



发酵香肠的研究进展

Research Advances in the Fermented Sausage Processing

马德功¹ 崔文文² 赵振铃¹

(1 山东轻工业学院 食品与生物工程学院 济南 250353 2 山东福田药业有限公司 禹城 253000)

摘要: 论述了国内外在发酵香肠的生产工艺、发酵剂方面的研究成果,并对我国在改进发酵香肠的发酵剂和加工工艺方面进行了展望。

关键词: 发酵香肠;发酵剂;生产工艺;研究进展

Abstract: This paper reviewed the types of the fermented sausage and the research fruit on processing techniques, starter culture of fermented sausage in home and abroad, some simple predications over the development tendency on starter culture and the fermented sausage processing techniques were also made.

Key words: fermented sausage; starter culture; processing; research advances

中图分类号: TS251.5 文献标识码: A

文章编号: 1001-8123 (2007)11-0003-05

发酵香肠是指将绞碎的肉、动物脂肪、盐、糖、发酵剂和香辛料等混合后灌进肠衣,经过微生物发酵而制成的具有稳定微生物特性和典型发酵香味的发酵肉制品^[1]。发酵香肠的制作起源于地中海地区,是西方国家的一种传统肉制品。根据发酵方式、生产技术和人们对发酵肉制品发酵、生产科学原理的认识,发酵香肠的发展可大致经历两个历史阶段:二十世纪以前,以自然发酵为基础,采用传统发酵工艺生产的阶段和二十世纪前期起在欧美兴起的以人工添加发酵剂即微生物纯培养物为

标志采用现代生物技术手段和现代发酵控制技术进行发酵香肠研制和生产的时期。我国对科技工作者对发酵香肠的研究是近十来年的事。自上世纪九十年代起,随着我国改革开放的深入,经济、科技和肉类工业的发展及人民生活水平的提高和保健意识的增强,发酵香肠产品的研制与开发受到国人的重视。近10年来成为我国肉制品科研的热点。国内关于发酵香肠的研究主要是吸收国外的研究成果和技术,结合中国发酵肉制品传统技术研发适合中国人民口味的中式发酵香肠。

1 国外关于发酵香肠的研究

据考证,早在2000年前罗马人已开始用碎肉加盐、糖和香辛料等制成美味可口的香肠。只是人们对肉类发酵过程中的科学原理进行研究直到二十世纪初才开始。接下来的时间里陆续展开了对发酵香肠各方面(包括原辅料、发酵剂、发酵工艺、产品加工过程中的变化等)的研究。到目前为止,国外关于发酵香肠的研究主要集中在生产工艺和发酵剂两个方面。

1.1 工艺的研究

发酵香肠的生产主要包括配料、发酵和成熟干燥三个阶段。从发酵的温度来划分,可把发酵香肠的生产工艺划分为两大类:一是以欧洲的低温发酵法为代表,发酵温度一般不超过24℃;一是以美国的高温快速发酵法为代表,发酵温度一般都高于24℃,有的甚至采用40℃的高温进行快速发

酵。发酵香肠基本加工工艺:

瘦肉、脂肪→绞碎加原辅料、发酵剂混合→填充→发酵→成熟、干燥→包装→成品

1.1.1 工艺条件的研究

主要是指发酵温度和湿度。发酵温度随产品类型而异。一般来说当需要 pH 值快速下降时温度应稍高,发酵温度每升高 5℃, 酸的形成速率可增加一倍。发酵温度还会影响产酸中乳酸和乙酸的相对数量,一般认为较高温度更有利于乳酸的生成。世界各地加工香肠的条件千差万别,例如,匈牙利生产的萨拉米香肠,发酵温度不到 10℃; 而美国生产的低 pH 半干香肠发酵温度却高达 40℃。发酵过程的相对湿度无论对香肠干燥过程的启动还是对防止产品表面酵母和霉菌的过度生长都非常重要。一般情况下,高温短时发酵时设定空气相对湿度为 98% 左右; 但在较低温度下发酵时,一般原则是发酵间的相对湿度应比香肠内部的平衡水分含量对应的相对湿度低 5%~10%。许多年以前,由于条件限制不能对温湿度进行有效控制,一些国家在生产发酵香肠时采取一些特殊的办法以防止香肠在发酵过程中的变质。如在斯堪的那维亚,一些香肠的发酵和成熟是在腌制液中进行的。在现代化生产中,香肠的发酵在温湿度均受到严格控制的密封间内进行。

1.1.2 改进生产工艺的研究

(1) 加快控制和优化

加工条件的改善是近十余年来发酵香肠加工新进展的一个主要方面。目前在许多国家可控制自动发酵装置已广为采用,更高效而节能的设备也在不断开发之中。例如德国推出的发酵装置,利用新鲜空气的导入以调节湿度,这一技术不仅简化了装置,主要优点是使发酵期能量耗用降低 70%。此类装置仍在进一步改进中。在现代发酵香肠加工中已可根据香肠表面湿度及 a_w 值变化的监测,准确判断发酵状态,并通过微调控制器实现发酵条件的精确自动控制^[2]。

(2) 加速成熟的研究

加速发酵香肠的成熟,缩短生产周期能提高生产厂家的设备利用率和资金周转速度,提高企业的效益和竞争力。对发酵香肠加速成熟的研究起源于上个世纪 90 年代。加速发酵干香肠成熟的措施有提高发酵温度; 采用基因改造的微生物发

酵剂; 以及添加酶制剂等方法。近十余年来国外对加速成熟的研究主要集中在蛋白酶和脂肪酶在发酵干香肠生产中的应用,试图通过外源性蛋白酶和脂肪酶的加入来加速肉馅中蛋白质和脂肪的降解和挥发性风味物质的形成,从而加速发酵香肠的成熟。

(3) 新工艺的研究

Sanz 等^[3]通过研究发现,在干发酵香肠生产过程中,将灌肠后的生肠在 90% 的相对湿度,5℃ 条件下放置 3 天进行预成熟,能增加发酵干香肠中葡萄球菌和微球菌的数量和降低产品中硝酸盐的残留($p<0.05$),因此预熟可用来抵消使用混合发酵剂时乳酸菌早期对葡萄球菌和微球菌的抑制作用,从而达到更大程度的还原肉馅中的硝酸盐。

1.2 香肠发酵剂的研究

国外对发酵剂的研究始于二十世纪初,1940 年美国人 JeMen 和 Psddock 第一次描述了乳酸菌在发酵香肠中的应用,并获得专利。开创了使用纯培养微生物发酵剂生产发酵香肠的先河。此后,研究者逐步确立了可用于香肠发酵的微生物菌种及其所起到的作用,提出了发酵剂微生物的选择标准。随着认识的不断深入,一方面,筛选标准越来越全面,逐步向健康、安全、保健、益生方面发展,另一方面,探索采用分子生物学手段构建具有优良性状的发酵剂菌种。

1.2.1 对用作发酵剂的微生物菌种及作用的研究

在发酵香肠生产中,常用的发酵剂微生物种类有酵母菌、霉菌和细菌。它们在发酵香肠加工中发挥了不同的作用。

酵母适合于干香肠的发酵,它赋予了这类香肠独特的风味。发酵剂中选用的酵母一般是汉逊氏德巴利酵母和法马塔假丝酵母。

霉菌是生产萨拉米类干香肠时常用的一种真菌,它赋予了这类香肠特有的表现特征。在发酵香肠的成熟过程中,霉菌菌丝体在香肠表面形成外衣,能调节水分损失,使产品的干燥均匀。其产生的脂肪酶和蛋白酶有利于形成发酵香肠特有的香气和风味。

细菌主要是乳酸菌和微球菌。乳酸菌是发酵香肠中的优势菌,在发酵香肠的生产中发挥了至关重要的作用。乳酸菌能代谢碳水化合物生成乳酸,降低原料的 pH 值,从而抑制病原微生物的生

长,稳定产品的质量并提高产品的货架期。作为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、干酪乳杆菌、弯曲乳杆菌和清酒乳杆菌等,片球菌属中的戊糖片球菌、乳酸片球菌和啤酒片球菌。微球菌和葡萄球菌同属微球菌科,革兰氏阳性,过氧化氢酶阳性,耐食盐和硝酸盐。在香肠的成熟过程中,它们发挥了重要作用,如颜色的形成,香味的产生,抑制病原菌和腐败菌的生长,具有分解脂肪和蛋白质的能力,由氨基酸合成酯类和其他芳香成分,以进一步改善产品的风味。最近几年使用最广泛的葡萄球菌是肉食葡萄球菌,其次是木糖葡萄球菌。

1.2.2 筛选和构建具有优良性状的微生物菌种

(1) 有利于改善发酵香肠的风味的菌种

近几年有许多关于成香菌的报道,其中主要集中于两种细菌即木糖葡萄球菌和戊糖片球菌。Moller JK, Hinrichsen LL 研究开发的一种商业性发酵剂木糖葡萄球菌 D D 3 4 和一种分离细菌 *Moraxellaphenylpyruvica* 0100,在不同的环境条件下,培养基中加入的氨基酸 L-亮氨酸和 L-苯丙氨酸量最低时,形成特有的挥发性香味化合物的能力。研究结果表明,当培养基中加入 L-亮氨酸时,木糖球菌能够形理想的挥发性物质。但 *Moraxellaphenylpyruvica* 0100 可能是保证熏肉中有更好的香味物质产生的优良发酵剂^[4]。

(2) 产细菌素能力强、增强竞争性的菌种

细菌素是一种小阳离子多肽(30~36个氨基酸残基),等电点高,具有两性性质,能在微摩尔浓度上抑制细菌的生长,使生物体对自然竞争的杂菌有选择性优势^[5]。Graciela M 等(1993)从阿根廷干香肠中分离出一株干酪乳杆菌 CUL705 能产生乳酸和过氧化氢以外的乳酸菌素,此细菌素能抑制植物乳杆菌、李斯特氏菌、金黄色葡萄球菌和广谱的革兰氏阴性菌,并能控制香肠的发酵。另据报道, Schillinger 和 Lticke 从发酵香肠中分离出一种可形成对李斯特菌等病原菌具有极强作用的清酒乳酸杆菌,其抑菌机制是乳酸菌产生的乳杆菌素 Sakacin A^[6]。 *Lactococcus lactis* DPC4268 的转化接合子 *L. lactis* DPC4275,能够产生广谱的两种成分的细菌素 lacticin 3147,这种细菌素对大量有害的革兰氏阳性细菌包括梭菌,杆菌,肠球菌,葡萄球菌和链球菌。A. Cofey, M. Ryan 等用这两

种菌株加工萨拉米肠,发现比用传统发酵剂(清酒乳杆菌和肉食葡萄球菌)发酵的萨拉米肠更耐储藏,卫生质量更好,而且具有良好的感观品质和色泽。

(3) 降低生物胺产生、提高安全性的菌种

目前,发酵香肠中生物胺的危害引起了重视。生物胺在许多食物。例如水果、蔬菜、鱼、巧克力和牛奶中都存在,但微生物在氨基酸脱羧酶的作用下也能产生大量生物胺。过量的生物胺的产生会对人体的神经系统,胃、肠系统和血压造成不同程度的伤害。发酵食品的微生物数量较多,所以不可避免地导致了大量生物胺的积累,特别是酪胺,2-苯乙胺,色胺,尸胺,腐胺和组胺。故筛选降低生物胺产生的发酵剂菌种就显得非常重要。国外有许多这方面的报道。Suzzi G, Gardini F. 对于干发酵香肠中生物胺的存在和影响其积累的重要因素进行了综述,还对具有氨基氧化酶活性的微生物发酵剂在香肠成熟和储藏过程中降低生物胺积累时发挥的作用进行了讨论。Borer-Cid S 等用清酒乳杆菌和葡萄球菌(全为胺缺陷型菌株)作为混合发酵剂接种,极大地降低了酪胺、尸胺和腐胺的积累。其他的芳香胺如组胺、苯乙胺或色胺也不产生^[7]。

(4) 降解肉中胆固醇含量、提高保健性的菌种

随着科技的发展和人们生活水平的提高,全世界都对饮食的健康日益关注,利用微生物方法降低食品胆固醇生产保健型发酵成为研究的又一热点。许多研究表明乳酸菌发酵的食品可以降低人体的血清胆固醇的含量。为了寻求降解胆固醇能力强的菌种,研究者进行了大量的实验研究;如 Somkut 将链霉菌(*Streptomyces* SPP.)的胆固醇氧化酶(ChoA)基因克隆到嗜热链球菌和干酪乳杆菌上^[8]。

(5) 有益生性的功能性发酵菌种

随着人们对食品与健康的关注,乳酸菌能够改善人体肠道微生态的益生性开始受到重视。益生菌最常用于发酵奶制品生产。近年来,在国外很多科研人员提议利用益生型肉品发酵剂生产干发酵香肠^[9],并分析了将益生型发酵剂成功用于干发酵香肠生产的可能性^[10],描述了将其用于发酵香肠生产时的特性。许多研究者进行了益生型乳酸菌的筛选,并把耐酸耐胆汁性作为菌株筛选标准。如 Erkkila S. & Petaja E. 进行了益生型发酵剂的筛选,并介绍了筛选方法及机理^[11]。

(6) 用分子生物学手段构建新菌种

例如,溶葡萄球菌可以产生溶葡萄球菌素,它可以使致病金黄色葡萄球菌不能生长。1989年 Geisen 和 Leistner^[12]将外源基因(溶葡萄球菌的溶葡萄球菌素 Lysostaphin 基因)导入纳地青霉,从而使纳地青霉对金黄色葡萄球菌能起到溶菌作用。Noonpakdee W 等将清酒乳杆菌 SR911 的过氧化氢酶基因 *katA* 进行了克隆,置入大肠杆菌—乳糖球菌表达载体 pL1020 中,并在强的乳糖球菌启动子 P59 的作用下,最后在大肠杆菌 UM2 和植物乳杆菌 TISTR850 中得到了表达。结果表明,重组的植物乳杆菌 TISTR850 能够分解过氧化氢,其过氧化氢酶的活性几乎是原来自然产生过氧化氢酶的清酒乳杆菌 SR911 的 3 倍。

3 国内关于发酵香肠的研究

国内对发酵香肠的研究起步较晚,自上世纪九十年代起,随着我国改革开放的深入,经济、科技和肉类工业的发展及人民生活水平的提高和保健意识的增强,发酵香肠产品的研制与开发成为一个新兴的研究领域,近 10 年来成为我国肉制品科研的热点。我国学者主要是总结发酵剂选育标准,寻求合适的混合发酵,研究发酵香肠成熟过程中的菌相构成、菌相变化、生化变化的规律和风味物质形成机制以及发酵剂和加工工艺对产品营养性、保健性、安全性和色泽、风味的影响。其中具有代表性的有:

马汉军等在总结、吸取西式发酵肉制品的基础上,结合我国传统香肠的加工技术探索制作了中式发酵香肠的菌种和加工工艺技术^[13]。马长伟等主要介绍以干酪乳杆菌和葡萄球菌为发酵剂生产发酵香肠的研究成果^[14]。朱俊晨主要介绍了制作发酵香肠菌种的研究成果^[15]。李凤彩等认为发酵香肠的发酵剂必须达到以下标准:①必须具有安全性,对人体无害;②具有良好的适应性,如耐盐性,耐硝酸钠或亚硝酸钠性以及产酸特性;③具有发酵性,如具有亚硝基和硝基的还原能力,接触酶试验阳性,不产生大量气体及黏液,能产生良好的发酵风味,具有抗冷冻干燥特性等特点^[16]。黄娟等认为发酵剂的筛选、研究和应用考虑的主要因素有:①选择对人体健康具有重要生理促进功能的菌株,使发酵香肠具有更多的功能性。②借助分子生物学

的研究手段,发现和选择其它微生物中的优良性状基因导入目标发酵菌种中,从而培育优良的发酵剂。③筛选具有较强产生乳酸菌素能力的菌株,以延长产品的货架期。④筛选不具有氨基酸脱羧能力的菌株作为发酵剂,减少生物胺的生成量,提高产品的安全性。⑤利用浓缩干燥或冷冻干燥技术制备一次性直投式发酵剂;或利用微胶囊技术将发酵剂微胶囊化,提高发酵剂的抗逆境性,如加热或烟熏等^[17]。王永霞等研究的发酵有制品中乳酸菌的主要发酵特性^[18]。卢士玲等从发酵肉制品中进行了乳酸菌的分离、筛选和鉴定^[19]。目前国内少有从自然发酵香肠中分离优势发酵剂的详细报道。

4 对我国发酵香肠的展望

4.1 关于发酵剂

在国外, RAPD-PCR、PCR-DGGE 等分子生物学技术已逐步用于优良发酵剂的筛选与构建、香肠发酵过程中微生物菌相分析与监控等,使对菌株的鉴定变得快捷、准确。国内还鲜有报道。加快分析技术的进步,已迫在眉睫。随着国民经济的快速发展,功能性发酵剂的筛选与应用成为热点。

4.2 关于工艺

保证发酵香肠优质可贮的栅栏因子,包括 a_w (降低水分活度值)、pH(发酵酸化)、c.f (发酵菌优势竞争)、Eh(降低氧还原值)和 Pres.(添加亚硝酸盐、烟熏)。每一因子均可对有害微生物导致的产品腐败及质量下降起到栅栏式的阻碍作用。栅栏技术与微生物预报技术(Predictive Microbiology)和关键危险点控制技术 HACCP 的结合,已成为食品加工业优质产品加工及新产品开发的必要保证。以发酵香肠栅栏效应机理的揭示为基础。通过配方调整、工艺优化,并借助于现代监测手段和管理技术,提高产品的质量和安全性或推出新型风味产品。在产品开发上,要不断吸收欧式发酵香肠生产技术,结合国民消费习惯,开发中式发酵香肠。

参考文献

- [1] 夏文水.肉制品加工原理和技术[.北京:化学工业出版社,2003.4.
- [2] 王卫.发酵香肠加工的栅栏效应与加工的优化.肉类研究.2003, 2:19~23.

- [3] Sanz, Y, Flores, J, Toldra, F and Fera, A. Effect of pre-ripening on microbial and chemical changes in dry fermented sausages. Food Microbiology. 1997, 14: 575~582.
- [4] Mollier JK, Hinrichsen LL, Andersen HJ. 1998, Formation of amino acid(L-leucine, L-phenylalanine) derived volatile flavour compounds by Moraxella phenylpyruvica and Staphylococcus xylosus in cured meat model systems. Int J Food Microbiol, Jun 30; 42(12): 101~17.
- [5] De Vuyst, L. and E. J. Vandamme. 1994. Antimicrobial potential of lactic acid bacteria, p 91~142. In L. De Vuyst and E. J. Vandamme(ed), Bacteriocins of lactic acid bacteria: microbiology, genetics and applications. Blackie Academic & Professional, London, United Kingdom.
- [6] Schillinger, U., 1991. Behaviour of Listeria monocytogenes in meat and its control by a bacteriocin-producing strain of Lactobacillus sake J. Appl. Bacteriol., 70: 473~478.
- [7] Bover-Cid S, Izquierdo-Pulido M, Vidal-Carou MC. 2000. Mixed starter cultures to control biogenic amine production in dry fermented sausages. J Food Prot. Nov; 63(11): 1556~62.
- [8] Somkuti, Solaiman[J], Current Microbiology, 1997, (3): 180~185.
- [9] Incze, K. (1998). Dry fermented sausages. Meat Science 49(1), S169~S177.
- [10] Erkkila, S., Petaja, E., Eerola, S., Lilleberg, L., Mattila-Sandholm, T., & Suihko, M. (2001a). Flavour profiles of dry sausages fermented by selected novel meat starter cultures. Meat Science, 58, 111~116.
- [11] Erkkila, S., (2000). Screening of commercial meat starter cultures at low pH and in the presence of bile salts for potential probiotic use. Meat Science, 55, 297~300.
- [12] Geisen, R, Glenn, E, Leistner, L, 1989, Production and regeneration of protoplasts from Penicillium nalgiovense. Letters in Applied Microbiology, 8, (3): 99~100.
- [13] 马汉军等. 乳酸发酵中式香肠的菌种及工艺研究 [J] 食品科学, 1997(8): 25~28.
- [14] 马长伟, 王雪青. 发酵香肠与微生物发酵剂[J]. 食品与发酵工业, 1999, 24(5): 77~80.
- [15] 朱俊展. 中式发酵香肠用发酵剂混合菌种的研究 [J]. 食品与发酵工业, 2001, (5): 17~20.
- [16] 李凤彩等. 发酵香肠菌种筛选标准探讨[J], 食品科技, 2002, 23 (6): 78~79.
- [17] 黄娟等. 适合于发酵香肠的发酵剂的研究及展望. 第四届中国肉类科技大会论文集, 2003, (7): 247~253.
- [18] 王永霞, 等. 发酵肉制品中乳酸菌的主要发酵特性[J]. 食品科技, 2005, (12): 31~33.
- [19] 卢士玲等. 发酵肉制品中乳酸菌的分离、筛选和鉴定[J]. 食品与生物技术学报, 2006 (3): 116~121.

(上接第27页)

用。高纤维广味香肠主要营养素含量的具体数据请见表5

表5 高纤维广式香肠营养含量
(以100克成品计)

每 100g 产品	热 量	蛋白质		脂肪	碳水化合物				矿物质			维生素				其他
	Kcal	植物 蛋白	动物 蛋白	动物 脂肪	油脂	糖	膳食纤维		Ca	Fe	Zn	A(ug)	B ₁	B ₂	C	盐
	186.4		17.6	11.8		0.5	9.6	1.10	0.66	1.66			0.28	0.16		1.09

备注：以上营养成分是根据原料配比计算而来，各类营养素的数据来自中国食物成分表2004。考虑蒸煮损失，最终产品的各种营养应为

上述数值 / (1 - 蒸煮损失)。

5 产品的应用前景

随着人们生活水平的提高和生活节奏的加快，

家庭劳动社会化的趋势越来越明显，对于肉类产品的需求也在快速提高，糖尿病患者也是如此。我国糖尿病患者已达4000万，人群数量庞大，他们对肉制品除了色、香、味、型的需求外，还要求产品考虑这类人群的营养需求，严格控制脂肪、淀粉、盐、糖这些会给他们身体带来不利影响原料的添加，同时为了满足他们的健康需求还要添加一些在一般肉制品中很少采用的蔬菜、谷物、膳食纤维等营养元素，以使产品的营养更加均衡、全面。

营养、健康已成为全球关注的焦点，是食品行业追求的最终目标，以营养需求为依据开发、生产出的食品一定具有极强的生命力，会给企业带来稳定的客户，良好的经济效益。人们的健康水平提高，也会产生巨大的社会效益。