

栅栏技术在食品开发中的应用 (下)

莱斯特 原著 (德国肉类研究中心, 库姆巴赫 95326)

王 卫 编译 (四川省畜牧兽医研究所, 成都 610066)

三、栅栏技术与特型产品研究

德国肉类研究中心实施的军用肉制品的研究课题, 目的是首先选择所需的肉制品非致冷可贮, 30℃下 6 天保质, 具鲜产品美味特色。然后对其进行系统研究, 再投入标准化大规模生产。按照要求, 德国 24 家肉品生产厂提供的百余种产品, 经过初步分析, 结果, 75 种满足 30℃下 6 天内具可贮性和卫生安全性条件。以商场抽样方式, 每种产品取 10 个样品进行理化、微生物和工艺特性研究, 结果将 75 种产品分为八大类型, 每一类型产品的卫生安全性和可贮性均建立于不同的栅栏技术之上。

第 1 类: 快速发酵香肠。这类产品具质软味鲜, 可贮性佳特点。所选用的原料肉应初始菌最低, $\text{pH} < 5.8$ 。加工中添加 2.4% 亚硝酸混合腌制盐 (NCS), 0.2—0.5% 葡萄糖或 0.3% 葡萄糖醛酸内脂, 以及乳酸菌发酵剂。发酵温度不低于 22℃, 成品 $\text{pH} < 5.4$, $a_w < 0.95$, 并通过微烟熏提高 Pres 栅栏作用而进一步保证产品稳定性。建议真空或气调包装后贮存。成品中不应检出沙门氏菌, 单核细胞增生性李斯特菌和金黄色葡萄球菌也应分别低于 100/g 和 1000/g。

第 2 类: 迷你色拉米香肠, 包括 $a_w < 0.82$, 货架寿命 7 个月的发酵香肠型和 $a_w < 0.85$, 货架期 9 个月, 蒸煮至中心温度 70℃ 后干燥加工而成的法兰克福香肠型两种。其原料须是新鲜的猪硬膘和 $\text{pH} < 5.8$ 的猪瘦肉。通过添加迷迭香、鼠尾草、柠檬酸和抗坏血酸盐进一步降低酸度, 加工中微烟熏处理。成品镀铝复合袋纯氮气调包装, 以抗酸败和抑制霉菌生长。对发酵香肠型迷你色拉米还可采用热处理法抑制沙

门氏菌。

第 3 类: F-SSP 产品, 主要为各种高压蒸煮香肠。加工原料应尽可能少含芽胞菌, 肉馅灌入 PVDC 肠衣内, 热加工压力为 1.8—2.0bar (冷却阶段 2.0—2.2bar), 温度 103—108℃, 时间 20—40 分钟 (至 $F > 0.4$)。成品 $a_w < 0.97$ (法兰克福香肠型) 或 $a_w < 0.96$ (肝肠、血肠等)。一般是 L 型钉扣封肠衣包装方式。如果听装则不应留空隙, 以避免端部水蒸气聚附导致残留菌生长。此类 PVDC 肠衣包裹的高压蒸煮香肠, 其内 Eh 值较低, 可抑制耐 a_w 值的杆菌, 但成品 a_w 值仍需低于 0.97 或 0.96, 才能有效抑制残存的杆菌和梭菌, 对血肠类产品, $\text{pH} < 6.5$ 也是必不可少的抑菌保质栅栏。

第 4 类: a_w -SSP 产品。这类通过降低 a_w 值 (低于 0.95) 而保证其非致冷可贮性的产品已有广泛的市场, 具有不同形状和风味, 配方各异的各式 a_w -SSP 产品多达数十种。其共同的加工要点是: 严格限制水的添加量, 热加工至中心温度不低于 75℃, a_w 值调节至低于 0.95。由于其热处理温度不高, 杆菌和梭菌芽胞极易残存, 低 a_w 值和低 Eh 值就成为重要的抑菌防腐栅栏。另一缺陷是水汽易透过肠衣导致表面霉菌生长, 可采用真空包装法、烟熏法或山梨酸钾处理外表法防霉。

第 5 种: 巴氏灭菌 a_w -SSP 产品。将产品包装后再经巴氏灭菌处理工序加工而成。因其货架寿命比 a_w -SSP 产品长, 在市场上的竞争力不断增强, 花色品种日益增多。其加工要求与 a_w -SSP 产品类似, 但真空包装后还需经 82—85℃ 处理 45 分钟, 至中心温度在 75℃ 左右, 最好是采用水浴法处理。巴氏处理进一步

抑制了包括耐 a_w 值的各种污染菌,特别是乳酸菌和霉菌。但巴氏处理对产品外观的不利影响有待进一步研究。

第6类:pH-SSP产品。调节pH值以保证产品可贮性。德国军需食品肉冻肠(Brawn),内有大小不超过 $1 \times 1\text{cm}$ 的肉块,添加1.8-2.0%的亚硝混合腌制盐,2.0-2.4%明胶,肉与明胶液之比为6:4。加醋酸调节明胶液pH值低于4.8,产品pH值应低于5.2。预制的热汤料和肉块混合后立即灌入肠衣,巴氏热处理至中心温度 72°C 以上,但不超过 80°C 。残存微生物的抑制通过pH栅栏实现,即使在高于 25°C 的室温内贮存,产品货架寿命也在7天以上。

第7类:Combi-SSP产品,包括各种 30°C 下可贮期达6天以上的波洛纳型(Bologna)香肠,即肉糜型香肠。其可贮性由两个以上强度均等的栅栏结合效应而保证。其加工关键技术是:原辅料尽可能少含芽胞菌,为此最好应用香精型辅料;添加100PPM亚硝酸盐,热加工至中心温度不低于 72°C , a_w 值调节至低于0.965,pH <5.7 ,也可烟熏进一步改善其可贮性。产品真空包装后 $82-85^\circ\text{C}$ 巴氏处理45-60分钟。在此类产品的加工中采用关键危险点控制管理法(HACCP)尤为必要。

第8类:软罐头产品,即是把小径肠衣的肉糜香肠,如维也纳香肠,午餐肉肠等,用扁平铝薄复合袋真空包装,再高压蒸煮而成。其加工首先要求原辅料初始芽胞菌量低,肠衣直径小于 3cm ,香肠制作时 a_w 和pH值有一定降低度,镀铝复合袋包装后高压蒸煮至F值约2.5。

四、栅栏技术与产品开发

1. 栅栏技术与新产品设计

机栏效应揭示了食品保藏的基本原理,食品内栅栏因子的复杂交互作用是其微生物稳定的根本所在。研究与生产实践表明,栅栏技术既可用于食品加工控制,也可用于食品设计。

栅栏技术有助于按照需要设计新型食品。例如我们如果需要减少肉制品在贮存过程中的

能耗,就可考虑用耗能少的因子(如 a_w 或pH等)来替代耗能大的因子 t (冷藏),因为保证食品微生物稳定性和可贮性的栅栏因子在一定程度上是可以相互置换的。又如我们在开发低硝肉制品中,可运用栅栏技术,通过加强 a_w 、pH或H等栅栏强度来替代Pres因子的防腐抑菌作用,从而大大降低肉制品中亚硝酸盐或硝酸盐的用量。在食品控制中,可应用栅栏技术快速评估食品的稳定性,预测其货架寿命。

在食品设计中,栅栏因子的合理组合即能确定食品的微生物稳定性,又能尽可能地改进产品的感观质量和营养特性,提高经济效益。栅栏技术食品(HTF)的开发前景广阔,对栅栏技术在食品发展上的影响的深入研究具有特别重要的意义。在食品设计步入计算机化的进程中,甚而可将现有的可利用的理化、微生物方面的数据都收集起来,以便为栅栏技术的应用提供一个可依赖的数据库,建立一个带有这些数据库的计算机程序。通过计算机来提出加工配方、工艺流程和包装方式相结合的合理化建议,并至少在理论上使该产品的微生物稳定性得到保证。也可应用计算机程序来改进不稳定产品。

2. 栅栏技术与 HACCP 的结合应用

在特型产品研究中已表明,栅栏技术应用用于产品设计之后,通过关键危险点控制管理法(HACCP)实施加工控制具有决定性作用,产品开发中栅栏技术与HACCP的结合应用已成为必然。

在为德国推荐的8类军需肉制品研制中,已应用栅栏技术提出了标准化加工优质产品的建议,根据HACCP管理法原则制定了每一产品的加工关键控制点。现将第1类(快速发酵香肠)产品加工的HACCP管理要则举例于下表1和表2。

3. 栅栏技术与微生物预报技术的结合应用

应用栅栏技术于食品设计和食品优化,通过计算机快速预估加工食品的可贮性和质量特性,这也涉及到微生物预报技术(Predictive

快速发酵香肠加工 HACCP 管理

关键点	标准控制值
原料	牛肉：猪肉：猪肥膘=1：1：1 pH (24h)：猪肉<0.6，牛肉<5.8； 肉温 0℃左右，肥膘冻结后再绞制加工； 总菌量<5×10 ⁶ /g，肠杆菌<1×10 ⁵ /g
添加剂	亚硝酸盐盐不低于 2.4%，至少添加 0.2%葡萄糖或 0.3%以下的葡萄糖 酸内脂，应用主要含乳酸菌的发酵剂； 肉馅 aw0.97-0.95
发酵	肠衣直径 20-22mm 为佳，不超过 32mm；发酵起始阶段 12-24h 内温 度不高于 22℃，相对湿度 (RH) 90- 85%，此后温度不高于 20℃，RH80- 75%，发酵后在 22℃和 85-80%RH 下烟熏 12h
成品	pH<5.4，aw<0.95； 真空包装或 CO ₂ 气调包装； 贮存温度不低于 7℃； 乳酸菌量>10 ⁷ /g，肠杆菌<10 ⁴ /g

Microbiology) 的内容。

微生物预报技术 (PM) 是建立于计算机对食品中微生物的生长、残存和死亡进行的数量化预测方法，在不进行微生物检测分析条件下快速对产品货架寿命进行预测。为实现这一目的，需要两个信息库：一是食品内各种微生物在不同温度、aw 值、pH 值、防腐剂等条件下的特性的详情信息库；二是包括有对某一条件下对这些微生物进行判断和预测的数字化信息库。此外还需对这两种信息资料进行交互结合做出智能判断。

然而，信息库的建立，与食品安全和质量相关的栅栏需要考虑，而所有栅栏甚至其中主要的栅栏也绝非在一个简单的预报模式中所能包括。目前这一模式仅依据于温度、pH、aw

(盐或保湿剂)、Pres (亚硝酸盐、乳酸及其它防腐剂) 等几种主要栅栏因子及其相互作用。因此微生物预报技术尚不能成为通向栅栏技术的数量途径。但可以数个最为重要的栅栏因子作为基础建立的模型，较为可靠的预测出食品内微生物生存死亡情况。介于很多相辅栅栏尚未纳入预报系统，预报结果也就更为谨慎，比实际的更为保险。

在英国已出现了食品主要致腐菌和病原菌的信息库，被称为食品微型模型 (Food Micromodel)。欧盟实施的称为夫拉尔 (FLAIR) 的大型研究项目，主要目的也是致力于此信息库的建立。这些信息最终将总汇于一单一系统，可望以通用的模型形式建立可出售用于生产的软盘，加工者即可根据计算机模式设计可提供的栅栏，先知未成型产品的可贮性。

尽管微生物预报技术还处于起步阶段，但可望迅速发展成为食品设计中的主要工具并广泛应用于食品加工业。该技术将食品设计中所需的有关微生物的选择试验准确局限于较小范围，大大减少了产品开发中的时间和资金耗费。

4. 食品开发设计步骤

在新产品开发中，栅栏技术 (HT) 和关键危险点控制管理 (HACCP) 与微生物预报技术 (PM) 的结合将成为先进食品设计及其加工不可缺少的工具，而 HT 主要用于设计，HACCP 主要用于加工管理，PM 主要用于产品优化。三者的结合应用尚需进一步研究。在结合应用中，可遵循以下 10 个步骤：

- 1) 首先确定需改进或新开发食品的感观特性和货架寿命；
- 2) 提出加工产品的技术要则和工艺流程；
- 3) 分析产品的栅栏因素；
- 4) 预报其微生物稳定性；
- 5) “恶劣”条件下进行产品主要致腐菌和病原菌的接种试验；
- 6) 从产品微生物内环境和产品总质量上全盘考虑对设计的栅栏进行调整改进；
- 7) 对改进后产品再行微生物接种试验，必要时进一步调整改进栅栏。 (下转第 33 页)

构张开，可以吸收更多的水分。另外，水和磷酸根直接结合，也可使持水性提高。

蛋白质负电荷的增加可使蛋白质在混合物中分散度提高，脂肪颗粒因而能够更好地在乳化物中分布，这种作用阻止了过度斩拌过程中脂肪颗粒的聚集，避免了最终产品出现出油现象。

焦磷酸盐可以使肌动球蛋白分离为肌动蛋白和肌球蛋白。肌球蛋白对香肠乳化和结合来说较肌动蛋白更重要。三聚磷酸盐可以水解为焦磷酸盐，因此三聚磷酸盐也具有分离肌球蛋白的潜在能力。

和水中的螯合作用相似，磷酸盐也可螯合肉中的二价阳离子。传统理论认为，磷酸盐从蛋白交联桥上螯合二价阳离子使蛋白结构松散，从而结合更多的水分。但是一些研究表明，磷酸盐只能够结合自由阳离子，而对已和肉蛋白结合的阳离子则没有作用。碱性磷酸盐和阳离子螯合可以使蒸煮肉制品不产生“过热味”，同时稳定腌肉颜色。

磷酸盐的另一个作用是：在斩拌时间延长时，温升很小。延长斩拌时间可以抽出更多的蛋白，使乳化物更稳定。其中的原因可能是使乳化物粘度降低，温升速度减小所致。粘度降低在需要用泵把馅打到远处时也很有用。但是

（上接第 44 页）

此阶段微生物预报技术的应用有助于对产品安全性的评估；

8) 建立改进或新开发产品的准确栅栏(包括其范围和强度)，确定出加工中监测方法(最好是采用物理法)；

温升较低，通过乳化机时，如果最终温度控制不严，乳化物稳定性会下降。

盐 (NaCl 或 KCl) 对磷酸盐的作用来说非常重要。在磷酸盐一定对，食盐的添加对离子强度起主要影响。具体地说，氯化物离子引起肌肉蛋白的静电排斥。在没有添加食盐时，只加有磷酸盐的乳化物的稳定性显著降低。在盐含量很低时 (0.75% 或更低)，需要添加最大 0.5% 的磷酸盐来维持乳化物的稳定。假如允许的话，再添加低于 0.5% 的量可以进一步加强乳化稳定性。通常情况下，最终产品的盐的含量为 2—2.5% 时，磷酸盐在最终产品中的含量不超过 0.3%。磷酸盐对提高火腿类产品的出品率较乳化类要高。

对盐和磷酸盐在斩拌机中添加的次序的研究表明：不管食盐在磷酸盐之前、之后或同时添加，对蛋白溶解性和乳化稳定性的影响方面几乎没有差别。

在肉糜状肉制品中，磷酸盐的使用也有一些问题。首先，三聚磷酸盐和焦磷酸盐能减弱腌制发色。可以通过斩拌后期加入磷酸盐或蒸煮前放置 30—60 分钟来改善腌制发色。

另一问题是磷酸盐和胶质较多的肉的结合。磷酸盐和盐共同添加到胶质多的肉中，使乳化物稳定性较单一添加食盐的要差。

9) 将设计定型产品投入生产条件下试验，对其可行性予以证实；

10) 建立工业化大规模生产的关键控制点和监控体系，应用 HACCP 管理法完成加工控制。