

基础研究

发酵香肠的加工工艺及微生物特性

王 卫 (成都大学生物工程系, 四川成都 610081)

摘 要 发酵香肠的加工伴随着复杂的微生物及理化过程, 特别是乳酸菌等益生菌的生长, 对产品保质防腐极为重要。优质可贮发酵香肠的加工主要取决于原料选择、加工温度、湿度及气流的适宜调控。本文对发酵香肠的加工工艺和微生物特性进行了综述。

关键词 发酵香肠 加工工艺 微生物 发酵剂

1 前言

据考证 2500 年前中国人就懂得通过风干生贮肉品, 而类似于中式干香肠加工法的欧式发酵香肠约在 1720 年诞生于意大利, 几十年后从意大利传入欧洲各国, 逐渐形成原辅料配方、加工方法、风味特色各异的不同产品。至今发酵香肠不仅在欧美各国广为流行, 深受消费者青睐, 包括中国在内的一些以往对发酵香肠难以接受的地区, 也对这一具风味及营养特性的生食制品产生了浓厚兴趣, 消费群体不断扩大, 成为这些地区产品开发的首选对象。

发酵香肠的加工方法似乎再简单不过, 肥瘦肉混合后充填入肠衣内, 放置干燥后食用, 如此而已。然而这一看似简单的加工却伴随着极为复杂的微生物及理化进程, 特别是发酵过程中有益性微生物的生长代谢对产品防腐及特有风味的形成极为重要。这些益生菌主要为乳酸杆菌、葡萄球菌、微球菌, 以及少量酵母和霉菌。在现代加工工业中, 已将这些益生菌提纯培养制备为发酵剂添加于香肠中, 以促进发酵, 改善产品质量。然而在优质可贮的发酵香肠加工中, 原辅料的选择和加工温度、湿度及气流的适宜调控远比发酵剂的添加重要。发酵香肠防腐保质栅栏效应 (Hurdle Effect) 机理的揭示, 以及关键危险点控制法 (HACCP) 的应用, 更为这一产品加工优质化、标准化提供了保证。本文在着重介绍发酵香肠加工工艺的基础上, 对其微生物特性研究及发酵剂的应用作一概述。

2 加工工艺

就加工方法而言, 发酵香肠与传统中式腊肠并无本质区别。以一定比例肥瘦肉为主料, 辅以食盐及少量香辛料和其它添加剂, 混合后充填入肠衣, 在一定温度和湿度条件下干燥即成。其差异主要体现于干燥阶段微生物发酵所导致的理化特性上。但即使是同类发酵香肠, 也容许 a_w 、pH 等理化值的不同变化, 从而有不同风味的产品。然而, 优质高档发酵香肠的加工确非易事, 加工中任何细小疏忽都会导致产品不良性状的出现。以下分别对其作一概要综述。

2.1 原料

高档正宗的意大利色拉米或匈牙利色拉米是以纯猪肉和猪肥肉为原料, 这与中式腊肠相同。而法国和德国传统发酵香肠原料配方为猪肉、牛肉和猪肥肉各占三分之一。在土耳其等伊斯兰教国家, 基于宗教原因以牛肉为主料, 并以大尾羊脂替代猪肥肉, 因此产品带有特异的羊膻味。中欧国家加工发酵香肠要求以非冻结肉为原料, 肥肉须是结实度好的脊膘。特别是长期发酵加工的产品, 冻结贮存过长的原料对成品色泽、味道及可贮性均不利。用于加工优质高档的产品, 要求原料为冷却至 0℃ 的鲜肉或 -30℃ 下贮存不久的冻肉, 肉料 a_w 0.99~0.98, pH 5.8 (牛肉) ~6.0 (猪肉) 为佳。

2.2 辅料

辅料中以食盐最为重要, 一般添加量为 2.8%~3.0%。质软的可涂抹性发酵香肠也在 2.5%~3.0%, 而切片产品可达 3.2%~4.5%。硝酸盐和亚硝酸盐因其发色、增香、抑菌和抗氧作用已成为不可缺少的

添加剂。在一些国家硝和亚硝可混合使用,而在德国等地则是发酵期4个月以上的产品才能添加硝酸盐,硝与亚硝不可混合,且亚硝酸钠须与食盐预制成亚硝混合盐(NPS)才能使用。产品中硝和亚硝总残留量限定在10~30ppm。除食盐和硝酸盐外,其它添加料包括糖和香辛料。意大利的发酵香肠不加糖,因其加工多是在低于15℃下较长时间发酵干燥,无糖对成品质量影响不是很大。但研究表明适量的糖益于发酵进程和产品质量改善。据认为0.3%葡萄糖对发酵最为有益,快速发酵法加工的产品,还应增至0.5%~0.7%,很多产品均是添加葡萄糖或蔗糖,但也可用乳糖替代,添加量对发酵期长的产品为0.5%,快速发酵产品0.1%。香辛料对发酵香肠风味有改善作用,但添加量不应高于1%,例如辣椒等香辛料过多对发酵菌有不利影响。欧式发酵香肠中以胡椒为主,辅以玉果、小豆蔻等。

2.3 制馅

意大利发酵香肠的制馅方法与中式腊肠相似,原料肉绞碎后与辅料混合即可。德国等地则广为采用斩拌法粗斩或细斩制馅。为保证质量,要求绞制斩拌肠馅温度控制在-2~0℃,有的还将肉馅于0~5℃下腌制1~3天再充填以改善产品风味。对于切片香肠,均质度高的所需腌制时间较长,均质度低的则较短。质软的可涂抹性产品,对其接合性要求不是很高,肥肉往往是先切丁定型,再加入瘦肉与辅料的预制馅中。

2.4 充填

发酵香肠的充填要求肉馅温度控制在0℃左右,肠衣须具透气性,天然、人工均可,如纤维肠衣、胶原蛋白肠衣、布织肠衣等。德国用牛直肠加工高档发酵香肠,意大利色拉米多用马小肠,中式腊肠则以羊小肠为佳。天然肠衣仍广受青睐,法国90%的发酵香肠均是用天然肠衣生产。对肠衣直径的要求因产品而异,如在德国35mm肠衣最常用,切片产品多用65~90mm,霉菌发酵型以30~40mm为宜,细径肠衣利于表面霉菌发酵物渗入肠体内部以形成特有风味。

2.5 发酵

欧洲发酵香肠加工基本方法仍是较低温下长时间发酵干燥,温度越低发酵时间越长,当然在现代工业化生产中较高温快速发酵产品越来越多。美国的夏季香肠是肠馅充填后先于7℃下发酵3天,再提高温度至27℃~41℃发酵2~3天,最后10℃下熟成2~3天即可上市。对于此类产品,如果原料肉未

经冻结,则须警惕旋毛虫的危害。预防方法是在发酵熟成的最后4~8小时提高温度,至肠体中心达58℃可杀灭此寄生虫。日本发酵香肠的加工最后阶段提高温度至中心达68℃,但不是为杀灭旋毛虫,而是抑制肠菌群。

意大利和匈牙利的发酵香肠多采用持续15℃的较长时间发酵法加工,但也有例外,如意大利米兰色拉米加工方法是先于22℃、70%~80%RH下发酵4~8小时(时间因肠径而异),然后在20℃、85%~90%下发酵3~4天,最后是15℃及80%RH室内贮存。研究表明,在此产品加工中相对湿度(RH)从70%~80%到80%~90%,又降为70%~80%的三阶段调节法,对香肠发酵极为有利。发酵贮存时间总计达到6个月的产品,风味可达极佳状态。法国发酵香肠的加工与上述意大利的方法基本一致。

2.6 烟熏

传统风干法加工的中国腊肠,在一些地区至今仍保留有烟熏的习惯。在德国等地95%的发酵香肠最后都要经烟熏工序,烟熏阶段也伴随进一步的干燥发酵,另5%的非发酵产品则是利用益生性霉菌在香肠表面生长以抑制其它不利菌。意大利烟熏与非烟熏产品比例正好与德国相反。烟熏的主要目的是抑菌和增香,因此烟熏度应适当控制于以不影响香肠中益生菌生长为宜。所以烟熏工序多在发酵后期进行。例外是匈牙利的Winter Salami和罗马尼亚的Hermann-stadter Salami,于15℃下发酵,开始阶段即微烟熏14天再继续发酵。微烟熏在抑制香肠表面霉菌的生长效能上毕竟有限,因而德国等地允许对某些产品采用20%山梨酸钾液表面处理法进一步有效防霉。烟熏产品与非烟熏产品在外观上显著不同。对表面选择性霉菌生长的产品,益生性霉菌的提纯与表面接种甚为必要,利用室内天然菌群附着生长时,很多天然霉菌将产生霉菌毒素。

3 微生物特性

发酵香肠的微生物特性已通过长期而深入的研究所揭示,所涉及的与发酵有关的微生物包括乳酸菌、葡萄球菌、微球菌、酵母和霉菌,其中最重要的如植物乳杆菌、木糖葡萄球菌和变异微球菌。乳酸杆菌在香肠发酵中产生乳酸,从而赋予产品特有风味,并抑制沙门氏菌、金黄色葡萄球菌和李斯特菌等病原菌的生长。微球菌和葡萄球菌则可将硝还原为亚硝,对过氧化氢酶导致的褪色起到抑制作用,并能有效抗酸败。微球菌在较高氧化还原值

℃h) 时对 pH 的耐受性强,因而在发酵香肠肠体边缘生长特别好。发酵阶段酵母菌生长特性与微球菌相似。霉菌只能在香肠表面生长,当肠体出现裂缝,则霉菌也可在肠体中大量繁殖。导致产品腐败的原因主要是不利微生物的生长,乳酸菌可使产品过酸、产气和褪色,小球菌和酵母菌使肠体表面灰暗发粘,霉菌则是导致霉臭味及表面出现霉点,而肠道菌群一般与产品腐败无关。Lücke 等 (1985) 通过大量研究揭示了上述主要微生物在发酵进程中伴 a_w 值和 pH 值升降所呈现的变化特性。

对中式腊肠的微生物特性研究也证实了乳酸菌、葡萄球菌、微球菌的大量存在,成品中总菌数通常在 $10^5 \sim 10^6$ CFU/g, 其中主要是乳酸菌。而发酵香肠的开始阶段,鲜肠馅中微生物初始量已达 $10^5 \sim 10^6$ CFU/g, 随发酵进程其量不断增加,同时肠馅由溶胶态较为凝胶态,这些菌群逐步集中附着于肠馅中的某些固定位置,有的因受到香肠中抑菌因素作用而死亡,有的则迅速生长繁殖,但其生长只能在肠馅微结构的巢穴及孔洞中,不能越出孔穴范围。电镜研究揭示了这些孔穴间距在 $100 \sim 1500 \mu\text{m}$ 。由于微生物只能在空穴中生长,其代谢物,如乳酸、乳杆菌素、亚硝还原酶等须以渗透方式通过不含微生物的肠馅基质,才能发挥发酵增香及抑制不利菌生长的作用,而基质间孔穴的远近相距对发酵极为有利。因此香肠的发酵可认为是固态发酵。这一机理的揭示对生产上发酵调控和发酵剂的应用具重要意义。

发酵香肠中最危险的致病菌是沙门氏菌和李司忒菌。德式产品中沙门氏菌的检出率达 40%, 尽管均远远低于致病量,对产品卫生安全性的威胁仍不容忽视。研究表明,抑制沙门氏菌的有效措施是添加 2.5% 亚硝酸盐 (NPS), 0.3% 的葡萄糖醛酸内酯 (CDL), 应用微生物发酵剂, 以及控制发酵温度不高于 25°C 等。可带来较大危害的单核细胞增生性李斯忒菌 (*Listeria monocytogenes*) 在发酵香肠中的检出率可在 15%~60%, 但其残存量大多低于致病限 ($100/\text{g}$)。pH 值和益生菌的调控对抑制此菌最为重要。随发酵进程益生菌大量增殖, pH 值逐渐下降, 此菌也逐渐减少。当发酵温度不高于 25°C 时, 金黄色葡萄球菌 (*Staphylococcus aureus*) 导致危害的机率不是很大, 但对霉菌发酵类产品, 其 pH 值较高, 金黄色葡萄球菌即使在较低温度下也可能大量增殖。肉毒梭状芽孢

杆菌 (*Clostridium botulinum*) 则可因硝酸盐的存在而受到有效抑制, 因此硝酸盐或亚硝酸盐的添加对于保证产品卫生安全性甚为重要。对于未接种有霉菌发酵剂的产品, 表面应避免不利微生物的生长, 许多天然霉菌均可产生霉菌毒素。防霉的有效方法是烟熏及山梨酸钾处理。而表面有益生性霉菌生长, 则不利霉菌可得到有效抑制。

4 发酵剂及其应用

以一定加工条件为前提, 肠馅原料中存在的益生性微生物对产品特有感官特性 (外观、气味、味道、组织结构等) 的形成极为重要。即使不添加发酵剂, 在较低温条件下长时间发酵也可加工出优质产品。然而发酵剂的应用在保证产品可贮性和卫生安全性, 实现标准化生产上具有重要意义。陈明造等通过研究认为, 即使是非发酵的中式腊肠, 添加微生物发酵剂也有助于改善产品质量, 延长保存期。在现代发酵香肠的加工中, 发酵剂的应用日益广泛, 各国均有众多商品化微生物发酵剂可供香肠加工厂家选择。以德国为例, 10 多家发酵剂生产厂可提供 50 余种微生物发酵剂产品。

微生物发酵剂的研究应用最早是英国, 其历史可追溯到 1940 年, 首选菌是乳酸杆菌, 而真正实用于香肠生产是在 1959~1962 年间, 发酵菌的研究在欧洲始于 1955 年, 1966 年实现生产上的应用, 不仅是香肠中, 也用于乳制品等食品中。发酵菌应用于香肠, 在快速发酵型产品中的作用尤为显著。理想的发酵菌在促进香肠发酵的同时, 也直接起到抑菌防腐、保证产品质量的功能, 当然前提条件是温度、湿度和气流的适宜调节。选择用于发酵香肠的微生物主要是乳酸菌、葡萄球菌、酵母和霉菌。乳酸菌和葡萄球菌是在制馅时添加于肉料中, 有的同时含有酵母菌。霉菌则是在充填灌装后接种于肠体表面, 酵母菌偶尔也采用这种应用方式。

4.1 乳酸菌

选做发酵剂的乳酸菌主要是乳酸杆菌和乳酸片球菌, 如乳杆菌属中的植物乳杆菌 (*Lactobacillus plantarum*)、乳清乳杆菌 (*L. sake*) 和弯曲乳杆菌 (*L. curvatus*), 片球菌属中的戊糖片球菌 (*Pediococcus pentosaceus*)、乳酸片球菌 (*P. acidilactici*) 和啤酒片球菌 (*P. cerevisiae*)。其作用是通过对糖的发酵产酸而降低 pH 值, 这对香肠干燥熟成、特有风味形成及防腐极为有利。pH 值的降低可促

进亚硝分解,从而改善产品色泽;产酸的同时也形成具抑菌效能的乳酸杆菌素 (Bactericin)。Schillinger 和 Lücke 从发酵香肠中分离出一种可形成对李司忒菌等病原菌具极强作用的乳清乳酸杆菌 (*Lactobacillus sake*),其抑菌机制是乳酸菌产生的乳杆菌素 Sakacin A。所选用的发酵菌应始终是“单相发酵”,即通过对肉馅中葡萄糖、蔗糖及其它碳水化合物发酵只形成必需的乳酸,而“多相发酵”性乳酸菌则除乳酸外,还产生醋酸、CO₂、过氧化物等代谢物,这对香肠风味和外观是极为不利的。例如过氧化物可加速香肠的褪色和酸败。

4.2 微球菌和葡萄球菌

微球菌属和葡萄球菌属在香肠中的主要作用是还原亚硝和形成过氧化氢酶,从而利于肉馅发色及分解过氧化物,改善产品色泽及延缓酸败,此外也可通过分解蛋白质和脂肪而改善产品风味。特别是肉色葡萄球菌 (*Staphylococcus carnosus*)、木糖葡萄球菌 (*S. xylosus*) 和变异微球菌 (*Micrococcus varians*)。值得注意的是这些发酵菌在香肠发酵期增殖量并不是很大,但对产品质量的改善又极为重要,因此用于香肠的发酵剂一般都含有上述微生物。

4.3 酵母菌

发酵剂中选用的酵母一般是汉逊氏酵母菌 (*Debaryomyces hansenii*)。其主要作用是生长时逐渐耗尽肠馅空间中残存的氧,从而降低 Eh 值,抑制酸败及红色化,也具有分解脂肪和蛋白质、形成过氧化氢酶等的的能力,因此对改善产品风味、延缓酸败有益。法国有一种发酵香肠,将酵母菌接种于香肠表面生长,使产品外表披上一层“白衣”,是很受当地人喜爱的地方风味产品。

4.4 霉菌

用于发酵香肠的霉菌是纳地青霉 *Penicillium nalgiovense*,应用方式是接种于肠体表面,可在肠体外良好生长,其作用不仅是赋予产品特有的外观,更重要的是使香肠阻氧避光而抗酸败;分解脂肪和蛋白质而利于产品特有风味的形成;在表面密集生长使得不利菌再难以插足等方面。Leistner 等的研究表明,包括纳地青霉在内的大多霉菌均可产生极具毒性的霉菌毒素,因此建议对用于肉制品的霉菌应严格筛选。德国肉类研究中心对纳地青霉属中 112 种菌种进行分离培养研究,发现其中 5 种不会产生毒素,然后将其选育提纯,

培育出具优良发酵特性的无毒性纳地青霉,这一冠名为“科伦巴纯霉” (*Edelschimmel Kulmbach*) 的霉菌制剂已广为应用于香肠和火腿的加工。

对选择用作发酵剂的微生物,总的要求是无致病性,不产生毒素或抗生素,不导致氨基酸降解,不形成活性胺(如组胺)、硫化氢等有害物。乳酸菌发酵时尽可能不产生醋酸和过氧化物。发酵剂的研究不断深入,其应用也日益广泛。但用作发酵和防腐保质的微生物应有或不应有哪些特性仍未完全明了,有必要对发酵香肠中各种天然微生物的作用进一步深入研究,为生产上选择最佳菌种提供依据。如果天然菌群中无最佳入选者或尚难发现,则可考虑“鸡尾酒调制法”培育新菌种,即充分应用现代基因工程,通过诱变、配对结合、基因修饰等方法培育满足不同特殊要求的菌种,这在现代高科技条件下已毫无问题。应用转基因技术选育发酵菌已广为研究,成功之例是将溶葡萄球菌素性葡萄球菌 (*S. staphylolyticus*) 的溶葡萄球菌素基因转入纳地青霉基因内,培育出的新菌种在具有纳地青霉菌原有的功能特性的同时,具有了有效抑制发酵香肠中的金黄色葡萄球菌的新功能。必须指出的是此类研究应纳入特殊研究范围,得到法规的认可,而且能为消费者所接受,使消费者认识到这些基因工程产物只会对加工、产品质量和健康有益。

参考文献

- 1 Lücke FK and Hechelmann H. Starterkuren für Rohwurst und Rohschinken. BAFF Kulmbach, Germany, Reihe 9, 1985. 293~384
- 2 Leistner L. Empfehlungen für sichere Produkte. BAFF Kulmbach, Germany, Band 9, 1985. 219~244
- 3 Leistner L and Dresel J. Die chinesische Rohwurst - eine andere Technologie, Mitteltungsblatt der BAFF, Germany, NR. 92, 1986. 6919~6926
- 4 高适兰, 陈明造. Microflora of chinese-style sausage and their biochemical characteristics, Proc. Congr. Meat Sci. 1988, Technol. Vol. II: 478~480
- 5 张元生编. 微生物在肉类加工中的应用. 中国商业出版社, 1991
- 6 Frans J M, et al. New Technologies for meat and meat products, ECCEANST, Audet: Tijdschriften BV. 1992
- 7 王卫, Leistner L. Traditionelle (下转第 17 页)

鲜香蛋卷：肥肉 150g、瘦肉 350g、鲜姜 10g、香葱 10g、蒜子 15g、肉桂粉 1g、豆蔻粉 1g、胡椒粉 2g、味精 2g、淀粉 50g、糯米粉 25g、食盐 7.5g、酱油 5g、六偏磷酸钠 0.8g、生油 10g、蛋皮数张、碎冰 40g。

2.2.2 加工方法

肉糜腌制至调配同 2.1.2。将调配好的肉糜均匀摊放在铺平的蛋皮上，厚 0.5~1cm，卷制成蛋卷，入锅蒸 25~30min，冷却，整形，装袋真空密封 真空度 $9.6 \times 10^4 \text{Pa}$ ，于 0~4℃贮藏。

2.3 速冻肉糜制品的加工

2.3.1 配方例

速冻五香肉丸：肥肉 150g、瘦肉 350g、鲜姜 10g、葱 10g、蒜子 10g、味精 1g、五香粉 5~8g、碎冰 45g、淀粉 20g、糯米粉 70g、魔芋精粉 2g、食盐 8g、花生酱 10g、芝麻酱 10g、胡椒粉 3g。

速冻鱼香肉糕：肥肉 130g、瘦肉 370g、姜 15g、葱 10g、蒜子 10g、味精 2g、木鱼粉 10g、昆布粉 5g、虾米粉 10g、芥子粉 2g、胡椒粉 2g、食盐 7g、六偏磷酸钠 0.7g、淀粉 20g、糯米粉 50g、

明胶 2g、魔芋精粉 2g。

2.3.2 加工方法

基本同 2.1.2 明胶、魔芋精粉等须加适量水制成胶状液用于配料。蒸熟的肉丸冷却，-28℃以下速冷至肉丸中心温度低于-15℃，无菌装袋，真空密封。蒸熟的肉糕冷却，切割整形 单个重约 25g)，-28℃以下速冻至肉糕中心温度低于-15℃，无菌装袋，真空密封。于-18℃贮藏。

参考资料

- 1 嘉勇. 西式火腿乳化质量控制研究. 食品科技. 1995 (1)
- 2 鲁周民. 美乐肠的研制. 食品工业科技. 1997 4)
- 3 何云章. 肉食加工工艺. 杭州：浙江科学技术出版社. 1998-1 (1)
- 4 金辅建等. 肉制品加工手册. 北京：中国轻工业出版社. 1998-10 (1)
- 5 冯根源. 西式灌肠生产要素. 食品研究与开发. 1990 (1)

Research of the Chinese Style Fresh Meat Paste with Low Temperature Adjustment

Liu Zhongyi

ABSTRACT The processing technology and formula of the Chinese fresh meat paste with low temperature adjustment, such as meatball, meat loaf, are discussed; with low temperature adjustment and raw meat ratio (fat meat: lean meat=2.8:3.7), this Chinese fresh meat paste tastes good, elastic, and nutrient.

KEY WORD adjusted food; meat paste product

止接第 13 页)

Fleischerzeugnisse von China und deren Optimierung durch Hürden -technologie, Fleischwirtschafte, 1994, 74 (11) : 1135~1145

- 8 孔保华. 干制香肠常用的发酵剂. 肉类工业, 1995 (6) : 34~37

- 9 施正军, 王擎. 肉品发酵剂. 食品与发酵工业, 1996, 49 (6) : 50~53
- 10 张勤, 贺稚非. 微生物在发酵肉制品中的应用. 肉类研究. 1999 (1) : 26~28

Processing Technology of Raw Sausage and Characters of Microorganism

Wang Wei

ABSTRACT During the processing of raw sausage, a complicated microbial growth and physical-chemical reaction are also simultaneously processed, especially the growth of some desirable bacteria, such as lactobacillus, which is quite important for the quality and antiseptis. The raw sausage with good quality is mainly due to raw material, temperature, humidity, and suitable ventilation. Both processing technology of raw sausage and characters of microorganism are stated.

KEY WORD raw sausage; processing technology; microorganism; startculture