

El Acero Inoxidable en la Industria Alimentaria

José Ignacio Fernández de Castillo,
Dr. I. I. ETSII de Madrid
Sonsoles Fernández Ludeña, I. I.
ETSII de Madrid
José María Guío Bonani, Lic. en
Ciencias Químicas

El acero inoxidable se utiliza en todas las instalaciones y máquinas que están en contacto con las sustancias alimenticias es decir:

1. La producción natural de los alimentos.
2. Su transformación industrial.
3. Su consumo, envasado y transporte.

No olvidemos que hay una serie de objetivos en la elaboración de esos alimentos, como por ejemplo:

1. No contaminar las materias primas por microorganismos y metales procedentes de los equipos y contenedores.
2. Eliminar la mayor cantidad de microorganismos presentes mediante productos de limpieza que no deterioran la superficie del material.
3. Prevenir el crecimiento de bacterias por modificación de la temperatura.
4. Favorecer el desarrollo de microorganismos específicos inofensivos (por ejemplo, los de las fermentaciones).

Entonces, hemos de buscar el cumplimiento de estos objetivos utilizando materiales no contaminantes y empleando materiales que se pueden limpiar sin modificar las propiedades superficiales del material ya que las bacterias aparecen, en gran parte, por el contacto de los alimentos con la maquinaria.

Así llegamos al empleo de materiales que llamamos higiénicos. Como los aceros inoxidables.

Aceros inoxidables

Estos aceros ofrecen una serie de propiedades importantes:

- Elevada resistencia a la corrosión.
- Superficie totalmente compacta.
- Elevada resistencia a choques y tensiones mecánicas.
- Elevada resistencia a variaciones térmicas.
- Ausencia de recubrimientos protectores.
- Óptima capacidad de limpieza.

No olvidemos que estos aceros presentan la aleación principal de cromo y de acuerdo a su estructura micrográfica pueden clasificarse, en principio, en:

- Aceros martensíticos. Su composición base es Fe, Cr (12 - 19%) y C (0,08 - 1,2%) como los aceros 420 y 431.
- Aceros ferríticos. Su composición base es Fe, Cr (10,5 - 30%) y C (0,015 - 0,08%) como el acero 430.
- Aceros austeníticos como los 304 y 316. Su composición base es Fe, Cr (16 - 28%), Ni (6 - 32%) y C (0,02 - 0,1%). El acero 316 lleva también Mo (2 - 3%).

También es muy importante en los aceros inoxidables el grado de su superficie, obtenido en el productos acabado, después de su laminación en frío.

Así tenemos la Tabla 1.

Acabados	Rugosidad
2D	0,14 μm
2B	0,08 μm
2R (BA)	0,04 μm

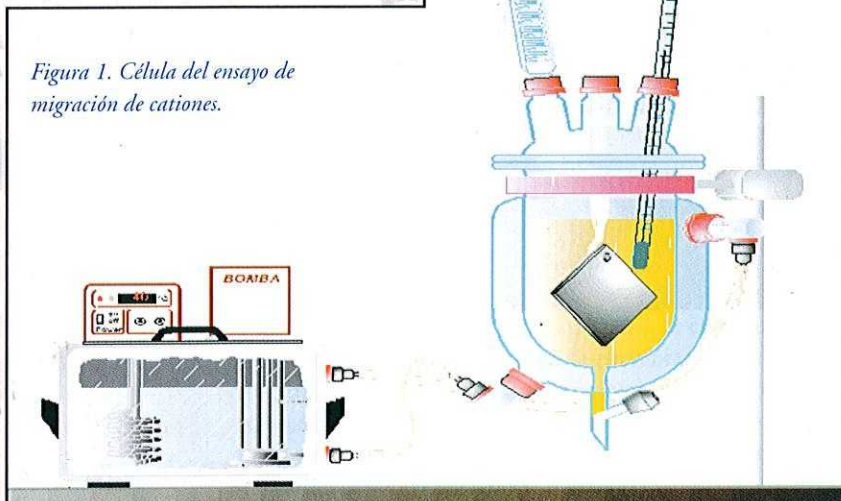
Tabla 1.

En algunos países hay normativas sobre la capacidad de los materiales de cesión de elementos metálicos. Por ejemplo, en Italia, están fijados los valores máximos:

- Cesión global 50 ppm
- Cesión específica
 - Cr trivalente 0,1 ppm
 - Ni 0,1 ppm

ACERINOX ha normalizado esos ensayos de migración de cationes a base de una célula de tratamiento

Figura 1. Célula del ensayo de migración de cationes.



Material	Acabado	Ensayo	$\mu\text{g}/\text{cm}^2$		
			Fe	Cr	Ni
Austenítico	2B	1	1,2	0,06	<0,06
		2	2,1	0,11	<0,06
		3	1,4	0,11	<0,06
		4	1,2	0,14	0,15
Ferrítico	2B	1	1,5	0,22	<0,06
		2	3,7	0,2	<0,06
		3	4,3	0,35	<0,06
		4	3,3	0,44	<0,06

Ensayo: 1 - Contacto durante 30 minutos a 100° C
 2 - Contacto durante 10 días a 40° C
 3 - Contacto durante 20 días a 40° C
 3 - Contacto durante 30 días a 40° C

donde los resultados pueden ser comparativos y reproducibles. La probeta es una chapa de 128 cm² que se mantiene en contacto en una célula, durante un periodo de tiempo determinado con el sustrato alimenticio a una temperatura fijada en un baño termostático que alimenta a la célula. Transcurrido el tiempo de contacto se analiza el alimento para evaluar la cesión metálica expresada en $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.

En la figura 1 se describe la disposición de la célula y en la tabla 2 se incluyen los resultados de un ensayo de migración de cationes en ácido acético al 3% con distintos tiempos y temperaturas de contacto.

Industria láctea

Las distintas fases del proceso son las siguientes:

1. Ordeño, refrigeración y recogida y transporte.
2. Almacenamiento en centrales lecheras y transporte.
3. Producción de mantequilla y queso.

En la fase 1 los equipos son la ordeñadora, el tanque de refrigeración, cisternas, tuberías y grifos. Se emplea el acero inoxidable 304. (En el interior pulido. En el exterior, simplemente, esmerilado).

La leche, a unos 36 °C, sufre una refrigeración hasta 4 °C para bloquear la carga bacteriana. Luego se hace el transporte en cisternas isotérmicas hasta la central lechera.

En la fase 2, tenemos los tanques y las tuberías para el almacenamiento en el acero 304. Más tarde en la elaboración que comprende la pasteurización y la esterilización, el calentamiento indirecto se hace con intercambiadores de placas y tubos de acero 316 y el calentamiento directo con vapor de agua con inyectores de acero 304.

En cuanto a la producción de mantequilla, las descremadoras centrífugas se preparan con rotores de acero martensítico 431, mientras que en la producción de queso dulce y de yogur normal se usa el acero 304 y en el caso de queso salado y yogur aromatizado, el 316.

Conservas vegetales y zumos de frutas

Naturalmente, las instalaciones se diferencian por el producto tratado, y por el tipo de elaboración, aunque hay fases en común de los diversos procesos. Por ejemplo:

- Lavado del producto.
- Selección de frutas y hortalizas.
- Tratamiento del producto.
- Pasteurización.
- Dosificación y elaboración del producto final.

La especificación depende el tipo de fruta y hortaliza tratada y de las condiciones de temperaturas y tratamiento. Pero los aparatos que están en contacto con el producto en la fase del tratamiento son de acero inoxi-

Tabla 2. Ensayo de migración de cationes en ácido acético al 3%.

dable austeníticos de los tipos 304 y 316. Pero si la temperatura del tratamiento es elevada se aconseja el acero 316.

En el tratamiento de conservas se emplean los aceros:

Tipo 304

- Trituración de conservas.
- Calentamiento del producto triturado.
- Tamizado del producto triturado.
- Concentración del jugo.
- Recogida del producto concentrado en recipientes.

Tipo 316

- Pasteurización del producto.

Tipo 304

- Enlatado del producto y enfriamiento posterior.

En el tratamiento de los zumos se utiliza el acero tipo 316 en las diferentes fases:

- Esterilización con operaciones de pasteurización a altas temperaturas.
- Empleo de SO₂ en las diversas partes del tratamiento.

También es normal el empleo del tipo 316 en la concentración de zumos.

- Tratamiento a baja temperatura.

- Tratamiento de evaporación a alta temperatura con recuperación de las esencias volátiles que después se reincorporan al producto concentrado.

También se emplea acero inoxidable 316 en el almacenamiento estéril de cantidades elevadas de puré de frutas y hortalizas. Son grandes depósitos en los que el acero inoxidable destaca por su higiene, robustez y fácil mantenimiento.

O sea que el acero 316 es el recomendado para prensas, aparatos de centrifugación, bombas, filtros, desaireadores, pasteurizadores, refrigera-

Descripción	Material	Espesor de chapa mm	Dimensiones de instalación (m)
Cubas de mezcla	AISI 304	2	Ø 5,6 / altura 2,5
Cubas de filtración	AISI 304	2	2,5 x 7 x 2
Caldera	AISI 304	2 en placas	Ø 5,6 / altura 2,5
Depósitos pulmón	AISI 304	2,5	Ø 2,5
Caldera aromatización lúpulo 800 HI	AISI 304	2 en placas	3 x 3 x 1

Tabla 3. Tipo de acero inoxidable empleado en la industria cervecera.

dores y depósitos en las diversas fases de tratamiento, conservación y transporte.

Producción de cerveza

También en las distintas fases de la industria cervecera se emplea el acero inoxidable. Concretamente la mezcla de los compuestos de base y la cocción, la fermentación del mosto y la maduración, así como el almacenamiento de los productos acabados.

za el acero 304 en general y el acero 316 cuando hay SO₂ ó las temperaturas sean altas. Por ejemplo, en desgajadoras, pisadoras, fermentadoras e intercambiadores de calor.

También en los recipientes para la conservación y líneas de embotellamiento se emplea el acero 304 en general. Pero se recomienda el acero 316 cuando el SO₂ es alto, y el ambiente lo requiera.

Los accesorios tecnológicos deben ser necesariamente de acero inoxidable o materiales inertes metálicos. Estos accesorios tecnológicos son ta-

Material	Acabado	µg/cm ²		
		Fe	Cr	Ni
AISI 304	2B	1,62	< 0,02	< 0,05
AISI 304	2B	2,19	0,11	0,06
AISI 304	2B	2,03	0,04	< 0,05

Tabla 4. Ensayo de migración de cationes en aceros inoxidables para la industria cervecera (contacto durante 30 días a 4 °C)

En la tabla 3 se señala el empleo de acero inoxidable en equipos de cervecería y en la tabla 4 los resultados de ensayo de integración de cationes a base de contacto durante 30 días a 40 °C para diversos aceros inoxidables.

Industria del vino

Una vez realizada la vendimia y llegada la uva a la bodega, hay un proceso en el que se acomoda muy bien el acero inoxidable. Tanto el alcohol como los ácidos orgánicos, polifenoles, azúcares y SO₂ no tienen efecto peligroso sobre el acero inoxidable. Pero algunos elementos de limpieza pueden tener ese efecto.

En la manipulación de las uvas, y mostos y en la fermentación, se utili-

pas, válvulas, tuberías, tornillos y tuercas, bocas de hombre, etc.

También hay otros accesorios complementarios, como escaleras, pasarelas, soportes y duchas que pueden ser de acero inoxidable o de materiales metálicos pintados.

Es muy importante la limpieza de los depósitos del proceso. En la tabla 5 se señalan algunas observaciones a dichas operaciones.

Industria del aceite

También aquí, en el proceso desde la aceituna al aceite refinado, hay equipos y máquinas en que se pueden explotar las ventajas del acero inoxidable. Desde la trituración de la aceituna, al amasado, dilución con agua, extracción, separación del aceite bruto del orujo, separación centrífuga y refinación. Hay además separación para el lavado de aceitunas, depósitos para los líquidos oleosos, recipientes para dosificación, contenedores para descarga de sedimentos, etc, aparte de la pasta productora ya señalada.

En la tabla 6 se relacionan las diversas partes de las instalaciones con los aceros inoxidables empleados en su realización y en la tabla 7, los resultados del ensayo de migración de

	Forma de uso	Concentración de detergente	T °C	Tiempo
SOSA CÁUSTICA No es necesario prelavado. Aconsejable aclarado abundante. Uso de guantes y gafas.	Circulación	1/3%	15/80	60 - 75'
ÁCIDO FOSFÓRICO Se aconseja prelavado con agua	Circulación	3/10%	45/50	20 - 30'
ÁCIDO SULFÚRICO La acción bactericida es muy notable. A estimar Uso de guantes y gafas.	Circulación	4%	20	

Tabla 5. Recomendaciones para la limpieza de depósitos de acero inoxidable en la industria del vino.

caciones con diversos tipos de aceites y diferentes aceros.

Industria cárnica

En la industria cárnica (mataderos) se debe garantizar la higiene de los operarios y facilitar, asegurar y acelerar la inspección veterinaria. Se deben ofrecer carnes limpias, no contaminadas, bien presentadas, de fácil conservación sin desperdiciar nada del animal.

Hay diversas operaciones en un matadero, como:

- Muerte del animal.
- Alzamiento.
- Desangrado.
- Corte de cuernos, pezuñas, etc.
- Desollamiento.
- Extracción de vísceras.
- Inspección veterinaria.
- Despiece.
- Ducha.
- Peso

Fases del proceso	AISI 304	AISI 316	AISI 430
Almazara	CH	-	CH
Amasadora:			
Caja interior	CH	-	CH
Hélices	B	-	-
- Ejes- tuercas	B	-	B
-Extractor centrífugo:			
- Tambor	CH	CH	-
- Arandela	CH	CH	-
- Revestimiento.	CH	CH	-
- Árbol rotativo	B	B	-
-Separador centrífugo	B	B	-

Tabla 6. Empleo de acero inoxidable en algunos equipos de la industria del aceite.

CH = Chapa B = Barra

- Refrigeración.

Se debe tener en cuenta que los portadores de contaminación pueden ser:

- Instrumentos de matanza.
- Suelos de los locales.
- Aguas.
- Manos.

Y la carne puede contaminarse en las siguientes fases:

- Después de la muerte del animal.

- Fases de desengrasado y desangrado.

- Corte.
- Transporte.
- Almacenamiento.

Por todo ello, hay que asegurarse, que los materiales usados en los útiles, piezas de maquinaria, etc ase-

Ensayo:

- 1 - Contacto durante 30 minutos a 100°C
- 2 - Contacto durante 10 días a 40°C
- 3 - Contacto durante 20 días a 40°C
- 3 - Contacto durante 30 días a 40°C

Tabla 7. Ensayos de migración de cationes con aceros inoxidables de la industria del aceite.

Material	Acabado	Ensayo	μgcm^2														
			Aceite de Oliva Corriente			Aceite de Oliva Extra			Aceite de Oliva Puro			Aceite de Oliva refinado			Aceite de Girasol refinado		
			Fe	Cr	Ni	Fe	Cr	Ni	Fe	Cr	Ni	Fe	Cr	Ni	Fe	Cr	Ni
Acero Inoxidable Austenítico	2B	30 minutos	<0,020	<0,024	<0,060	<0,020	<0,024	<0,060	0,359	<0,024	<0,060	0,036	<0,024	<0,060	<0,020	<0,096	<0,132
		10 días	0,131	<0,024	<0,060	0,084	<0,024	<0,060	<0,020	<0,024	<0,060	<0,020	<0,024	<0,060	<0,020	<0,096	<0,132
		20 días	<0,020	<0,024	<0,060	0,024	<0,024	<0,060	<0,020	<0,024	<0,060	0,251	<0,024	<0,060	<0,020	<0,096	<0,132
		30 días	0,072	<0,024	<0,060	0,203	<0,024	<0,060	0,837	<0,024	<0,060	0,120	<0,024	<0,060	<0,020	<0,096	<0,132
Acero Inoxidable Ferrítico	2B	30 minutos	<0,020	<0,024	<0,060	<0,020	<0,024	<0,060	0,956	<0,024	<0,060	0,036	<0,024	<0,060	0,048	<0,096	<0,132
		10 días	0,072	<0,024	<0,060	<0,020	<0,024	<0,060	<0,020	<0,024	<0,060	<0,020	<0,024	<0,060	<0,020	<0,096	<0,132
		20 días	<0,020	<0,024	<0,060	<0,020	<0,024	<0,060	<0,020	<0,024	<0,060	0,179	<0,024	<0,060	<0,020	<0,096	<0,132
		30 días	<0,020	<0,024	<0,060	0,167	<0,024	<0,060	<0,020	<0,024	<0,060	0,024	<0,024	<0,060	<0,020	<0,096	<0,132

FASES PROCESO	420	304	301	316
Cuchillos de corte				
Cuchillas de triturar				
Ganchos				
Carros transportadores				
Mesas y bancos de trabajo				
Contenedores de limpieza de tripas				
Recubrimientos de paredes				
Cámaras de refrigeración				
Cintas transportadoras				
Contenedores de sangre				
Aparatos para salazón de carne				

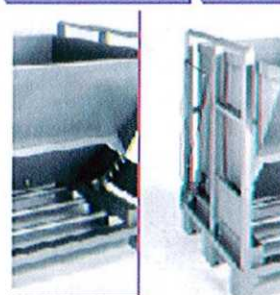


Tabla 8. Aceros inoxidables utilizados en la industria cárnica.

Material	Acabado	Ensayo	μgcm^2		
			Fe	Cr	Ni
AISI 304	2B	1	<0.084	<0.046	<0.148
		2	0.101	<0.046	<0.148
		3	<0.084	<0.046	<0.148
AISI 304	2R	1	0.260	<0.046	<0.148
		2	0.296	<0.046	<0.148
		3	0.138	<0.046	<0.148
AISI 316	2B	1	0.144	<0.046	<0.148
		2	<0.084	<0.046	<0.148
		3	<0.084	<0.046	<0.148
AISI 316	2R	1	0.687	<0.046	<0.148
		2	<0.084	<0.046	<0.148
		3	<0.084	<0.046	<0.148
AISI 430	2B	1	0.510	<0.046	<0.148
		2	0.236	<0.046	<0.148
		3	<0.084	<0.046	<0.148
AISI 430	2R	1	0.324	<0.046	<0.148
		2	<0.084	<0.046	<0.148
		3	<0.084	<0.046	<0.148

Ensayo:

- 1 - 1^{er} Contacto durante 30 minutos a 40 ° C
- 2 - 2^{do} Contacto durante 30 minutos a 40 ° C
- 3 - 3^{er} Contacto durante 30 minutos a 40 ° C

Tabla 9. Ensayos de migración de cationes en aceros inoxidables para la industria cárnica.

guren con un costo económico asequible; una buena instalación y una buena higiene y la duración suficiente.

En la tabla 8 se señalan los aceros inoxidables que se recomienda utilizar en esos diversos útiles y piezas de

un matadero, y en la tabla 9, los resultados del ensayo de migración de cationes con distintos aceros.

Ventajas

Aparte de sus ventajas de resistencia a la corrosión, el acero inoxi-

dable es un material ecológico que se recicla una y otra vez; más del 80% del acero inoxidable nuevo se hace con su chatarra.

Pero hemos visto que, además, es un material higiénico y ha supuesto un progreso en la calidad de los productos - bebidas y alimentos que consumimos. ■