatán	7
2.1.4. Fisiología del plátano.....	8
2.2. Métodos para el deshidratado del plátano	9
2.2.1. Tipos de secado	10
2.3. Actividad de agua.....	11
2.3.1. Actividad de agua y crecimiento microbiano.....	12
3. PROBLEMA DE INVESTIGACION.....	14
3.1. Pregunta de investigación.....	14
3.2. Hipótesis	14
3.3. Objetivo.....	14
4. MATERIALES Y METODOS	15
4.1. Pruebas preliminares	15
4.2. Obtención de muestras.....	15
4.3. Procedimiento en laboratorio	16
4.3.1. Lavado.....	18
4.3.2. Rebanado.....	19
4.3.3. Rayado	19
4.3.4. Inmersión en jugo de limón.....	19
4.3.5. Deshidratado	20

4.3.6. Molido.....	21
4.3.7. Almacenado.....	21
4.3.8. Determinación del pH del plátano deshidratado.....	21
4.4. Diseño experimental	23
4.5. Variables respuesta.....	23
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
5.1. Análisis descriptivo.....	25
5.2. Modelos de regresión para las curvas de secado de plátano	27
5.3. Comportamiento del pH	40
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	44
7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	45
8. Anexos.....	49

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición nutrimental del plátano Roatán fresco (100 g).....	4
Cuadro 2. Producción de plátano en México (ton/año).....	5
Cuadro 3. Superficie cosechada de plátano en México (ton/ha)	6
Cuadro 4. R ² de los modelos de regresión de la curva de secado de plátano con cáscara en rodaja y limón.....	27
Cuadro 5. R ² de los modelos de regresión de la curva de secado de plátano sin cáscara en rodaja	28
Cuadro 6. R ² de los modelos de regresión de la curva de secado de plátano rayado con cáscara y limón.....	29
Cuadro 7. R ² de los modelos de regresión de la curva de secado de plátano rayado sin cáscara.....	30
Cuadro 8. R ² de los modelos de regresión de la curva de secado de plátano en rodajas y con limón.....	32
Cuadro 9. R ² de los modelos de regresión de la curva de secado de plátano en rodajas con cáscara.....	33
Cuadro 10. R ² de los modelos de regresión de la curva de secado de plátano en rodajas con cáscara y limón en charolas con perforaciones	35
Cuadro 11. R ² de los modelos de regresión de la curva de secado de plátano en rodajas con cáscara en charolas con perforaciones.....	36
Cuadro 12. R ² de los modelos de regresión de la curva de secado de plátano en rodajas con cáscara y limón en charolas sin perforaciones.....	38
Cuadro 13. R ² de los modelos de regresión de la curva de secado de plátano en rodajas con cáscara en charolas sin perforaciones.....	39
Cuadro 14. PH del plátano deshidratado para diferentes tratamientos	42

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de una planta de plátano Roatán	7
Figura 2. Grados de madurez del plátano Roatán.....	9
Figura 3. Muestra de plátano roatán (<i>Musa acuminata</i>) en verde utilizado para el experimento.....	16
Figura 4. Etapas de secado del plátano con limón en charolas.....	17
Figura 5. Etapas de secado del plátano sin limón en charolas.....	18
Figura 6. Reposo de rebanadas de plátano en jugo de limón	20
Figura 7. Plátano rayado y rebanado en el horno para deshidratar.....	20
Figura 8. Molido de muestras	21
Figura 9. Porcentaje de humedad, sólidos y actividad de agua.....	26
Figura 10. Curva de secado de plátano verde con cáscara en rodaja con limón y modelo de regresión polinomial del porcentaje de humedad y sólidos presentes .	28
Figura 11. Curva de secado de plátano verde sin cáscara en rodaja y modelo de regresión polinomial del % de humedad y sólidos presentes.	29
Figura 12. Curva de secado de plátano verde con cáscara rayado con limón y modelo de regresión polinomial del porcentaje de humedad y sólidos presentes .	30
Figura 13. Curva de secado de plátano verde sin cáscara rayado y modelo de regresión polinomial del % de humedad y sólidos presentes	31
Figura 14. Curva de secado de plátano verde con cáscara en rodajas con limón y modelo de regresión polinomial del porcentaje de humedad y sólidos presentes .	32
Figura 15. Curva de secado de plátano verde con cáscara en rodajas y modelo de regresión polinomial del porcentaje de humedad y sólidos presentes.....	34
Figura 16. Curva de secado de plátano verde con cáscara en rodajas con limón en charolas con perforaciones y modelo de regresión polinomial del porcentaje de humedad, sólidos y actividad de agua.....	36

Figura 17. Curva de secado de plátano verde con cáscara en rodajas en charolas con perforaciones y modelo de regresión polinomial del porcentaje de humedad, sólidos y actividad de agua.....	37
Figura 18. Curva de secado de plátano verde con cáscara en rodajas con limón en charolas sin perforaciones y modelo de regresión polinomial del % de humedad, sólidos y actividad de agua.....	38
Figura 19. Curva de secado de plátano verde con cáscara en rodajas dentro de charolas sin perforaciones y modelo de regresión polinomial del porcentaje de humedad, sólidos y actividad de agua.....	39
Figura 20. Muestras finales plátano en rodajas y rallado.....	41

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. NOM-147-SSA1-1996. Bienes y servicios. Cereales y sus productos....	49
Anexo 2. Norma del CODEX para harina de trigo. CODEX STAN 152-1985	78

1. INTRODUCCIÓN

La elaboración de un producto a base de plátano desde un punto de vista innovador, resulta interesante por la diversidad de productos que se pueden realizar, además de sus nutrientes que contiene como la vitamina C, B6, Potasio y los almidones por lo que hace al producto sensible al oxígeno y al calor para su cristalización (Murillo, 2007). El plátano es un fruto climatérico debido a que su tasa respiración se incrementa durante la maduración y en consecuencia, se deteriora rápidamente después de la cosecha (Tribess *et al.*, 2009; Radomkit *et al.*, 2007).

El plátano es el frutal en segundo lugar en importancia económica en México con 77,301 hectáreas donde se producen más de 2.2 millones de toneladas, el 95% se destina al consumo nacional y el 5% restante a la exportación. No obstante, las pérdidas por manejo postcosecha justifican buscar métodos para conservar por deshidratación al plátano para aumentar su valor agregado. En algunos trabajos se ha demostrado que procesar el plátano en verde, por sus valiosas características como alimento funcional y deshidratado se puede convertir en harina con aplicaciones múltiples en la industria de los alimentos al igual que el plátano maduro (Daramola y Osanyinlusi, 2005; Ramírez-Estrada *et al.*, 2005; Tribess *et al.*, 2009). Aunque, la mayoría de los frutos comestibles como el plátano producen cambios en volumen debido al intercambio de calor y masa, por lo que decrece la superficie del plátano por la contracción de los tejidos por pérdida parcial de agua. En consecuencia, todos los parámetros que dependen de cambios de dimensión internos y externos, requieren del uso de modelos de simulación mediante curvas de secado que nos permitan describir dicho comportamiento en los alimentos (Talla *et al.*, 2004).

Por lo anterior, el presente trabajo presenta una serie de modelos de regresión (exponencial, lineal, logarítmico y polinomial) con la finalidad de obtener el mejor modelo y la curva con base en la R^2 , para el secado de plátano verde bajo

diferentes tratamientos: rayado, rodajas, con limón, con cáscara y en charolas con perforaciones con base en el contenido de humedad – sólidos y a_w .

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Generalidades sobre el plátano Roatán

Las bananas y los plátanos son nativos del sudeste de Asia, donde han sido cultivados desde hace miles de años. Se piensa que las bananas fueron introducidas en África en tiempos prehistóricos. En cambio, evidencias recientes sugieren que las bananas fueron introducidas en el Nuevo Mundo (Ecuador) por inmigrantes provenientes del sudeste asiático alrededor del año 200 a.C.; más recientemente, a principios del siglo XVI, ellas fueron reintroducidas por los exploradores portugueses y españoles. Los portugueses introdujeron las bananas en Islas Canarias, mientras que los españoles lo hicieron en la Española (Crane y Balerdi, 1998). El banano es uno de los frutos que más consumo ha obtenido en el mundo por su valor alimenticio y la facilidad de su cultivo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición nutrimental del plátano Roatán fresco (100 g)

Nutrimento		Contenido
Agua (g)		75.7
Proteínas (g)		1.1
Lípidos (g)		0.2
Carbohidratos	Total (g)	22.2
	Fibras (g)	0.6
Vitaminas	A (UI)	190
	B1 (mg)	0.05
	B2 (mg)	0.06
	B6 (mg)	0.32
	Ácido nicotínico (mg)	0.6
	Ácido pantoténico (mg)	0.2
	C (mg)	10
Otros componentes orgánicos	Ácido málico (mg)	500
	Ácido cítrico (mg)	150
Sales minerales	Ácido oxálico (mg)	6.4
	Sodio (mg)	1
	Potasio (mg)	420
	Calcio (mg)	8
	Magnesio (mg)	31
	Manganeso (mg)	0.64
	Hierro (mg)	0.7
	Cobre (mg)	0.2
	Fósforo (mg)	28
	Azufre (mg)	12
	Cloro (mg)	125
Calorías (Kcal)		85

Fuente: www.fincamundonuevo.com

2.1.1. Importancia económica y distribución geográfica del plátano

El plátano es el cuarto cultivo más importante del mundo, después del arroz, el trigo y el maíz. Además de ser considerado un producto básico y de exportación, constituyendo una importante fuente de empleo e ingresos en numerosos países en desarrollo. Los países latinoamericanos y del Caribe producen el grueso de los plátanos que entran en el comercio internacional, unos 10 millones de toneladas, del total mundial de 12 millones de toneladas (Cuadro 2). Actualmente, el plátano

tiene una superficie de 82, 090 ha de plátano y ocupa el primer lugar en producción nacional el principal estado productor en México es Chiapas con 22, 089 ha por tanto da lugar a buscar nuevas alternativas de industrialización para este fruto, que es de suma importancia en el estado por su producción (Cuadro 3). El principal uso de los plátanos comestibles es el consumo como fruta fresca y su aceptación depende mucho del sabor y el aroma; combinándose lo dulce (ácido, astringente, picante), el olor (sustancias volátiles) y la consistencia (suave o licuable), que con la maduración se aumentan los azúcares simples que te dan dulzura, con la disminución de los ácidos orgánicos y fenólicos, que a su vez reducen la astringencia y la acidez, de manera que aumentan las emanaciones volátiles que son las que determinan el sabor y el aroma de la fruta. A últimas fechas, las golosinas y otros productos elaborados a base de plátano están obteniendo gran aceptación por los comercios, pudiéndose elaborar: alcohol, almidón, bebidas, vino, aguardiente, vinagre, golosinas y bocadillos en barra, conservas, cereal, harina, polvos, puré entre otros.

Cuadro 2. Producción de plátano en México (ton/año)

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Promedio	%	TMAC
Chiapas	60	105	100	201	136	270	300	307	362	305	242	68	24.3	17
Tabasco	200	273	351	437	527	612	640	800	850	880	900	527	23.3	7.4
Veracruz	11	12	22	30	20	22	20	20	22	22	22	22	1.0	0.1
Colima	3	10	22	10	10	0	10	10	10	10	10	10	0.4	0.1
Michoacán	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0.4	0.1
Subtotal	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Resto	200	250	373	308	507	311	230	327	217	301	300	387	16.3	2.7
Nacional	300	350	473	408	607	311	330	327	217	301	300	487	16.3	2.7

Fuente: INEGI, 2007

Cuadro 3. Superficie cosechada de plátano en México (ton/ha)

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Promedio	TI/AC
Chiapas	15854	12605	21575	51,46	22,072	19,731	1,443	92,898	51,47	95,545	19,867	5,165	1.4
Tobasco	26,277	27,274	41,308	82,327	26,133	41,378	44,814	51,391	55,227	61,768	49,329	88,267	2.1
Veracruz	7531	1,518	17,660	18,154	19,211	2,222	2,285	21,792	22,375	20,561	19,418	16,175	1.3
Colima	15,867	17,881	24,411	23,774	38,471	35,719	27,401	27,262	21,725	21,725	21,725	21,725	1.1
Michoacán	27,456	37,115	31,114	33,334	29,112	27,012	25,115	19,111	21,111	22,094	31,782	28,881	2.1
Subtotal	37,071	21,877	24,775	23,715	20,727	19,877	13,329	52,121	51,370	52,017	27,981	21,861	1.1
Resto	8,326	1,113	15,214	13,521	11,112	1,111	4,413	18,441	11,111	11,111	1,411	11,111	1.1
Rendimiento													
Ponderado	25,900	22,111	25,841	25,851	11,111	21,111	21,111	21,111	11,111	21,111	21,111	21,111	1.1

Fuente: INEGI, 2007

2.1.2. Descripción botánica del plátano

La planta de banana consiste de uno o más tallos (las partes erectas que se asemejan a troncos), un rizoma subterráneo y un sistema de raíces fibrosas. El falso tallo constituye el tronco funcional que sostiene a las hojas, flores y frutos. a) Rizoma está formado por un tallo subterráneo con numerosos puntos de crecimiento (meristemas) a partir de los cuales surgen los falsos tallos, las raíces y los tallitos donde surgirán las flores y frutos. b) Las hojas de las bananas están formadas por una estructura tubular llamada vaina, un peciolo grueso y un limbo o lámina. Un grupo de numerosas vainas se disponen concéntricamente y de forma muy apretada para formar los falsos tallos, los cuales pueden poseer hasta 40 vainas durante su vida. c) Las Flores emergen del centro de los falsos tallos a los 10-15 meses de haberse sembrado; en este momento, de 26 a 32 hojas deben haber surgido. Las flores se disponen en forma de espiral a lo largo del eje de la inflorescencia en grupos de 10 a 20 y están cubiertas por brácteas (hojas modificadas) carnosas de color púrpura verdoso (Crane y Balerdi, 1998).

Las brácteas se caen a medida que el desarrollo de las flores progresa. Las primeras flores que emergen son femeninas. En las variedades comestibles, los ovarios crecen rápidamente sin polinización y se transforman en grupos de frutos llamados 'manos'. A pesar de que la mayoría de las variedades de bananas producen frutos sin semilla, algunas son fértiles y producen semillas. Las últimas

flores en surgir son las masculinas. En los plátanos, la parte masculina de la inflorescencia y/o las flores masculinas pueden estar ausentes o reducidas grandemente. El tiempo que demoran los frutos para poder recolectarse varía entre 80 y 180 días y depende de la temperatura ambiental, la variedad, la humedad del suelo y las prácticas hortícolas (Crane y Balerdi, 1998) (Figura 1).

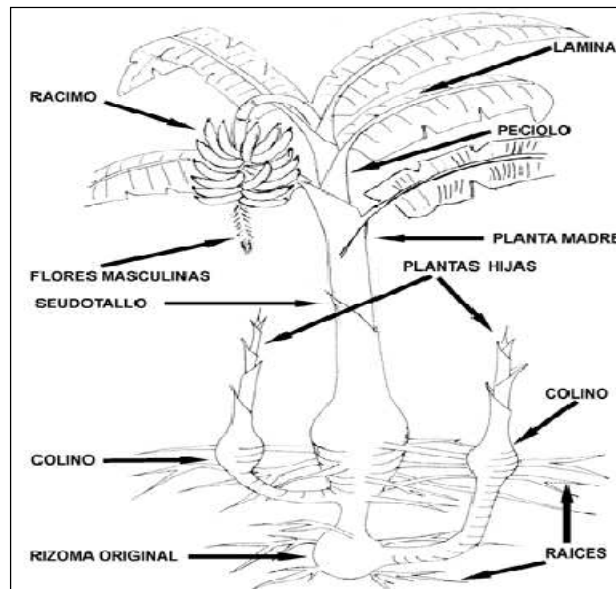


Figura 1. Esquema de una planta de plátano Roatán

Fuente: Crane y Balerdi, 1998.

2.1.3. Principales variedades del plátano Roatán

La variedad de plátanos que se cultivan es amplia y destaca el plátano tabasco o Roatán, aunque sólo el tabasco en mayor medida, así como, el dominico y plátano macho en menor medida, se dedican a satisfacer el mercado externo, las variedades restantes se destinan exclusivamente a cubrir el consumo interno. El nombre de plátano se ha generalizado en toda la población, sin embargo, de acuerdo a los especialistas, la mayoría de las variedades comerciales son bananos, con excepción del plátano macho. Así, las distintas especies y variedades de plátano se diferencian por su tamaño, la disposición y dimensiones

de las hojas, la forma y tamaño de los frutos, pero principalmente por la conformación del racimo (INEGI, 2007).

Las variedades o tipos de plátano que se producen en México son: Enano Gigante, Macho, Tabasco Dominicano, Valery, Criollo, Sin Clasificar, Pera, Manzano y Morado. La variedad enano gigante es la que predomina en producción, en 2007 se obtuvieron 1'123,949 toneladas que representan el 57.2% de la producción total. En Tabasco se obtuvieron 532,665 toneladas de este variedad, en Chiapas 284,571 toneladas, Veracruz 88,336 toneladas y en Michoacán 79,735 toneladas (INEGI, 2007).





2.1.4. Fisiología del plátano

Se caracteriza cuando está maduro por su color amarillo y su intenso aroma, por su sabor muy dulce y por la blancura de su carne. La madurez del banano que se caracteriza por su color amarillo y desarrollo del aroma, dentro de la fruta, implica la transformación del almidón en sacarosa.

Para la selección y conservación del plátano siempre debe de estar intactos, sin golpes ni magulladuras. Tanto en el banano como en el plátano de consumo crudo, el color de la piel es indicativo del grado de madurez del fruto (Figura 2). Se suelen eliminar los ejemplares que están excesivamente blandos. La presencia de manchas y puntos negros o marrones en la piel no afecta la calidad de la pieza.

Esta fruta no requiere condiciones especiales de conservación basta mantenerlos en un lugar fresco, seco y protegido de la luz directa del sol. Si se conservan en el frigorífico, la cáscara del plátano se ennegrece por lo que se altera su aspecto externo, pero esto no afecta en absoluto a su calidad nutritiva. El oscurecimiento de la piel puede evitarse si se envuelven en papel periódico (Pérez, 2007).

Figura 2. Grados de madurez del plátano Roatán

1		<p>COMPLETAMENTE VERDE</p> <p>Color normal al arribo Temperatura 14°C - 16°C</p>
2		<p>VERDE CLARO</p> <p>Primer cambio de color. Indica que el proceso de maduración ya se inició.</p>
3		<p>VERDE CLARO CON AMARILLO</p> <p>Cambio pronunciado de color. Listo para enviar al detallista en estaciones de clima templado. La maduración se encuentra en pleno proceso. Temperatura máxima 14°C.</p>
4		<p>AMARILLO CON VERDE</p> <p>Color recomendado para despacho el Detallista. Temperatura 14°C.</p>
5		<p>AMARILLO CON PUNTAS VERDES</p> <p>Color ideal para colocar en los exhibidores de los detallistas. En este grado la fruta debe mantenerse a 12°C. A mayor temperatura la fruta madura más rápidamente.</p>
6		<p>TOTALMENTE AMARILLO</p> <p>Apto para venta y consumo. La fruta tiene firmeza con buen sabor. Manéjese con cuidado. Exhíbanse en mesas con una base suave.</p>
7		<p>AMARILLO CON PUNTAS CAFÉ</p> <p>Completamente Maduro con mejor sabor y mayor valor nutritivo.</p>

Fuente: Pérez, 2007

2.2. Métodos para el deshidratado del plátano

El secado de frutos, es un proceso difícil de describir, debido a la complejidad de los fenómenos internos y externos del proceso. Se ha utilizado ampliamente el método de la curva de secado característica que permite simular el secado de

frutos utilizando un modelo difusivo, sin tomar en cuenta la contracción del fruto y la convección superficial. El secado de alimentos, particularmente de frutas y vegetales, produce importantes variaciones en su volumen y área de intercambio, debido a los efectos de la contracción de tejidos en las propiedades internas del material. Si se obtiene un número suficiente de puntos experimentales al inicio del secado, se puede mostrar un periodo de temperatura creciente y un “posible” periodo de velocidad constante, de ahí que el secado sea un proceso de desplazamiento, en el cual la fase líquida en los poros superficiales se transporta al inicio por capilaridad como resultado de la evaporación superficial.

La complejidad de los mecanismos de secado, nos conducen a buscar simplificaciones de los modelos de comportamiento, basados en estudios cinéticos, permitiendo la comprensión del comportamiento de un producto sometido a condiciones de secado específicos, analizando los procesos a partir de experiencias llevadas a cabo en el laboratorio o a nivel industrial (Sandoval-Torres *et al.*, 2006).

2.2.1. Tipos de secado

En el secado de un material se remueve humedad libre de la superficie y también agua retenida en el interior. Si se determina el cambio en el contenido de humedad del material con respecto al tiempo, se obtiene una curva de donde se puede conocer la velocidad de secado a cualquier contenido de humedad. La forma de la curva varía con la estructura y tipo de material. Para el caso de la deshidratación del plátano y su respectiva transformación en harina se recomienda que esta contenga de 2 a 5 % de humedad en base húmeda y los siguientes rangos de temperatura:

- Cuando se emplea el cilindro rotatorio se utiliza plátano verde y la temperatura máxima es de 90°C hasta que tenga 12 % de humedad en base húmeda y luego

se pasa a un túnel secador con temperatura de 60 °C a 70 °C hasta 2% de humedad en base humedad.

- Cuando se emplea el método de secado por rociado, se utiliza plátano maduro triturado y diluido con una determinada cantidad de agua. Para este método la temperatura empleada varía de 60 °C a 80 °C.

- Cuando se emplea el secador de cabina, se utiliza plátano verde y la temperatura empleada varía de 65 °C a 80 °C (Carranza, 2001).

2.3. Actividad de agua

La actividad de agua (a_w) de un producto representa uno de los factores primordiales en la conservación de alimentos, por permitir reducir la posibilidad de que se lleven a cabo diferentes tipos de reacciones bioquímicas y el crecimiento de microorganismos que produzcan alteraciones en el mismo o que sean patógenos (Torrealba, 2007).

La actividad de agua es un parámetro que establece el inicio o final del crecimiento de muchos microorganismos. La mayoría de patógenos requieren una a_w por encima de 0.96 para poder multiplicarse. Sin embargo, existen otros que pueden existir en valores inferiores. Por ejemplo, algunos hongos que son capaces de crecer a valores inferiores a 0.6.

$a_w = 0.98$: pueden crecer casi todos los microorganismos patógenos existentes dando lugar a alteraciones y toxemias alimentarias. Los alimentos más susceptibles son la carne o pescado fresco y frutas o verduras frescas, entre otros.

$a_w = 0.93 - 0.98$: existe poca diferencia con el anterior. En alimentos con esta a_w pueden aparecer un gran número de microorganismos patógenos. Los alimentos más susceptibles son los embutidos fermentados o cocidos, quesos de corta

maduración, carnes curadas enlatadas, productos cárnicos o pescado ligeramente salado o el pan, entre otros.

$a_w = 0.85 - 0.93$: a medida que disminuye la a_w , se reduce el número de patógenos que pueden sobrevivir sobre el sustrato o alimento. En este caso, la bacteria *Staphylococcus aureus* puede causar una toxemia alimentaria con la ingesta de embutidos curados y madurados, el jamón serrano o la leche condensada. Sin embargo, los hongos aún pueden crecer.

$a_w = 0.60 - 0.85$: las bacterias no suelen crecer en este intervalo, si existe contaminación es debida a microorganismos altamente resistentes a una baja actividad de agua, los denominados osmófilos o halófilos. Puede darse el caso en alimentos como los frutos secos, los cereales, mermeladas o quesos curados.

$a_w < 0.60$: no hay crecimiento microbiano pero sí puede haber microorganismos como residentes durante largos periodos de tiempo. Por ejemplo en chocolate, miel, galletas o dulces (Gimferrer, 2008).

Algunos alimentos contienen componentes con distintos niveles de a_w como dulces con relleno de crema o cereales con frutas secas. Los cambios de textura no son deseables, y se suelen producir como resultado de la migración de humedad entre los componentes. La humedad migrará desde la región de a_w alta a la región de a_w más baja, así por ejemplo, la humedad que migre desde una fruta seca de mayor a_w al cereal de menos a_w causará que la fruta se torne dura y seca mientras que el cereal se tornará blando.

2.3.1. Actividad de agua y crecimiento microbiano

La a_w es un factor crítico que determina la vida útil de los productos. Este parámetro establece el límite para el desarrollo de muchos microorganismos

mientras que otros parámetros como temperatura, pH o contenido en azúcares, generalmente influyen en la velocidad de crecimiento.

La a_w más baja para el crecimiento de la mayoría de las bacterias que producen deterioro en alimentos está alrededor de 0.90. La a_w para el crecimiento de hongos y levaduras está próxima a 0.61. El crecimiento de hongos micotoxigénicos se produce con valores de a_w cercanos a 0.78.

3. PROBLEMA DE INVESTIGACION

3.1. Pregunta de investigación

¿Qué modelo de regresión se ajusta a la curva de secado de plátano verde bajo diferentes tratamientos: rodajas y rayado con y sin limón en charolas con perforaciones y sin perforaciones?

3.2. Hipótesis

Los modelos de regresión que se ajustan son aquellos con la R^2 mayor para el secado de plátano verde en rodajas con limón, y en charolas con perforaciones.

3.3. Objetivo

Realizar curvas de secado del plátano Roatán en verde con ajuste de modelos de regresión y R^2 para el secado de plátano verde en rodajas y rayado con y sin limón al igual que con y sin perforaciones.

4. MATERIALES Y METODOS

La presente investigación se realizó en el laboratorio de biotecnología aplicada del Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, durante 2008 y 2009.

4.1. Pruebas preliminares

Se realizaron pruebas preliminares el 3 de octubre del 2008, las muestras se obtuvieron del municipio del Naranjal en la Región Centro del Estado de Veracruz. Las pruebas consistieron en analizar el secado del plátano comparando diversos grados de maduración, así como el efecto de la adición de limón para evitar la oxidación del mismo.

4.2. Obtención de muestras

Diez kilogramos de muestras de plátano se colectaron de la variedad Roatán (*Musa acuminata*) en la finca Mundo Nuevo ubicado en Tuxtepec, Oaxaca, se seleccionaron aquellos que se encontraban en su primera etapa de maduración, completamente en verde, se llevaron al laboratorio en bolsas de plástico en una caja de cartón. El proceso de transporte duró aproximadamente 20 horas. Una vez en el laboratorio, se sacaron de las bolsas de plástico y caja y se trabajó a una temperatura ambiental de 16°C. Este procedimiento se repitió tres veces, esto con el objetivo de que cada análisis se hiciese con plátanos verdes. Las fechas en que se obtuvieron las muestras fueron del 20 de julio del 2009, 28 de julio del 2009 y 28 de agosto del 2009.

Figura 3. Muestra de plátano roatán (*Musa acuminata*) en verde utilizado para el experimento



4.3. Procedimiento en laboratorio

El procedimiento para obtener las muestras de plátano deshidratado se describe a continuación. La Figura 4 y Figura 5 nos permite mostrar el procesamiento que tuvo la materia prima durante este trabajo experimental.

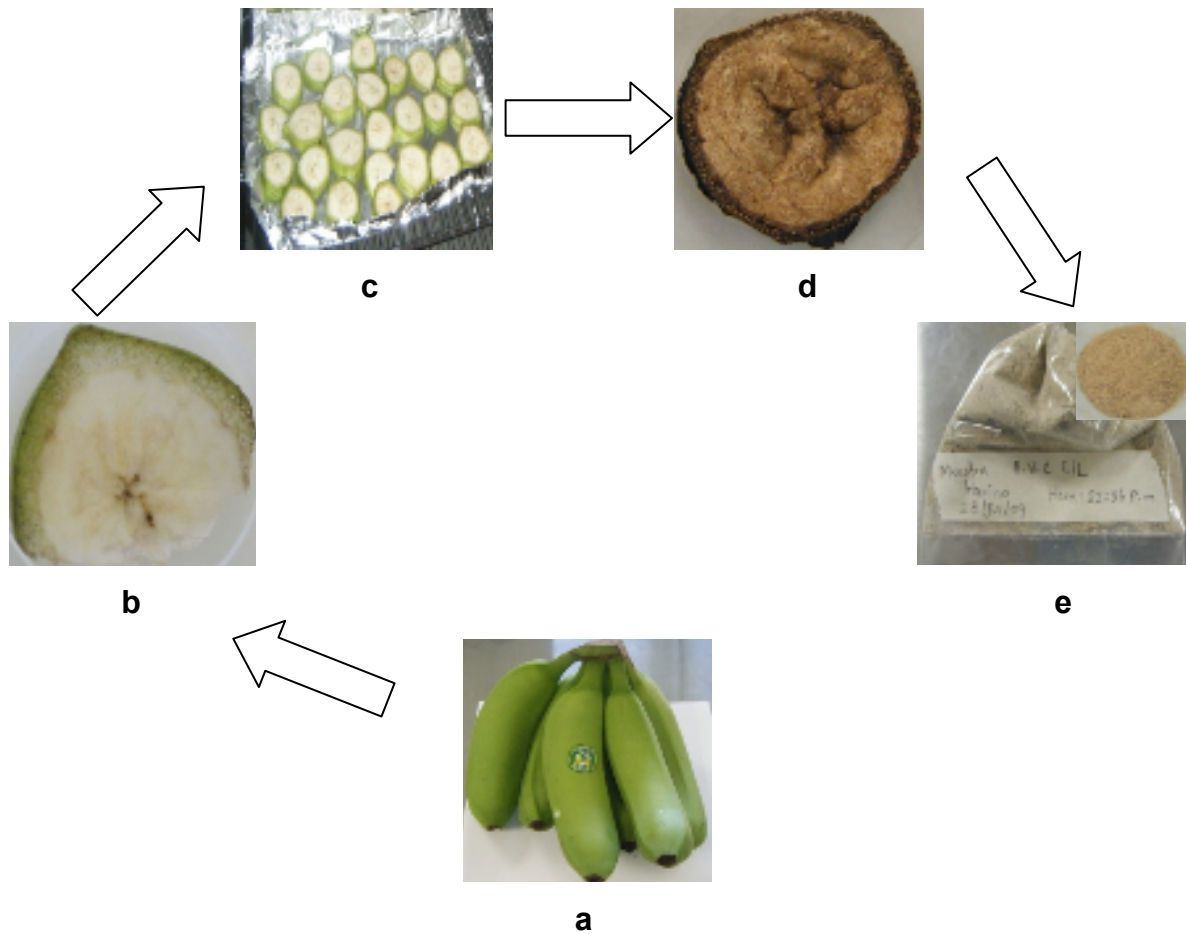


Figura 4. Etapas de secado del plátano con limón en charolas: a) Selección plátano en verde, b) rodajas de plátano con limón, c) secado de plátano, d) macerado y e) almacenamiento.

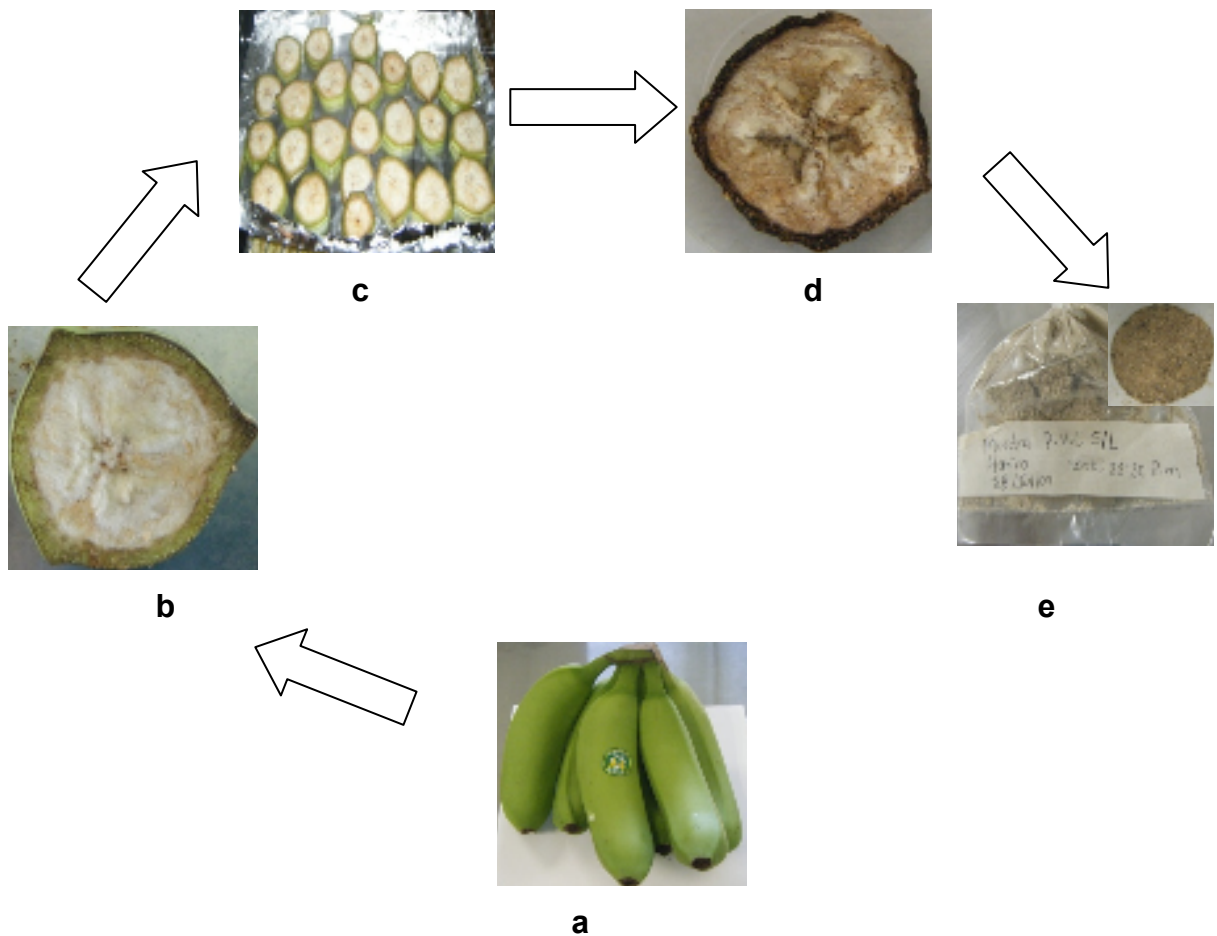


Figura 5. Etapas de secado del plátano sin limón en charolas: a) Selección plátano en verde, b) rodajas de plátano sin limón, c) secado de plátano, d) macerado, e) almacenamiento.

4.3.1. Lavado

Se lavaron los plátanos Roatán (*Musa acuminata*) con agua purificada y desinfectados con hipoclorito de sodio (NaClO), se dejaron escurrir en una bandeja y se utilizó una muestra de 500 g para el secado de plátano en rodajas y de plátano rayado.

4.3.2. Rebanado

Con un cuchillo de acero inoxidable se cortaron rodajas de plátano (con cáscara) con un grosor aproximado de 2 a 3 mm y que fueron utilizadas para el tratamiento con limón y sin limón.

4.3.3. Rayado

Para el rayado del plátano (con cáscara) se utilizó un rayador casero que permitió la obtención de partes más delgadas solo que sin consistencia y muy blandas, para su posterior inmersión en zumo de limón.

4.3.4. Inmersión en jugo de limón

La inmersión de las rodajas y en su caso de plátano rayado se realizó durante 5 minutos en solución de jugo de limón 1% contenida en una bandeja, se midió el pH de la solución previamente con el uso de un Potenciómetro (Denver Instrument®). Posterior, a la inmersión se dejaron escurrir las rodajas al igual que el rayado de plátano por 5 minutos para remover el exceso de zumo.



Figura 6. Reposo de rebanadas de plátano en jugo de limón

4.3.5. Deshidratado

Las rodajas y el rayado de plátano fueron colocadas en forma horizontal dentro de charolas de aluminio (10X15 cm) (con y sin perforaciones) y los tratamientos colocados en los dos niveles en forma aleatoria dentro del horno Blinder®. Para el secado se mantuvieron a 70 °C y en diferentes periodos de tiempo se tomaron lecturas de porcentaje de humedad y de sólidos con el Analizador de Humedad (OHAUS®) modelo MB45.



Figura 7. Plátano rayado y rebanado en el horno para deshidratar

4.3.6. Molido

Se utilizaron rodajas secas de plátano con limón y sin limón utilizando mortero y una capsula de porcelana para su molienda obteniéndose como producto final la harina de plátano.



Figura 8. Molido de muestras

4.3.7. Almacenado

Las muestras obtenidas de harina se almacenaron en bolsas de plástico con cierre hermético para evitar que entre humedad del medio al producto. En un desecador se guardaron las muestras obtenidas.

4.3.8. Determinación del pH del plátano deshidratado

La determinación del pH se hizo con base en la metodología para determinar pH en suelo de la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, que establece

las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, pero que aplica a muestras deshidratadas y molidas de plátano.

Los materiales y equipos necesarios son:

- ✓ Agua destilada o desionizada
- ✓ Soluciones reguladoras de referencia, pH 4.00, 7.00 y 10.00, las cuales se adquieren preparadas o concentradas para diluirse de acuerdo a la instrucción. Estas soluciones deben estar a temperatura ambiente al momento de calibrar el medidor de pH
- ✓ Potenciómetro o medidor de pH equipado con electrodo de vidrio en combinación con electrodo de referencia
- ✓ Balanza con 0.1 g de sensibilidad
- ✓ Frascos de vidrio o plástico transparente de boca ancha con capacidad de 50 a 100 mL
- ✓ Pipeta volumétrica de 20 mL
- ✓ Varilla de vidrio que sirva como agitador manual
- ✓ Piceta
- ✓ Cinta métrica

El procedimiento fue el siguiente:

- a) Se pesaron 10 g de harina en un frasco de vidrio o plástico de boca ancha.
- b) Se adicionaron 20 mL de agua destilada al frasco conteniendo la harina.
- c) Con una varilla de vidrio, se agitó manualmente la mezcla de harina: agua a intervalos de 5 minutos, durante 30 minutos.
- d) Se dejó reposar durante 15 minutos.
- e) Se calibró el medidor de pH con las soluciones reguladores pH 4.00 y 7.00 o 7.00 y 10.00 según el tipo de harina, enjuagando con agua destilada los electrodos antes de iniciar las lecturas de las muestras.
- f) Se agitó nuevamente la suspensión e introdujo el electrodo en la suspensión.
- g) Se registró el pH al momento en que la lectura se estabilizo.

4.4. Diseño experimental

Los tratamientos realizados consistieron en el secado de plátano con cáscara en rodajas y rayado con y sin limón en un horno sin aire fluido. Se realizaron seis mediciones a diferentes tiempos para cada tratamiento hasta un total de 23 horas de muestreo de los tratamientos:

- 1) Plátano con cáscara en rodajas con limón,
- 2) Plátano con cáscara en rodajas sin limón,
- 3) Plátano con cáscara rayado con limón y
- 4) Plátano con cáscara rayado sin limón.

Posteriormente, se realizaron 10 mediciones a diferentes tiempos para cada tratamiento con un total de 13 horas de muestreos de dos tratamientos:

- 1) Plátano con cáscara en rodajas con limón y
- 2) Plátano con cáscara en rodajas sin limón.

4.5 Variables respuesta

En cada muestreo se midió el porcentaje de humedad y de sólidos presentes. Además, se midió la actividad del agua. Finalmente, se realizaron cuatro tratamientos:

- 1) Plátano con cáscara en rodajas con limón con perforaciones en las charolas,
- 2) Plátano con cáscara en rodajas sin limón con perforaciones en las charolas de secado,
- 3) Plátano con cáscara en rodajas con limón sin perforaciones en las charolas de secado y

4) Plátano con cáscara en rodajas sin limón sin perforaciones en las charolas de secado con el componente de aire fluido.

Se realizaron seis mediciones a diferentes tiempos por cada tiempo de muestreo del porcentaje de humedad, sólidos y de actividad de agua (a_w).

En todos los casos, se realizó una curva de secado y se hizo un análisis del modelo de curva regresión para cada uno de los tratamientos con base en la bondad de ajuste de la R^2 . Es decir, por cada conjunto de valores muestreados a través del tiempo se obtuvo una curva de regresión acorde a cada evento y desde luego, su interpretación de datos estandarizados con el modelo con mejor ajuste de la curva de los respectivos tratamientos.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Análisis descriptivo

Fue posible observar diferencias en cuanto a color del plátano en rodajas dependiendo si se adicionaba o no limón, en pruebas preliminares se observó que las rodajas mantuvieron la consistencia para el manejo de las mismas, en cambio con los tratamientos con plátano rayado no se pudo tener una consistencia manejable para el secado con rango de 1 a 23 horas al intentar medir el % de humedad y % de sólidos después de las 20 horas incluso en horas previas, no se pudieron hacer dichas mediciones debido al calcinamiento repentino que se suscitó en el momento de colocar el plátano deshidratado dentro del medidor de humedad.

Un aspecto previo a las curvas de secado fue la medición de la materia prima al inicio del trabajo para conocer si la fruta era uniforme, a todo lo largo, en cuanto a % de humedad, sólidos y a_w . La materia prima se dividió en tres secciones (el pedúnculo como parte izquierda): extremo izquierdo, parte media y extremo derecho. En el caso del plátano con cáscara se obtuvo que el % de humedad y sólidos fue uniforme con porcentajes promedios de 80% y 17.5%, respectivamente a todo lo largo; para el plátano sin cáscara a todo lo largo se obtuvo un comportamiento semejante para humedad y sólidos (76% y 23%, respectivamente) –véase Figura 9-.

Invariablemente, la cáscara influyó en la conservación de la humedad y en consecuencia menor presencia de sólidos en cada parte del plátano. En cambio, el plátano sin cáscara retuvo menor cantidad de agua e indujo a la oxidación de la pulpa lo que se expresó en el incremento de compuestos fenólicos con la consecuente presencia de sólidos en cada una de las partes. Los compuestos fenólicos naturales con la exposición al oxígeno aceleran los niveles enzimáticos

de la polifenol oxidasa que cataliza mono y difenoles a O – quinonas que se polimerizan para formar pigmentos oscuros (Waliszewski *et al.*, 2007).

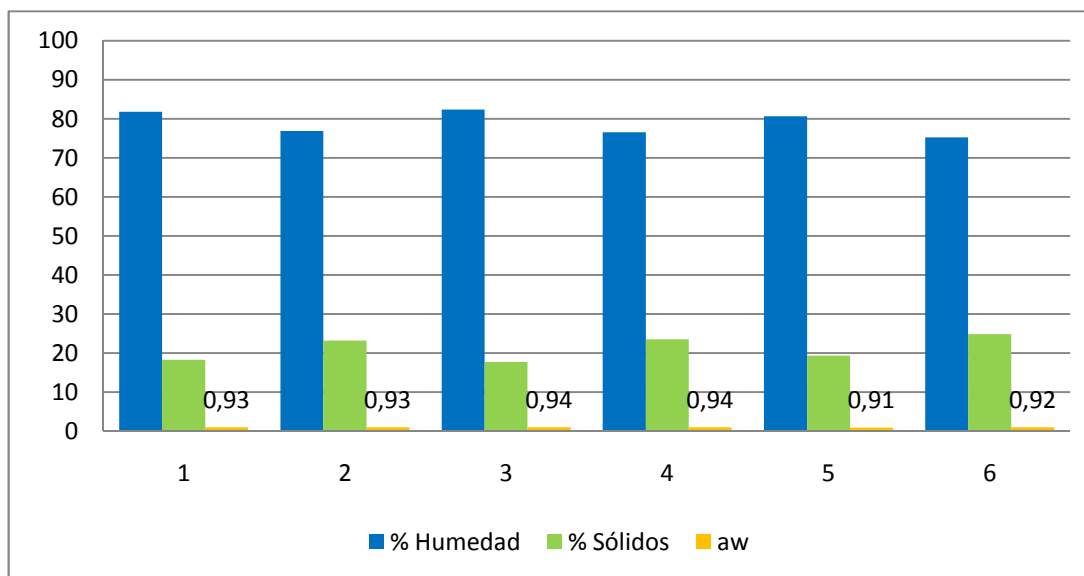


Figura 9. Porcentaje de humedad, sólidos y actividad de agua de: 1) Plátano con cáscara extremo izquierdo, 2) Plátano sin cáscara extremo izquierdo, 3) Plátano con cáscara parte media, 4) Plátano sin cáscara parte media, 5) Plátano con cáscara extremo derecho, 6) Plátano sin cáscara extremo derecho.

Las mediciones del porcentaje de humedad y de sólidos de las secciones de plátano verde con y sin cáscara nos muestran la influencia de la cáscara para la retención de humedad y de forma recíproca de sólidos. En lo que se refiere a las diferencias entre secciones del plátano, sólo la a_w presentó diferencias sin aparente influencia con y sin la cáscara para las tres secciones obteniéndose una a_w de 0.93 para extremo izquierdo, seguido de 0.94 para la parte media y el extremo derecho con 0.91 y 0.92 de a_w .

De acuerdo a Pereira *et al.* (2007) con plátano maduro a nivel entre cuatro y cinco, se obtuvo una actividad de agua con plátano en fresco de 0.97. Lo anterior, explica que la cáscara de plátano es una cubierta protectora que permite a la

pulpa conservar su contenido de humedad sin dejar de lado su actividad fisiológica propia.

5.2. Modelos de regresión para las curvas de secado de plátano

En la primera parte de los tratamientos se propuso resolver aspectos de secado mediante el deshidratado de plátano en rodajas y rayado, estos con y sin limón. Para conocer la curva de regresión de cada tratamiento (4), se analizaron diferentes curvas para cada modelo de regresión con base en la R^2 , con la finalidad de ajustar el modelo de acuerdo a los resultados del % de humedad y de sólidos (Cuadro 5).

Cuadro 4. R^2 de los modelos de regresión de la curva de secado de plátano con cáscara en rodaja y limón

	Exponencial	Lineal	Logarítmico	Polinomial
% Humedad	0.5128	0.3696	0.1743	0.8630
% Sólidos	0.2743	0.3696	0.1743	0.8630

Nota: El jugo de limón adicionado tuvo un pH inicial de 3.75.

Se tuvieron seis puntos de medición.

El cuadro anterior, muestra que el modelo Polinomial (3^{er} orden) fue el que mejor se ajustó para ambos casos, % de humedad y % de sólidos, los que resultaron inversamente proporcionales con una R^2 igual a '0.863; superior al modelo exponencial y lineal (Cuadro 4; Figura 10) sin uniformidad y menores a la R^2 obtenida con el modelo Polinomial, respectivamente.

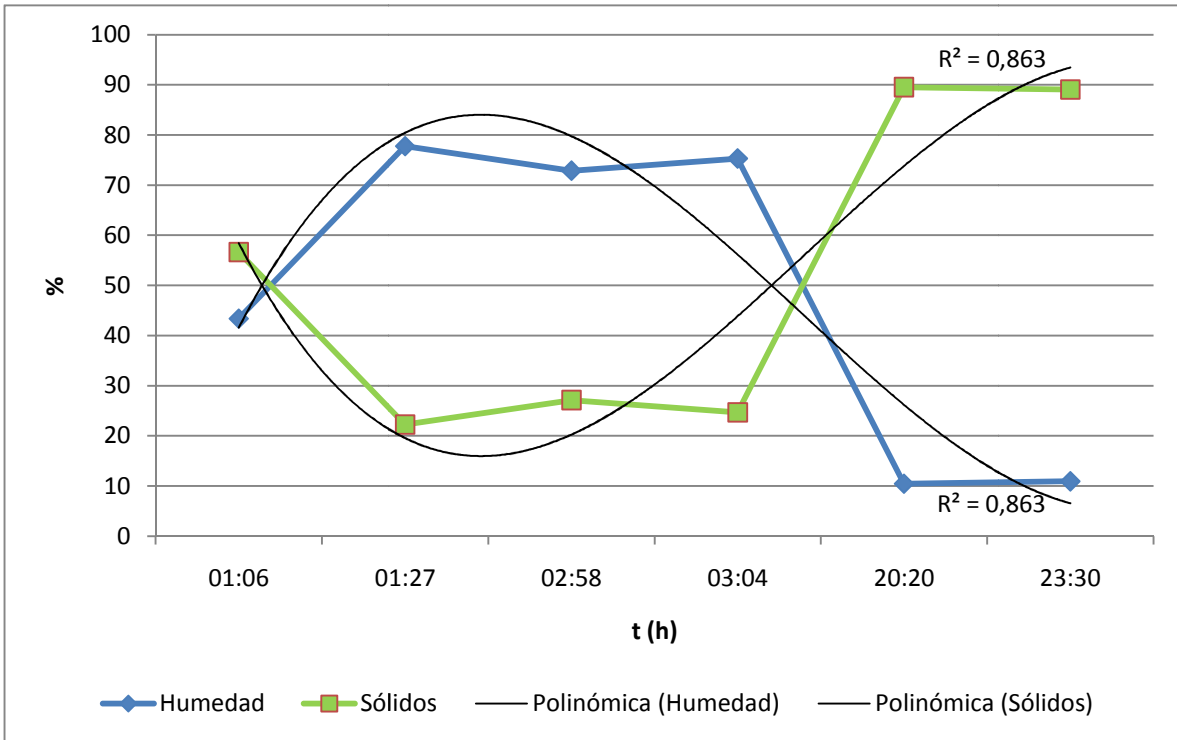


Figura 10. Curva de secado de plátano verde con cáscara en rodaja con limón y modelo de regresión polinomial del porcentaje de humedad y sólidos presentes.

Para el caso de las curvas de secado del plátano verde sin cáscara en rodaja sin limón el modelo de regresión que mejor se ajustó fue el Polinomial ($R^2= 0.842$) ante un modelo de ajuste exponencial, lineal y logarítmico con la menor R^2 (Cuadro 5).

Cuadro 5. R^2 de los modelos de regresión de la curva de secado de plátano sin cáscara en rodaja

	Exponencial	Lineal	Logarítmico	Polinomial
% Humedad	0.5989	0.3523	0.1624	0.8420
% Sólidos	0.2517	0.3523	0.1624	0.8420

Nota: Se tuvieron seis puntos de medición.

Las curvas resultaron inversamente proporcionales con el tratamiento de secado del plátano sin cáscara y sin limón, aunque fue menor la R^2 (0.842) de este

tratamiento (Figura 11) con respecto al tratamiento de secado del plátano con cáscara con limón en rodajas ($R^2= 0.863$).

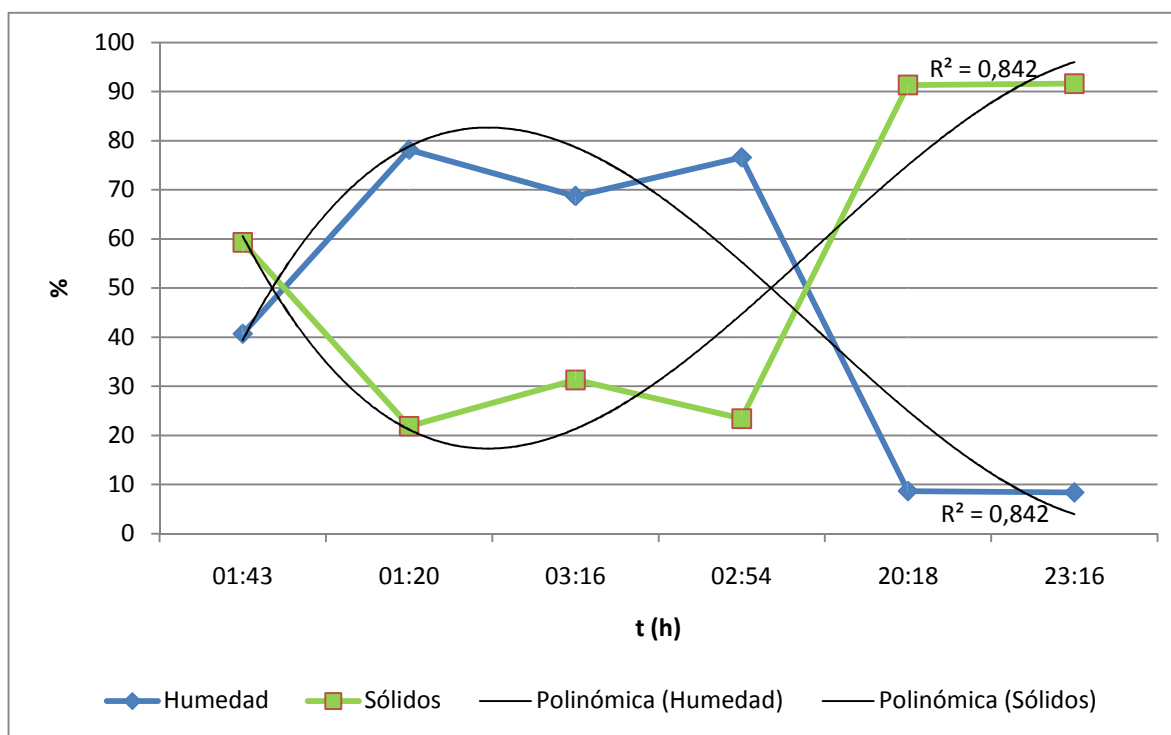


Figura 11. Curva de secado de plátano verde sin cáscara en rodaja y modelo de regresión polinomial del % de humedad y sólidos presentes.

En el caso del secado del plátano verde rayado con limón se observó una bondad de ajuste superior a 0.6 de R^2 con el modelo de regresión exponencial, lineal y logarítmico siendo el mejor, el modelo Polinomial con $R^2= 0.9083$ e inversamente proporcional para la humedad y sólidos presentes (Cuadro 6; Figura 12).

Cuadro 6. R^2 de los modelos de regresión de la curva de secado de plátano rayado con cáscara y limón

	Exponencial	Lineal	Logarítmico	Polinomial
% Humedad	0.7620	0.7964	0.6160	0.9083
% Sólidos	0.8422	0.7964	0.6160	0.9083

Nota: El jugo de limón adicionado tuvo un pH inicial de 3.75.

Se tuvieron seis puntos de medición.

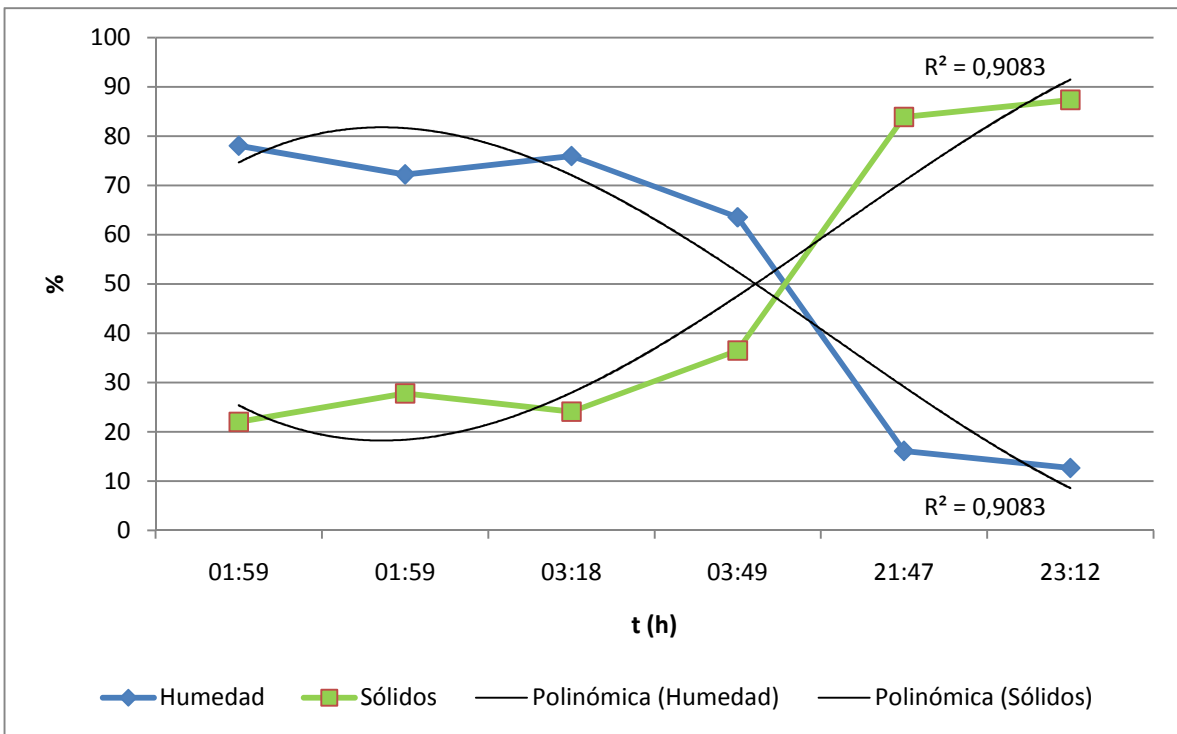


Figura 12. Curva de secado de plátano verde con cáscara rayado con limón y modelo de regresión polinomial del porcentaje de humedad y sólidos presentes.

El tratamiento de secado del plátano verde sin cáscara y sin limón fue nulo para el modelo de regresión exponencial y variable para el caso del modelo lineal y logarítmico, el más estable para R^2 fue el modelo Polinomial con 0.8565 y 0.8081 para humedad y sólidos, respectivamente (Cuadro 7; Figura 13).

Cuadro 7. R^2 de los modelos de regresión de la curva de secado de plátano rayado sin cáscara

	Exponencial	Lineal	Logarítmico	Polinomial
% Humedad	nd	0.7187	0.5361	0.8565
% Sólidos	nd	0.5677	0.3737	0.8081

Nota: Se tuvieron seis puntos de medición.

En este caso, las mediciones para la obtención del % de humedad y de sólidos no se concluyeron debido a que las muestras después de las 20 horas se calcinaron al introducirlas al medidor de humedad (OHAUS - MB45®) y por ello, la variación a ese tiempo y la caída repentina que se observa en la curva (Figura 8).

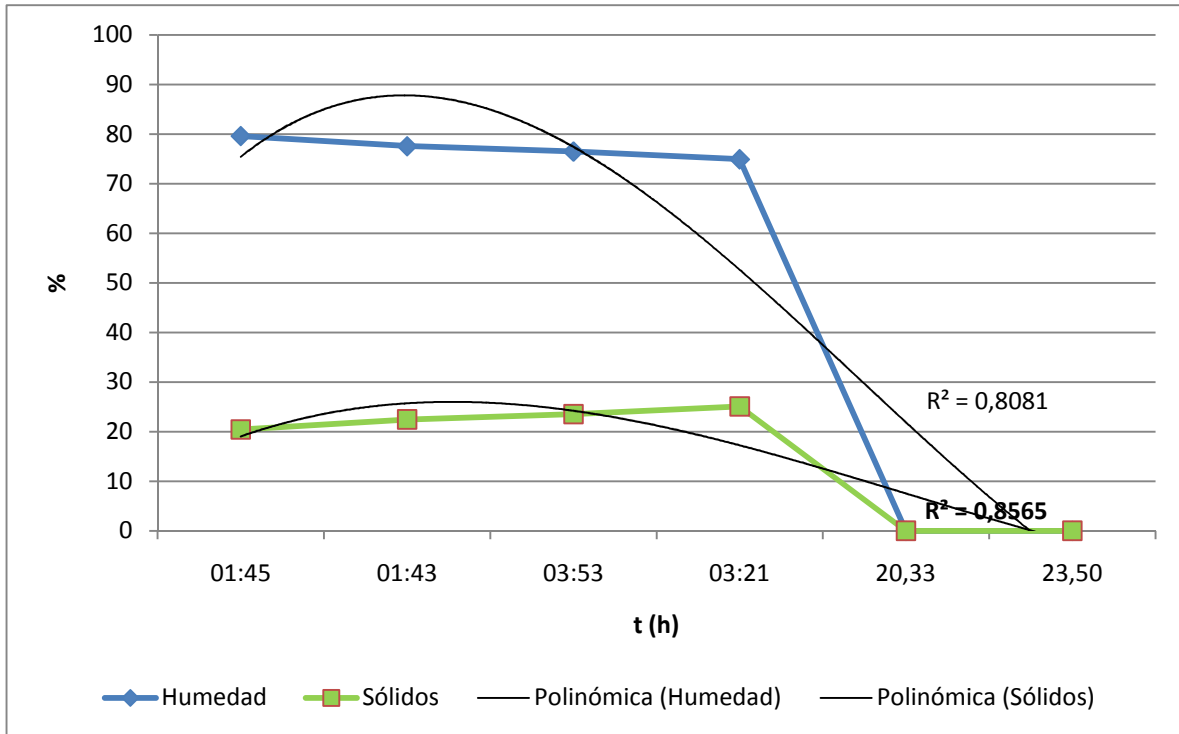


Figura 13. Curva de secado de plátano verde sin cáscara rayado y modelo de regresión polinomial del % de humedad y sólidos presentes.

Los tratamientos anteriores con el plátano con cáscara en rodajas y rayado resultó en apariencia el mejor, de acuerdo a la R^2 , el tratamiento de plátano rayado con cáscara sumergido en limón ($R^2= 0.9083$); solo que con este tratamiento, al manipular la pulpa con el rayado se expone más al oxígeno que en rodajas, lo que acelera la acción enzimática de la polifenol oxidasa (Waliszewski *et al.*, 2007) y la consistencia suave hizo menos práctico su manejo, tanto así que al analizarla con el medidor de humedad se calcinaba. Por lo que se sugirió que para el manejo más práctico de la muestra se realizaran los tratamientos posteriores con el plátano en rodajas expuestas al zumo de limón, además de aumentar los tiempos de muestreo (Figura 14 y Figura 15).

Cuadro 8. R² de los modelos de regresión de la curva de secado de plátano en rodajas y con limón

	Exponencial	Lineal	Logarítmico	Polinomial
% Humedad	0.9174	0.9596	0.8577	0.9695
% Sólidos	0.9385	0.9596	0.8577	0.9695

Nota: El jugo de limón adicionado tuvo un pH inicial de 4.19.

Se tuvieron diez puntos de medición.

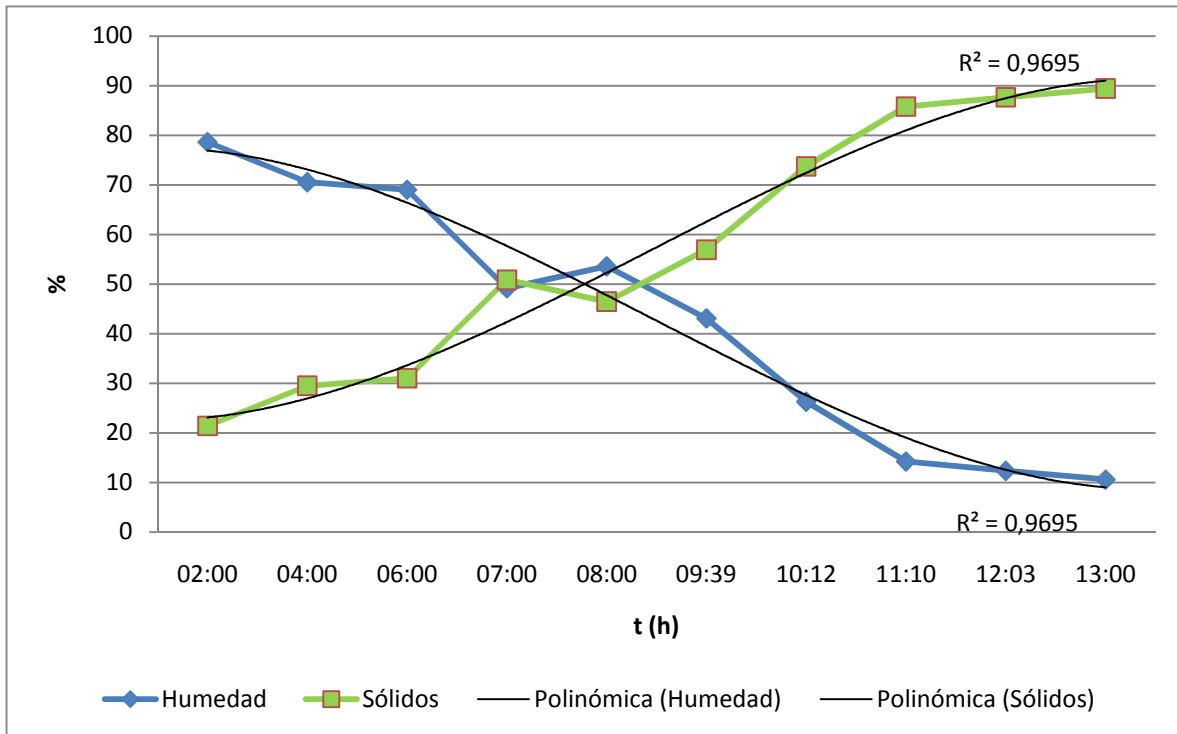


Figura 14. Curva de secado de plátano verde con cáscara en rodajas con limón y modelo de regresión polinomial del porcentaje de humedad y sólidos presentes.

Para los tratamientos de secado del plátano rayado con limón se realizaron 10 muestreos para el seguimiento de la curva de secado para conocer con mayor precisión el punto crítico de secado y en caso posterior, sirvió para inferir posibles tiempos de secado de las muestras en serie (Figura 9). Se observó que los modelos de regresión con más puntos de muestreo se obtuvo una bondad de ajuste con menor variación para los cuatro modelos de regresión (Cuadro 9) desde

el modelo de logarítmico, exponencial y lineal se pueden observar la bondad de ajuste estable siendo la mejor aun con todas estas previas, el modelo Polinomial con 0.9695 de R^2 . También, se destaca que a las 11 horas de secado alcanzo 14.24 % de humedad pasando por 12.34% a las 12 horas y con el último muestreo secado se obtuvo 10.59% a las 13 horas (Figura 9). Para el caso del secado del plátano con cáscara en rodajas con diez puntos de medición se observó mayor variabilidad en los resultados con los diferentes modelos que estuvieron por debajo de 0.9 de R^2 en cambio con el modelo Polinomial fue de 0.9666 (Cuadro 10). Aunque los resultados para los tiempos muestreados fueron muy variables al realizar las mediciones de humedad y de sólidos a las 11 horas con 23.8% de contenido de humedad, incrementándose a las 11:40 horas a 25.8% terminando las dos últimas mediciones de humedad a las 12:34 h y 13:30 horas con 9.44% y 14.56%; respectivamente (Figura 10). Esto nos hace ver poca consistencia al final del muestreo con este tratamiento porque la curva se estabiliza después de las 13 horas y el punto de intersección para el 50% de humedad se da, posterior a las 8:30 horas. En cambio, para el tratamiento con cáscara y limón el punto de intersección para la humedad con 50% fue entre las 7 y 8 horas, observándose la tendencia de la curva de secado descendiente a partir de las 11 horas con 14.24% de contenido de humedad siguiendo así hasta las 13 horas con 10.59% (Figura 9).

Cuadro 9. R^2 de los modelos de regresión de la curva de secado de plátano en rodajas con cáscara

	Exponencial	Lineal	Logarítmico	Polinomial
% Humedad	0.8224	0.8955	0.7019	0.9666
% Sólidos	0.8964	0.8955	0.7019	0.9666

Nota: Se tuvieron diez puntos de medición.

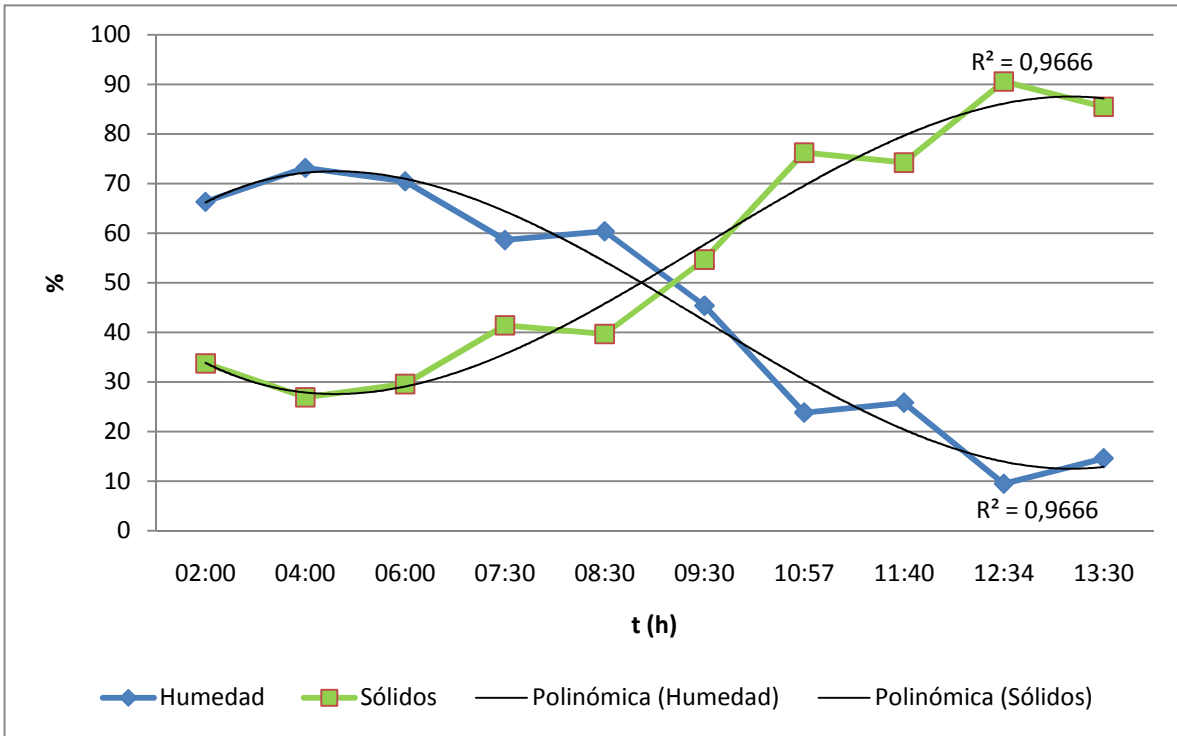


Figura 15. Curva de secado de plátano verde con cáscara en rodajas y modelo de regresión polinomial del porcentaje de humedad y sólidos presentes.

Por lo anterior, se propuso realizar una serie de tratamientos finales con el uso de charolas con perforaciones y sin perforaciones para el secado de plátano verde en rodajas con y sin limón, además de tomar en cuenta la posición de las charolas dentro de los dos niveles al interior de la estufa y en esta ocasión se agregó una medición más a parte del contenido de humedad y de sólidos, que fue la actividad de agua en cada uno de los eventos y sin dejar de lado, los modelos de regresión de la curva de secado con base en la R^2 para tres tiempos de muestreo (Cuadro 10,).

Cuadro 10. R² de los modelos de regresión de la curva de secado de plátano en rodajas con cáscara y limón en charolas con perforaciones

	Exponencial	Lineal	Logarítmico	Polinomial
% Humedad	0.7754	0.6974	0.7181	0.8281
% Sólidos	0.6389	0.6974	0.7181	0.8281
aw	0.7598	0.7311	0.7905	0.8786

Nota: El jugo de limón adicionado tuvo un pH inicial de 4.14.

Se tuvieron seis puntos de medición.

En el modelo de regresión para el secado del plátano en rodajas con cáscara y limón en charolas con perforaciones se observó diferencia en el modelo exponencial para la R², aunque menor para el modelo lineal y no muy distante para el modelo logarítmico, continuando con la mayor R² para el modelo Polinomial tanto para el % de humedad – sólidos como para la a_w (Cuadro 11). Además, se observó que con el modelo Polinomial después de las 12 horas, en forma indistinta se presentó la medición de la charola superior e inferior (tiempo 1, charola superior y tiempo 2, charola inferior) con una humedad inferior a 14% y una a_w menor a 0.30, lo que significó que el producto de secado es prácticamente tolerante a la posible presencia de microorganismos contaminantes como el hongo del género *Aspergillus* que se ha reportado tolerante a una a_w de 0.40 y con la posible reducción de reacciones enzimáticas y no enzimáticas (Figura 11) (Radomkit *et al.*, 2007; Waliszewski *et al.*, 2007).

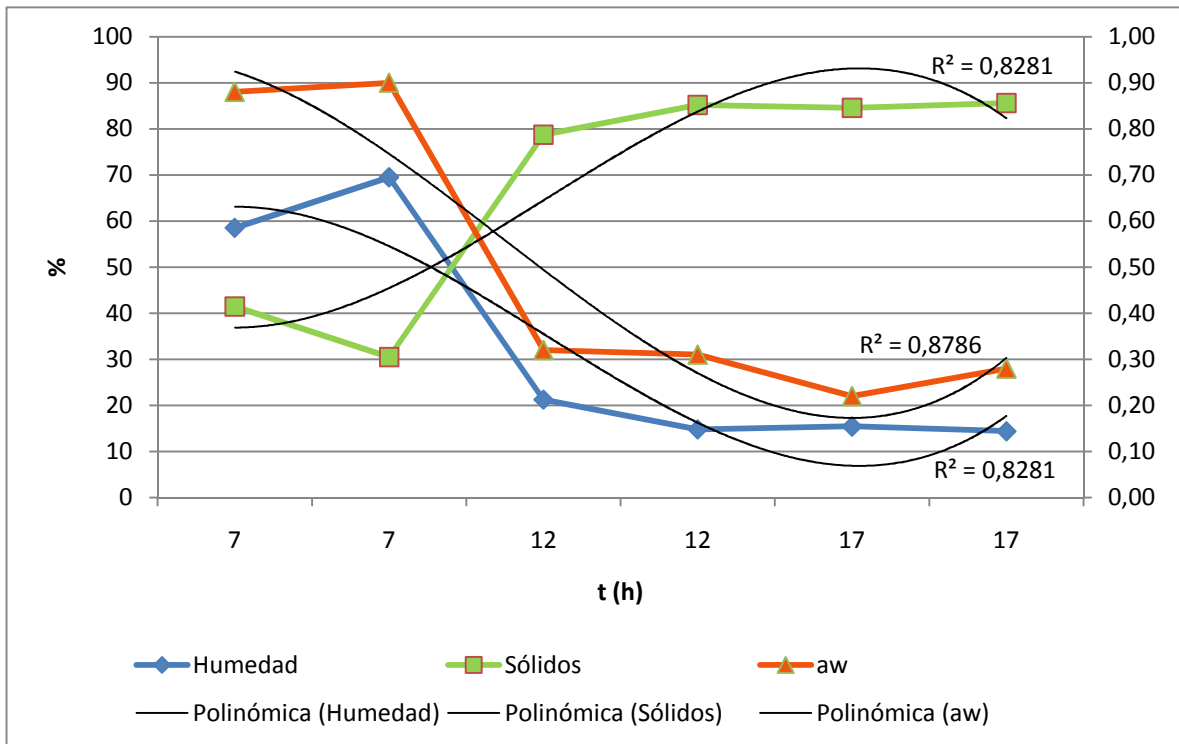


Figura 16. Curva de secado de plátano verde con cáscara en rodajas con limón en charolas con perforaciones y modelo de regresión polinomial del porcentaje de humedad, sólidos y actividad de agua.

Para el secado de las rodajas del plátano verde sin limón en charolas con perforaciones se encontró que los modelos variaron en cuanto a la R^2 para el caso del modelo exponencial, lineal y logarítmico en lo que se refiere a la humedad – sólidos, solo hubo cierta consistencia para el caso de la a_w aunque se siguió manteniendo como mejor modelo por su bondad de ajuste, el modelo Polinomial con 0.8972 y 0.9128, respectivamente (Cuadro 11).

Cuadro 11. R^2 de los modelos de regresión de la curva de secado de plátano en rodajas con cáscara en charolas con perforaciones

	Exponencial	Lineal	Logarítmico	Polinomial
% Humedad	0.5080	0.5954	0.7340	0.8972
% Sólidos	0.6297	0.5954	0.7340	0.8972
a_w	0.8489	0.7919	0.8696	0.9128

Nota: Se tuvieron seis puntos de medición.

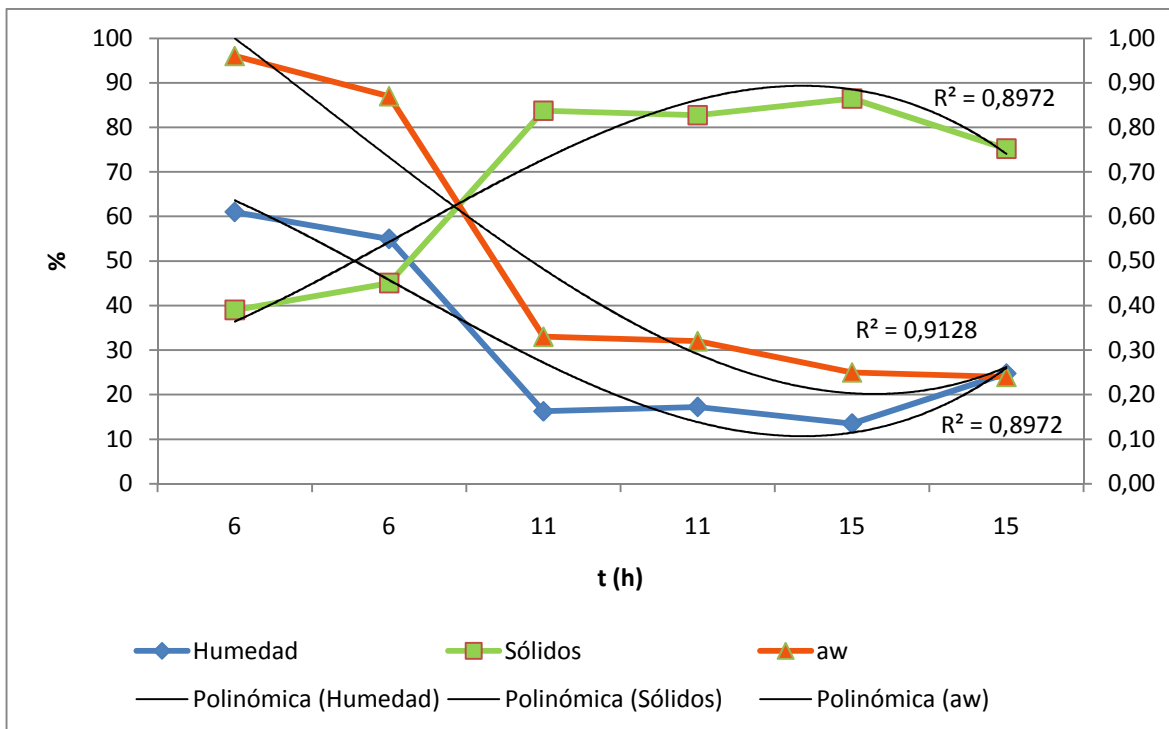


Figura 17. Curva de secado de plátano verde con cáscara en rodajas en charolas con perforaciones y modelo de regresión polinomial del porcentaje de humedad, sólidos y actividad de agua.

Aún con las R^2 superiores del secado de plátano verde con cáscara en rodajas sin limón con charolas con perforaciones se tuvo un modelo Polinomial más alto para el contenido de humedad – sólidos al igual que para la a_w (Figura 16). Sin embargo, se observa más estable el secado posterior a las 12 horas para el caso del secado del plátano verde con limón en rodajas con las charolas perforadas, incluso por tomar la muestra del lado superior o inferior de la parilla al interior de la estufa de secado se mantuvo la humedad entre 10 y 20% y la a_w entre 0.1 y 0.2 (Figura 17).

El secado del plátano verde con cáscara en rodajas y limón en charolas sin perforaciones se observó con mayor estabilidad en la curva de secado de acuerdo

a los modelos logarítmico, exponencial y lineal con intersecciones en el 50% de humedad a las 7 horas y menor al 15%, posterior a las 12 horas. El modelo Polinomial resalta la estabilidad de la curva con 0.8314 de R^2 y a_w de 0.8277 (Figura 18).

Cuadro 12. R^2 de los modelos de regresión de la curva de secado de plátano en rodajas con cáscara y limón en charolas sin perforaciones

	Exponencial	Lineal	Logarítmico	Polinomial
% Humedad	0.7661	0.7144	0.7589	0.8314
% Sólidos	0.7001	0.7144	0.7589	0.8314
a_w	0.6070	0.6515	0.7498	0.8277

Nota: El jugo de limón adicionado tuvo un pH inicial de 4.14.

Se tuvieron seis puntos de medición.

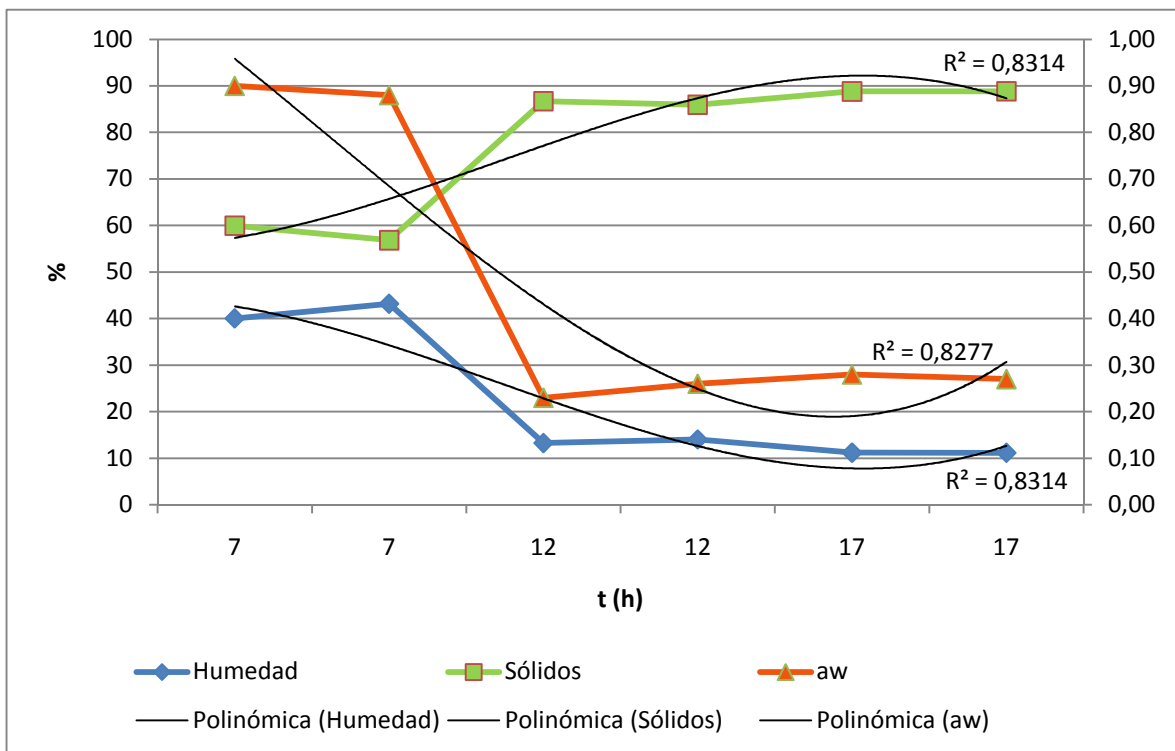


Figura 18. Curva de secado de plátano verde con cáscara en rodajas con limón en charolas sin perforaciones y modelo de regresión polinomial del % de humedad, sólidos y actividad de agua.

Contrario a los resultados obtenidos con el tratamiento de secado sin perforaciones y con limón, el plátano en rodajas con los cuatro modelos aplicados para este evento, secado sin perforaciones y sin limón se observaron eventos variables, incluido el modelo Polinomial tanto para el contenido de humedad – sólidos que no fueron inversamente proporcionales y la actividad de agua en cuanto a la R^2 fue de 0.6432 (Cuadro 13 y Figura 19).

Cuadro 13. R^2 de los modelos de regresión de la curva de secado de plátano en rodajas con cáscara en charolas sin perforaciones

	Exponencial	Lineal	Logarítmico	Polinomial
% Humedad	0.5310	0.5178	0.5265	0.6506
% Sólidos	0.1880	0.2095	0.1411	0.5234
aw	0.5129	0.4047	0.3367	0.6432

Nota: Se tuvieron seis puntos de medición.

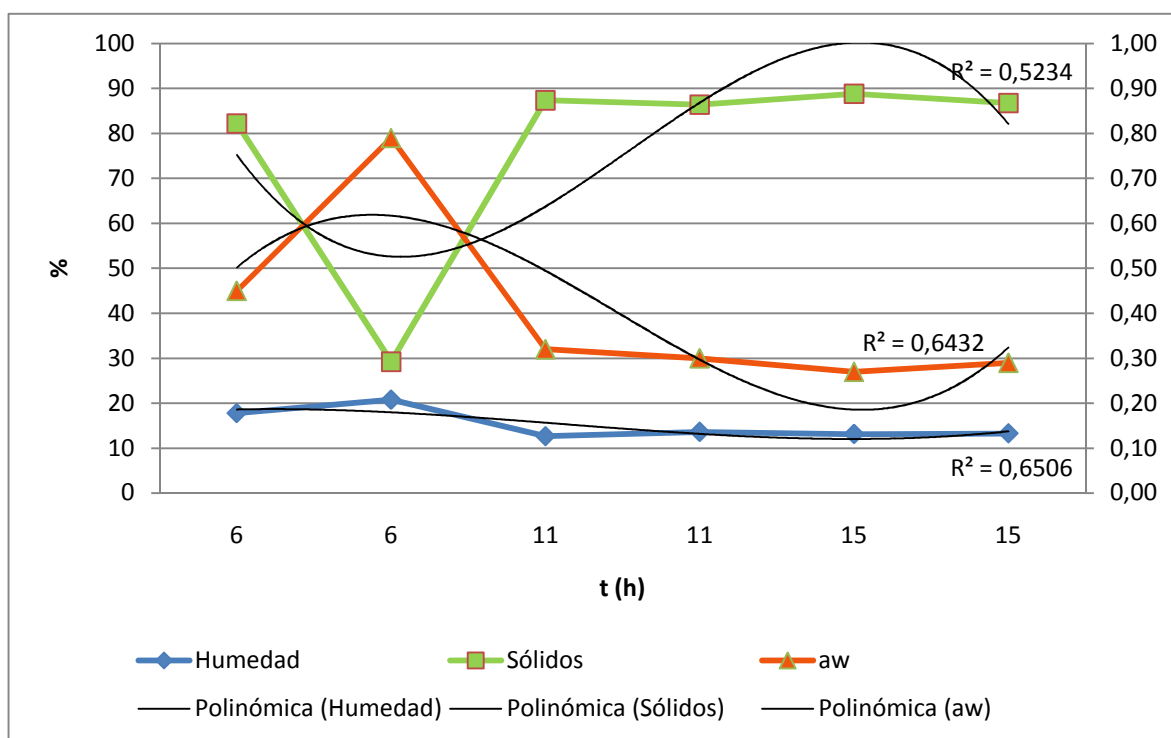


Figura 19. Curva de secado de plátano verde con cáscara en rodajas dentro de charolas sin perforaciones y modelo de regresión polinomial del porcentaje de humedad, sólidos y actividad de agua.

Los estudios de cinética de secado de frutas, en este caso el plátano es necesario contar con información acerca del tiempo requerido para deshidratar y es esencial para seleccionar un modelo apropiado de secado. La cinética de secado también es afectada por valores de temperatura y contenido de humedad que pueden cambiar otros atributos de calidad, tales como color y textura de la fruta (Baini y Langrish, 2008). Los cambios en color de los alimentos son el resultado de las reacciones enzimáticas debidas a la polifenol oxidasa que obscurecen por reacción de la pulpa de plátano con el oxígeno y la degradación de pigmentos. Los cambios de color dependen de la reducción del contenido de azúcar, la temperatura y el tiempo de exposición (Waliszewski *et al.*, 2007; Prachayawarakorn *et al.*, 2008) y los experimentos con el obscurecimiento de los alimentos por secado ayudan en la selección de una técnica apropiada de secado y que minimiza la degradación de la calidad en términos de color (Baini y Langrish, 2009). En frutos como los plátanos, se han utilizado los modelos empíricos de primer orden, los conceptos empíricos de una curva de secado característica y modelos de difusión entre otros enfoques utilizados (Baini y Langrish, 2008). Sin embargo, con la finalidad de dar sentido a las mediciones de secado de plátano en verde en rodajas y rayado con diferentes tratamientos incluido sumergido en zumo de limón, se propuso el uso de curvas de secado con modelos de regresión (Modelo logarítmico, lineal, exponencial y polinomial) como formas de interpretar la función de la R^2 con el contenido de humedad - sólidos presentes en el plátano en relación al tiempo, la actividad de agua y bajo temperatura constante (70 °C).

5.3. Comportamiento del pH

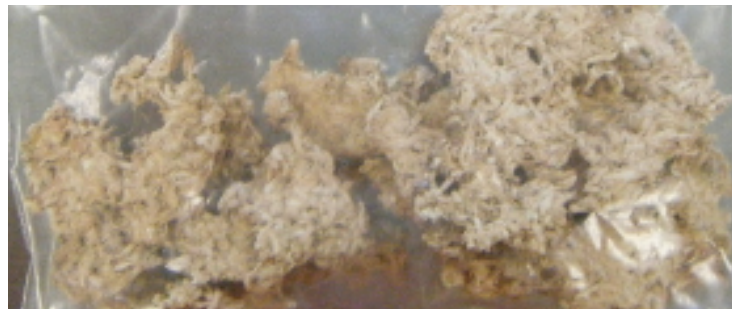
A fin de evitar el obscurecimiento del plátano deshidratado, se dejó en jugo de limón a las muestras de plátanos previo al deshidratado. Como se observa en la Figura 20, la inmersión en jugo de limón evitó el obscurecimiento de la muestras.



a) Inmersión en limón



b) Sin inmersión



c) Inmersión en limón



d) Sin inmersión

Figura 20. Muestras finales plátano en rodajas y rallado

El Cuadro 14 presenta los resultados del pH final de las muestras que fueron inmersas en limón, en general el pH final del plátano deshidratado fue superior al pH de la solución original adicionada, esto se explica por el efecto de concentración de la solución debido al proceso de deshidratado. El pH reportado por Madrigal-Ambriz *et al.* (2008) para pulpa de plátano en fresco de la variedad FHIA-23 es de 5.14, por lo que de manera natural el plátano tiende hacia la acidez.

Cuadro 14. PH del plátano deshidratado para diferentes tratamientos

Tratamiento	pH de la solución inicial	pH del plátano deshidratado
Rodaja con cáscara con limón	4.19	5.52
Rodaja con cáscara con limón	3.35	3.75
Rayado con cáscara con limón	3.75	3.66

El pH final deseable y recomendable dependerá del uso que se le dé al plátano. Según diversas fuentes bibliográficas, el pH de una harina a base de maíz puede ir entre 5.4 y 7.51, con un promedio de 6.31 ± 0.64 para resultados hallados por Bressani *et al.* (2001) para harinas centroamericanas, según Flores-Farías *et al.* (2002), el pH de harinas de maíz mexicanas en el mercado tuvo un promedio de 6.5. Cabe aclarar que las harinas a base de maíz dependen de la cantidad de álcali utilizado durante el proceso de nixtamalización, así como la intensidad del lavado del nixtamal.

Mientras que en un estudio de Madrigal-Ambriz *et al.* (2008), encontraron un pH para plátano deshidratado de la variedad FHIA-23 de 4.89 ± 0.02 . Mismo que compararon con el pH del harina de trigo que resultó según los autores de 4.79 ± 0.07 . De igual manera, los autores reportan que esta variedad de plátano puede ser utilizada en la panificación, sustituyendo hasta un 25% del nivel de harina de trigo. Por lo que los valores obtenidos caben dentro del rango de reportes previos.

Cabe señalar que la NOM-147-SSA1-1996, bienes y servicios, cereales y sus productos, harinas de cereales, sémolas o semolinas, no establece un pH determinado para harina de trigo, ni tampoco lo establece el CODEX Alimentario (CODEX STAN 152-1985) –véase Anexo 1 y Anexo 2. Sin embargo, la norma menciona la utilización de reguladores de pH, entre ellos el ácido cítrico, por lo que el pH final de una harina queda sujeto al gusto del consumidor y a las necesidades de la industria.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El modelo de regresión Polinomial es el que mejor se ajustó a las curvas de todos los tratamientos de secado de plátano verde en rodajas y rayado, con y sin limón en charolas con y sin perforaciones con base en la R^2 y en el comportamiento en el tiempo del contenido de humedad – sólidos y actividad de agua.

El modelo permitió relacionar aspectos biológicos del comportamientos de los tratamientos a fin de que la R^2 sólo fuese un referencia de ponderación de una regresión Polinomial; sin embargo, las mediciones de contenido de humedad, sólidos y actividad de agua, además de los tratamientos con limón y las charolas sin perforaciones, permitieron no solo basarse en los numero sino en el comportamiento que en su conjunto nos permitió concluir que el secado de plátano verde con cáscara con limón y sin perforaciones, es la mejor vía para el secado a 70 °C.

Finalmente, los niveles de contenido de humedad del secado del plátano verde en rodajas con el tratamiento con limón y el tratamiento sin perforaciones, se pudo obtener por debajo del 14% de humedad como indica la NMX-F-007-1982, alimento para humanos, harina de trigo, o del 15.5% según el CODEX Alimentario (CODEX STAN 152-1985); y la aw que se obtuvo fue menor al 0.40 que inhibe en gran medida la presencia de microorganismos contaminantes y las reacciones enzimáticas y no enzimáticas, que minimizan la degradación de la calidad del producto.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Ambuko, J.L., Y. Sekozawa, S. Sugaya, F. Itoh, K. Nakamura, y H. Gemma. 2006. Effect of seasonal variation, cultivar and production system on some postharvest characteristics of the banana. *Acta Horticulturae*:505-510.
- Baini, R., y T.A.G. Langrish. 2008. An assessment of the mechanisms for diffusion in the drying of bananas. *Journal of Food Engineering* 85:201-214.
- Baini, R., y T.A.G. Langrish. 2009. Assessment of colour development in dried bananas - measurements and implications for modelling. *Journal of Food Engineering* 93:177-182.
- Bressani, R., J.C. Turcios, L. Reyes, y R. Mérida. 2001. Caracterización física y química de harinas industriales nixtamalizadas de maíz de consumo humano en América Central. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 51.
- Carranza, J. 2001. Cinética de secado del plátano (*Musa paradisiaca*). Trabajo de Fin de Carrera, Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional de la Amazonia Peruana (UNAP), Iquitos, Perú. 307-314 pp.
- Carranza, J. y Sánchez, M. 2002. Cinética de secado de *Musa paradisiaca* L. "platano" y *Manihot esculenta* Grantz "yuca". *Revista Amazónica de Investigación Alimentaria* 2 (1):15-25.
- Crane, J. H y Balerdi, C. F. 1998. Los plátanos en florida. Departamento de Ciencias Hortícolas. University of Florida. Pg. 82-128.
- Dandamrongrak, R., R. Mason, y G. Young. 2003. The effect of pretreatments on the drying rate and quality of dried bananas. *International Journal of Food Science & Technology* 38:877-882.
- Daramola, B y S. A. Osanyinlusi. 2005. Production, characterization and application of banana (*Musa sp*) flour in whole maize. *African Journal of Biotechnology* 5(10): 992-995.

- Daramola, B., y S.A. Osanyinlusi. 2006. Production, characterization and application of banana (*Musa spp.*) flour in whole maize. *African Journal of Biotechnology* 5:992-995.
- Fernandes, F.A.N., y S. Rodrigues. 2007. Ultrasound as pre-treatment for drying of fruits: Dehydration of banana. *Journal of Food Engineering* 82:261-267.
- Flores-Farías, R., F. Martínez-Bustos, Y. Salinas-Moreno, y E. Ríos. 2002. Caracterización de harinas comerciales de maíz nixtamalizado. *Agrociencia* 36:557-567.
- Garda, M. R. 2006. *Técnicas de Manejo de los Alimentos*. 2ª edición. Ed. Universitaria de Buenos Aires Sociedad de Economía Mixta. Buenos Aires. 105-117 pp.
- Gimferrer, M. N. 2008. El agua en los alimentos. *Consumer Eroski* 1-3 pp.
- González B., O.J., y E. Pacheco-Delahaye. 2006. Propiedades físicas y reológicas de la harina de banana verde (*Musa AAA*) en la elaboración de geles de piña (*Ananas comosus L. Merr.*). *Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela* Vol. 32:27-40.
- INEGI. 2007. *Producción Nacional*. Distrito Federal. Pág.1-17.
- Islas-Hernández, J. J; S. L. Rodríguez-Ambriz; E. Agama-Acevedo; G. Pacheco-Vargas y L. A. Bello-Pérez. 2002. Evaluación de algunas propiedades químicas de un polvo rico en fibra preparado a partir de harina integral de plátano. IX Congreso de Ciencia de los Alimentos y V Foro de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del IPN. México. 115-121 pp.
- Iténez, A. 2009. Harina de plátano verde. FRISIA. Bolivia. 1-2 pp.
- Jannot, Y., A. Talla, J. Nganhou, y J.-R. Puiggali. 2004. Modeling of banana convective drying by the drying characteristic curve (DCC) method. *Drying Technology* 22:1949-1968.
- Katekawa, M.E., y M.A. Silva. 2007. Drying rates in shrinking medium: case study of banana. *Brazilian Journal of Chemical Engineering* 24:561-569.
- Madrigal-Ambriz, L.V., A.-G. M.G., M. Justo-Bautista, D.C.L. García, J. Vázquez Galindo, M.A. Rodríguez-Pérez, and R.V.H. Moreno. 2008. Producción y

- caracterización físico-química de harinas de bananos FHIA-17, FHIA-23 y plátano FHIA-20, para su incorporación en panificación. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad de Colima. Instituto de Ciencias Agrícolas Universidad de Guanajuato.300-304 pp.
- Murillo, G. O. M. 2007. Ficha Técnica de industrialización de Plátano (*Musa spp*). Dirección de Mercadeo y Agroindustria Área Desarrollo de Producto. San José. Pág.1-11.
- Pacheco-Delahaye, E. 2002. Evaluación nutricional de hojuelas fritas y estudio de la digestibilidad del almidón del plátano verde (*Musa spp.*). Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela 28:175-183.
- Pacheco-Delahaye, E., and G. Testa. 2005. Evaluación nutricional, física y sensorial de panes de trigo y plátano verde. *Interciencia* 30:300-304.
- Panyawong, S., y S. Devahastin. 2007. Determination of deformation of a food product undergoing different drying methods and conditions via evolution of a shape factor. *Journal of Food Engineering* 78:151-161.
- Pérez, M. 2007. Banano y Plátano Macho. Finca Mundo Nuevo. Tuxtepec, Oaxaca.
- Prachayawarakorn, S., W. Tia, N. Plyto, y S. Soponronnarit. 2008. Drying kinetics and quality attributes of low-fat banana slices dried at high temperature. *Journal of Food Engineering* 85:509-517.
- Ramírez-Estrada, N; C. López-González; F. L. García-Suárez; A. Bello-Pérez; R. López-Bailón y A. Aguilar-Sandoval. Secado en Lote de Plátano Macho Verde (*Musa paradisiaca* L.) a Tres Temperaturas. IX Congreso de Ciencia de los Alimentos y V Foro de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica. Zacatepec, Morelos, México. Pág.601-608.
- Romano, G., L. Baranyai, K. Gottschalk, y M. Zude. 2008. An approach for monitoring the moisture content changes of drying banana slices with laser light backscattering imaging. *Food and Bioprocess Technology* 1:410-414.
- Sandoval, T. S.; J. Rodríguez-Ramírez; L. Méndez-Lagunas y J. Sánchez-Ramírez. 2006. Rapidez de secado reducida: una aplicación al secado

- convectivo de plátano Roatán. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 5(1): 35-38.
- Sankat, C.K., F. Castaigne, y R. Maharaj. 1996. The air drying behaviour of fresh and osmotically dehydrated banana slices. *International Journal of Food Science & Technology* 31:123-135.
- Talla, A., J.-R. Puiggali, W. Jomaa, y Y. Jannot. 2004. Shrinkage and density evolution during drying of tropical fruits: application to banana. *Journal of Food Engineering* 64:103.
- Torrealba, P. M. A. 2007. Determinación de Isotermas de sorción de humedad en harina precocida de plátano verde. *Agrollandia* (4): 9-22.
- Waliszewski, K.N., V.T. Pardo, y S.L. Ovando. 2007. Control of polyphenol oxidase activity in banana slices during osmotic dehydration. *Drying Technology* 25:375-378.

8. Anexos

Anexo 1. NOM-147-SSA1-1996. Bienes y servicios. Cereales y sus productos

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-147-SSA1-1996, Bienes y Servicios. Cereales y sus productos. Harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de cereales, de semillas comestibles, harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales.

JOSE MELJEM MOCTEZUMA, Director General de Calidad Sanitaria de Bienes y Servicios, por acuerdo del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario, con fundamento en los artículos 39 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 3o., fracciones XXII y XXIV, 13, Apartado A, fracciones II, IX y X, 194, fracción I, 197, 205, 210, 212, 393 y 394 de la Ley General de Salud; 1o., fracciones VII, 4o., 15, 25, 29, 112, 113, 116 y demás aplicables del Reglamento de Control Sanitario de Productos y Servicios; 3o., fracción XI, 38, fracción II, 40, fracciones I, III, V, VII, XI, XII y XIII; 41, 43, 44, 45, 46, 47, 50 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 28, fracciones I y II, incisos b), c), d) y V y 34 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y 21, fracción II, del Reglamento Interior de la Secretaría de Salud.

CONSIDERANDO

Que con fecha 15 de abril de 1997, en cumplimiento a lo previsto en el artículo 46, fracción I, de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la Dirección General de Calidad Sanitaria de Bienes y Servicios presentó al Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario, el anteproyecto de la presente Norma Oficial Mexicana.

Que con fechas 13, 14 y 18 de mayo de 1999, en cumplimiento del acuerdo del Comité y lo previsto en el artículo 47, fracción I, de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, se publicó en el **Diario Oficial de la Federación**, a efecto de que dentro de los siguientes sesenta días naturales posteriores a dicha publicación, los interesados presentaran sus comentarios al Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario.

Que con fecha previa, fueron publicadas en el **Diario Oficial de la Federación** las respuestas a los comentarios recibidos por el mencionado Comité, en términos del artículo 47, fracción III, de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

Que en atención a las anteriores consideraciones, contando con la aprobación del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario, se expide la siguiente Norma Oficial Mexicana NOM-147-SSA1-1996, Bienes y servicios. Cereales y sus productos. Harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de cereales, de semillas comestibles, harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales.

Sufragio Efectivo. No Reelección.

México, D.F., a 17 de noviembre de 1999.- El Director General de Calidad Sanitaria de Bienes y Servicios, **José Meljem Moctezuma**.- Rubrica.

INDICE

- 1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION**
- 2. REFERENCIAS**
- 3. DEFINICIONES**
- 4. SIMBOLOS Y ABREVIATURAS**
- 5. HARINAS DE CEREALES, SEMOLAS O SEMOLINAS**
- 6. Alimentos a base de cereales, de semillas comestibles, harinas, sémolas o semolinas, o sus mezclas**
- 7. Productos de panificación. PRACTICAS DE HIGIENE Y SANIDAD**
- 8. ESPECIFICACIONES NUTRIMENTALES**
- 9. MUESTREO**
- 10. METODOS DE PRUEBA**
- 11. ETIQUETADO**
- 12. ENVASE, EMPAQUE Y EMBALAJE**
- 13. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES**
- 14. BIBLIOGRAFIA**
- 15. OBSERVANCIA DE LA NORMA**
- 16. VIGENCIA**
- 17. APENDICES**

1. Objetivo y campo de aplicación

1.1 Esta Norma Oficial Mexicana establece las disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales que deben cumplir las harinas de cereales, sémolas o semolinas, los alimentos preparados a base de cereales, de semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas y los productos de panificación.

No son objeto de esta norma, las harinas preparadas, botanas, pastas para sopa, tortillas y tostadas.

1.2 Esta Norma Oficial Mexicana es de observancia obligatoria en el territorio nacional para las personas físicas o morales que se dedican al proceso e importación.

2. Referencias

Esta norma se complementa con lo siguiente:

NOM-051-SCFI-1994	Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados.
NOM-086-SSA1-1994	Bienes y servicios. Alimentos y Bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones nutrimentales.
NOM-092-SSA1-1994	Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.
NOM-110-SSA1-1994	Bienes y servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico.
NOM-111-SSA1-1994	Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos.
NOM-113-SSA1-1994	Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa.
NOM-114-SSA1-1994	Bienes y servicios. Método para la determinación de <i>Salmonella</i> en alimentos.
NOM-115-SSA1-1994	Bienes y servicios. Método para la determinación de <i>Staphylococcus aureus</i> en alimentos.
NOM-117-SSA1-1994	Bienes y servicios. Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, hierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica.
NOM-120-SSA1-1994	Bienes y servicios. Prácticas de higiene y sanidad para el proceso de alimentos, bebidas no alcohólicas y alcohólicas.
NOM-131-SSA1-1995	Bienes y servicios. Alimentos para lactantes y niños de corta edad. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales.
NOM-145-SSA1-1995	Bienes y Servicios. Productos de la carne. Productos cárnicos troceados y curados. Productos cárnicos curados y madurados. Especificaciones sanitarias. **
NOM-159-SSA1-1996	Bienes y servicios. Huevo, sus productos y derivados. Disposiciones y especificaciones sanitarias. **

** Proyecto en proceso de expedición como Norma Oficial Mexicana.

3. Definiciones

Para fines de esta norma se entiende por:

3.1 Adicionar, a añadir uno o más componentes, tanto si están o no contenidos normalmente en el producto.

3.2 Aditivos para alimentos, a las sustancias que se adicionan directamente a los alimentos y bebidas, durante su elaboración para proporcionar o intensificar aroma, color o sabor; para mejorar su estabilidad o para su conservación, entre otras funciones.

3.3 Aflatoxinas, a los metabolitos secundarios producidos por hongos *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus* y *Aspergillus nomius*, que tienen efectos tóxicos y cancerígenos en animales, incluido el hombre.

3.4 Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición, a los productos a los que se les han introducido cambios por adición, disminución o eliminación de uno o más de sus nutrientes, tales como hidratos de carbono, proteínas, lípidos, vitaminas y minerales, y que forman parte de la dieta habitual.

3.5 Alimentos preparados a base de cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas, a los productos alimenticios elaborados a base de granos de cereales u otros granos y semillas comestibles sanos, limpios y de buena calidad, enteros o sus partes o molidos (harinas, sémolas o semolinas), preparados mediante procesos físicos, aptos para ser consumidos directamente o previa cocción, adicionados o no de aditivos y de otros ingredientes opcionales. Estos productos se pueden preparar por procesos tales como: inflado, laminado, recubrimiento, tostado, extruido u otros.

3.6 Buenas prácticas de fabricación, al conjunto de lineamientos y actividades relacionadas entre sí, destinadas a garantizar que los productos tengan y mantengan las especificaciones requeridas para su uso.

3.7 Cereales, a los granos comestibles de ciertas plantas pertenecientes a la familia de las gramíneas de un solo cotiledón tales como trigo, maíz, arroz, avena, centeno y cebada.

3.8 Cobertura, al ingrediente que se adiciona al producto de panificación de forma que lo cubra total o parcialmente.

3.9 Envase o envase primario, a todo recipiente destinado a contener un producto y que entra en contacto con el mismo. Conservando su integridad física, química y sanitaria.

3.10 Envase secundario o empaque, al que contiene al envase primario.

3.11 Embalaje, al material que envuelve, contiene y protege debidamente los productos preenvasados, que facilita y resiste las operaciones de almacenamiento y transporte.

3.12 Etiqueta, a todo rótulo, marbete, inscripción, imagen u otra forma descriptiva o gráfica ya sea que esté impreso, marcado, grabado, en relieve, hueco, estarcido o adherido al empaque o envase del producto.

3.13 Fecha de caducidad, a la fecha límite en que se considera que un producto preenvasado almacenado en las condiciones sugeridas por el fabricante, reduce o elimina las características sanitarias que debe reunir para su consumo. Después de esta fecha no debe comercializarse ni consumirse.

3.14 Galleta, al producto elaborado fundamentalmente, por una mezcla de harina, grasas y aceites comestibles o sus mezclas y agua, adicionada o no de azúcares, de otros ingredientes opcionales

y aditivos para alimentos, sometida a proceso de amasado y posterior tratamiento térmico, dando lugar a un producto de presentación muy variada caracterizado por su bajo contenido en agua.

3.15 Harina o Harina de trigo, a la obtenida de la molienda del trigo del grano maduro, entero, quebrado, sano y seco del género *Triticum*, L; de las especies *T. vulgare*, *T. compactum* y *T. durum* o mezclas de éstas, limpio, sano en el que se elimina gran parte del salvado y germen y el resto se tritura hasta obtener un grano de finura adecuada.

3.16 Harina de arroz, al producto resultante de la molienda del grano de arroz; maduro, limpio, entero o quebrado, sano y seco de la especie *Oriza sativa*, L; blanco o ligeramente amarillento, el cual puede presentarse con o sin pericarpio, sin glumas y pulido.

3.17 Harina de avena, al producto resultante de la molienda del grano de avena; maduro, limpio, entero, sano y seco de la especie *Avena sativa*, L; y que además está libre de sus envolturas celulósicas.

3.18 Harina de cebada, al producto resultante de la molienda del grano de cebada; maduro, limpio, entero, sano y seco de la especie *Hordeum vulgare*.

3.19 Harina de centeno, al producto resultante de la molienda del grano de centeno; maduro, limpio, entero, sano y seco, de la especie *Secale cereale*; sin envolturas celulósicas.

3.20 Harina de cereales, al producto resultante de la molienda de los granos limpios y sanos, señalados en el punto 3.5, libres de granos, pudiendo o no contener pericarpio o envolturas celulósicas de acuerdo al cereal de que se trate.

3.21 Harina de maíz, al producto resultante de la molienda húmeda o seca de los granos de maíz; maduro, limpio, sano y seco del género *Zea*, L; especies *Z. mays* y otras.

3.22 Harina de maíz nixtamalizado, al producto deshidratado que se obtiene de la molienda de los granos del maíz nixtamalizado.

3.23 Harina integral, al producto obtenido de la molienda del grano de cereal que conserva su cáscara y germen.

3.24 Ingredientes opcionales, a los que se pueden adicionar al producto, tales como azúcares naturales, mieles, frutas, jugos u otros productos comestibles.

3.25 Inocuo, aquello que no hace o no causa daño a la salud.

3.26 Límite máximo, a la cantidad establecida de aditivos, microorganismos, parásitos, materia extraña, plaguicidas, radionúclidos, biotoxinas, residuos de medicamentos, metales pesados y metaloides que no se deben exceder en un alimento, bebida o materia prima.

3.27 Lote, a la cantidad de un producto elaborado en un mismo lapso para garantizar su homogeneidad.

3.28 Maíz nixtamalizado o nixtamal, al maíz sano y limpio que ha sido sometido a cocción parcial con agua en presencia de hidróxido de calcio (cal).

3.29 Materia extraña, a la sustancia, resto o desecho orgánico o no, que se presenta en el producto sea por contaminación o por manejo poco higiénico del mismo durante su elaboración,

considerándose entre otros: excretas y pelos de cualquier especie, fragmentos de hueso e insectos, que resultan perjudiciales para la salud.

3.30 Materia extraña ligera, a las partículas ligeras que son oleofílicas y que se separan del producto por flotación en una mezcla líquida aceite-agua, por ejemplo: fragmentos de insectos, insectos enteros, pelos de roedor y fragmentos de pluma.

3.31 Materia extraña pesada, al material pesado separado del producto o por sedimentación, basado en su diferencia de densidad con respecto a las partículas del alimento, por inmersión en líquidos como cloroformo y tetracloruro de carbono, por ejemplo: excretas de roedor, arena y tierra.

3.32 Metal pesado o metaloide, a los elementos químicos que causan efectos indeseables en el metabolismo aun en concentraciones bajas. Su toxicidad depende de las dosis en que se ingieran así como de su acumulación en el organismo.

3.33 Métodos de prueba, a los procedimientos analíticos utilizados en el laboratorio para comprobar que un producto satisface las especificaciones que establece la norma.

3.34 Molienda o molturación, al mecanismo mediante el cual los granos de los cereales son triturados y reducidos a partículas de diversos tamaños, separables entre sí por medios mecánicos.

3.35 Muestra, al número total de unidades de producto provenientes de un lote y que representan las características y condiciones del mismo.

3.36 Nutrimento, a la sustancia que juega un papel metabólico y está habitualmente presente en la dieta.

3.37 Pan blanco, al producto que resulta de hornear una masa obtenida de harina fermentada por acción de leudante, agua y sal, acondicionadores y mejoradores de masa, adicionado o no de aceites y grasas comestibles, leche, otros ingredientes y aditivos para alimentos.

3.38 Pan de harina integral, al producto que resulta de la panificación de la masa fermentada, por la acción de leudante, preparada con harina de trigo, harinas de cereales integrales o de leguminosas, agua, sal, azúcares, grasas comestibles, otros ingredientes opcionales y aditivos para alimentos.

3.39 Pan dulce, al producto de panificación constituido por harina, agua, huevo, azúcares, grasas o aceites comestibles o aceites hidrogenados, levaduras, adicionada o no de aditivos para alimentos, frutas en cualquiera de sus presentaciones, sal y leche; amasado, fermentado, moldeado y cocido al horno o por fritura en grasas o aceites comestibles.

3.40 Pastel o panqué, al producto que se somete a batido y horneado, preparado con harinas de cereales o leguminosas, azúcares, grasas o aceites, leudante y sal; adicionada o no de huevo y leche, crema batida, frutas y otros ingredientes opcionales y aditivos para alimentos.

3.41 Pay, al producto elaborado con harina de cereales o galleta molida, azúcares, agua y sal, con o sin leudante, grasas o aceites comestibles, fruta, crema pastelera, ingredientes opcionales y aditivos para alimentos; moldeado en forma de corteza para contener un relleno dulce o salado, puede ser cubierto horneado, frito o congelado.

3.42 Plaguicidas, a cualquier sustancia o mezcla de sustancias utilizadas para prevenir, destruir, repeler o mitigar cualquier forma de vida que sea nociva para la salud, los bienes del hombre o del

ambiente, excepto la que exista sobre o dentro del ser humano y los protozoarios, virus, bacterias, hongos y otros microorganismos similares sobre o dentro de los animales.

3.43 Proceso, al conjunto de actividades relativas a la obtención, elaboración, fabricación, preparación, conservación, mezclado, acondicionamiento, envasado, manipulación, transporte, distribución, almacenamiento y expendio o suministro al público de productos.

3.44 Producto a granel, al producto que debe pesarse, medirse o contarse en presencia del consumidor por no encontrarse preenvasado al momento de su venta.

3.45 Productos de bollería, a los que son cocidos por horneado de la masa fermentada preparada con harina de trigo, agua, sal, azúcares, grasas comestibles, leudante, aditivos para alimentos e ingredientes opcionales.

3.46 Productos de panificación, a los obtenidos de las mezclas de harinas de cereales o harinas integrales o leguminosas, agua potable, fermentados o no, pueden contener: sal comestible, mantequilla, margarina, aceites comestibles hidrogenados o no, leudante, polvo de hornear, especias y otros ingredientes opcionales tales como, azúcares, mieles, frutas, jugos u otros productos comestibles similares, pueden emplear o no aditivos para alimentos; sometidos a proceso de horneado, cocción o fritura; con o sin relleno o con cobertura, pueden ser mantenidos a temperatura ambiente, en refrigeración o en congelación según el caso.

3.47 Productos de panadería industrial, a los obtenidos por procesos continuos de fabricación, estandarizados, con alto grado de automatización y en lotes de mayor escala. Pueden utilizar aditivos para alimentos y comercializarse tanto a granel como preenvasados.

3.48 Productos de panadería tradicional, a los obtenidos por un proceso artesanal, básicamente manual, de formas variadas y nombres de uso común con una vida útil corta. Utilizan ocasionalmente aditivos para alimentos de acuerdo al producto y se venden a granel o preenvasados.

3.49 Producto preenvasado, a los productos que cuando son colocados en un envase de cualquier naturaleza no se encuentra presente el consumidor y la cantidad de producto en éste no puede ser alterada, al menos que el envase sea abierto o modificado perceptiblemente.

3.50 Refrigeración, al método de conservación físico con el cual se mantiene el producto a una temperatura máxima de 7°C (280 K).

3.51 Relleno, al ingrediente agregado antes o después del horneado y que se encuentra en la parte interna o entre dos o más unidades de los productos de panificación.

3.52 Sémolas o semolinas, a las fracciones de granulometría mediana derivadas de la molienda refinada de cereales durante la producción de harina, libre de tegumentos y germen.

4. Símbolos y abreviaturas

Cuando en esta norma se haga referencia a los siguientes símbolos y abreviaturas se entiende por:

Alc.Vol.	alcohol volumen
As	arsénico

BPF	buenas prácticas de fabricación
Cd	cadmio
cm	centímetro
cSt	centistoke
CI	color index
spp	cualquier especie
°C	grado Celsius
K	grado Kelvin
g	gramo
h	hora
=	igual
kg	kilogramo
L	levógiro
LMR	límite máximo residual
±	más - menos
>	mayor que
<	menor que
Hg	mercurio
μg	microgramo
mg	miligramo
ml	mililitro
mm	milímetro
min	minuto
NMP	número más probable
p	peso
Pb	plomo
X	poder de resolución
/	por
x	por
%	por ciento
pH	potencial de hidrógeno
UFC	unidades formadoras de colonias
v	volumen

Cuando en la presente norma se mencione al:

Reglamento, debe entenderse que se trata del Reglamento de Control Sanitario de Productos y Servicios.

CICOPLAFEST, debe entenderse que se trata de la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas.

5. Harinas de cereales, sémolas o semolinas

5.1 Disposiciones Sanitarias

Los cereales que se empleen como materia prima en la elaboración de los productos objeto de este apartado deben ajustarse a la siguiente disposición:

5.1.1 El productor de grano, el comercializador del mismo y el industrial, cada uno en el ámbito de su responsabilidad deben observar que los plaguicidas que se empleen en el tratamiento de granos y semillas almacenados, en medios de transporte, en áreas de almacenamiento, espacios vacíos y para el control de roedores, así como para la desinfestación y protección de granos almacenados a granel o en costales, cumplan con los límites de uso y no excedan los niveles máximos residuales establecidos en el Catálogo Oficial de Plaguicidas vigente.

5.2 Especificaciones Sanitarias

Los productos objeto de este apartado, además de sujetarse a lo establecido en el Reglamento deben cumplir con las siguientes especificaciones:

5.2.1 Físicas

Determinación	Límite máximo
Humedad	15%
Materia extraña	No más de 50 fragmentos de insectos, no más de un pelo de roedor y estar exentos de excretas, en 50 g de producto.

5.2.2 Microbiológicas

	Mesofílicos aerobios UFC/g	Coliformes totales UFC/g	Mohos UFC/g
Harina de trigo, sémolas o semolinas	50,000	150	300
Harina de maíz	100,000	100	1000
Harina de maíz nixtamalizada	50,000	100	1000
Harina de centeno	100,000	100	200
Harina de cebada	100,000	100	200
Harina de avena	50,000	50	100
Harina de arroz	100,000	100	200

Harinas integrales	500,000	500	500
--------------------	---------	-----	-----

5.2.3 Contaminantes.

Determinación	Límite máximo
Aflatoxinas	20 µg / kg
Aflatoxinas para harina de maíz nixtamalizada	12 µg / kg

5.2.4 Los productos objeto de este apartado deberán someterse a análisis para las determinaciones de plomo (Pb) y cadmio (Cd) periódicamente para efectos de monitoreo. Los niveles de referencia se establecen en el apéndice informativo A.

5.2.5 Aditivos para alimentos.

5.2.5.1 Para la harina de trigo se permite el empleo de los siguientes:

Aditivos	Límite máximo mg/kg
Peróxido de benzoilo	100
Peróxido de calcio	50
Dióxido de cloro	30, en harina para productos fermentados con levadura
Cloro	1500, en harina para pasteles de elevada proporción de azúcar y materia grasa
Azodicarbonamida	45, en harina para pan leudado
Acido L- ascórbico y su sal de sodio*	BPF
Hidrocioruro de L- cisteína	75
Dióxido de azufre	200, en harina para bizcochos y fabricación de pastas solamente
Fosfato monocálcico	2500
Lecitina	200

* Uso exclusivo como aditivo, no como nutrimento.

5.2.5.2 Enzimas.

En la elaboración de los productos objeto de este apartado se pueden emplear únicamente las enzimas listadas en el Reglamento, derivadas de las fuentes que ahí se establecen y conforme a las BPF.

5.3 Especificaciones nutrimentales.

5.3.1 La harina de trigo debe ser adicionada con 2 mg de ácido fólico/kg de harina y 35 mg de hierro (como ion ferroso) /kg de harina.

6. Alimentos a base de cereales, de semillas comestibles, harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas

6.1 Disposiciones Sanitarias.

Los productos señalados en este apartado, además de cumplir con lo establecido en el Reglamento, deben ajustarse a la siguiente disposición:

6.1.1 La materia prima que se utilice en la elaboración de estos productos debe cumplir con los límites de aflatoxinas establecidos en el numeral 5.2.3 de este ordenamiento.

6.2 Especificaciones sanitarias

Los productos objeto de este apartado, deben cumplir con las siguientes especificaciones:

6.2.1 Microbiológicas.

ESPECIFICACIONES	LIMITE MAXIMO
Mesofílicos aerobios	10 000 UFC/g
Coliformes totales	<30 UFC/g
Mohos	300 UFC/g

6.2.2 Los productos objeto de este apartado deberán someterse a análisis para las determinaciones de Pb y Cd, periódicamente para efectos de monitoreo. Los niveles de referencia se establecen en el apéndice informativo A.

6.2.3 Materia extraña.

No más de 50 fragmentos de insectos, no más de un pelo de roedor y estar exentos de excretas, en 50 g de producto.

6.2.4 En la elaboración de estos productos se permite el empleo de los siguientes aditivos para alimentos:

6.2.4.1 Antioxidantes	Cantidad máxima de uso por kg de producto.
Acido L-ascórbico	BPF
L-ascorbato sódico	BPF
L-ascorbato cálcico	BPF
Acido palmitil-6-L-ascórbico (palmitato de ascorbilo)	300 mg/kg de grasa por separado o en conjunto, expresados en ácido ascórbico*
Butilhidroxianisol	50 mg/kg
Butilhidroxitolueno	50 mg/kg

Tocoferoles mezclados BPF

*La cantidad máxima de uso como antioxidante, será independiente de la cantidad utilizada como nutrimento.

6.2.4.2 Humectantes.

Glicerina BPF
Sorbitol 120 g/kg **

** Su uso está limitado a dicha concentración tanto como humectante como edulcorante.

6.2.4.3 Reguladores de pH

Acetato de sodio 0,07 g/kg
Acido cítrico BPF
Acido málico BPF
D-L-ácido tartárico BPF
Carbonato cálcico BPF
Citrato de sodio BPF
Bicarbonato de sodio BPF
Fosfato de sodio dibásico 5 g/kg
Fosfato de sodio tribásico 5 g/kg
Fosfato de calcio monobásico 5 g/kg***
Fosfato de calcio dibásico 5 g/kg***
Fosfato de calcio tribásico 5 g/kg***
Pirofosfato de calcio 5 g/kg***

***La cantidad máxima de uso como regulador(es) de acidez, será independiente de la cantidad utilizada como aporte de calcio.

6.2.4.4 Estabilizantes.

Almidón modificado BPF
Carboximetilcelulosa BPF
Goma guar 12 g/kg
Goma xantano BPF
Goma arábica BPF
Esteres de poliglicerol
de ácidos grasos 10 g/kg
Grenetina BPF
Lecitina BPF

Hidroxiopropilmetilcelulosa	BPF
Mono y diglicéridos de los ácidos grasos	BPF
Alginato de calcio	BPF
Monoestearato de glicerilo	BPF
Pectina	BPF
6.2.4.5 Colorantes.	
Annato	25 mg/kg
Beta-apo 8'carotenal	30 mg/kg
Caramelo	BPF
Cantaxantina	BPF
Beta-carotenos	BPF
Cúrcuma	BPF
Extractos de vegetales y frutas	BPF
Extracto de paprika u oleorresina de paprika	BPF
Jugos de frutas	BPF
Jugos de vegetales	BPF
Riboflavina	BPF
Azul No. 1	100 mg/kg****
Azul No. 2	300 mg/kg****
Amarillo No. 5	100 mg/kg****
Amarillo No. 6	300 mg/kg****
Rojo No. 3 (eritrosina)	100 mg/kg****
Rojo No. 40 (rojo allura)	500 mg/kg****
Verde No. 3 (verde firme F.C.F)	500 mg/kg****
Dióxido de titanio	10 g/kg

Se pueden utilizar las lacas de aluminio de los colorantes sintéticos antes mencionados, en una concentración de uso que no exceda la concentración permitida del colorante del que proceda.

**** La suma de estos colorantes artificiales no debe exceder de 500 mg/kg de producto.

6.2.4.6 Saborizantes y aromatizantes.

En la elaboración de los productos objeto de este apartado, se permite el empleo de los saborizantes o aromatizantes establecidos en el Reglamento y en el acuerdo correspondiente que al efecto emita la Secretaría de Salud.

7. Productos de panificación. Prácticas de higiene y sanidad

7.1 Clasificación.

7.1.1 Los productos objeto de este apartado se clasifican por su proceso en:

Productos de panadería tradicional.

Productos de panadería industrial.

7.1.2 Con el fin de establecer las especificaciones sanitarias por sus características, los productos objeto de este apartado se clasifican en:

Galletas.

Galletas con relleno o cobertura o sus combinaciones.

Pan blanco.

Pan dulce.

Pan de harinas integrales.

Pastel y panqué.

Pays.

Productos de bollería.

7.2 Disposiciones Sanitarias.

Los productos objeto de este apartado, además de cumplir con lo establecido en el Reglamento deben ajustarse a las siguientes disposiciones:

7.2.1 Generales.

7.2.1.1 Las materias primas que se empleen para la elaboración de los productos objeto de este apartado deben cumplir con lo establecido en el Reglamento vigente y las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes.

7.2.1.2 Cuando se emplee alcohol etílico como ingrediente, éste no debe exceder del 1,99% p/p.

7.2.1.3 Los establecimientos donde se procesen productos de panadería industrial deben cumplir con las disposiciones establecidas en la NOM-120-SSA1-1994 citada en el apartado de referencias.

7.2.2 Específicas.

Los establecimientos que procesen productos de panadería tradicional deben cumplir con lo siguiente:

7.2.2.1 Personal.

7.2.2.1.1 El personal debe presentarse aseado al área de trabajo y con ropa limpia.

7.2.2.1.2 Lavarse las manos con agua y jabón antes de iniciar el trabajo, después de cada ausencia del mismo y en cualquier momento en que las manos estén sucias.

7.2.2.1.3 Mantener las uñas cortas, limpias y libres de barniz de uñas.

7.2.2.1.4 En caso de usar mandiles se deben lavar periódicamente.

7.2.2.1.5 No se deben realizar conductas que pongan en riesgo la calidad sanitaria de los productos, tales como fumar, mascar, comer, beber, escupir, estornudar y toser sobre los mismos, en las áreas de procesamiento y venta de los productos.

7.2.2.1.6 No se deben usar joyas, adornos u otros ornamentos que puedan contaminar el producto.

7.2.2.1.7 No debe trabajar en el área de proceso o venta, personal que presente enfermedades contagiosas. El personal con cortadas o heridas debe ser alejado del contacto directo de la preparación y manipulación de los alimentos.

7.2.2.1.8 El personal que manipule dinero no debe tocar directamente con las manos el producto.

7.2.2.2 Instalaciones físicas.

7.2.2.2.1 Debe existir una separación física adecuada al tipo de riesgo entre las áreas de proceso y expendio.

7.2.2.2.2 Los pisos del área de proceso y expendio deben ser de superficie lisa y de fácil limpieza.

7.2.2.2.3 Se debe evitar la acumulación de suciedad y la condensación de vapores.

7.2.2.2.4 Las ventanas y puertas deben estar limpias y provistas de protecciones para evitar la entrada de fauna nociva, polvo y lluvia.

7.2.2.2.5 Los establecimientos que expenden además otros alimentos deben tener áreas o secciones específicas y delimitadas para su almacenamiento y exhibición.

7.2.2.3 Instalaciones sanitarias.

7.2.2.3.1 Los baños deben estar provistos de retretes, papel higiénico, lavamanos, jabón, secador de manos o toallas desechables de papel y recipientes para la basura.

7.2.2.3.2 Se deben colocar rótulos en los que se indique al personal que debe lavarse las manos después de usar los sanitarios.

7.2.2.3.3 Debe proveerse de instalaciones sanitarias para lavarse las manos en las áreas de elaboración y venta, las cuales deben tener como mínimo jabón y agua.

7.2.2.4 Servicios.

7.2.2.4.1 Debe disponerse de suficiente abastecimiento de agua, así como de instalaciones apropiadas para su almacenamiento y distribución.

7.2.2.4.2 Los tinacos y cisternas deben lavarse y desinfectarse con solución clorada y enjuagar correctamente, por lo menos cada seis meses o antes si es necesario.

7.2.2.4.3 Deben contar con un área exclusiva para el depósito temporal de desechos y basura, delimitada del área de producción o venta.

7.2.2.5 Equipo.

7.2.2.5.1 El equipo y los recipientes que se utilicen para el proceso así como los mostradores, exhibidores, estantes o anaqueles del área de expendio del producto terminado, deben ser de superficie lisa y de fácil limpieza. Estos deben limpiarse constantemente durante el tiempo de servicio y lavarse al final de la jornada.

7.2.2.5.2 El equipo y los utensilios deben estar limpios antes de usarse en producción.

7.2.2.6 Materias primas.

7.2.2.6.1 Se deben revisar las características de las materias primas antes de su ingreso al almacén y al área de proceso.

7.2.2.6.2 Las materias primas deben estar separadas del producto terminado o semiprocésado e identificadas para evitar la contaminación de éstos.

7.2.2.6.3 Las materias primas que evidentemente no sean aptas, deben separarse y eliminarse, a fin de evitar mal uso, contaminaciones y adulteraciones.

7.2.2.7 Proceso de elaboración.

7.2.2.7.1 Las áreas deben estar limpias y libres de materiales extraños al proceso.

7.2.2.7.2 La ropa y los objetos personales deben depositarse fuera de las áreas de producción.

7.2.2.8 Almacenamiento.

7.2.2.8.1 Se debe aplicar la rotación del uso de materias primas (primeras entradas-primeras salidas) y dar periódicamente salida a productos y materiales inútiles, obsoletos o fuera de especificaciones, a fin de facilitar la limpieza y eliminar posibles focos de contaminación.

7.2.2.8.2 Las materias primas deben almacenarse en condiciones de limpieza, debidamente ordenadas y conservadas de tal manera que se evite su alteración o descomposición.

7.2.2.8.3 Los plaguicidas, detergentes, desinfectantes y otras sustancias tóxicas, deben etiquetarse o rotularse para identificarlos e informar su empleo. Deben almacenarse en áreas o armarios especialmente destinados al efecto y manipularse bajo las indicaciones establecidas por el fabricante, y los ordenamientos legales aplicables.

7.2.2.9 Expendio.

7.2.2.9.1 Los pisos de esta área deben estar limpios y libres de materiales extraños.

7.2.2.9.2 Los productos elaborados y destinados para su venta deben ser manipulados con pinzas o guantes desechables y colocarse en recipientes de material de superficie lisa, de fácil limpieza, resistentes a la corrosión, los cuales deben lavarse al final de la jornada.

7.2.2.9.3 Los panes, pasteles o pays que lleven un relleno o cobertura a base de huevo, frutas, leche o crema pastelera u otro alimento preparado, deben conservarse durante su exhibición en refrigeración a una temperatura de 7°C, a excepción de los productos que por su dimensión o volumen no lo permita y que además su periodo de venta no sea mayor de 12 h.

7.2.2.9.4 Los refrigeradores que se destinen para la exhibición de productos de panadería no deben contener otro tipo de alimentos que representen riesgos de contaminación.

7.2.2.9.5 En el área de expendio de los productos refrigerados se debe ostentar de manera clara y visible un letrero donde figure las siguiente leyenda "Conserve el producto en refrigeración".

7.2.2.10 Transporte.

7.2.2.10.1 La transportación de los panes y sus variedades deben de cumplir con lo siguiente:

7.2.2.10.2 Los productos citados en el numeral 7.2.2.9.3 de este ordenamiento se deben mantener durante su transporte bajo condiciones de limpieza y que permitan mantener su calidad sanitaria. Se debe evitar mantenerlos a temperatura ambiente por tiempos prolongados.

7.2.2.10.3 Los productos objeto de este apartado, deben transportarse según el caso, en recipientes de material de superficie lisa y de fácil limpieza, cubiertos y que no entren en contacto con el vehículo.

7.2.2.10.4 El área del vehículo debe mantenerse limpia y lavarse al final de la jornada.

7.2.2.11 Control de plagas.

7.2.2.11.1 Todas las áreas del establecimiento, recepción de materia prima, almacén, proceso, expendio e inclusive vehículos de reparto, deben mantenerse libres de insectos, roedores, pájaros u otros animales, para lo cual deben tener un sistema y un plan para el control de plagas.

7.2.2.11.2 En caso de que alguna plaga invada el establecimiento, deben adoptarse medidas de control o erradicación. Las medidas que comprendan el tratamiento con agentes químicos, físicos o biológicos, sólo deben aplicarse bajo la supervisión directa del personal que conozca a fondo los riesgos para la salud que el uso de esos agentes puedan entrañar.

7.2.2.11.3 Debe prohibirse la entrada de animales domésticos en las áreas de elaboración, almacenes y expendio.

7.2.2.12 Limpieza y desinfección

7.2.2.12.1 Se debe llevar a cabo una limpieza eficaz y regular de los establecimientos, equipos y vehículos para eliminar residuos de los productos y suciedades que contengan microorganismos. Después de este proceso de limpieza, se debe efectuar una desinfección con solución clorada de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

7.2.2.12.2 Los procesos de limpieza y desinfección deben satisfacer las necesidades del proceso y del producto. Se debe implementar un programa calendarizado por escrito que sirva de guía a la supervisión y a los empleados con objeto de que estén limpias todas las áreas.

7.3 Especificaciones sanitarias.

7.3.1 Microbiológicas.

7.3.1.1 Para el pan blanco, pan de harinas integrales y productos de bollería:

ESPECIFICACIONES	LIMITE MAXIMO
Mesofílicos aerobios	1000 UFC/g
Coliformes totales	<10 UFC/g
Mohos	20 UFC/g
Levaduras	20 UFC/g

7.3.1.2 Pan dulce.

ESPECIFICACIONES	LIMITE MAXIMO
Mesofílicos aerobios	5000 UFC/g
Coliformes totales	20 UFC/g
Mohos	50 UFC/g
Levaduras	50 UFC/g
<i>Staphylococcus aureus</i> *	< 100 UFC/g

* Debe determinarse únicamente en el producto que contenga relleno o cobertura a base de huevo, frutas, leche, crema pastelera u otro alimento preparado.

7.3.1.3 Galletas

ESPECIFICACIONES	LIMITE MAXIMO
Mesofílicos aerobios	3000 UFC/g
Coliformes totales	<10 UFC/g
Mohos	20 UFC/g
Levaduras	20 UFC/g

7.3.1.4 Galletas con relleno o cobertura o sus combinaciones.

ESPECIFICACIONES	LIMITE MAXIMO
Mesofílicos aerobios	5000 UFC/g

Coliformes totales	20 UFC/g
Mohos	50 UFC/g
Levaduras	50 UFC/g

7.3.1.5 Pasteles, panqués y pays.

ESPECIFICACIONES	LIMITE MAXIMO
Mesofilicos aerobios	10000 UFC/g
Coliformes totales	20 UFC/g
Mohos	50 UFC/g
Levaduras	50 UFC/g
<i>Salmonella spp</i> en 25 g	Negativo
<i>Escherichia coli</i> ¹	Negativo
<i>Staphylococcus aureus</i> **	100 UFC/g

** Esta especificación debe determinarse únicamente en pasteles y pays, que contengan relleno o cobertura a base de huevo, frutas, leche, crema pastelera u otro alimento preparado.

¹ Se determinará únicamente bajo situaciones de emergencia sanitaria, cuando la Secretaría de Salud de acuerdo al muestreo y los resultados de los análisis microbiológicos detecte la presencia de dicho microorganismo.

7.4 Materia extraña.

No más de 50 fragmentos de insectos, no más de un pelo de roedor y estar exentos de excretas, en 50 g de producto.

7.5 Los productos objeto de este apartado deberán someterse a análisis para las determinaciones de Pb y Cd periódicamente para efectos de monitoreo. Los niveles de referencia se establecen en el apéndice informativo A.

7.6 Aditivos para alimentos.

Los aditivos para alimentos permitidos en la elaboración de los productos objeto de este apartado son los siguientes:

7.6.1 Acentuadores de sabor:	LIMITE MAXIMO
Extracto de levadura	
de <i>Sacharomyces cerevisiae</i>	BPF
Sacarosa	BPF
Acido glutámico	BPF
Guanilato disódico	BPF

Inosinato disódico	BPF
Etilmaltol	100 mg/kg de producto
7.6.2 Acondicionadores de masa.	
Acido ascórbico y sus sales de sodio y calcio	BPF
Carbonato de calcio	BPF
Cloruro de amonio	BPF
Lactato de sodio o calcio	BPF
Mono y diglicéridos de ácidos grasos	BPF
Oxido de calcio	BPF
Sulfato de calcio	13g/kg de producto terminado
7.6.3 Antioxidantes.	
Lecitina	BPF
Palmitato de Ascorbilo	BPF
Metabisulfito de sodio o potasio	100 mg/kg de grasa
Butilhidroximetilfenol	200 mg/kg de grasa
Bisulfito de sodio	50 mg/kg de grasa
Ascorbato de potasio	BPF
Ascorbato de sodio	BPF
Acido ascórbico	BPF
Galato de propilo	200 mg/kg de grasa
Butilhidroxianisol (BHA)	200 mg/kg de grasa
Butilhidroxitolueno (BHT)	200 mg/kg de grasa
Sulfito de potasio o sodio	50 mg/kg de grasa
Alfa-tocoferol	200 mg/kg de grasa
Terbutilhidroquinona (TBHQ)	200 mg/kg de grasa
Terbutilhidroxibutirofenona (THBP)	50 mg/kg de grasa
7.6.4 Colorantes.	
Riboflavina	BPF
Caramelo	BPF
β-apo-8-carotenal	30 mg/kg de producto
β-carotenos	BPF
Cúrcuma	BPF
Cantaxantina	BPF
Annato	10 mg/kg de producto

Azul No. 1*	100 mg/kg de producto
Azul No. 2*	300 mg/kg de producto
Amarillo No. 5*	100 mg/kg de producto
Amarillo No. 6*	300 mg/kg de producto
Rojo No. 3*	100 mg/kg de producto
Rojo No. 40*	300 mg/kg de producto
Dióxido de titanio*	10 000 mg/kg de producto**

Se pueden utilizar las lacas de aluminio de los colorantes sintéticos antes mencionados, en una concentración de uso que no exceda la concentración permitida del colorante del que proceda.

* Cuando se utilicen mezclas de colorantes artificiales la suma de éstos no debe exceder de 500 mg/kg de producto, respetando la concentración máxima de uso para cada uno de ellos.

** Uso exclusivamente en productos de panificación con cobertura y relleno cremoso.

7.6.5 Conservadores

Acido sórbico y sus sales

de sodio y potasio	1000 mg/kg de producto solo o combinado con otro conservador permitido.
--------------------	---

Acido benzoico y sus sales

de sodio	1000 mg/kg de producto solo o combinado con otro conservador permitido
----------	--

Acido propiónico y sus

sales de sodio o calcio	BPF
Diacetato de sodio	BPF
Propil parabeno	1000 mg/kg de producto solo o combinado con otro conservador permitido

* Cuando se utilicen mezclas de conservadores la suma de éstos no deberá exceder el límite máximo del conservador de mayor concentración.

7.6.6 Emulsivos, estabilizadores, espesantes y gelificantes:

Pectinas	BPF
Agar agar	BPF
Carboximetil celulosa de sodio	BPF

Hidroxipropil metil celulosa	BPF
Lecitina	BPF
Alginato de amonio, calcio potasio y sodio	BPF
Carragenina	BPF
Carragenatos de calcio, potasio o sodio	BPF
Goma Arábica	BPF
Almidones modificados	BPF
Goma Tragacanto	BPF
Goma de Algarrobo	BPF
Goma Guar	BPF
Goma Karaya	BPF
Goma Xantano	BPF
Grenetina	BPF
Metil celulosa	BPF
Metil etil celulosa	BPF
Tripolifosfato de sodio	BPF
Monoestearato de Glicerilo	BPF
Monoestearato de sorbitán	6100 mg/kg de harina
Dextrinas	BPF
Estearoil 2-lactilato de sodio o calcio	5000 mg/kg de harina
Esteres del ácido láctico de ácidos grasos	BPF
Esteres de poliglicerol de ácidos grasos	10000 mg/kg de harina solo o combinado con otro éster
Esteres de ácido diacetil tartárico	BPF
Mono y diglicéridos de los ácidos grasos	BPF
Esteres de propilenglicol ácidos grasos	3750 mg/kg de harina
Polisorbato 60**	4600 mg/kg de producto

Polisorbato 65**	3200 mg/kg de producto
Polisorbato 80**	10000 mg/kg de producto
Esteres de sacarosa	3750 mg/kg de producto
Fosfato de aluminio y sodio	1g/kg de harina
Monoglicéridos acetilados	BPF
Monoglicéridos succinilados	5g/kg de harina

** Cuando se utilicen mezclas de polisorbatos, la suma de éstos no debe exceder del 1%, respetando la concentración máxima de uso para cada uno de ellos.

7.6.7 Gasificantes o polvos para hornear:

Acido tartárico	BPF
Bicarbonato de amonio	BPF
Bicarbonato de potasio	BPF
Bicarbonato de sodio	BPF
Carbonato de sodio, amonio o potasio	BPF
Fosfato monobásico de calcio	5000 mg/kg de harina
Pirofosfato ácido de sodio	2500 mg/kg de harina
Sulfato doble de aluminio y sodio	BPF
Tartrato ácido de potasio	2500 mg/kg de harina

7.6.8 Leudante.

Levadura	BPF
----------	-----

7.6.9 Reguladores de pH.

Acido cítrico	BPF
Hidróxido de sodio	BPF
Acido acético	BPF
Acido clorhídrico	BPF
Citrato de sodio o potasio	BPF
Acido láctico	BPF
Acido málico	BPF
Lactato de sodio o calcio	BPF
Fosfato dibásico de calcio	2500 mg/kg de harina
Acido fumárico y sus sales de sodio o potasio	BPF
Carbonato de calcio	BPF

Acetato de sodio 70 mg/kg de producto

7.6.10 Humectantes.

Glicerina BPF

Alginato de propilenglicol 5000 mg/kg de producto

Propilenglicol 5000 mg/kg de producto

Sorbitol*** 300 g/kg de producto

*** Su uso está limitado a dicha concentración tanto como humectante como edulcorante. La etiqueta del producto que contenga este aditivo alimentario se ajustará a lo establecido en la NOM-086-SSA1-1994 (véase referencias).

7.6.11 Saborizantes y aromatizantes.

En la elaboración de los productos objeto de este apartado, se permite el empleo de los saborizantes o aromatizantes establecidos en el Reglamento y en el acuerdo correspondiente que al efecto emita la Secretaría de Salud.

7.6.12 Los productos señalados en los apartados 6 y 7 que se elaboran con harinas no adicionadas de aditivos para alimentos, podrán incorporar además de los aditivos permitidos en los apartados correspondientes, los establecidos para harinas de cereales, en los límites señalados. Por otra parte, en la elaboración de los productos objeto de este apartado se pueden emplear las enzimas enlistadas en el Reglamento, derivadas de las fuentes establecidas en dicho ordenamiento y conforme a las BPF.

8. Especificaciones nutrimentales

Los productos objeto de esta norma con modificaciones en su composición, deben sujetarse a lo establecido en el Reglamento y en la NOM-086-SSAI-1994, Bienes y servicios. Alimentos y Bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones nutrimentales.

9. Muestreo

El procedimiento de muestreo para los productos objeto de esta norma, debe sujetarse a lo que establece la Ley General de Salud.

10. Métodos de prueba

10.1 Para la verificación de las especificaciones microbiológicas de los productos señalados en los apartados 6 y 7, y metales pesados que se establecen en esta norma, se deben aplicar los métodos de prueba señalados en el apartado de Referencias.

10.2 Para la determinación de aflatoxinas, ácido fólico, hierro, materia extraña y humedad en harinas de cereales, se deben aplicar los siguientes métodos:

10.2.1 Aflatoxinas, aplicar el método señalado en la norma correspondiente.

10.2.2 Acido fólico y hierro, aplicar el método señalado en el apéndice normativo B de la NOM-131-SSA1-1995, Bienes y servicios. Alimentos para lactantes y niños de corta edad. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales.

10.2.3 Materia extraña y humedad, aplicar el método señalado en el apéndice normativo A de esta norma.

10.3 Para la determinación de la especificación de materia extraña en alimentos preparados a base de cereales, de semillas comestibles, de harinas o sus mezclas, se debe aplicar el método de prueba señalado en el Apéndice normativo B de esta norma.

10.4 Para la determinación de la especificación de materia extraña en productos de panificación, se debe aplicar el método de prueba señalado en el Apéndice normativo C de esta norma.

11. Etiquetado

Las etiquetas o envases impresos de los productos objeto de esta norma, además de cumplir con lo establecido en el Reglamento y la NOM-051-SCFI-1994, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados, deberán:

11.1 Identificación el lote.

11.1.1 Cuando se indique con el formato de fecha, anteponerse la palabra "Lote".

11.1.2 Si la identificación del lote corresponde a la fecha de caducidad, anteponer las leyendas "Lote" y "Fecha de caducidad".

11.2 Las harinas adicionadas con ácido fólico y hierro sólo podrán utilizar la siguiente denominación:

Harina de trigo adicionada con hierro y ácido fólico o folacina o folato (vitamina B₉)*.

* Los términos entre paréntesis serán opcionales.

11.3 Declaración de ingredientes.

11.3.1 Los aditivos empleados deben identificarse con la denominación específica, de acuerdo con los ordenamientos legales aplicables, a excepción de los saborizantes y las enzimas, los cuales podrán figurar con la denominación genérica.

11.3.2 Cuando se utilice ácido ascórbico en la harina de trigo se debe reportar como aditivo y no como nutrimento.

11.4 En el caso de la harina de trigo se debe indicar el contenido de ácido fólico y hierro en mg por 100g del producto.

11.5 No está permitido emplear para la harina de trigo, denominaciones distintas a las establecidas en esta norma.

11.6 En las harinas de cereales y en los productos elaborados a base de cereales, de semillas comestibles, de harinas o sus mezclas, debe figurar la leyenda "Consérvese en lugar seco y fresco".

11.7 Los productos objeto de esta norma que hayan sido modificados en su composición, deben sujetarse a lo establecido en el Reglamento y a la NOM-086-SSA1-1994, Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones nutrimentales y reportar el

contenido del o los nutrimentos adicionados por 100 g o por porción, indicando siempre la cantidad de producto a la que equivale dicha porción.

11.8 Para los productos de panificación que requieren refrigeración o congelación deben incluirse las leyendas:

11.8.1 "Manténgase o consérvase en refrigeración o congelación", según corresponda.

11.8.2 Productos refrigerados: Fecha de caducidad, señalando día y mes.

12. Envase, empaque y embalaje

12.1 Envase.

12.1.1 Los productos preenvasados objeto de esta norma se deben envasar en recipientes elaborados con materiales inocuos y resistentes a distintas etapas del proceso, de tal manera que no reaccionen con el producto o alteren sus características físicas, químicas, sensoriales y microbiológicas.

12.1.2 Para el caso de los productos de panadería tradicional, el material que proporcione el responsable del expendio para envolverlos o empacarlos, debe ser limpio y nuevo, elaborado con materiales inocuos y resistentes, de tal manera que no reaccionen con el producto o alteren sus características físicas, químicas o sensoriales.

12.2 Empaque.

Los productos objeto de esta norma que requieran utilizar empaque, deben usar envolturas de material resistente y que ofrezca la protección adecuada a los envases para impedir su deterioro exterior, a la vez que faciliten la manipulación, almacenamiento y distribución.

12.3 Embalaje.

Se deben usar envolturas de material resistente que ofrezcan la protección adecuada a los envases para impedir su deterioro exterior, a la vez que faciliten su manipulación, almacenamiento y distribución.

13. Concordancia con normas internacionales

Esta norma no es equivalente con normas internacionales o normas mexicanas, excepto el apartado 5 referente a harinas de cereales, sémolas o semolinas en donde es parcialmente equivalente a las siguientes normas:

Norma Codex para la harina de trigo. Codex Stan 152-1985 (Rev. 1-1995).

14. Bibliografía

14.1 Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. 1992. Ley Federal sobre Metrología y Normalización. Diario Oficial de la Federación. México, D.F.

14.2 Secretaría de Salud. 1991. Ley General de Salud. Diario Oficial de la Federación. México, D.F.

14.3 Secretaría de Salud. 1988. Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios. Diario Oficial de la Federación. México, D.F.

14.4 Secretaría de Salud. Acuerdo 139. 1996. Sustancias que pueden utilizarse en saboreadores o aromatizantes sintético artificiales. Diario Oficial de la Federación. México, D.F.

14.5 Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Secretaría de Desarrollo Social, Secretaría de Salud, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial 1994. Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST). Catálogo Oficial de Plaguicidas.

14.6 Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1990-1991. Dirección General de Estadística. Programa y Avance de los Cultivos Principales en México. p. 1-5.

14.7 Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. NOM-Z-013-02. 1981. Guía para la Redacción, Estructuración y Presentación de las Normas Oficiales Mexicanas. México, D.F.

14.8 Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. NOM-008-SCFI-1993. Sistema General de Unidades de Medida. Diario Oficial de la Federación. México, D.F.

14.9 Food and Drug Administration. 1989. Code of Federal Regulations. 21. PARTS 100 to 169 Revised as of April 1. p. 252-265.

14.10 Codex Committee on Food Additives. 19th Session The Hague, 5-11 November 1985. Information on Legal and Other Administrative Limits for Contaminants in Food. Annex 1 to CX/Fa 85/18. p. 24, 70, 81, 87, 89.

14.11 Comisión del Codex Alimentarius. 26 al 30 de Octubre de 1992. Informe de la 8a. reunión sobre Cereales, Legumbres y Leguminosas, Washington, D.C. p. 3.

14.12 Comité del Codex sobre Aditivos Alimentarios y Contaminantes de los Alimentos. 22a. Reunión
La Haya, 19-24 de marzo de 1990, Niveles de Orientación para el Cadmio y el Plomo en Alimentos CX/FAC 90/18 Add. 3. 22a. Reunión. La Haya. p. 1-5.

14.13 Egmond Van H.P. National Institute of Public Health and Environmental Hygiene. 28 September to 3 October 1987. The Neatherland. MYC 81/9.2. p. 25-28.

14.14 FAO, OMS, OPS. 1992. Conferencia Internacional Sobre Nutrición. Informe de México. Comisión Nacional de Alimentos. México, 7a. Reunión, Washington, D.C. 22 - 26 de Octubre de 1990 CX/CPL 90/8-Add.1 Mayo 1990. p. 18, 19, 22, 23.

14.15 Minister of Supply and Services Canada. 1989. Department of National Health and Welfare. Departmental Consolidation of the Food and Drugs Act and of the Food and Drug Regulations. Canada. p. 63 y 63 A.5.

14.16 Reglamentaciones Técnico-Sanitarias del Sector Alimentario. 1989. Tomo II. 1a. ed. Edit. A. Madrid Vicente. Madrid, España. p. 283-293, 304, 310, 346 y 352.

14.17 American Official Analytical Chemists. 1995. Chapter 16. 16.6.01. 16a. ed. p. 20.

- 14.18 Association of Official Analytical Chemists. 1990. Official Methods of Analysis. Vol. I. Method 925.45D. 15th de. USA. p. 387-388, 369-385 y 777.
- 14.19 Association of Official Analytical Chemists. 1995. Official Methods of Analysis. Chapter 16. 16.6.02.B. y 16.6.04. 16a. ed. USA. p. 21.
- 14.20 Andrew E. Czeizel, et-al. 1992. Prevention of the first occurrence of neural-tube defects by periconceptional vitamin supplementation. The New England Journal of Medicine. Vol. 327. No. 26. p. 1832-1835.
- 14.21 Bourges Héctor. 1982. Nutrición y Alimentos, su problemática en México. Editorial C.E.C.S.A. p. 64.
- 14.22 Brody Tom, et-al. 1984. Folic Acid. Handbook of vitamins. De. Laurence J. Machlin, Marcel Decker, Inc. p. 459-496.
- 14.23 Fondu M. 1980. Food Additives Tables. Ed. Elsevier Scientific Publishing Company Amsterdam. The Netherlands.
- 14.24 Jelinek Charles F. 1987. Distribución de Micotoxinas: Análisis de los datos mundiales sobre productos básicos, incluidos los datos del programa conjunto internacional FAO/OMS/PNUM sobre vigilancia de la contaminación de los alimentos. Tema 5. FAO, OMS, UNEP, JOIN FAO/WHO/UNEP, Second International Conference on Micotoxin Bangkok Tailand. Currents Limits and Regulation on Micotoxins. p. 11-15.
- 14.25 Joseph Mulinare, MD, et-al, 1988. Periconceptional use of multivitamins and the occurrence of neural tube defects. JAMA, VI. 260, No. 21. p. 3141-3145.
- 14.26 Kumate Rodríguez, J. et-al. 1992. Manual para la vigilancia epidemiológica. Defectos del tubo neural. No. 16. Secretaría de Salud.
- 14.27 Pérez Escamilla Rafael. 1995. Folic acid fortification for the prevention of neural tube defects: consensus needed on potential adverse effects. American Journal of Public Health, Vol. 85. No. 11.
- 14.28 Pomeranz Y. 1989. Wheat: Chemistry and Technology; Vol. II. Edited by The American Association of Cereal Chemists, Inc. Minnesota U.S.A. p. 118-123.
- 14.29 Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y de la Organización Mundial de la Salud, Criterios de Salud Ambiental. 11. Micotoxinas, Publicación Científica No. 453. OPS. p. 2-7.
- 14.30 Programa Universitario de Investigación en Salud. 1996. Universidad Nacional Autónoma de México. Coordinación para la Investigación Científica. Primera Reunión sobre Investigación de Acido Fólico en Defectos del Tubo Neural. Memorias.
- 14.31 Quaglia G. 1991. Ciencia y Tecnología de la Panificación. 2a. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza, España. p. 163-217 y 392.
- 14.32 Reilly Conor. 1991. Metal Contamination of Food. 2a. Edición. Edit. Elsevier Applied Science. UK. p. 116, 137 y 154-155.
- 14.33 Ruiz-Matus, Cuauhtémoc, et-al. Panorama epidemiológico de los defectos del tubo neural en México. Gac. Méd. Mex. Vol. 131, No. 4, p. 485-489.

14.34 Spivey Fox M.R. 1976. Cadmium Metabolism-A, Review of Aspects Pertinent to Evaluating Dietary Cadmium Intake by Man, The Nutrition Foundation a Monograph. Edited by Prasad A, S. Cap. 42. p. 403-408.

15. Observancia de la norma

La vigilancia en el cumplimiento de la presente norma corresponde a la Secretaría de Salud.

16. Vigencia

La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor a los 6 meses siguientes de la fecha de su publicación en el Diario Oficial de la Federación, salvo el numeral 11.3.1 que entrará en vigor en planta, a los seis meses siguientes a su publicación y en punto de venta, al año siguiente contado a partir de la fecha de publicación en el Diario Oficial de la Federación de la misma.

Atentamente

Sufragio Efectivo. No Reelección.

México, D.F., a 17 de noviembre de 1999.- El Director General de Calidad Sanitaria de Bienes y Servicios, José Meljem Moctezuma.- Rúbrica.

Anexo 2. Norma del CODEX para harina de trigo. CODEX STAN 152-1985

1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

1.1 La presente Norma se aplica a la harina de trigo para el consumo humano, elaborada con trigo común, *Triticum aestivum* L. o con trigo ramificado, *Triticum compactum* Host., o una mezcla de los mismos, que ha sido preenvasada y está lista para la venta al consumidor o está destinada para utilizarla en la elaboración de otros productos alimenticios.

1.2 No se aplica:

- a ningún producto elaborado con trigo duro, *Triticum durum* Desf., solamente o en combinación con otros trigos;
- a la harina integral, a la harina o sémola de trigo entero, a la harina fina de trigo común *Triticum aestivum* L., o trigo ramificado *Triticum compactum* Host., o una mezcla de los mismos;
- a la harina de trigo destinada a utilizarse como aditivo en la elaboración de la cerveza o para la elaboración del almidón y/o el gluten;
- a la harina de trigo destinada a la industria no alimentaria;
- a las harinas cuyo contenido de proteínas se haya reducido o a las que, después del proceso de molienda, hayan sido sometidas a un tratamiento especial que no sea el de secado o blanqueado, y/o a las cuales se les hayan agregado otros ingredientes distintos de los mencionados en las secciones 3.2.2 y 4.

2. DESCRIPCIÓN

2.1 Definición del producto

Por harina de trigo se entiende el producto elaborado con granos de trigo común, *Triticum aestivum* L., o trigo ramificado, *Triticum compactum* Host., o combinaciones de ellos por medio de procedimientos de trituración o molienda en los que se separa parte del salvado y del germen, y el resto se muele hasta darle un grado adecuado de finura.

3. COMPOSICIÓN ESENCIAL Y FACTORES DE CALIDAD

3.1 Factores de calidad – generales

3.1.1 La harina de trigo, así como todos los ingredientes que se agreguen, deberán ser inocuos y apropiados para el consumo humano.

3.1.2 La harina de trigo deberá estar exenta de sabores y olores extraños y de insectos vivos.

3.1.3 La harina de trigo deberá estar exenta de suciedad (impurezas de origen animal, incluidos insectos muertos), en cantidades que puedan representar un peligro para la salud humana.

3.2 Factores de calidad – específicos

3.2.1 Contenido de humedad 15,5 % m/m máximo

Para determinados destinos, por razones de clima, duración del transporte y almacenamiento, deberían requerirse límites de humedad más bajos. Se pide a los gobiernos que acepten esta Norma que indiquen y justifiquen los requisitos vigentes en su país.

3.2.2 Ingredientes facultativos

Los siguientes ingredientes pueden agregarse a la harina de trigo en las cantidades necesarias para fines tecnológicos:

- productos malteados con actividad enzimática, fabricados con trigo, centeno o cebada;
- gluten vital de trigo;
- harina de soja y harina de leguminosas. 2 Codex Standard 152-1985

4. ADITIVOS ALIMENTARIOS

4.1 Enzimas Nivel máximo en el producto terminado

4.1.1 Amilasa fúngica de *Aspergillus niger* BPF

4.1.2 Amilasa fúngica de *Aspergillus oryzae* BPF

4.1.3 Enzima proteolítica de *Bacillus subtilis* BPF

4.1.4 Enzima proteolítica de *Aspergillus oryzae* BPF

4.2 Agentes para el tratamiento de las harinas Nivel máximo en el producto terminado

4.2.1 Ácido ascórbico L. y sus sales de sodio y potasio 300 mg/kg

4.2.2 Hidrocloruro de L.-cisteína 90 mg/kg

4.2.3 Dióxido de azufre (en harinas utilizadas únicamente para la fabricación de bizcochos y pastas) 200 mg/kg

4.2.4 Fosfato monocálcico 2 500 mg/kg

4.2.5 Lecitina 2 000 mg/kg

4.2.6 Cloro en tortas de alto porcentaje 2 500 mg/kg

4.2.7 Dióxido de cloro para productos de panadería crecidos con levadura 30 mg/kg

4.2.8 Peróxido benzoílico 60 mg/kg

4.2.9 Azodicarbonamida para pan con levadura 45 mg/kg

5. CONTAMINANTES

5.1 Metales pesados

La Harina de trigo deberá estar exenta de metales pesados en cantidades que puedan representar un peligro para la salud humana.

5.2 Residuos de plaguicidas

La harina de trigo se deberá ajustar a los límites máximos para residuos establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius para este producto.

5.3 Micotoxinas

La harina de trigo deberá ajustarse a los límites máximos para micotoxinas establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius para este producto.

6. HIGIENE

6.1 Se recomienda que el producto regulado por las disposiciones de esta Norma se prepare y manipule de conformidad con las secciones apropiadas del *Código Internacional de Prácticas Recomendado – Principios Generales de Higiene de los Alimentos* (CAC/RCP 1-1969) y otros códigos de prácticas recomendados por la Comisión del Codex Alimentarius que sean pertinentes para este producto.

6.2 En la medida de lo posible, con arreglo a las buenas prácticas de fabricación, el producto estará exento de materias objetables.

6.3 Cuando se analice mediante métodos apropiados de muestreo y análisis, el producto:

- deberá estar exento de microorganismos en cantidades que puedan representar un peligro para la salud;
- deberá estar exento de parásitos que puedan representar un peligro para la salud; y 3 Codex Standard 152-1985
- no deberá contener ninguna sustancia procedente de microorganismos en cantidades que puedan representar un peligro para la salud.

7. ENVASADO

7.1 La harina de trigo deberá envasarse en recipientes que salvaguarden las cualidades higiénicas, nutritivas, tecnológicas y organolépticas del producto.

7.2 Los recipientes, incluido el material de envasado, deberán estar fabricados con sustancias que sean inocuas y adecuadas para el uso al que se destinan. No deberán transmitir al producto ninguna sustancia tóxica ni olores o sabores desagradables.

7.3 Cuando el producto se envase en sacos, éstos deberán estar limpios, ser resistentes, y estar bien cosidos o sellados.

8. ETIQUETADO

Además de los requisitos de la *Norma General del Codex para el Etiquetado de los Alimentos Preenvasados* (CODEX STAN 1-1985) deberán aplicarse las siguientes disposiciones específicas:

8.1 Nombre del producto

8.1.1 El nombre del producto que deberá aparecer en la etiqueta será “harina de trigo”.

8.2 Etiquetado de envases no destinados a la venta al por menor

La información relativa a los envases no destinados a la venta al por menor deberá figurar en el envase o en los documentos que lo acompañan, salvo que el nombre del producto, la identificación del lote y el nombre y la dirección del fabricante o envasador deberán aparecer en el envase. No obstante, la identificación del lote y el nombre y la dirección del fabricante o envasador podrán ser sustituidos por una marca de identificación, siempre que tal marca sea claramente identificable con los documentos que acompañen al envase.

9. MÉTODOS DE ANÁLISIS Y MUESTREO

Véase textos relevantes del Codex sobre métodos de análisis y muestreo. 4 Codex Standard 152-1985

APÉNDICE. En los casos en que figure más de un límite de factor y/o método de análisis se recomienda encarecidamente a los usuarios que especifiquen el límite y método de análisis apropiados.

Factor/Descripción	Límite	Método de análisis
CENIZA	A gusto del comprador	AOAC 923.03 ISO 2171:1980 Método ICC No. 104/1 (1990)
ACIDEZ DE LA GRASA	Máx. 70 mg por 100 g de harina respecto a la materia seca expresada como ácido sulfúrico - o - Se necesitará no más de 50 mg de hidróxido de potasio para neutralizar los ácidos grasos libres en 100 gramos de harina, respecto a la materia seca	Método ISO 7305 (1986) - o - AOAC 939.05
PROTEÍNA (N x 5,7)	Mín. 7,0 % referido al peso del producto seco	ICC 105/1 - Método de determinación de la proteína bruta en cereales y productos a base de cereales para alimentos de consumo humano y piensos, utilizando catalizador de selenio/cobre (Método del Tipo I) - o - ISO 1871:1975
SUSTANCIAS NUTRITIVAS □ vitaminas □ minerales □ aminoácidos	De conformidad con la legislación del país en que se vende el producto	No se ha definido ningún método
TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS (GRANULOSIDAD)	El 98 % o más de la harina deberá pasar a través de un tamiz (No. 70) de 212 micras	AOAC 965.22