



栅栏技术在中式香肠加工中的研究进展

龙 昊, 刘成国 *

(湖南农业大学食品科学技术学院, 湖南 长沙 410128)

摘 要: 根据栅栏技术基本原理, 分析中式香肠中的主要栅栏因子, 概述近期开发利用的天然或人工合成的香肠制品抑菌剂和抗氧化剂, 展望栅栏技术应用于中式香肠安全性控制的发展趋势。

关键词: 栅栏技术; 肉制品; 中式香肠; 添加剂

Advances in Research on Application of Hurdle Technology in Chinese Traditional Sausage Processing

LONG Hao, LIU Cheng-guo*

(College of Food Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

Abstract: Based on the principle of hurdle technology, main hurdle factors of Chinese traditional sausage processing are analyzed here. Natural and synthetic bacteriostatic agents and antioxidants that have been recently developed and utilized are summarized. Besides, the development trend of application of hurdle technology in the safety control of Chinese traditional sausage is proposed.

Key words: hurdle technology; meat product; Chinese traditional sausage; additive

中图分类号: TS251.1

文献标识码: A

文章编号: 1001-8123(2011)02-0045-04

中式肉制品加工具有悠久的历史, 流传广泛。中式传统肉制品加工因其常温可贮藏性在中式传统肉制品发展和流传中起到了重要的促进作用^[1]。而中式传统肉制品常温可贮藏性具有节约能源、环境友好的特性, 因而使得中式传统肉制品的加工方法和防腐技术以及食用卫生安全性的研究越来越受到关注。

栅栏技术(hurdle technology)涉及到复杂的食物加工工艺、新产品开发和设计以及食品保鲜防腐技术。现在栅栏技术已经越来越多的应用到中式传统产品, 特别是中式香肠的产品改进及食用安全性的控制中。

1 栅栏技术的概念

栅栏技术是1976年由德国的Kulmbach肉类研究中心的Leistner^[2]首先提出的。该技术是指通过一系列的加工方式, 如低温冷却、高温灭菌、降低水分活度、降低酸度、优势菌群的竞争性抑制、添加防腐剂(如硝酸盐、亚硝酸盐、山梨酸钾)或烟熏处理等形成复杂的互作效应, 打破食品内部微生物生长环境的平衡, 阻止残留的致病菌和病原菌的生长繁殖, 抑制或杀灭微生物及引起食品氧化变质的酶类, 使食品的质量得以保持^[3]。这些加工方式被称为栅栏因子(hurdle factor, HF), 这项

技术则被称为栅栏技术。栅栏技术是多种技术的结合, 这些技术的协同作用称为多靶栅栏技术^[4], 目的是阻止食品的劣变, 将可能发生的危害性以及加工和销售过程中品质的恶化降低到最小程度。

2 栅栏技术的原理

控制微生物的内平衡是食品防腐的一个重点, 而保持内平衡是微生物维持一个稳定生长环境的固有趋势。防腐的栅栏因子临时或永久的打破一个或多个内平衡机制, 从而使得不利生产的微生物死亡或酶类失活^[5]。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、酸化、干燥、除氧、腌渍或熏制、加防腐剂等, 这些方法在以前的应用中大多是以“暗合科学”的经验式应用。栅栏技术囊括了这些方法, 并从其机理上予以研究, 这些方法即称为栅栏因子。而所谓栅栏效应(hurdle effect, HE)则是通过单一的或是多个栅栏因子的互作作用而形成特有的防腐栅栏, 从而抑制食品腐败。栅栏效应比较常见的应用模式有以下几种: 1) 理论化的HE模式, 即假设食品中含有几个相同强度的栅栏因子, 有害微生物每越过一个栅栏其数量就会相应减少, 直到不能越过最后一道防腐栅栏。所以

收稿日期: 2011-01-05

作者简介: 龙昊(1988—), 男, 硕士研究生, 研究方向为农产品加工及贮藏。E-mail: lh19880404@yahoo.com.cn

* 通信作者: 刘成国(1963—), 男, 副教授, 硕士, 研究方向为农产品加工及贮藏。E-mail: lcgwei@126.com



此食品是安全可贮藏的。2)较为实际的 HE 模式:食品中有几道强度很大的栅栏,如常用的低水分活度,高盐浓度等,使微生物不能越过。3)初始菌数低的 HE 模式:如制作中式腊肠采用优质的冷却肉,初始菌数低,只需少数强度不高的栅栏即可保证产品质量。4)初始菌数高的或是加工环境恶劣的条件下,微生物具有很高的生长势能,必须提高现有栅栏因子的强度或者是增加新的栅栏因子才能保证产品质量。5)使用具有协同作用的栅栏因子,此模式可大大降低某种次要栅栏因子的强度或者去除某种次要栅栏因子而达到同样的保质效果,此即所谓“魔方”原理。

3 传统中式香肠生产中常用的栅栏因子

从中式香肠的加工工艺可以看出,影响传统中式干香肠保藏时间的因素主要是通过长时间烘烤,晾挂以及添加盐和糖等水分活度调节剂来降低水分活度;添加一定量的化学防腐剂等措施来实现产品的常温贮藏^[6]。我国传统干香肠的水分活度为 0.75~0.86,盐分含量为 4.5%左右, pH 5.9 左右,亚硝酸盐含量变化较大。以下简单介绍中式香肠中的主要栅栏因子。

3.1 水分活度(a_w)

降低水分活度是延长食品保质期的常用方法。降低水分活度的方法有干燥法和添加水分活度调节剂(如盐、糖、醋酸盐、磷酸盐、脂肪等)。干燥法是中间水分食品最常用的防腐方法,而添加水分活度调节剂受到风味所致,并不是无限制的,如盐的添加量一般不超过 3%。我国传统干香肠的水分活度为 0.75~0.86,是典型的半干水分食品。研究认为水分活度低于 0.90 的食品在常温下可贮,除嗜盐性细菌(最低生长 a_w 值为 0.75)、金黄色葡萄球菌(最低生长 a_w 值为 0.86)以外,大部分细菌生长的最低 a_w 均大于 0.94,且最适 a_w 均在 0.995 以上;如酵母菌为中性菌,最低生长 a_w 在 0.88~0.94 之间;霉菌生长的最低 a_w 为 0.74~0.94, a_w 在 0.64 以下任何霉菌都不能生长。所以当 a_w 值低于 0.94 时大多数导致肉品腐败的微生物的生长均可被抑制^[7]。随着 a_w 的下降,细菌的热抗性增加。中等水分活度产品达到微生物稳定比高水分活度产品需要更强的热处理。而且微生物对 a_w 值的耐受性还取决于很多因素,如温度,有无保湿剂等的影响。

3.2 防腐剂及烟熏

在肉制品中适量添加安全卫生的防腐剂有助于提高肉品质量和延长肉制品的可贮性,这在肉制品加工和研究中早已被充分证实。在肉制品中最常用的添加剂是硝酸盐、亚硝酸盐和山梨酸盐类。硝酸盐类是肉制品中应用最广的添加剂,它具有发色、增香、防腐的功能,如将其用量控制在 60~150mg/kg,完全可以保证肉品的安全卫生。

山梨酸盐类具有良好的抑菌防腐功效,而且安全卫生,一些国家已将其作为食品类通用防腐剂。最大的使用量为 0.1~0.2g/L。德国将 5~10g/L 的山梨酸盐溶液用作干香肠的外浸防腐液使用。

对于有一定副作用的防腐剂,严格的加工管理和检测体系十分重要。同时,学界也在积极研究天然的安全无副作用的防腐添加剂,用以完全替代或部分替代硝酸盐一类的防腐剂:如乳酸钠^[8]、乳酸链球菌素(Nisin)^[9]、壳聚糖^[10]等,可以起到协同的防腐作用,以减少有副作用的防腐剂的用量。

烟熏工艺是我国传统肉制品加工中的一道重要工序。烟熏具有上色、增香、改善食品风味品质以及防腐的功能。防腐是烟熏的主要功效,其作用机理是熏烟中含有醛、酸、酚类化合物,且伴随着热作用及表面干燥,所以其发挥的防腐作用是非常显著的。但烟熏工艺的安全性也存在不容忽视的问题。烟熏物燃烧温度超过 400℃就会产生 3,4-苯并芘及环烃等有害物质,所以烟熏温度不能超过 350℃,并采用优质的烟熏物发烟,通过间接的烟熏法,以提高食品的安全性^[11]。

3.3 氧化还原电位(Eh)

多数腐败菌属于好氧性菌,所以肉品中含氧量的多少直接影响其中微生物的生长代谢及酶的活性。Eh 越高,对肉制品的保藏越不利^[12]。肉制品生产中所采用的降低 Eh 的方法主要是真空法。如香肠在加工过程中的真空腌制、真空灌装、真空斩拌等都是脱氧加工。另外,在食品的加工链条中,可以把包装作为一个栅栏因子看待。如果在食品加工过程中强化食品包装这一栅栏因子的话,可以大大降低其他栅栏因子的强度。如降低高温杀菌温度,改变冷藏温度等。在包装中使用真空包装、充气包装或是活性包装、避光包装是一般肉制品提高安全性的措施之一。由于包装隔绝并除掉了空气中的氧气或补充理想气体,如氮气、二氧化碳等,抑制了微生物的生长繁殖和肉中内源酶的活性,从而减缓肉制品的微生物腐败,蛋白质降解和脂肪的氧化酸败。真空包装和气调包装与防腐剂以及二次杀菌技术的结合,可以达到很好的保藏效果^[13]。

3.4 高温灭菌

热加工是熟肉制品重要的防腐加工环节。热加工的目的之一就是杀灭或减少肉制品中的微生物,以达到可贮藏性。一般肉制品的加热温度在 72℃左右,加热温度也与各种条件有关。当肉制品中心温度达到 70℃时,除耐热性芽孢菌可能存活,一般的致病菌都已基本死亡。而肉制品的风味,口感及组织状态都处于最佳状态。但中式传统香肠制品并没有高温杀菌这一工序,其烘烤温度在 45~55℃^[6],尚不能对所有致病菌形成有效的杀灭,但研究证明,经过接种金黄色葡萄球菌的中



式香肠进行过烘烤之后该致病菌大量减少, 经过约 20d 的晾挂之后, 已基本不能检出致病菌。所以在中式香肠的保藏中, 高温灭菌不是起主要作用的栅栏因子, 主要的因子仍然为 a_w 。

4 新型栅栏因子在中式香肠安全性控制中的应用

在我国肉制品加工有关政策法规以及安全性许可的范围内, 目前可应用的栅栏约有 50 余种, 包括温度(杀菌、冷冻、冷藏)、低 a_w 、低 pH 值、低 Eh、照射(紫外光线、微波)、电磁能(高电场脉冲、振动磁场脉冲)、超声波、压力(高压、低压)、包装材质(积层袋、可食性包膜)、活性包装、气调包装(真空包装、充氮包装、二氧化碳包装)、有益的优势菌、保护性培养基、抗菌素、抗生素、甲壳素、氯化物、天然抗菌剂等。以下介绍几种新的栅栏因子在中式香肠中的应用^[14]。

4.1 冷鲜肉

深圳的喜上喜公司研究了用于广式香肠制作的冷鲜肉对香肠品质的影响^[15], 发现用冷鲜肉制作香肠较用冷冻肉制作香肠更能为广式香肠的安全性提供低初始菌数的栅栏因子, 冷鲜肉从生产到使用的周期短及采用低温供应链的特点, 最大程度避免了原料肉中微生物的繁殖, 有利于提高产品的安全性。

4.2 乳酸链球菌素(Nisin)

乳酸链球菌素是一种安全高效的天然防腐剂, 对蛋白酶特别敏感, 在消化道中很快就被 α -胰凝乳蛋白酶分解。在致癌性、存活性和动物器官病毒生物学等方面研究表明 Nisin 对人体是安全的^[9]。我国在 GB2760—86《食品添加剂使用卫生标准》中批准乳酸链球菌素可用于肉制品中^[16]。乳酸链球菌素主要抑制大部分的革兰氏阳性菌引起的食品腐败, 如金黄色葡萄球菌、肉毒梭状芽孢杆菌、溶血性链球菌、嗜热脂肪芽孢杆菌, 特别是细菌芽孢杆菌^[17]。但在一定的条件下: 如低温、低 pH 值时, 沙门氏菌、大肠杆菌等对乳酸链球菌素敏感。

在传统的中式香肠加工中普遍使用亚硝酸盐和硝酸盐来作为肉制品的发色剂以及抑制肉毒梭状芽孢杆菌等微生物的生长, 但这些添加剂对人体有潜在的致癌性。孙京新等^[18]将 Nisin 和乳酸钠联合用于西式火腿防腐, 结果表明: 单独使用 Nisin 或乳酸钠可在一定程度上延长产品货架期, 但若两者联合使用, 保质期则更长, 并且降低了亚硝酸盐的含量。袁秋萍^[18]研究发现, 在香肠中 Nisin 的添加量为 0.3g/kg 时, 绝大多数的革兰氏阳性菌受到抑制, 而且对产品品质风味无不良影响。

4.3 天然植物及微生物中提取物的抑菌性及抑制脂肪氧化性物质

兰凤英等^[19]研究了添加壳聚糖对中式香肠的感官品质以及抗脂肪氧化性能的影响, 结果表明, 在中式香

肠中添加 0.4g/kg 的壳聚糖即可显著抑制脂肪氧化, 并防止脂肪渗出。随着壳聚糖添加量的增大抑制效果加强。壳聚糖的添加量在 0.4~0.8g/kg 时不影响香肠风味, 同时起到一定的护色作用。壳聚糖通过结合游离脂肪酸而起到抗脂肪水解的作用。

韩永斌等^[19]对紫甘薯花色苷色素对金黄色葡萄球菌的抑制作用及机理进行了研究, 结果表明紫甘薯花色苷色素可增强细胞膜的通透性, 使细胞异常生长, 使细胞质稀薄并逐渐解体, 导致细胞死亡。其抑制金黄色葡萄球菌的最低质量浓度为 200 μ g/mL。紫甘薯花色苷色素不仅是天然无毒副作用的抗菌剂, 而且还具有抗氧化和保健功能。

李南薇等^[20]对乳酸菌代谢产物对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌抑制作用进行了研究, 结果表明: 乳酸菌代谢产物的抑菌机理是多方面的, 主要由有机酸和乳酸菌素发挥作用; 乳酸菌代谢产物具有良好的热稳定性及抗蛋白酶活性和抗过氧化氢酶活性, 且 pH 值越低乳酸菌代谢产物的抑菌活性越强。

李佳等^[21]对百里香提取物在中式香肠中的抑菌性和抗氧化性作了研究, 结果表明百里香提取物对抑制中式香肠贮藏过程中杂菌的繁殖具有显著效果, 且对香肠中脂肪的氧化具有一定抑制效果, 其最适的抑菌添加量为 1.0g/kg。

纵伟等^[22]对大叶紫薇多酚在中式香肠中的应用作了研究, 其通过感官评定以及色差分析表明添加 0.02g/kg 的大叶紫薇多酚对香肠的感官品质无不良影响; 通过对 POV、TBA 及 AV 值的测定得出添加 0.02g/kg 的大叶紫薇多酚对香肠的脂肪氧化具有显著的抑制效果, 可作为香肠制品的抗氧化剂使用。

李佳等^[23]从减少硝酸盐使用量及寻找其替代品的角度研究了连翘在中式香肠中抑菌性及抗氧化性的应用, 研究表明: 连翘对中式香肠冷藏过程中的杂菌生长有很好的抑制作用, 最适抑菌浓度为 0.05g/kg; 并且对香肠中的脂肪酸败有很好的抑制作用, 作用强度随连翘在香肠中的浓度增高而增强。

黄群等^[24]报道采用先制取 HbNO(亚硝基肌红蛋白)再添加到香肠等肉制品中的方法, 可有效地降低肉制品中亚硝酸钠的残留量, 发色效果良好, 安全无毒, 是降低肉制品中亚硝酸根残留量、实现低硝或无硝的有效途径。经检测成品亚硝酸盐的残留量仅为原来的 0.01%~0.08%。

楼鼎鼎等^[25]探索了竹叶抗氧化物(antioxidant of bamboo, AOB)在中式香肠中的应用效果, 结果表明: 添加 0.01~0.02g/kg 的 AOB 能显著增强产品的抗氧化性能; 且添加 0.01g/kg 的 AOB 对香肠的各项感官品质均无不良影响。对亚硝酸盐的含量检测显示: 添加 AOB 可



显著降低亚硝酸盐的含量。添加了 0.02g/kg AOB 的样品亚硝酸盐残留量为 2.34mg/kg，而未使用 AOB 的样品亚硝酸盐残留量为 4.81mg/kg。

詹磊^[26]研究了蜂胶对广式香肠氧化安全性的影响，结果表明：添加 0.04g/kg 的蜂胶对香肠的感官品质没有不良影响，且蜂胶与 VC 复配型的抗氧化剂有更好的效果。另外，据其研究，认为 TBA 值最适合作为评价香肠是否酸败的指标，而不是 AV 值或 POV 值。

徐勇等^[27]研究了 VC 和 VE 复配作为抗氧化剂和香肠的护色剂，经实验证明由这两种人体必需的维生素作为广式腊肠的添加剂，不仅对人体有益且具有良好的抗氧化和护色效果，还具有一定的市场前景。

5 结 语

随着我国经济的快速发展，人民生活水平的提高，对中式传统肉制品的品质不再仅仅局限于对风味上的要求，人们还对食品本身的安全性提出了更高的要求。栅栏技术的运用已经在现有的条件下极大地改良了中国传统肉制品的制作工艺，提高了产品的安全性。但如何更好地利用栅栏技术的“魔方”原理，以使用多种低强度的栅栏因子共同作用，保证食品的感官品质及安全性仍然是一个问题。在我国中式香肠的生产中，如何选用更加天然、健康、安全的食品添加剂及多种防腐手段的联用来替代硝酸盐在香肠中的作用，仍然是一个需要继续深入研究的问题。各种新型的栅栏因子与常用栅栏因子配合使用的研究，无疑对将来中式香肠的产品质量的提高及加工工艺的优化提供更多新的思路与新的方法。

参考文献：

- [1] 李慧文. 灌肠制品 451 例[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 2002.
- [2] LEISTNER L. Further developments in the utilization of hurdle technology for food preservation[J]. Journal of Food Engineering, 1994, 22: 421-432.
- [3] 莱斯特, 王卫. 栅栏技术在食品开发中的应用(上)[J]. 肉类研究, 1996, 10(1): 31-33.
- [4] 李宗军. 应用多靶栅栏技术控制羊肉生产与贮藏过程中的微生物[J]. 食品与发酵工业, 2005, 31(2): 127-129.
- [5] 刘冠勇, 罗欣. 栅栏技术在香肠制品中的应用[J]. 山东食品科技, 2000(3): 16-17.
- [6] 王文艳, 彭增起, 周光宏. 中式香肠的制作[J]. 肉类工业, 2006(6): 5-6.
- [7] 莱斯特, 朱雪卿. 水分活性与食品保藏[J]. 肉类研究, 1996, 20(3): 44-49.
- [8] 孙京新, 陈伯祥. Nisin, 乳酸钠添加于西式火腿延长货架寿命的研究[J]. 中国畜产与食品, 1999(2): 56-58.
- [9] 贺家亮, 秦翠丽, 康怀彬, 等. 乳酸链球菌素的研究现状[J]. 中国食品添加剂, 2004(3): 40-42.
- [10] 兰凤英, 南庆贤, 靳烨. 壳聚糖对中式香肠抗氧化性能的影响[J]. 肉类工业, 2001(增刊 1): 124-126.
- [11] 马美湖, 周炯光, 左晓玲, 等. 创建无烟熏新工艺降低腌腊熏肉制品中 3,4-苯并(a)芘残留量的研究[J]. 肉类工业, 2001(增刊 1): 112-115.
- [12] 林琳. 红肠的综合保鲜技术和真空包装红肠菌系的研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2003.
- [13] 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.
- [14] 潘超, 朱斌, 苗孙壮. 栅栏技术及其在肉品保鲜中的应用[J]. 肉类工业, 2009(10): 17-19.
- [15] 董镜, 周明光, 郭少添, 等. 冷鲜肉在广式腊肠生产中的应用[J]. 肉类工业, 2006(2): 8.
- [16] 凌关庭. 天然食品添加剂手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2000.
- [17] 赵剑飞. Nisin 的性能及在肉制品中的应用[J]. 肉类研究, 2005, 19(7): 38-39.
- [18] 袁秋萍. 乳酸链球菌素在肉制品中的应用[J]. 食品工业科技, 1998(4): 27-28.
- [19] 韩永斌, 朱洪梅, 顾振新, 等. 紫甘薯花色苷色素抑制金黄色葡萄球菌作用初探[J]. 食品科学, 2008, 29(10): 59-62.
- [20] 李南薇, 李宁. 乳酸菌代谢产物对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌抑制作用的研究[J]. 中国酿造, 2009(5): 49-52.
- [21] 李佳, 张富新, 张拥军. 百里香提取物在中式香肠中的抗菌及抗氧化性能的研究[J]. 中国食品学报, 2007, 7(3): 107-111.
- [22] 纵伟, 赵光远, 张文叶. 大叶紫薇多酚在中式香肠中的应用[J]. 肉类工业, 2006(5): 7-8.
- [23] 李佳, 张富新. 连翘在中式香肠中抗菌及抗氧化性能的研究[J]. 中国农学通报, 2006, 22(4): 112-115.
- [24] 黄群, 马美湖, 于美娟, 等. 亚硝基血红蛋白研究进展[J]. 肉类工业, 2004(11): 27-31.
- [25] 楼鼎鼎, 梁燕, 张英, 等. 竹叶抗氧化物在中式香肠中的应用研究[J]. 食品科学, 2004, 25(11): 189-191.
- [26] 詹磊. 蜂胶对广式香肠氧化安全性的影响[D]. 广州: 暨南大学, 2010.
- [27] 徐勇, 梁丽敏, 李春荣, 等. 一种广式腊肠抗氧化及护色方法的研究[J]. 肉类工业, 2007(11): 20-21.