

# 应用栅栏技术确定带鱼软罐头杀菌工艺的研究

陈丽娇, 郑明锋

(福建农林大学食品科学学院, 福州 350002)

**摘要:** 为了优化带鱼软罐头热力杀菌的工艺, 本研究采用二次回归通用旋转组合试验设计方案, 探讨水分活度、pH 值、杀菌温度和时间 4 个主要栅栏因子对产品细菌总数的影响并建立了动态数学模型。验证与应用实验表明, 该数学模型可以很好地反映细菌总数与 4 个因子之间的关系, 实现在实际生产中进行动态控制和预测产品质量的目的。

**关键词:** 栅栏技术; 栅栏因子; 带鱼软罐头; 杀菌工艺

中图分类号: TS295.4; TS294.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2004)02-0196-03

## 0 引言

杀菌是罐头食品生产过程中不可缺少的重要环节。罐头食品杀菌是指用热力杀灭食品中的致病菌、产毒菌、腐败菌及破坏食品中酶活性的过程, 使食品耐藏二年以上不变质, 同时尽可能保存食品原有的品质和营养价值<sup>[1]</sup>。罐头食品杀菌加热工艺条件是否适当, 直接关系到罐头食品的贮藏安全和品质。食品热杀菌过程的运行除了必须考虑被杀菌食品的热传递特性及热源(如火焰、蒸气或热水等)的特点以外, 还必须考虑微生物的耐热机理以及营养成分的破坏等问题, 因此, 其温度和时间选择是相当重要的<sup>[2]</sup>。目前, 在中国的食品工业中, 普遍采用一般法或古典法来推算杀菌条件。该方法是在了解主要腐败菌, 如梭状芽孢杆菌中的肉毒杆菌的耐热特性和食品的传热规律的前提下, 将整个热杀菌过程中微生物的致死率累积求和, 从而评价其最终杀菌效果, 推算出合理的温度和时间条件组合, 并通过试验来确定具体的杀菌工艺参数。

微生物(包括致病菌和腐败菌)的生长繁殖、酶促和非酶促化学变化等往往是引起食品腐败变质的主要原因<sup>[3]</sup>, 但微生物的生长繁殖和各种化学变化须具备一定的条件, 同时也受很多因子如营养成分、底物、酶、温度、水分活度、氧气、光线等的影响, 这些起主要影响作用的因子, 称作栅栏因子。栅栏因子单独或相互作用, 形成特有的防止食品腐败变质的“栅栏”, 决定着食品中微生物稳定性, 抑制引起食品氧化变质的酶类物质的活性, 即所谓的栅栏效应(Hurdle effect)<sup>[4]</sup>。

栅栏因子控制微生物稳定性所发挥的栅栏作用不仅与栅栏因子种类、强度有关而且受各因子的组合应用次序的影响。某些栅栏因子的组合应用可大大降低另一种栅栏因子的使用强度或可不采用另一种栅栏因子而达到同样的保存效果, 这就是所谓的“魔方”原理<sup>[5]</sup>。本文以带鱼为试验材料, 考察了水分活度(A<sub>w</sub>)、pH 值、杀菌温度(T)和杀菌时间(t) 4 个栅栏因子对带鱼软罐头食品中细菌总数的影响, 并建立这 4 个主要栅栏因子对产品细菌总数的影响的动态数学模型, 应用该数学模

型进行实际生产中的动态控制和预测产品质量, 同时也为更科学合理的确定杀菌工艺条件提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

原料为冰鲜带鱼, 每尾重 200 g 以上; 辅料有精盐、味精、砂糖、陈醋、色拉油; 包装材料为 PVDC/AL/PE 复合薄膜蒸煮袋。

### 1.2 设备

电热恒温干燥箱、称量瓶、坩埚钳、电子天平、PHS-2 型 pH 计、AW-1 型智能水分活度仪。

### 1.3 测定方法

#### 1.3.1 水分活度的测定

采用无锡市碧波电子设备厂生产的 AW-1 型智能水分活度仪测定。

#### 1.3.2 pH 值的测定(酸度计法)

称取混匀试样 10 g 与烧杯中, 加入 90 mL 蒸馏水, 搅拌均匀, 放置 30 min, 并不断振摇, 然后过滤。滤液用酸度计测定, 直接读取 pH 值<sup>[6]</sup>。

#### 1.3.3 细菌总数的测定

杀菌冷却后的产品, 置于(37±2) 的保温箱中保温 7 d, 按平板培养计数法<sup>[7]</sup>测定细菌总数。

### 1.4 杀菌试验方案

本试验采用二次回归通用旋转组合试验设计方案, 全部试验计划按照  $N = 31, P = 4, r = 2, Mc = 16, Mr = 8, Mo = 7$  的方案实施, 分别建立了细菌总数与水分活度( $X_1$ )、pH 值( $X_2$ )、杀菌温度( $X_3$ )、杀菌时间( $X_4$ )关系的数学模型。然后通过降维分析, 给出各因素对试验指标的影响趋势图。各试验因素及其 5 个水平编码和试验方案分别见表 1、表 2。

表 1 试验因素和水平编码表

Table 1 Experimental factors and levels					
水 平	- 2	- 1	0	1	2
水分活度(A <sub>w</sub> ) ( $X_1$ )	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95
pH 值( $X_2$ )	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
杀菌温度( )( $X_3$ )	90	95	100	105	110
杀菌时间(m in) ( $X_4$ )	15	10	25	30	35

### 1.5 工艺流程

冰鲜带鱼 清洗去内脏, 切成 4 cm 长的带鱼段

收稿日期: 2003-08-11

作者简介: 陈丽娇, 女, 副教授, 福州市金山 福建农林大学食品科技学院, 350002

盐渍 油炸 调味 除湿 装袋 抽真空密封 杀菌 冷却

表 2 细菌总数试验方案与结果

Table 2 Experimental scheme and results

试验号	Aw (X <sub>1</sub> )	pH (X <sub>2</sub> )	T (X <sub>3</sub> ) / /m in	t (X <sub>4</sub> ) / /m in	细菌总数 (Y) / /个·(100 g) <sup>-1</sup>	模拟值 (Y) / /个·(100 g) <sup>-1</sup>
1	0.8	4.5	95	20	200	200.6
2	0.8	4.5	95	30	145	139.7
3	0.8	4.5	105	20	100	37.5
4	0.8	4.5	105	30	40	7.3
5	0.8	5.5	95	20	540	520.8
6	0.8	5.5	95	30	360	370.6
7	0.8	5.5	105	20	280	291.5
8	0.8	5.5	105	30	180	272.5
9	0.9	4.5	95	20	440	427.5
10	0.9	4.5	95	30	350	352.3
11	0.9	4.5	105	20	230	233.1
12	0.9	4.5	105	30	190	189.2
13	0.9	5.5	95	20	800	846.5
14	0.9	5.5	95	30	640	682.5
15	0.9	5.5	105	20	600	585.8
16	0.9	5.5	105	30	440	453.1
17	0.75	5	100	20	100	149.4
18	0.95	5	100	30	700	656.9
19	0.85	4	100	20	120	171.0
20	0.85	6	100	30	800	755.2
21	0.85	5	90	20	500	464.4
22	0.85	5	110	30	30	71.9
23	0.85	5	100	15	320	340.2
24	0.85	5	100	35	160	146
25	0.85	5	100	25	280	257.1
26	0.85	5	100	25	300	257.1
27	0.85	5	100	25	220	257.1
28	0.85	5	100	25	230	257.1
29	0.85	5	100	25	240	257.1
30	0.85	5	100	25	250	257.1
31	0.85	5	100	25	280	257.1

操作要点:

1) 盐渍: 将鱼段放入 3% 的盐水中盐渍 8~ 10 m in (厚的鱼段盐渍时间偏长些), 液温保持在 10 以下, 使鱼段部分脱水。

2) 油炸: 盐渍后的鱼块定量投入 170~ 200 左右的油中油炸(投料量为油量的 10% ~ 15%), 炸至鱼块呈金黄色(约需 2~ 3 m in) 鱼肉有坚实感为宜。

3) 调味: 调味液的配方为: 糖 8%, 酱油 3%, 盐 1%, pH 值根据试验设计要求用食醋调节, 趁热将鱼块浸没于调味液中 10 m in, 然后将鱼捞起并沥去鱼块表面的调味液。

4) 烘干 (Aw 值控制): 将调味后的鱼块放入 38~ 40 干燥箱中脱去水分, 达到试验设计要求的 Aw 值。

5) 装袋与真空封口: 采用 PET/AL/ CPP 复合薄膜高温蒸煮袋, 装袋时注意封口处切忌被油污染, 以免影响封口质量。装袋后放入真空包装机热合封口, 真空度控制在 0.09~ 0.10 MPa 为宜, 热合封口必须牢固。

6) 杀菌与冷却: 按试验设计的杀菌温度和时间进行。杀菌后应立即冷却至室温。

2 结果与分析

采用二次回归通用旋转组合试验方案进行试验。表 2 是对调味带鱼软罐头常压杀菌的 31 次试验结果。利用二次旋转通用组合设计程序库, 建立细菌总数

的回归数学模型, 删除未达到 t<sub>0.05</sub>(16) 水平的系数项后的回归数学模型为

$$Y = 257.1 + 126.8X_1 + 146.0X_2 - 98.1X_3 - 48.5X_4 + 24.7X_1X_2 - 22.2X_2X_4 + 36.5X_1^2 + 51.5X_2^2$$

式中自变量取代码值, 因变量取实际值。由模型可计算出模拟值 (Y) 见表 2, 并用方差分析 (见表 3) 对方程显著性和回归拟合性进行 F 检验, 结果如表 3 所示。

表 3 方差分析表

Table 3 Results of variance analysis

来源	df	SS	MS	F
回归 U	14	1318481	94177.21	53.69
离回归 Q	16	28065.76	1754.11	
总和 T	30	1346547		
纯误差 E	6	5342844	890.47	
失拟 L	10	22722.92	2272.29	2.55

方程的 F 值检验:

$$F_1 = 2.55 < F_{0.05}(10, 6) = 4.06 \quad \text{方程拟合性好}$$

$$F_2 = 53.69 > f_{0.01}(14, 16) = 3.41 \quad \text{方程显著}$$

为进一步探明各因素对细菌总数的影响特性, 在分析时, 在 4 因素中任取一个因素把其它 3 因素固定在零点时, 对模型进行降维分析, 得到结果如图 1。

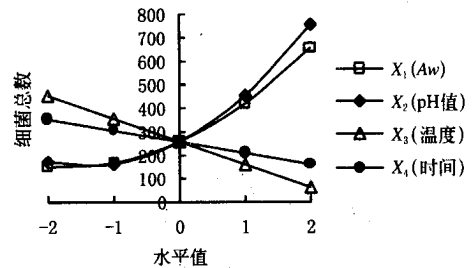


图 1 各栅栏因子对细菌总数的影响特性

Fig 1 Effects of the four hurdle factors on the total bacterial count of the product

2.1 水分活度对细菌总数的影响

微生物生长繁殖和化学反应利用的水分主要是自由水。每种微生物都有最低生长水分活度: 一般革兰氏阴性杆菌、部分真菌的孢子及某些酵母菌的最低水分活度 > 0.95; 大多数球菌、乳杆菌、杆菌科的营养细胞及一些霉菌的最低生长水分活度在 0.95~ 0.91; 大多数酵母在 0.91~ 0.87; 大多数霉菌、金黄色葡萄球菌在 0.87~ 0.80; 大多数耐盐酵母在 0.80~ 0.75; 耐干燥霉菌在 0.75~ 0.65; 耐高渗酵母在 0.65~ 0.60; 在 < 0.60 时, 任何微生物都不生长<sup>[8]</sup>。

由数学模型和图 1 可见, Y 随 X<sub>1</sub> 的增大而增大, 即降低带鱼软罐头的 Aw 值时, 可降低微生物的耐热性, 减少细菌总数。在 Aw 处于较低水平 (-2 < Aw < 0) 时, 曲线斜率变化平缓, 说明 Aw < 0.85 时可有效地抑制细菌的繁殖; 在 Aw 处于较高水平 (1 < Aw < 2) 时, 曲线斜率变化明显加大, 既微生物的耐热性随着 Aw 的提高而增强, 细菌总数明显增加。如在 pH 值为 5.5、杀菌条件为 95, 20 m in 时, 若制品的 Aw 从 0.9 降到 0.8, 则细菌总数从 800 个/100 g 降到 540 个/100 g。

## 2.2 pH 值对细菌总数的影响

酸碱度是微生物的重要生活条件, 基质中的 pH 值对微生物的生命活动有很大的影响<sup>[9]</sup>。其作用机理是氢离子浓度会引起菌体细胞膜电荷性质的变化, 因而影响微生物对某些营养物质的吸收; 其次氢离子浓度会影响微生物代谢过程中酶的活性。对于大多数芽孢杆菌来说, 在中性范围内耐热性最强, pH 值低于 5 时, 细菌不耐热, 如鱼制品中肉毒杆菌芽孢的耐热性显著减弱<sup>[10]</sup>。如图 1 的结果显示, 在 pH 处于较低水平( $-2 < \text{pH} < 0$ ) 时, 曲线斜率变化比较平缓, 尤其在  $\text{pH} < 4.5$  时对细菌总数的变化并不显著, 说明 pH 能有效降低微生物的耐热性; 在 pH 处于较高水平( $0 < \text{pH} < 2$ ) 时, 曲线斜率变化明显加大, 说明  $\text{pH} > 5.0$  时对细菌总数的影响明显加大, 细菌耐热性明显增强。pH 值对微生物的耐热性的影响趋势与  $A_w$  是一致的, 在高水平时, pH 值的影响比  $A_w$  强。如在  $A_w$  为 0.9, 杀菌条件为 95, 20 min 时, 若制品的 pH 值从 5.5 降到 4.5, 则细菌总数从 800 个/100 g 降到 440 个/100 g。

## 2.3 杀菌温度和时间对细菌总数的影响

由数学模型和图 1 可见,  $X_3$  和  $X_4$  对  $Y$  构成线性负相关, 细菌总数会随杀菌温度和时间增大而成正比地下降。而且,  $A_w$ 、pH 值对微生物的耐热性影响很大, 从模型 1 可以看出,  $A_w$ 、pH 值与杀菌温度、时间存在负相关关系, 说明在低水分活度、高酸性罐头中细菌的耐热性明显减弱, 既杀菌所需的温度、时间减少。

## 2.4 模型验证与应用

为验证该模型对实际生产的影响, 设置各栅栏因子的参数 ( $X_1 = -0.2, X_2 = 0.6, X_3 = 0.5, X_4 = -0.2$ ) 即  $A_w = 0.83, \text{pH} = 5.3, T = 95$  和  $t = 23 \text{ min}$ , 每次取 10 包, 重复 3 次试验, 得到细菌总数平均值为 275。而将 ( $-0.2, 0.6, 0.5, -0.2$ ) 代入模型, 得  $Y = 280$ , 结果与试验基本相符, 再取 ( $-0.3, -1, 1.5, 0$ ) 10 包, 重复 3 次试验, 得到细菌总数平均值为 270。而将 ( $-0.3, -1, 1.5, 0$ ) 代入模型, 得  $Y = 290$ , 同样, 结果与试验基本相符, 说明该模型可以很好地反映客观生产情况, 对实际生产具有指导意义。

可以通过改变工艺条件来实现应用该数学模型在实际生产中动态控制和预测产品质量的目的。如以上述工艺条件为例, 为使  $Y = 150$ , 可以通过保持  $X_1 = -0.2, X_3 = 0.5, X_4 = -0.2$  不变, 改变  $X_2$  得到, 即把

$X_1 = -0.2, X_3 = 0.5, X_4 = -0.2, Y = 150$  代入模型, 得  $X_2 = -1.2$  ( $\text{pH} = 4.3$ ), 说明当 pH 值从 5.3 降到 4.3 时  $Y$  也从 280 降到 150。可通过改变任意两项参数, 从而把细菌总数控制在所需水平。如改变  $A_w$  和 pH 值, 应用模型容易得到 ( $0.4, 0.4, 0.5, -0.2$ ) ( $0.3, 0, 0.5, -0.2$ ) 等多种工艺参数达到质量要求, 也可通过改变任意 3 项参数, 得到多组数据, 达到同样效果。

## 3 结 论

1) 验证了应用栅栏技术确定调味带鱼软罐头食品杀菌工艺条件的可行性。

2) 采用二次回归通用旋转组合试验设计方案对调味带鱼软罐头杀菌工艺进行研究, 所给出的  $A_w$ 、pH 值、杀菌温度和时间 4 个栅栏因子对产品质量和细菌总数的影响动态数学模型为

$$Y = 257.1 + 126.8X_1 + 146.0X_2 - 98.1X_3 - 48.5X_4 + 24.7X_1X_2 - 22.2X_2X_4 + 36.5X_1^2 + 51.5X_2^2$$

应用该数学模型在实际生产中可达到动态控制和预测产品质量的目的。

3) 较低的  $A_w$  和 pH 值可有效地降低细菌的耐热性。杀菌温度和时间对细菌总数构成线性负相关。

### [参 考 文 献]

- [1] 褚维元 实用罐头食品杀菌的理论推算[J] 宜春师专学报, 1997, 2(2): 65- 67
- [2] 李琳, 陈峰 罐头食品杀菌过程优化研究的发展与分析[J] 食品与发酵工业, 1997, 23(3): 59- 65
- [3] 成坚, 曾庆孝 栅栏技术在低糖果脯生产中的应用[J] 仲恺农业技术学院学报, 2000, 13(3): 67- 71
- [4] 王卫 栅栏技术在肉食品开发中的应用[J] 食品科学, 1997, 18(3): 9- 13
- [5] Leistner L. Food protection by Hurdle Technology Bull [J] Jpn Soc Res Food Prot, 1996, 2: 2- 26
- [6] 林洪, 张瑾, 熊正河 水产品保鲜技术[M] 北京: 中国轻工出版社, 2001, 81
- [7] 赵洪根, 黄慕让 水产食品检验[M] 天津: 天津科学技术出版社, 1987, 327- 329
- [8] 关志苗 水分活度及其在水产食品保藏上的意义[J] 水产科学, 1996, 15(2): 35- 37
- [9] 吴文礼 食品微生物学进展[M] 北京: 中国农业科学技术出版社, 2002: 70
- [10] 天津轻工业学院, 无锡轻工业学院合编 食品工艺学上册[M] 北京: 中国轻工出版社, 1987, 399

# Sterilizing technology for the hairtail soft can using hurdle technology

Chen Lijiao, Zheng Mingfeng

(College of Food Science and Technology, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

**Abstract** In order to optimize the sterilizing technological conditions of the hairtail segments soft can, with the mathematical method of quadratic-rotation-interchangeable-composite experimental design, this paper explored the effects of the values of activity of water  $A_w$ , pH value, sterilizing temperature and sterilizing time on the total bacterial count of product. A dynamic mathematics model with the effects of four hurdle factors was given. The results of proof test and its application show that this dynamic mathematics model can manage to describe the relationship between the four hurdle factors and the total bacterial count of product, and then the possibility to dynamically control and estimate the shelf life of the hairtail segments soft can is available.

**Key words:** hurdle technology; hurdle factors; hairtail; soft can; sterilization technology