

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2023.03.023

乐振窍, 张细玲. 焙烤食品中微生物食品安全目标构建与控制研究[J]. 粮油食品科技, 2023, 31(3): 168-174.

LE Z Q, ZHANG X L. Study on the construction and control of microbial food safety objective(FSO) in baked food[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2023, 31(3): 168-174.

焙烤食品中微生物食品安全目标 构建与控制研究

乐振窍, 张细玲

(达利食品集团有限公司, 福建 惠安 362100)

摘要: 国际食品微生物委员会 (ICMSF) 提出建立食品安全目标 (FSO), 并提出方程。通过 FSO 方程建立烘焙食品微生物执行目标 (PO)、食品安全目标 (FSO), 阐述如何对微生物初始水平 H_0 、降低微生物水平 ΣR 和增加微生物水平 ΣI 的数据信息收集和数据分析, 寻找产品微生物控制的关键要素和关键数值, 为 GMP 和 HACCP 的具体执行提供有力的数据支持, 确保生产的产品为 100%合格品。

关键词: 食品安全目标; 微生物; 焙烤食品

中图分类号: TS201.3 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2023)03-0168-07

Study on the Construction and Control of Microbial Food Safety Objective in Baked Food

LE Zhen-qiao, ZHANG Xi-ling

(Dali Food Groups. Ltd, Hui'an, Fujian 362100, China)

Abstract: International Commission on Microbiological Specification for Foods (ICMSF) proposed the establishment of Food Safety Objective (FSO) and the formula. Through the establishment of microbial Performance Objective (PO) and Food Safety Objective (FSO) with FSO formula, it is expected to explain how to collect and analysis the data information to reduce the microbial level H_0 & ΣR and increase the microbial level ΣI , to find the key elements and key values of product microbial control, to provide strong data support for the specific execution of GMP and HACCP was provided, which could ensure the product qualification ratio is 100%.

Key words: food safety objective; microbiology; baked food

食品微生物安全,原则上可以通过原料选择、源头控制、产品设计和过程控制,以及在生产、加工、运输、贮存、销售、制备和使用过程中应用 GMP 和 HACCP 等给予保障,但仍然存在一些弊端,如某一产品需要的控制水平并未清晰阐述,

关于什么是预期的、充分设计并实施的 HACCP 计划,很少或根本没有指导^[1]。而国际食品微生物委员会 (The International Commission on Microbiological Specifications for Foods, ICMSF) 1996 提出了食品安全目标 FSO, FSO 指的是食用时提供适当保护水平 (the concept of Appropriate Level of Protection, ALOP) 的食品中某种微生物危害出现的最大频率和 (或) 浓度。ICMSF 出版了《食品安全目标和执行目标操作简化版指南》^[2],

收稿日期: 2023-02-07

基金项目: 达利食品集团食品安全专项基金

Supported by: Food Safety Special Foundation of DaLi Food Groups

作者简介: 乐振窍,男,1978 年出生,本科,高级工程师,研发方向为食品安全和产品开发。E-mail: sodeny@126.com.

对食品安全目标 FSO (Food Safety Objective)、执行目标 PO (Performance Objective)、适当保护水平 ALOP (the concept of Appropriate Level of Protection) 和微生物标准 MC (Microbiology Criteria) 做了重要的阐述。政府制定 ALOP 和 FSO, FSO 是 ALOP 的量化表现, 可以指导企业生产^[3], 企业根据 FSO 制定 PO。MC 一般由政府制定, 但不同国家制定要求不一。我国除了制定致病菌外还制定菌落总数、大肠菌群和霉菌计数等, 而其他国家以制定致病菌为主。企业也可以根据政府部门制定的 MC 制定自己企业的 MC 标准, 以达到交付一批产品满足标准和法规要求。各级政府在制定食品安全国家标准时, 并未给出如何实现该指标的控制, 需要各企业制定各阶段的 POs, 以便达到 FSO 和 MC 的目的。但如何制定各阶段的 POs 并没有给出参考方法, 企业也无法对该指标进行控制和 HACCP 制定, 易导致制定的 HACCP 计划失去针对性。

烘烤食品在我国起步较晚, 但增长速度较快, 传统意义上的烘烤食品包括糕点、面包、饼干等烘烤而成的产品, 其产品均经过熟制后直接面向消费者食用, 深受消费者的喜爱。根据国家市场监督管理总局日常监督管理的通告, 微生物不符合国家标准要求的占比较高, 存在较大的微生物安全风险。目前各企业均通过 GMP、HACCP 等手段进行食品安全的微生物风险控制, 但针对产品属性和特点如何进行微生物执行目标 PO 的具体分解, 目前无相关的资料报道, 相关的资料和文献也很少报道实际微生物控制目标的方法。本文重点阐述如何通过构建食品安全目标 FSOs, 进而设计每个生产过程的微生物 POs, 再通过建立 HACCP 和 GMP 控制手段来保证 POs, 以便达到控制微生物的目的。

1 FSO、MC 和 PO 微生物定量目标建立

GB 7100—2015《食品安全国家标准 饼干》对微生物限量 MC 进行规范, 其中菌落总数和大肠菌群采用三级采样方案, 霉菌计数采用二级采样方案。饼干常见的微生物超标问题主要由于菌落总数引起, 因此我们以菌落总数为研究对象,

进行 FSO、MC 和产品 PO 的定量目标建立。

在三级采样方案中, n 、 c 、 m 和 M 分别的含义如下^[4]:

n : 分析样品的数量;

c : 处于边缘但可接受的最大可允许的样品数量 (即 m 与 M 之间);

m : 区分良好质量或安全与边缘可接受质量的浓度;

M : 区分条件可接受质量与不可接受质量或安全的浓度。

政府部门在制定 MC 标准时已经充分评估了 ALOP 和 FSO 的要求, 通过 MC 标准中的 M 值确定 FSO。为了保证批次产品的批合格水平为 100% 和满足 FSO 目标要求, 企业内部建立 PO 值应严于 FSO, 通过 m 确定产品内控的 PO 值, 如表 1 所示。

表 1 FSO、MC 和 PO 关系

Table 1 The relationships among FSO, MC and PO

	FSO ^a	MC	产品 PO ^b
安全目标	5.0	$n=5, c=2, m=10^4$ CFU/g, $M=10^5$ CFU/g	4.0 或更低

注: a FSO 目标值取 MC 的 $M(\lg)$; b PO 目标值取 MC 的 $m(\lg)$ 或更低。

Note: a FSO target value is $M(\lg)$ of MC; b PO target value is $m(\lg)$ or lower of MC.

2 FSO 和产品 PO 方程

根据 ICMSF 出版的丛书 13 和 Lone Gram 等发布了烟熏鱼单核细胞增生李斯特氏菌的 FSO 控制得知, 微生物食品安全风险目标 FSO 被描述成下面方程^[5] (1)

$$H_0 - \Sigma R + \Sigma I \leq FSO \quad (1)$$

其中: H_0 : 微生物危害的初始水平; ΣR : 微生物危害降低总和累积; ΣI : 微生物危害增加总和累积; FSO: 食品安全目标。

H_0 、 ΣR 、 ΣI 和 FSO 的微生物数值以 \lg_{10} (简称 \lg) 的数值表示, FSO 也可以替换为 PO, 该等式仍然成立。

微生物的分布符合对数正态分布, 其 H_0 、 ΣR 、 ΣI 的 $\lg C$ 值服从正态分布且各分布相互独立, 根据正态分布的加和性, 设 Final 函数 (简称 F 函数) 有: $F = H_0 - \Sigma R + \Sigma I$, 则 F 函数也符合正态分布,

根据均值和方差的运算性质, 可得知:

F 函数的均值 $E(F)$ 的公式 (2) 如下:

$$E(F) = E(H_0 - \Sigma R + \Sigma I) = E(H_0) - E(\Sigma R) + E(\Sigma I) \quad (2)$$

F 函数的标准差 $\sigma(F)$ 的公式 (3) 如下:

$$\sigma(F) = \sqrt{\sigma_{H_0}^2 + \sigma_{\Sigma R}^2 + \sigma_{\Sigma I}^2} \quad (3)$$

根据正态分布函数性质, 只要求 F 函数的均值和标准差, 就可以构建函数方程和曲线图形。

通过方程可知, 为了达到 FSO 或产品 PO, 必须控制原料中的初始污染水平 H_0 、降低饼干烘烤灭菌过程中的污染水平 ΣR 、防止污染水平的增加 ΣI 。

3 H_0 、 ΣR 和 ΣI 的信息收集与分析

为了方便对饼干 FSO 和 PO 进行分析和控制, 选取饼干代表性产品香葱咸饼进行 H_0 、 ΣR 和 ΣI 的信息收集, 相关信息见表 2。

表 2 香葱咸饼 H_0 、 ΣR 和 ΣI 的污染水平

Table 2 The contamination level of H_0 、 ΣR and ΣI for chives biscuit with salty flavour

序号	类型	污染因子	主要数据来源
1	H_0	原材料微生物, 包括面粉、香葱	关键物料的生物检测数据
2	ΣR	烘烤温度、面团配方、pH、饼干厚度	热力杀菌数据
3	ΣI	空气污染等	空暴数据

香葱咸饼的基本信息描述如下:

配料: 小麦粉、精炼植物油、起酥油、全脂乳粉、白砂糖、香葱、芝麻、羟丙基淀粉、碳酸氢铵、碳酸氢钠、磷酸二氢钙、食用盐、特丁基对苯二酚、食用香精、味精、酵母。

生产工艺: 原料→混合→辊压→辊印成型→烘烤(烘烤温度 180~220 °C, 时间 5.5 min)→喷油→冷却→包装

水分活度: 0.024

饼干外形: 圆形, 直径 4.5 cm

重量: 3.5 g/片

包装材料: BOPP/AL/ CPP

微生物竞争性菌种分析及溯源分析: 香葱咸饼日常监测中发现, 存在微生物数值超标的情况,

经过微生物鉴定仪鉴定主要超标的微生物为枯草芽孢杆菌、巨大芽孢杆菌、地衣芽孢杆菌。通过溯源分析, 三种菌的主要来源为香葱叶。香葱叶由于在采摘、清洗和脱水过程中, 土壤中的微生物未能及时清除, 导致枯草芽孢杆菌、巨大芽孢杆菌、地衣芽孢杆菌污染香葱叶的情况。

由于香葱是农户产品, 无法保证芽孢菌数量为 0, 如何合理设计和控制芽孢菌的数量, 确保产品 PO、MC 和 FSO 满足要求, 我们对影响 H_0 的香葱叶、影响 ΣR 的杀菌效率和影响 ΣI 的空暴进行信息收集、整理和分析。

3.1 H_0 数据收集与计算

为了确保香葱叶样本的随机性, 我们从各公司随机抽取 40 批次样品, 按照《食品安全国家标准 食品微生物学检验菌落总数测定》GB 4789.2 的方法对香葱叶进行菌落总数检测, 并对培养的优势菌落进行鉴定, 鉴定结果均为芽孢杆菌, 其 40 个批次样本的菌落总数如表 3 所示。

通过对 40 个样本的微生物数据进行 lgCF 转换, 并用 origin 软件做直方图, 如图 1 所示。通过图 1 可以分析, 该图为孤岛型图形, 存在着样本异常现象, 查看样本数据发现编号 2、3、4、11、15 五个样本数据存在偏移异常值情况, 初步判定该 5 个样本与其他样本存在异同, 不属于同一原料或同一工艺制作, 将上述 5 个样本剔除。对剩余 35 个样本进行直方图分析, 如图 2, 发现在 6.0~6.5 范围内也出现的孤岛型图形, 进一步排查发现编号 37、38 两个样本为异常值, 进一步剔除编号 37、38 样本, 留下 33 个样本进行直方图分析, 如图 3 所示, 其图形为正态分布图形。

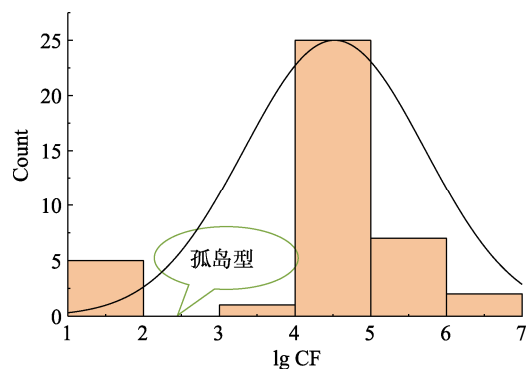


图 1 40 个样本直方图

Fig.1 The histogram of 40 samples

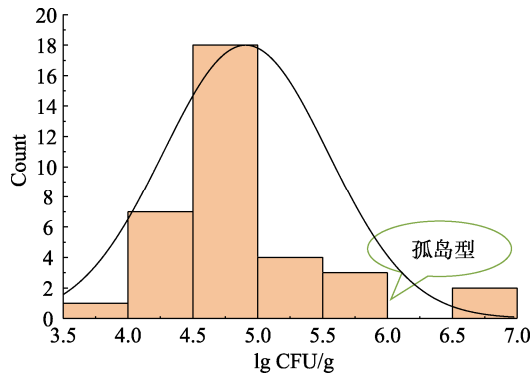


图 2 35 个样本直方图
Fig.2 The histogram of 35 samples

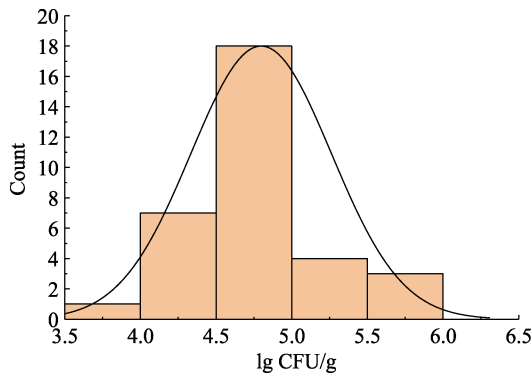


图 3 33 个样本直方图
Fig.3 The histogram of 33 samples

对 33 个样本的 $\lg C$ 的数值用 wps 表格公式中的 AVERAGE 函数求平均值 u , 用 SDETV 函数求相对标准偏差 s , 得到 u 为 4.804 9, 相对标准偏差 s 为 0.459 3, 标准偏差 $\sigma=s=0.459 3$ 。

3.2 ΣR 数据收集与计算

香葱咸饼经过打料、成型后进入烘烤, 烘烤温度为 180~220 °C, 烘烤时间为 5.5 min。微生物降低水平方式主要通过饼干烘烤进行高温杀灭, 通过入炉前饼胚的微生物数量和出炉后产品微生物数量计算灭菌效率。APC.A 表示烘烤前饼坯菌落总数 (CFU/g), APC.B 表示 APC.A 的对数 \lg , APC.C 表示烘烤后产品菌落总数 (CFU/g), APC.D 表示 APC.C 的对数 \lg 。通过杀菌前后 \lg 值计算灭菌效率, 灭菌效率值即代表 ΣR , 标准差代表灭菌效率的稳定性, 结果见表 4。

通过表 4 可得知, ΣR 为 1.68, ΣR 的标准偏差 σ 为 0.149 3。由于原料中含有较多的芽孢杆菌, 产品经过烘烤, 虽然烘烤温度在 180~220 °C, 但是由于热穿透原因, 饼坯内部温度仅能达到 100 °C 左右, 而芽孢具有耐热性, 其产品灭菌效率较低,

表 3 香葱叶的菌落总数汇总表

Table 3 The total sheet of aerobic plant count for the leaf of chives

样本编号	菌落总数/(CFU/g)	菌落总数/(lg CFU/g)	样本编号	菌落总数/(CFU/g)	菌落总数/(lg CFU/g)
1	4.6×10^4	4.662 8	21	1.9×10^4	4.278 8
2	85	1.929 4	22	1.2×10^4	4.079 2
3	90	1.954 2	23	5.0×10^4	4.699 0
4	80	1.903 1	24	6.0×10^3	3.778 2
5	3.7×10^4	4.568 2	25	6.1×10^4	4.785 3
6	6.3×10^4	4.799 3	26	4.9×10^4	4.690 2
7	4.9×10^4	4.690 2	27	7.9×10^4	4.897 6
8	5.3×10^4	4.724 3	28	8.2×10^4	4.913 8
9	2.2×10^4	4.342 4	29	2.4×10^4	4.380 2
10	2.8×10^4	4.447 2	30	1.4×10^5	5.146 1
11	40	1.602 1	31	1.4×10^5	5.146 1
12	2.4×10^4	4.380 2	32	4.0×10^5	5.602 1
13	5.6×10^4	4.748 2	33	6.0×10^4	4.778 2
14	6.0×10^4	4.778 2	34	9.9×10^5	5.995 6
15	60	1.778 2	35	5.6×10^5	5.748 2
16	6.1×10^4	4.785 3	36	2.5×10^5	5.397 9
17	4.9×10^4	4.690 2	37	4.6×10^6	6.662 8
18	7.9×10^4	4.897 6	38	5.6×10^6	6.748 2
19	8.2×10^4	4.913 8	39	5.3×10^4	4.724 3
20	2.4×10^4	4.380 2	40	3.0×10^5	5.477 1

表 4 香葱咸饼 ΣR 数据
Table 4 The dates of ΣR for chives biscuit with salty flavour

APC.A/(CFU/g)	APC.B/(lg CFU/g)	APC.C/(CFU/g)	APC.D/(lg CFU/g)
1.0×10 ⁵	5.000 0	3.2×10 ³	3.505 1
2.0×10 ⁵	5.301 0	2.5×10 ³	3.397 9
1.4×10 ⁵	5.146 1	2.2×10 ³	3.342 4
1.2×10 ⁵	5.079 2	3.2×10 ³	3.505 1
1.6×10 ⁵	5.204 1	3.8×10 ³	3.579 8
APC.B 的平均值	5.146 1	APC.D 的平均值	3.466 1
APC.B 的相对标准差	0.115 3	APC.D 的相对标准差	0.094 8
灭菌效率 (APC.B-APC.D)	1.680 0	灭菌效率标准差 σ	0.149 3

但灭菌效率较稳定, 体现在标准差处于相对较低水平上。

3.3 ΣI 数据收集与计算

饼干经过烘烤完毕后, 经过整理和冷却后包装, 从出炉到包装的时间大约为 10.0 min, 人员均佩戴一次性无菌手套和无菌服进行理饼操作, 设备在包装前执行无菌清洁消毒处理, 涂抹验证无微生物生长。对空气环境进行微生物空暴检测发现, 空气中存在微生物污染情况, 空暴使用了直径为 9 cm 的平皿, 空暴时间为 5 min, 空暴位置为输送带上方, 其相关参数含义如下:

C: 表示空气沉降菌, 个/皿;

A: 表示平皿面积, cm²;

T: 表示沉降时间;

C/AT: 表示每分钟每平方厘米面积上沉降的菌落个数, CFU/cm²·min;

B: 表示空气微生物落入饼干上的菌落个数, CFU/g。

$$B = \frac{c}{A \times T} \times \frac{1}{4} \times \pi \times 4.5^2 \times 10 \times \frac{1}{3.5}$$

4.5 cm—饼干直径; 10.0—饼干停留时间, min; 3.5—每片饼干重量, g。

将 33 个数据进行汇总和整理, 并列表计算, 其结果如表 5 所示。

通过 wps 表格内的公式求 lgB 的平均值为 0.059 6, 通过 STDEV 函数, 求 lg B 的标准偏差为 0.294 2。因此获得 ΣI 的 u 和 σ, ΣI 为 0.059 6, σ 为 0.294 2。说明空气污染对产品的影响较小, 内包装环境内每个污染区域均在一定范围内波动。

3.4 Final 计算

将 H₀、ΣR 和 ΣI 的 u 和 σ 列入表 6 当中, 并

进行 Final 函数计算, 得到 u 为 3.184 5, σ 为 0.565 5 的正态分布函数。

表 5 香葱咸饼空气沉降污染产品测算
Table 5 The calculate of the settling microbe influencing chives biscuit with salty flavour

序号	C/(个/皿, 5 min)	A/(cm ²)	T/(5 min)	C/AT/(CFU/cm ² ·min)	B/(CFU/g)	lg B
1	5	63.615 4	5	0.015 72	0.714 3	-0.146 1
2	17	63.615 4	5	0.053 45	2.428 6	0.385 4
3	18	63.615 4	5	0.056 59	2.571 4	0.410 2
4	6	63.615 4	5	0.018 86	0.857 1	-0.066 9
5	8	63.615 4	5	0.025 15	1.142 9	0.058 0
6	10	63.615 4	5	0.031 44	1.428 6	0.154 9
7	7	63.615 4	5	0.022 01	1.000 0	0.000 0
8	9	63.615 4	5	0.028 30	1.285 7	0.109 1
9	9	63.615 4	5	0.028 30	1.285 7	0.109 1
10	8	63.615 4	5	0.025 15	1.142 9	0.058 0
11	26	63.615 4	5	0.081 74	3.714 3	0.569 9
12	5	63.615 4	5	0.015 72	0.714 3	-0.146 1
13	16	63.615 4	5	0.050 30	2.285 7	0.359 0
14	3	63.615 4	5	0.009 43	0.428 6	-0.368 0
15	3	63.615 4	5	0.009 43	0.428 6	-0.368 0
16	2	63.615 4	5	0.006 29	0.285 7	-0.544 1
17	11	63.615 4	5	0.034 58	1.571 4	0.196 3
18	8	63.615 4	5	0.025 15	1.142 9	0.058 0
19	21	63.615 4	5	0.066 02	3.000 0	0.477 1
20	2	63.615 4	5	0.006 29	0.285 7	-0.544 1
21	15	63.615 4	5	0.047 16	2.142 9	0.331 0
22	6	63.615 4	5	0.018 86	0.857 1	-0.066 9
23	8	63.615 4	5	0.025 15	1.142 9	0.058 0
24	33	63.615 4	5	0.103 75	4.714 3	0.673 4
25	6	63.615 4	5	0.018 86	0.857 1	-0.066 9
26	5	63.615 4	5	0.015 72	0.714 3	-0.146 1
27	5	63.615 4	5	0.015 72	0.714 3	-0.146 1
28	12	63.615 4	5	0.037 73	1.714 3	0.234 1
29	5	63.615 4	5	0.015 72	0.714 3	-0.146 1
30	8	63.615 4	5	0.025 15	1.142 9	0.058 0
31	14	63.615 4	5	0.044 01	2.000 0	0.301 0
32	5	63.615 4	5	0.015 72	0.714 3	-0.146 1
33	13	63.615 4	5	0.040 87	1.857 1	0.268 8

为了验证 u 和 σ 对 FSO 目标的影响, 我们暂时将 FSO 的目标设置成 750、 1.0×10^3 、 1.0×10^4 和 1.0×10^5 CFU/g 四个目标进行考察, 计算 FSO 目标的合格率情况, 结果见表 7。

通过表 7 可知, 由于 H_0 的 u 过高, Final 的 u 值也过高, 导致合格率水平偏低, 仅有 29.21% 的产品微生物小于 750 CFU/g, 仅有 8% 的产品微生

物在 750~1 000 CFU/g 之间, 有 55.32% 的产品落在 $1.0 \times 10^3 \sim 1.0 \times 10^4$ CFU/g, 有 7.4% 的产品落在了 $1.0 \times 10^4 \sim 1.0 \times 10^5$ CFU/g, 有万分之 7 的比例出现超过 FSO 目标值 5, 有 7.46% 超过了企业内部 PO 值。产品存在较大的微生物安全风险, 无法保证 FSO 和企业内部 PO 值, 需要进一步控制微生物的污染物水平。

表 6 微生物安全目标计算表

Table 6 The calculating table of microbiology safety objectives

参数	H_0	ΣR	ΣI	Final	公式 (wps 表格的函数公式)
平均值 u	4.804 9	1.680 0	0.603 7	3.184 5	=B2-C2+D2
标准偏差 σ	0.459 3	0.149 3	0.294 2	0.565 5	=SQRT(SUMSQ(B3:D3))

备注: H_0 在 wps 表格中为 B 列, ΣR 为 C 列, ΣI 为 D 列, 平均值 u 为行 2, 标准偏差 σ 为行 3。

Note: H_0 is column B in the wps table, ΣR is column C, ΣI is column D, mean u is row 2, and standard deviation σ is row 3.

表 7 FSO 合格率水平

Table 7 The qualified rate level of FSO

微生物控制值/(CFU/g)	FSO 目标值	$P(x < \text{FSO})$	P/%	wps 公式
750	2.875	0.292 1	29.212 5	=NORM.DIST(B2,3.184 5,0.565 5,1)
1.0×10^3	3.000	0.372 1	37.211 6	=NORM.DIST(B3,3.184 5,0.565 5,1)
1.0×10^4	4.000	0.925 4	92.535 8	=NORM.DIST(B4,3.184 5,0.565 5,1)
1.0×10^5	5.000	0.999 3	99.933 7	=NORM.DIST(B5,3.184 5,0.565 5,1)

备注: 微生物控制值为 A 列, FSO 目标值为 B 列, $P(x < \text{FSO})$ 为 C 列, 750 所在行为行 2, 1.0×10^3 所在行为行 3, 1.0×10^4 所在行为行 4, 1.0×10^5 所在行为行 5。

Note: Microbial control value is column A, FSO target value is column B, $P(x < \text{FSO})$ is column C, "750" is line 2, " 1.0×10^3 " is line 3, " 1.0×10^4 " is line 4, " 1.0×10^5 " is line 5.

香葱饼干主要微生物污染菌为枯草芽孢杆菌、巨大芽孢杆菌、地衣芽孢杆菌, 属于耐热性芽孢杆菌, 通过烘烤的热灭菌效率偏低, 无法达到控制的要求, 但通过控制原料污染水平, 即降低 H_0 的污染水平可以实现整体水平降低。因此我们将芽孢菌的平均值控制在 300 CFU/g, 即 $H_0=2.477 1$, 假定标准偏差 σ 不变, 如表 8 所示, Final 的 u 值变为 1.400 8, 降低到原来的 44%, 控制效果明显, 是否满足 FSO 和 PO 要求, 需要进一步进行合格率核算。

再次通过对微生物的控制目标 FSO: 750、 1.0×10^3 、 1.0×10^4 、 1.0×10^5 CFU/g 进行合格率计算, 结果如表 9。

通过表 9 可以看出, 有 99.82% 产品的微生物数值小于 750 CFU/g, 有 99.99% 产品的微生物数值小于 1.0×10^3 CFU/g, 对于 FSO 目标值 5.0 和企业 PO 值 4.0, 其产品的微生物合格率水平为 100%。通过 FSO 方程

表 8 调整 H_0 后微生物安全目标计算表Table 8 The calculating table of microbiology safety objectives by changing H_0

参数	H_0	ΣR	ΣI	Final
平均值 u	2.477 1	1.680 0	0.603 7	1.400 8
标准偏差 σ	0.459 3	0.149 3	0.294 2	0.565 5

表 9 调整 H_0 后 FSO 合格率水平Table 9 The qualified rate level of FSO by changing H_0

微生物控制值/(CFU/g)	FSO 目标值	$P(x < \text{FSO})$	P/%
750	2.875	0.999 8	99.982 1
1.0×10^3	3.000	0.999 9	99.992 5
1.0×10^4	4.000	1.000 0	100.000 0
1.0×10^5	5.000	1.000 0	100.000 0

计算和测算, 我们知道饼干类产品应重点控制原材料污染水平 H_0 , 并对原材料的微生物水平进行质量控制, 保证原料微生物波动而产生的标准偏差控制在稳定的范围内。实际控制过程中, 我们将含有芽孢的主要原料香葱叶作为 HACCP 的关键点进行管控, 将香葱叶原料的耐热芽孢菌 (100°C)

控制在 ≤ 300 CFU/g 以下, 并对香葱咸饼的 HACCP 监控计划重新进行梳理和执行, 执行至今未发现产品微生物出现不合格情况。

4 结论与讨论

通过 FSO 食品安全目标方程, 可以为实际烘烤食品微生物控制提供技术支持, 为生产每个阶段的微生物执行目标提供了指导依据。实际应用中, 应做好 H_0 、 ΣR 和 ΣI 的平均值和标准差控制, 平均值反应了 H_0 、 ΣR 和 ΣI 的微生物整体水平, H_0 标准差反应了原料微生物污染的波动程度, ΣR 标准差反应了杀菌效率、配方完整性和工艺的波动程度, ΣI 标准差反应了二次污染的波动程度以及残留微生物菌群的分布及二次生长情况等。当标准差出现较大值时, 将严重影响最终的 FSO 和 PO 目标的合格率水平。实际生产中微生物控制除了对检验数据进行收集和分析外, 还应分析整体控制项目的标准差, 以便衡量微生物质量控制的波动情况, 及时纠正标准差到合理控制范围, 再通过 GMP 和 HACCP 控制点的监测和优化, 达到微生物数值稳定控制的目的。

FSO 方程在实际应用中, 可能碰到 H_0 、 ΣR 和 ΣI 的多个影响因素同时存在, 其算法可参照 ICMSF 提供的 FSO 计算模板和程序 (Control-Measures-Validation-FSO-Tool.xls)^[6], 该程序可到 <https://www.icmsf.org/publications/software/> 页面下载使用。除了饼干外, 其他烘烤食品如糕点、面包由于其水分、水分活度、pH、配方水平、烤炉热分布和穿透能力、原料微生物属种等变化均会引起 ΣR 变化, 烤炉质量好坏通过热分布仪测试烘烤的热分布和热穿透以确定烤炉的热效率是否满足要求, 保证杀菌效率。产品营养基质、水分活度、防腐体系、包装内含氧量、包装膜的透氧率和透湿率、环境洁净度、GMP 水平、残留微生物属种的不确定也是影响 ΣI 二次污染和二次生长的重要因子。 H_0 控制在实际操作中应加强每种原料微生物数据的收集、分析和属种鉴定, 以分析该微生物的生长曲线和耐热情况, 尽可能减少原料的微生物波动带来 FSO 和 PO 目标的失控。

参考文献:

- [1] 微生物检验与食品安全控制/国家食品微生物标准委员会(ICMSF)著[M]. 刘秀梅, 陆苏彪, 田静主译. 中国轻工业出版社, 2012.6.
Microbial Testing in Food safety Management/ ICMSF book[M]. LIU X M, LU S B, TIAN J. the master translated. China Light Industry Press, 2012.6.
- [2] A simplified guide to understanding and using Food Safety Objectives and Performance Objectives[M]. International Commission on Microbiological Specifications for Foods. ICMSF. 2006.
- [3] 徐萌, 陈超. 食品安全目标研究及其对我国食品安全管理的启示[J]. 食品科学, 2007, 28(6): 376-380.
XU M, CHEN C. Overview on theory of food safety objectives and revelation to food safety management[J]. Food Science, 2007, 28(6): 376-380.
- [4] 食品加工过程的微生物控制: 原理与实践/国家食品微生物标准委员会(ICMSF)著[M]. 刘秀梅, 曹敏, 毛雪丹主译. 中国轻工业出版社, 2017.4.
Use of data for assessing process control and product acceptance/ICMSF[M]. LIU X M, CAO M, MAO X D. the master translated. China Light Industry Press, 2017.4.
- [5] LONE G. Danish institute for fisheries research, department of seafood research, DK-2800 Kgs. Lyngby, Denmark. How to meet an FSO – Control of *Listeria monocytogenes* in the smoked fish. industry. Mitt. Lebensm. Hyg, 2004(95): 59-67
- [6] Control-Measures-Validation-FSO-Tool.ICMSF.<https://www.icmsf.org/publications/software/>. 