

## Cinética de Deterioro

### Estudio de Caso

Una industria alimentaria dedicada a la comercialización de hortalizas frescas y con mínimo procesamiento. Se desea iniciar la comercialización de repollo fresco cortado y envasado, por lo cual se requiere tomar decisiones respecto a temperatura y tiempo de conservación, así como el tiempo del cual se dispondrá para su exhibición y venta.

Para ello se le solicita que, teniendo en cuenta los resultados del Departamento de innovación de la empresa, seleccione las condiciones para el nuevo producto: parámetro (atributo) de calidad de fallo, es decir el primero en presentar valores de descarte, para lo cual es necesario que analice las cinéticas de cada parámetro individualmente y su relación con la temperatura identificando los que primero se deterioran y los que son más/menos sensibles a la temperatura. Por último, se le solicita que recomiende la temperatura y tiempo de almacenamiento, la temperatura y tiempo de exposición hasta la venta y que estime la vida útil del producto en esas condiciones.

El Departamento de innovación envía el siguiente informe:

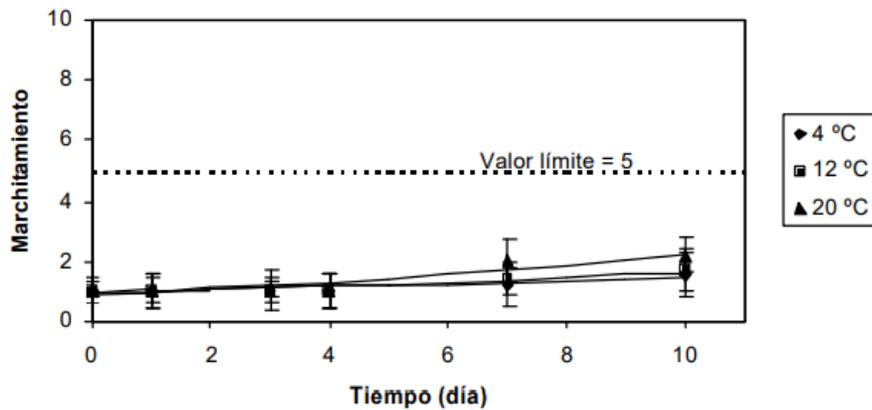
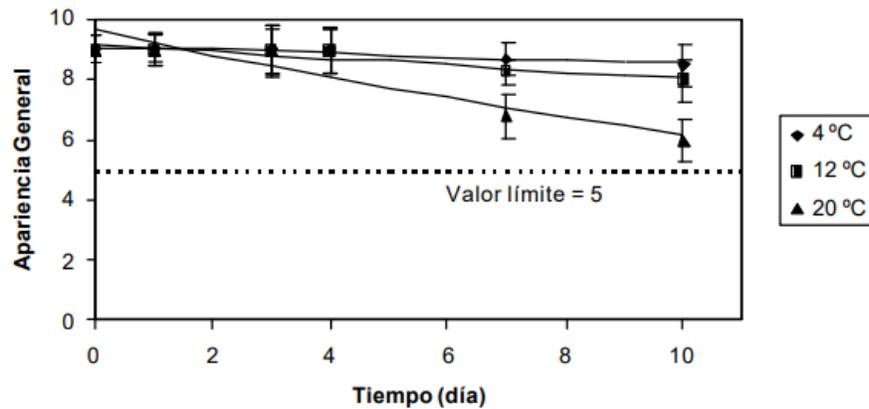
*Se estudiaron las cinéticas de deterioro de parámetros sensoriales y microbiológicos (aerobios mesófilos) en repollo fresco cortado. Para tal fin, las muestras se almacenaron a 4, 12 y 20°C, realizándose los análisis a los 0, 1, 3, 4, 7 y 10 días. Se determinaron las constantes de velocidad de crecimiento para microorganismos mesófilos y de velocidad de cambio para apariencia general, marchitamiento, amarronamiento y olor. Se encontró en la legislación vigente que para poder comercializar este producto el contenido máximo de microorganismos mesófilos totales debe ser  $5 \cdot 10^7$  UFC/g.*

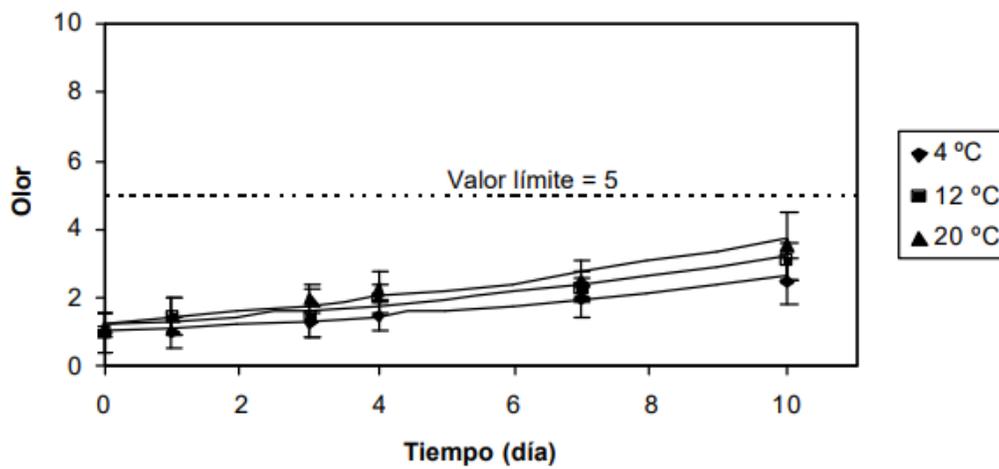
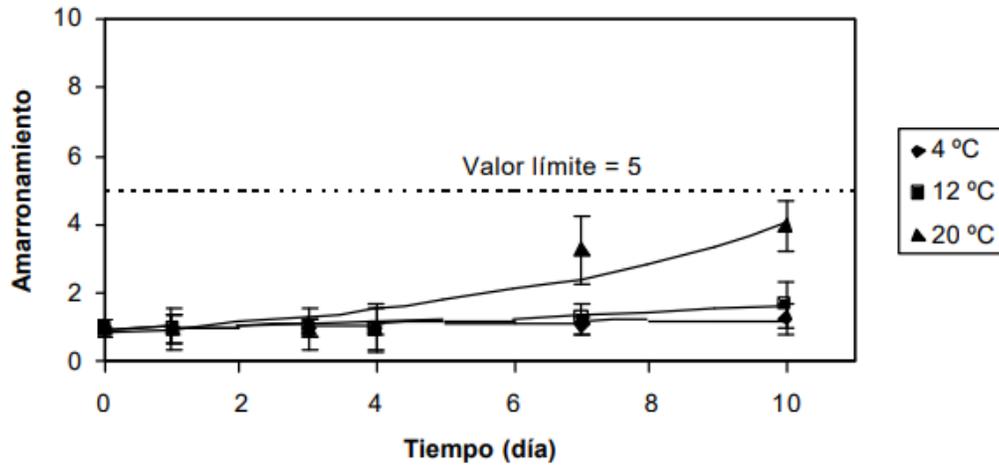
*Se propuso el siguiente perfil hipotético de manejo de producto: 1 día de almacenamiento en la planta procesadora a 4°C; 30 minutos de espera en playa de carga a 20°C; 12 horas de transporte a 10°C; 30 minutos de descarga en supermercado a 20°C y finalmente exhibición en góndolas a 4, 8, 12, 16 y 20°C hasta el final de su vida útil.*

*Los resultados de los estudios realizados se muestran a continuación:*

**Tabla 1.-** Constantes de velocidad ( $k_v$ ) y ordenada al origen ( $\ln Q_0$ ) para los atributos sensoriales de repollo fresco cortado, correspondiente al modelo de primer orden; y energías de activación ( $E_a$ ) obtenidas usando la ecuación de Arrhenius.

Atributo	Temperatura (°C)	Constante de velocidad $k_v$ (día <sup>-1</sup> )	Ordenada al Origen ( $\ln Q_0$ )	Coefficiente de determinación $r^2$
Apariencia General	4	0,0061	2,2073	0,8468
	12	0,0129	2,2180	0,8565
	20	0,0446	2,2688	0,8562
	Ea [Kcal/mol] = 20,05			0,9764
Marchitamiento	4	0,0407	-0,0716	0,8371
	12	0,0542	-0,0936	0,8471
	20	0,0927	-0,1391	0,8260
	Ea [Kcal/mol] = 8,27			0,9645
Amarronamiento	4	0,0254	-0,0463	0,8086
	12	0,0542	-0,9664	0,8471
	20	0,1619	-0,2446	0,8300
	Ea [Kcal/mol] = 18,62			0,9854
Olor	4	0,09791	-0,0284	0,9856
	12	0,10006	0,1612	0,9113
	20	0,10832	0,2321	0,8793
	Ea [Kcal/mol] = 1,01			0,8922





**Tabla 2.-** Constantes de velocidad de crecimiento de microorganismos aerobios mesófilos en repollo fresco cortado ( $k_c$ , correspondiente al modelo de crecimiento restringido) y energía de activación ( $E_a$ ) obtenidas usando la ecuación de Arrhenius.

Temperatura (°C)	Velocidad de crecimiento $k_c$ (día <sup>-1</sup> )	Coefficiente de determinación $r^2$
4	0,1092	0,9782
12	0,1950	0,9454
20	0,7546	0,9893
$E_a$ [Kcal/mol] = 19,34		0,9420

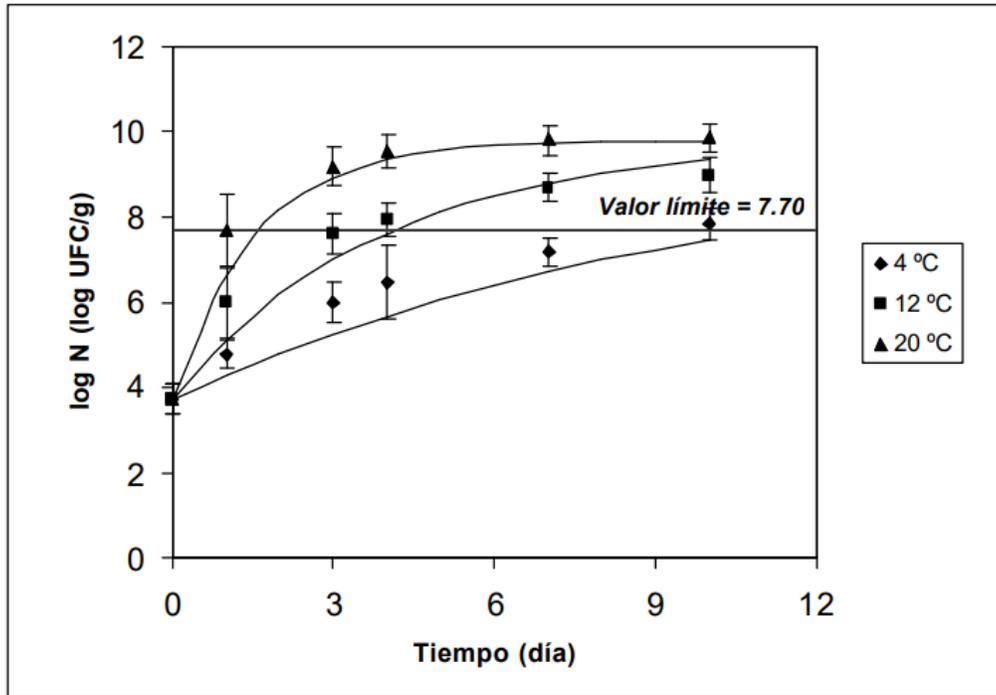


Figura 2. Valores observados y curvas correspondientes a los modelos de predicción ajustados para los recuentos de microorganismos aerobios mesófilos en repollo fresco cortado almacenado a 4, 12 y 20 °C. Las barras representan la desviación estándar.

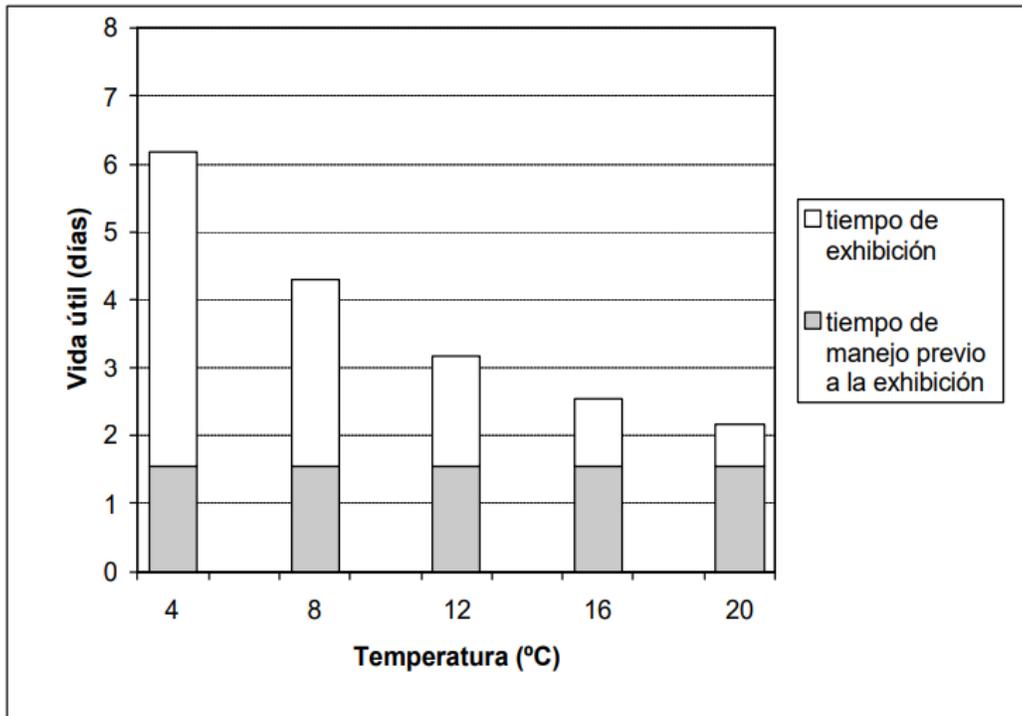


Figura 3. Efecto de la temperatura durante la exhibición sobre la vida útil de repollo fresco cortado.