

栅栏技术在传统肉制品生产中的应用

成波 刘成国

(湖南农业大学食品科技学院 长沙 410128)

摘要: 本文介绍了栅栏技术的基本原理。针对中国的传统肉制品特性,利用栅栏技术,在不影响其货架寿命下改善风味、提高营养价值。在栅栏技术的基础上结合微生物预测技术和 HACCP 技术使传统肉制品更易于保藏。

关键词: 肉制品; 保藏; 栅栏技术

Abstract: The fundamental principle of the technology and the development of it are introduced. Aiming to Chinese traditional meat product, we can use hurdle technology to improve its flavor and nourishment value but do not affect its shelf life. Combined with predictive technology and HACCP technology can make traditional meat product much easier to preserve.

Keywords: meat product; preservation; hurdle technology

前言

栅栏技术(Hurdle technology, HT)是根据食品内不同栅栏因子的协同作用或交互效应使食品的微生物达到稳定性的食品防腐保鲜技术。它是1976年由德国的Kulmbach肉类研究中心的Leistner和Roble首先提出的。栅栏技术有利于保持食品的安全、稳定、营养和风味,它在食品中的应用日渐突出,可以用于传统产品的改进和新产品的开发。栅栏技术是多种技术的科学结合,这些技术协同作用,阻止食品品质的劣变,将食品的危害性以及加工和商业销售过程中品质的恶化降低到最小程度。Leistner把食品防腐的方法或原理归结为:高温处理、低温冷藏、降低水分活度、酸化、氧化还原电势、防腐剂、竞争性菌群及辐照等几种因子的作用。这些因子单独或相互作用形成

特殊的防止食品腐败变质的栅栏,决定着微生物的稳定性,抑制引起食品氧化变质的酶类的活性,即栅栏效应。

1 栅栏技术的基本原理

在食品防腐保藏中的一个重点就是控制微生物的内平衡(Homeostasis),内平衡是微生物维持一个稳定平衡内部环境的固有趋势。具有防腐功能的栅栏因子扰乱了一个或更多的内平衡机制,因而阻止了微生物的繁殖,导致其失去活性甚至死亡。

几乎所有的食品保藏都是几种保藏方法的结合,例如:加热、冷却、干燥、腌渍或熏制、蜜饯、酸化、除氧、发酵、加防腐剂等等,这些方法及其内在原理已经被人们以经验为依据广泛应用了许多年。栅栏技术囊括了这些方法,并从其作用机理上予以研究,而这些方法即所谓栅栏因子。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,而且受其作用次序影响,两个或两个以上因子的作用强于这些因子单独作用的累加。某种栅栏因子的组合应用还可大大降低另一种栅栏因子的使用强度或不采用另一种栅栏因子而达到同样的保存作用,即所谓的“魔方”原理。

1.1 常用栅栏因子(HF)

食品防腐上最常用的栅栏因子,都是通过加工工艺或添加方式设置的。栅栏因子(Hurdle factor, HF)主要有:温度、pH值、水分活度(Aw)、氧化还原值(Eh)、压力、辐照、竞争性菌群、防腐剂以及微波杀菌、高压电场脉冲等物理杀菌。不同的栅栏因子有效针对微生物细胞的不同目标,如针对细胞膜、DNA、酶系统、pH、Aw或Eh。从数

的方面破坏食品微生物的内平衡 (Homeostasis)、使微生物失去生长繁殖能力, 处于停滞期, 甚至死亡, 从而使食品微生物达到稳定性, 提高食品的卫生安全性。这些栅栏因子的交互效应不仅能保证食品的微生物稳定性, 还与食品的总质量密切相关。

1.2 栅栏效应(HE)

所谓栅栏效应就是将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, 决定着食品的微生物稳定性。栅栏效应较常见的模式有以下6种: ①理论化 HE 模式, 即假设食品中共含有几个同等强度的栅栏因子, 微生物每越过一个栅栏, 数量就会减少, 最终使残留的微生物未能越过最后一个栅栏。因此该食品是可贮的, 安全可靠的。②较为实际的 HE 模式, 食品起主要作用的栅栏因子是水分活度、食盐含量和防腐剂, 这些栅栏因子强度较大, 使微生物无法逾越。③初始菌数低的 HE 模式。如无菌生产包装的鲜肉, 这种模式只需少数几个栅栏因子便可有效抑菌防菌。④初始菌数高的 HE 模式。这种模式中微生物具有较强的生长势能, 必须增强现有因子的强度或增加新的栅栏因子, 才能达到抑菌作用。⑤经加热而杀菌不完全的 HE 模式, 细菌芽孢未受到致死性损害, 但已失活, 只需较少作用强度较低的栅栏因子, 就能抑制其生长。⑥栅栏协同作用模式, 食品中各栅栏因子具有协同作用性, 两个或两个以上因子相互作用强于这些因子单独作用累加。显然, 传统肉制品应用的栅栏技术属于第二类栅栏效应, 在传统肉制品的防腐保鲜中, 控制水分活度(A_w)和食盐的添加量是最为关键的。

2 传统肉制品的生产工艺及特点

中国的肉制品加工经过漫长的发展历史, 形成了风味各异, 丰富多彩的产品。依其加工方法和产品特性, 可将其分类为腌腊制品、糟卤制品、肉干制品、香肠制品、火腿制品、烧烤制品、烟熏制品、罐头制品及其他制品等。

乔美花、黄蕾^[10]等人以肉干、肉松、肉脯及香肚为试验材料进行了为期7个月的贮藏试验, 贮藏调校为平均室温15~23℃, RH为20~55%, 试验样品保持出厂时的原包装(普通聚乙烯袋)。在贮藏过程中测定了A_w、pH及TBA(硫代芭比妥酸值)值, 其结果见表1。

表1 部分传统肉制品的特性及细菌总数

指标	水分含量 (%)	A _w	脂肪 (%)	NaCl (%)	pH	TBA (mg/kg)	TBN (cfu/g)
牛肉干(南京)	15.6	0.59	5.0	4.67	5.98	0.51	1.28×10 ⁵
牛肉干(浙江)	13.0	0.55	12.6	5.33	6.05	0.43	4.7×10 ⁶
猪肉脯(浙江)	13.1	0.54	10.1	3.36	6.62	0.66	<100
猪肉松(如皋)	18.0	0.63	8.1	4.91	6.29	0.44	8.9×10 ⁵
猪肉松(黄桥)	14.5	0.56	7.5	3.55	5.80	0.78	1.7×10 ⁴
太仓肉松	16.7	0.60	10.4	3.39	6.32	0.58	4.7×10 ³
南京香肚	13.8	0.70	53.9	4.88	6.50	2.42	5.4×10 ⁵
肉枣肠	25.2	0.81	35.6	4.41	6.12	6.47	1.71×10 ⁶
香肠(南京)	20.3	0.76	47.2	6.48	6.28	5.07	1.9×10 ⁷
香肠(如皋)	21.0	0.81	42.1	3.26	6.34	6.16	1.0×10 ⁷

从测定的结果来看, 肉干、肉脯和肉松的A_w在0.54~0.64之间, 水分含量在13~18%, 属于低水分肉制品; 而香肠、香肚和肉枣肠的A_w在0.70~0.81之间, 水分含量在14~26%, 属于中等水分肉制品。

NaCl的含量在3.4~6.5%之间, 而脂肪的含量在不同品种之间差异很大, 肉干、肉松、肉脯的含量较低(5~13%), 而香肠、香肚和肉枣肠的含量很高(35~54%)。

从TBA值的测得结果来看, 香肠、香肚和肉枣肠的TBA值要比肉干、肉松和肉脯高得多, 这显然与其脂肪含量高有关。

细菌总数的测定结果表明, 肉干、肉脯和肉松的菌数较低(在10²~10⁵cfu/g之间), 而香肠、香肚和肉枣肠的细菌总数含量较高(在10⁵~10⁷cfu/g), 这无疑与制品的A_w有着密切的关系。

传统的加工方法大多是利用高盐、低水分活度来延长其货架寿命, 见表2^[2]。

表2 腊猪肉a_w、NaCl及货架寿命测定

样品	a _w	NaCl (%)	货架寿命
A	0.75	9	13
B	0.80	9	10
C	0.87	6.5	8
D	0.90	4.0	3

以腌腊制品为例。腌腊制品主要是以禽畜肉或其可食内脏为原料, 辅以食盐、酱料、硝酸盐或亚硝酸盐、糖或香辛料等, 经原料整理、腌制或酱渍、清洗造型、晾晒风干或烘烤干燥等工序加工而成。对一些传统腌腊名产的配方分析表明, 腌腊制品辅料用量大致为: 食盐3~7%, 白砂糖0.5~2.0%, 硝酸盐或亚硝酸盐0.001~0.01%, 料酒或曲酒0.5~1%, 花椒、大茴香、桂片、三奈、生姜等香辛料0.5~2.5%。其理化指标大致接近, 其A_w为0.88~0.70, 水分25~30%, pH5.9~6.1, 食盐5~8%, 糖2~5%, 总菌数<10⁶, 见表3^[2]。

表3 传统腌腊制品主要特性指标

产品	A _w	pH	NaCl(%)	水分(%)	总菌数(个/g)
缠丝兔	0.87-0.91	5.7-5.9	3.6-4.2	<30	<10 ⁶
板鸭	0.84-0.87	5.8-5.9	5.7-5.6	<25	<10 ⁶
腊猪肉	0.71-0.69	5.8-6.0	8.0-9.0		<10 ⁵
元宝鸡	0.85-0.92	5.9-6.0	6.0-7.2		<10 ⁵
碟式腊猪头	0.80-0.85	5.9-6.0	7.0-7.5		
风鸡	0.80-0.88	5.8-6.0	5.0-6.2	<25	<10 ⁶
板兔	0.80-0.87	5.8-6.0	3.6-4.8	<26	<10 ⁶
京酱肉	0.70-0.80	5.9-6.1	5.0-6.0	<26	<10 ⁵

腌腊肉制品加工过程中理化及微生物的共同作用,影响着产品的色泽、风味和组织状态,添加剂亦发挥不同的功能特性。食盐是调节A_w值,保证产品可贮性和调味增香的主要辅料,硝酸盐或亚硝酸盐通过腌制过程赋予产品特有的腌制色泽和香味,其防腐抗氧化功能也早已被证实。有的产品添加有白砂糖,实际上是作为保湿剂和A_w值调节剂,对产品的色泽、组织状态、香味和可贮性产生一定影响。

3 栅栏技术在传统肉制品中的研究进展

我国的传统肉制品,长期以来都依靠单一的高盐、低水分含量及低温来控制微生物的数量达到贮藏保鲜,这样不仅影响了肉制品的风味和质量而且其营养物质也得不到很好的保存。利用栅栏技术中各种栅栏因子的累加作用、交互作用和协同效应可以从生产、流通、贮藏直至销售进行系统的、全面的“多靶保藏”。食品保藏中某一单独栅栏因子的轻微增加即可对其货架稳定性产生显著影响。例如:肉制品的稳定性可能取决于F值是0.3还是0.4, A_w值是0.975还是0.970, pH值是6.4还是6.2等,而这些因子重量的综合决定了该食品是微生物稳定的、不稳定的或不定的。

3.1 栅栏技术在传统肉制品加工工艺上的应用

3.1.1 低盐腊肉的研究

目前,人们对生活质量的要求越来越高,但传统腌腊制品往往含盐较高,水分含量较少,不仅口味不佳,而且对人们的身体有害。因此,利用栅栏技术降低盐的含量、改善传统腌腊制品的口感的研究迫在眉睫。

根据冯彩平^[20]等人的研究,在低盐腊肉制品中,影响腊肉的感官质量因素主要是含水量、食盐和白糖的添加量,其影响大小为含水量>食盐>白糖。并最终确定较佳配方为2.5%食盐和4%白糖,60℃烘烤干燥28h。对产品主要特性指标进行测定,结果为水分含量34.66%,食盐3.82%, A_w0.89,亚

硝酸盐含量,酸价2.59mg/g。

根据上述实验筛选所确定的参数加工产品,测定由含水量和添加食盐、糖所决定的A_w值。包装后将成品分为2组分别与4℃冷藏和25℃常温贮藏,每月抽检1次,检测其感官特性与总菌数等,从而确定产品的贮藏特性,见表4。

表4 不同温度贮藏期间总菌数变化情况

贮藏温度/℃	贮藏期总菌数变化			
	1月	2月	3月	4月 5月
4	2.49×10 ³	3.35×10 ³	5.79×10 ³	0.84×10 ⁴ 7.72×10 ⁴
25	4.35×10 ³	1.78×10 ⁴	0.85×10 ⁵	9.85×10 ⁶ 多不可计

表4表明,在4℃下冷藏5个月,25℃下贮藏3个月,低盐腊肉仍有较好的口感,并且保持较好的微生物稳定性。

3.2 存在的问题

由于中国传统肉制品如腊肉、肉脯、香肠、肉制品熟食等大多需要在常温下保藏,特别是在我国南方地区,高温高湿,常温保藏十分容易滋生各种有害微生物。经试验表明,在37℃的恒温箱中,低盐腊肉保存4天就检出霉菌。所以,我们应当根据各种微生物的生长繁殖特性,建立微生物预测的数字化数据库,结合其他次要的栅栏因子,如pH值、真空包装、防腐剂等,在改善传统肉制品风味的前提下延长其货架期,使其适应我国各个地区的不同情况下的保藏。

3.3 解决方法

3.3.1 防腐剂的添加

结合传统工艺配方,在传统肉制品腌制过程中,添加一定量的防腐剂。常用的防腐剂有硝酸盐或亚硝酸盐、有机酸及其盐类、细菌素Nisin、纳他霉素等。次氯酸、磷酸等,用一定浓度的酸液对肉品进行喷淋,可减少初始菌数。有机酸及盐类包括山梨酸、丙酸、乳酸、柠檬酸、醋酸、苯甲酸等。低分子有机酸对G⁺和G⁻均有效,高分子有机酸对G⁻菌抗性差。需注意的是利用酸类喷淋易造成肉品漂白。细菌素Nisin是乳链球菌产生的多肽类物质,可抑制G⁺菌生长,不能抑制酵母和霉菌生长。Nisin和纳他霉素配合使用,在肉品保鲜中有巨大潜力。综合其他次要栅栏因子,如高温灭菌、pH值、气调包装(MAP)等,则能保藏更长时间。

3.3.2 pH的控制

酸碱度对微生物的活动影响极大,任何微生物

生长繁殖都需一定的 pH 条件, 过高或过低的 pH 环境都会抑制微生物的生长。大多数细菌的最适 pH 值为 6.5~7.5, 放线菌最适 pH 值为 7.5~8.0, 酵母菌和霉菌则适合 pH 值为 5.0~6.0 的酸性环境。在 pH 值低于 4.5 的酸性食品中存在的微生物一般都不耐热, 易被杀死, 一些热敏性成分在低 pH 的条件下不易被破坏, 适当的酸味还可赋予传统肉制品良好的风味。

3.3.3 温度的控制

尽管经过前面多道保质栅栏, 微生物仍然有可能残存下来并在以后的贮存过程中生长繁殖, 为保证质量, 在产品的贮藏、运输、销售阶段应采取低温储藏和低温运输。

3.4 栅栏技术在传统肉制品开发设计上的应用

在新产品开发中, 栅栏技术 (HT) 与关键点控制管理 (HACCP) 及微生物预报技术 (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, 可遵循以下的 10 个步骤: ①首先确定需要改进或新开发产品的感官特性和货架寿命; 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病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对改进后产品再进行微生物接种试验, 必要时进一步调整改进栅栏。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), 确定出加工中监测办法 (最好采用物理法); ⑨将设计定型产品投入生产条件下试验, 对其可行性予以证明; 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。

4 今后的发展趋势

栅栏技术已经广泛应用于各类食品的加工与保藏, 然而它与传统方法或高新技术相结合才是最有效的。在传统食品的现代化加工和新产品的开发中, 将栅栏技术与关键危害点控制技术 (HACCP) 和微生物预报技术结合已经成为必然。

可以有针对性地选择、调整栅栏因子, 再利用 HACCP 的监控体系, 保证产品的质量及安全性。HACCP 的引入, 使得在选择、调整栅栏因子时有据可依, 同时还可检测出所选的栅栏因子是否达到要求。微生物预报技术 (Predictive Microbiology) 是建立于计算机对食品中微生物的生长、残存、死亡进行的数量化预测方式, 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分析预测。应用栅栏技术进行食品设计和加工即可通过此技术预估加工食品的可贮性和质量特性, 也可以几个最重要的栅栏因子作为基础建立模式, 较为可靠地预测出食品内微生物生存、死亡情况。

目前, 栅栏技术在食品行业得到广泛应用, 通过这种技术加工和贮藏的食品也称为栅栏技术食品 (HTF)。在拉丁美洲, HTF 食品在市场中占有很重要的位置。栅栏技术在美国、印度、以及欧洲一些国家已经有较大发展, 近年来, 在我国食品加工工业中的应用也已兴起。

参考文献

- [1] 孟乐成, 骆承养 生庆海. 中式传统肉制品的理化特性与贮藏稳定性的研究. 肉类研究[J]. 1994(2): 13~16.
- [2] 王卫 龙伟. 腌腊肉制品特性及工艺研究. 肉类研究[J]. 1997(3): 23~26.
- [3] [美] James M. Jay 编著. 徐岩等译. 现在食品微生物学[M]. 中国轻工业出版社, 2001.
- [4] Aaron Brody. Packaging Performers[J]. Food processing industry, 2000(1): 9~12.
- [5] 莱斯特, 王为. 栅栏技术在食品开发中的应用(上)[J]. 肉类研究, 1996 (1): 31~33.
- [6] Aqualab. Water Activity. Hurdle Technology. Shelf-life. 2000.
- [7] 莱斯特, 王为. 栅栏技术在食品开发中的应用(下)[J]. 肉类研究, 1996 (2): 42~44, 43.
- [8] 严奉伟. 栅栏技术在食品包装中的应用和发展趋势[J]. 食品科技, 1998 (4): 11~13.
- [9] 乔美花, 黄蕾, 李红卫. 栅栏技术与肉的保鲜[J]. 肉品卫生. 1999 (9): 26~27.
- [10] 冯彩平, 任发政, 高平. 低盐腊肉的研制及其贮藏性能的研究. 食品与发酵技术[J]. 2004(5): 131~133.