



PRINCIPIOS QUE DETERMINAN LA ACTIVIDAD BACTERIANA EN LOS ALIMENTOS

Deseamos detallar los medios a utilizar en la industria alimentaria para conseguir de forma eficaz, viable y económica los controles y la limitación de los riesgos anexos a la presencia de *Listeria monocytogenes* y otras bacterias en los procesos de obtención y en la *shelf-life* de los alimentos que comercializa una empresa.

Los alimentos son unos ecosistemas muy complejos, entendiendo por ecosistema un nicho ambiental dentro del cual conviven unos componentes físico-químicos que integran el alimento y todas las bacterias presentes en el mismo.

El responsable técnico en el seno de una industria alimentaria debe poseer obligadamente:

- conocimiento claro de los principios biofísicos y bioquímicos básicos que definen las actividades bacterianas
- conocimiento de la naturaleza físico-química de los ingredientes que integran la composición de los alimentos que elabora
- conocimiento de las tecnologías actuales de elaboración y conservación de los alimentos y con extrema atención a la funcionalidad que se les exige desde una problemática higiénica, organoléptica y de calidad comercial

El responsable técnico debe asumir la capacidad de integrar estos conocimientos para resolver las problemáticas microbiológicas que se originan dentro de los complejos ecosistemas alimentarios que elaboran y comercializan sus empresas.

La biotecnología nos enseña que existen un conjunto de factores ambientales del ecosistema en que se halla situada una bacteria, que son determinantes para permitir su generación, crecimiento y actividades vitales.

Estos factores condicionantes de la actividad bacteriana en el ecosistema alimentario son:

- de naturaleza intrínseca como son la actividad de agua (a_w), el pH, potencial Red-ox, composición en nutrientes del nicho alimentario
- de naturaleza extrínseca como son temperatura, tensión de Oxígeno, energía radiantes (luz), Humedades Relativas ambientales
- de naturaleza tecnológica como acciones de tipo físico (cocciones, congelaciones ..) químico (deshidrataciones, salazones ..) o biológicas (bacteriocdnas)
- de naturaleza implícita como son las interacciones entre las diversas poblaciones bacterianas presente en el nicho ecológico alimentario

La manipulación correcta de estos factores presentes o actuantes en los nichos ecológicos de los alimentos, permiten matizar o modificar las actividades bacteriana de la flora bacteriana presente en ellos, actuando ya sea como freno o inhibidores de aquella actividad o bien como activadores de la misma.

Los alimentos suelen ser de naturaleza heterogénea tanto a escala visual como a escala micrométrica. Esta heterogeneidad va asociada a gradientes diversos de aquellos factores que comportan una complejidad elevada en la valoración de la naturaleza global del nicho ecológico alimentario en el que trabaja el técnico en alimentos.

Frente a ambientes ecológicos cambiantes, las células bacterianas han de regular y mantener un estado de homeostasis de su citoplasma en base a regular una serie de funciones vitales. Entre ellas cabe destacar el valor del pH o la fluidez de sus membranas celulares. Si la bacteria

llega al estado de verse imposibilitada para mantener aquella homeostasis se precipitará a su muerte en el nicho alimentario en el que se encuentra.

Entre los conocimientos básicos de la actividad bacteriana se hallan sus vías metabólicas, que le permiten conseguir la energía para llevarlas a término. Las bacterias presentes en el ecosistema alimentario pueden tener en general dos o tres vías metabólicas para conseguir sus recursos energéticos. Estas vías vienen determinadas por su naturaleza genética y por los factores ambientales citados presentes en el nicho en el cual se encuentran. La producción de ATP se constituye en el núcleo energético que les permite generar y mantener la actividad celular de catabolismo y regeneración. Como ejemplo tenemos la válvula que permite eliminar protones (H⁺) del citoplasma celular para mantener su pH correcto (aproximadamente 7), actúa con la ayuda del ATP. Las bacterias facultativas anaerobias, si respiran por tener acceso a O₂ en el medio, generan más ATP que si están en condiciones de anaerobiosis (ausencia de O₂). Como ejemplo tenemos al *Staphylococcus aureus* que en condiciones de aerobiosis puede crecer a pH y a_w inferiores que en condiciones de anaerobiosis. La generación y utilización de la energía es crucial para la vida de la célula bacteriana.

Esquema del estudio de la presencia de la bacteria *Listeria monocytogenes* y de sus condicionantes ecológicos.

Recordamos que para hacer un estudio de microbiología alimentaria equivale a hacer un trabajo de investigación ecológica consistente en valorar las interacciones entre la química, la física y los aspectos estructurales que definen el nicho alimentario y las poblaciones bacterianas presentes en el mismo.

Damos seguidamente un esquema de las características de las condiciones que limitan la actividad de la *L. monocytogenes* para seguidamente dar un esquema de trabajo para valorar su actuación en el proceso de elaboración y conservación del alimento.

- El género *Listeria* pertenece a la subgrupo de *Clostridium* junto a *Lactobacillus*, *Streptococcus* y *Staphylococcus*
- *L. monocytogenes* es una bacteria Gram (+), no forma spora, pero es muy resistente en las condiciones ambientales normales del campo y medios agrarios.
- Es de carácter psicrótrfica. Es resistente a la congelación (- 18°C)
- Los límites inferiores de pH que permiten su crecimiento es de 4,5 y los de a_w (actividad del agua) de 0,92
- Es anaerobio facultativo y no ve afectada su actividad al estar envasada al vacío o bajo atmósferas modificadas
- Un tratamiento pasteurizante reduce su población a niveles de ausencia de vida. El tratamiento a 54 °C debilita su actividad y la rinde menos patógena
- La presencia en el medio de niveles del 0,1 % de ácido acético, o de ácido láctico o de ácido cítrico inhiben su crecimiento
- Es sensible a las radiaciones y a las altas presiones



- Los niveles de NaCl posibles en los alimentos comerciales no inhiben su crecimiento
- Pueden afectar su actividad la presencia en el medio de bacteriocidas originadas por otras bacterias de su subgrupo (pediocinas, isina)

Descritos algunos de los valores de los factores que definen condiciones de crecimiento de *L. monocytogenes* en el nicho alimentario, haremos un cuadro técnico que defina la naturaleza de los ingredientes del alimento, de los procesos de elaboración y de las exigencias solicitadas para conseguir una *shelf-life* comercial adecuada.

Y todo ello bajo la óptica de evitar la posible presencia y desarrollo de esta bacteria o de otras no deseables que exijan las cualidades organolépticas, nutricionales, higiénicas y comerciales del alimento en estudio

- descripción del producto y de las características como pH, a_w , composición y naturaleza química, física y de posibles contaminantes bacterianos
- definir los procedimientos de control de las características de los ingredientes
- descripción de su proceso de elaboración, definición de puntos críticos y sistemas de control adecuados
- valoración global de los peligros de contaminación bacteriana : definir si son convenientes o inconvenientes, definir los límites de riesgos aceptables, definir la probabilidad de llegar a los mismos, definir las posibles consecuencias y gravedad de las contaminaciones sobre las cualidades globales del alimento y finalmente definir los mecanismos para el control de la actividad bacteriana en el alimento

FACTORES QUE CONDICIONAN LA SELECCIÓN DE LA MICROFLORA PRESENTE INICIALMENTE EN UN ALIMENTO Y QUE DETERMINAN SU ACTIVIDAD Y REPRODUCCIÓN EN EL MISMO

FACTORES INTINSECOS

Responden a las calidades físicas, químicas y biológicas propias del alimento como son: a_w , pH, potencial Red-ox, composición en nutrientes

FACTORES EXTRINSECOS

Responden a las condiciones ambientales en las que se encuentra un alimento como son: temperatura, tensión de oxígeno, energía radiante (luz), humedad relativa

FACTORES TECNOLÓGICOS

Responden a acciones de tipo físico, químico o biológico que la tecnología alimentaria aplica para conseguir la estabilidad de los alimentos o su transformación adecuada para el consumo humano. Ejemplos pueden ser los tratamientos térmicos (esterilización, pasteurización), deshidrataciones, químicos (baños desinfectantes, conservantes) o biológicos (iniciadores de fermentaciones, bacteriocidas).

FACTORES IMPLICITOS

Responden a las interacciones entre las poblaciones de microorganismos presentes en los alimentos como sinergismos y antagonismos, y que en buena medida están condicionadas por la complejidad e intensidad de las influencias de los factores anteriores que definen la calidad del medio ecológico alimentario.

Tabla de las Bacterias más frecuentes en la contaminación de superficies de industrias cárnicas

Bacterias		Morfología y otros	Género
Gram+/ <i>Catalasa</i>	(+)	Cocos	<i>Micrococcus</i> <i>Staphylococcus</i>
		Bacilos	Regulares <i>Listeria</i> Regulares con esporas <i>Bacillus</i> Irregular <i>Microbacterium</i> <i>Cornebacterium</i>
	(-)	Cocos	<i>Streptococcus</i>
		Bacilos	<i>Lactobacillus</i>
Gram -/ <i>Oxidasa</i>	(-)	Coliformes	<i>Escherichia</i>
		Otras enterobacterias	<i>Salmonella</i>
	(+)	Familia <i>Pseudomonadaceae</i>	Varios géneros
	(+)	Pigmentos verdes o azules	<i>Pseudomonas</i> , algunas especies
		Pigmento amarillo	<i>Flavobacterium</i>
	(-)	Pigmentos	<i>Acinetobacter</i>

Géneros de Bacterias saprófitos más frecuentes en la carne fresca de los animales de abasto (Giaccon, 1983)

Frecuencia de presencia (%)	Género	Especie animal con mayor frecuencia de contaminación
80	<i>Pseudomonas</i> <i>Acinetobacter</i> <i>Micrococaceae</i>	Aves, pescado, bovino, porcino y ovino (Cattaneo, 1982)
61	<i>Enterobacteriaceae</i> <i>Flavobacterium</i>	Porcino, bovino y aves (Fournaud, 1982)
40	<i>Bacillus</i> <i>Microbacterium</i> <i>Lactobacillus</i> <i>Alcaligenes</i> <i>Sarcina</i> <i>Streptococcus</i> <i>Aeromonas</i> <i>Corynebacterium</i>	Ovino, porcino y aves (Comi, 1983) Especialmente en la piel de cerdo
10	<i>Arthrobacter</i> <i>Clostridis</i>	Aves
<10	<i>Chromobacterium</i> <i>Xanthomonas</i> <i>Pediococos</i> <i>Leuconostoc</i> <i>Kurtia</i>	

Nota: según Nuskowa hay otros microorganismos contaminantes a tener en cuenta,
Hongos: *Mucor*, *Penicillium*, *Sporotrichum*, *Rhizopus*
Levaduras: *Torulopsis*, *Rhodotiorula*, *Oospora*

Criterios de supervivencia/crecimiento de bacterias Gram (+) asociadas a la carne, comparadas a *Escherichia coli* y *Pseudomonas* aisladas de medios cárnicos. (Baird-Parker, 19990; Reuter, 1996; Müller, 1996; Keddie-Shaw, 1986)

Bacterias	Temperatura (°C)		pH		a_w
	Mínima	Máxima	Mínimo	Máximo	Mínimo
Bacterias Gram (-)					
<i>Escherichia coli</i>	7	44	4,4	9,0	0,95
<i>Pseudomonas spp.</i> ^a	-5	32	5,3	8,5	0,98
Bacterias Gram (+)					
<i>Bacillus spp</i> (mesófilos)	5	45	4,5	9,3	0,95 ^b -0,90
<i>Bacillus spp</i> (termófilos)	20	65/70	5,3	9	--
<i>Brochothrix thermosphacta</i>	0	30	4,6	9	0,94
<i>Clostridium spp</i> (mesófilos)	20 ^b /10	45	4,4	9,6	0,97 ^b /0,94
<i>Kurthia spp</i>	5	45	5	8,5 ^{**}	0,95
<i>Lactobacillus spp</i>	2	45	3,7	7,2	0,92
<i>Leuconostoc spp</i>	1	40	4,2	8,5	0,93
<i>Listeria spp</i>	1	45	5,5	9,6	0,94
<i>Pediococcus</i>	8	50/53	4,2	8,5	0,90
<i>Staphylococcus</i> (aerobios)	6	48/50	4,0	9,8	0,83
<i>Staphylococcus</i> (anaerobios)	8 ^{**}	45	4,5 ^{**}	8,5 ^{**}	0,91

a= especies psicrótróficas; b= en la esporulación; *= algunas cepas de *Lactobacillus sake* crecen en medios a pH 8,5; **= valores estimados

La microbiología de los alimentos y en especial de las carnes frescas y de los productos preparados a partir de ellas es una de las áreas más amplias y complejas de la ciencia microbiológica. Abarca campos como la alteración de la calidad organoléptica, comercial, nutricional de los alimentos, la actuación como agentes probióticos, en procesos fermentativos, la actuación de bacterias patógenas, hongos, levaduras, virus y parásitos que potencialmente son un peligro para la salud humana.