

乳酸菌在传统主食馒头中的应用前景

苏东海¹, 胡丽花², 苏东民²

(¹北京电子科技职业学院 生物技术系, 北京 100029; ²河南工业大学粮油食品学院, 郑州 450052)

摘要: 乳酸菌在食品工业的应用具有悠久的历史, 国外近些年开始研究乳酸菌在西方主食面包发酵中的作用, 乳酸菌协同酵母发酵生产面包可产生良好的风味、减少抗营养因子、延长产品保质期。对乳酸菌在酸面包和全谷物及高纤维食品中应用研究包括营养价值、健康价值和抑菌物质等进行了综述。目前国内对传统馒头发酵剂的研究处于起步阶段, 应用乳酸菌和酵母菌混合发酵生产馒头, 改善馒头的风味和质构, 提高营养价值, 开发新产品是今后的研究方向。

关键词: 乳酸菌; 营养价值; 抑菌物质; 全谷物; 馒头

中图分类号: Q93

文献标志码: A

论文编号: 2009-1988

Application Prospect of Lactic Acid Bacteria in Traditional Chinese Mantou

Su Donghai¹, Hu Lihua², Su Dongmin²

(¹Biology Department, Beijing Vocational College of Electronic Science, Beijing 100029;

²Henan University of Technology, Zhengzhou 450052)

Abstract: The application of lactic acid bacteria on food industry has a long history. Those affections on bread fermentation have been developed such as good flavour, reducing antinutritional factors and prolonging guarantee period. It reviews the application on nutritional quality, health value and antibacterial substances of sourdough bread, whole grains and high fiber foods. Currently the research on starter culture of traditional mantou in China is still at the beginning stage. New product development which fermented with lactic acid bacteria and yeast to improve the taste texture and nutritional value will become the new research directions

Key words: lactic acid bacteria; nutritional value; antimicrobial substances; whole grains; Mantou

0 引言

乳酸菌在食品中的应用可以追溯至数千年前, 是人类文明的一个重要组成部分。在酸面团及老酵头或酵子等传统主食发酵剂中, 乳酸菌都起着重要的作用。国外研究发现酸面团发酵改善了面团的特性、面包的质构及风味, 延迟了面包的老化, 防止因真菌和细菌引起的腐败等。所以笔者综述了乳酸菌应用于酸面包、全谷物及高纤维食品的营养价值、健康价值及其抑菌物质的产生等。

1 乳酸菌在食品工业中的应用

乳酸菌是食品工业中应用最广的微生物, 发酵食品分为9类, 每一类发酵食品中都有乳酸发酵食品的

代表, 而其他任何一种微生物的发酵食品都不能与之相比^[1-2]。乳酸菌是一类革兰氏阳性杆菌或球菌、不形成芽孢、不运动、过氧化氢酶阴性、对葡萄糖发酵能产生50%以上乳酸的细菌总称^[3]。

乳酸菌的应用特性: 乳酸菌利用可发酵性糖产生乳酸, 乳酸本身酸味柔和, 不仅常作为食品的酸味剂, 而且还有助消化的作用。除主要产生乳酸外, 还可生成醋酸、丙酸等有机酸, 它们在赋予食品以酸味的同时还可与乳酸发酵中产生的醇、醛、酮等物质相互作用, 形成多种新的呈味物质^[2-4]; 乳酸菌在代谢作用中产生多种氨基酸、维生素和酶, 提高了营养价值^[2-3]; 除乳酸菌代谢的主要产物乳酸外, 乳酸发酵过程中还形成一

希望发表日期: 最好能在11月或12月份发表, 实在不行就1月份, 因为自然科学基金要结题, 多谢

基金项目: 北京市自然科学基金资助项目(5093026), 北京市教委科技计划面上项目(KM200900002003)。

作者简介: 苏东海, 男, 1965年出生, 副教授, 博士, 主要从事生物技术农产品加工中的应用。通信地址: 100029 北京市朝阳区芍药居甲1号北京电子科技职业学院生物技术系, Tel: 010-84647153, E-mail: sdhpost@126.com。

收稿日期: 2009-09-25, 修回日期: 2009-10-22。

些抑菌物质如细菌素和类细菌素,对病原菌和腐败菌有抑制作用,因而提高了产品的保存性,延长了货架期^[2-4];乳酸菌产生的胞外多糖(EPS)具有增稠、稳定、乳化、保湿和胶凝作用,可以改变食品流变特性,还能促进乳酸菌对肠道黏膜的吸附,抗肿瘤,促进免疫作用。EPS可作为食品添加剂,增加食品的质地与流变特性,增加食品的口感和风味^[4]。

2 中国馒头发酵剂

中国传统馒头发酵剂主要有老酵头和酵子,在天然发酵剂菌群中,除主要含有酵母菌外,还含有一定数量和种类的其他微生物群,其共同发酵产生二氧化碳、乙醇、乳酸、醋酸等物质以及少量的风味辅助物质。经加碱中和后,制品产生出特有的口感和风味。其中野生乳酸菌、醋酸菌等微生物群也在面团中发生着乳酸发酵和醋酸发酵等生命代谢过程,由此而产生出乳酸、醋酸等几种有机酸。并且乙醇和有机酸之间又进一步发生酯化反应,生成一定数量的芳香类物质—酯类,还会形成极少量的醛类、酮类等化合物,它们也是重要的风味物质和风味辅助物质^[5-6]。

传统发酵剂发酵的馒头由于特有的口感和风味,很多中国人都喜食这种馒头,但其在馒头生产应用中存在缺陷:菌种质量不稳定,因是自行接种,除含有酵母菌和一些产风味酶的细菌和霉菌外,还含有一些有害的杂菌;制作工艺落后、培养条件不稳定;贮存过程品质变化明显等。由此导致使用时难以控制,难以应用于馒头的工业化生产^[6]。

自从中国1922年引进了酵母的生产,尤其是20世纪80年代中期,即发活性干酵母从国外引入中国市场,人们开始用酵母发酵蒸制馒头,酵母品质稳定,发酵力强,能明显缩短面团发酵时间,适合馒头等的工业化生产,既可提高效率,也可节约成本;不含杂菌,不会有微生物产酸现象,不必加碱中和,就不会造成制品的营养损失;酵母本身具有很高的营养价值,富含蛋白质、维生素和矿物质^[7-8]。纯酵母为馒头制作带来极大的方便性,逐渐取代传统发酵剂。但酵母纯菌酶系单一,发酵产品风味平淡,香味不浓。

随着社会的进步和经济的发展,人们的消费趋势也在改变。当今世界食品发展的潮流是营养保健食品及天然无添加剂食品。菌种混合发酵除对产品风味有显著影响外,对其他方面也具有积极影响,能够满足当今消费需求,所以传统主食发酵剂再度引起人们的关注。

3 乳酸菌在酸面包中的应用研究

随着消费者消费趋势的改变,酸面团变得越来越

重要,已得到国际上的普遍重视。酸面团发酵是一种典型的传统生物技术,在发酵面食中起着重要的作用,改善了面团的特性、面包的质构及风味,延迟了面包的老化,防止因真菌和细菌引起的腐败等,应用于人类饮食的巨大潜能也逐渐突显出来。

3.1 酸面团中的微生物组成

乳酸菌和酵母菌等混合发酵的酸面团为传统的面包发酵剂,用酸面团发酵烘烤的面包为酸面包。酸面团含有20余种酵母菌,其中酿酒酵母最常见,含有50余种乳酸菌,主要有 *Lactobacillus sanfranciscensis*, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus plantarum* 和 *Lactobacillus fermentum*^[9-11]。一般认为,酸面团应含有代谢活性的乳酸菌($10^8\sim 10^9$)cfu/g和酵母菌($10^6\sim 10^7$)cfu/g,即乳酸菌与酵母的比例为100:1时具有较优的活性^[12-14]。

3.2 乳酸菌的作用和特性

3.2.1 乳酸菌对风味形成的影响 酸面团发酵会产生两类风味化合物,非挥发性和挥发性化合物。非挥发性物是同型发酵和异型发酵乳酸菌产生的有机酸。挥发性物是在发酵过程中通过生物和生化反应产生的醇、醛、酮、酯和羰基化合物^[12]。这些风味复合物由乳酸菌和酵母单一或通过相互作用产生^[14-15]。

3.2.2 乳酸菌对面团结构的影响 乳酸菌分泌到外环境的细菌多糖称作胞外多糖,分为同胞外多糖和异胞外多糖两类,同多糖仅有一种单糖组成,以蔗糖为糖基供体通过胞外葡聚糖和果糖基转移酶合成;异多糖由糖核苷前体在胞内合成。目前,异多糖的应用只局限于改善酸乳酪和其他牛奶产品的质构,而同多糖一般用于改善烘烤产品的特性,目前还没发现酸面团乳酸菌产生异多糖^[14]。

3.2.3 乳酸菌改善酸面团的营养价值和健康价值^[14,16-17] 理想的感官特性是食品成功的基础,但消费者对食品的营养价值和健康价值也是特别关注的。

(1)减少抗营养因子 谷物是矿物质如钾、磷、镁或锌的重要来源。但是由于植酸的存在使得矿物质的利用受到限制。小麦和黑麦约含2~58 mg/g植酸,以镁-钾盐的形式存在于颗粒的糊粉层。植酸与6个磷高度结合,再与矿物离子形成不可溶复合物,阻止矿物质的生物利用。植酸还与蛋白质的基本氨基酸形成复合物,降低蛋白质的生物利用。

植酸含量的降低依赖于植酸酶的活性。植酸酶存在于谷物及酸面团酵母菌和乳酸菌中。一般来说,低pH值有利于植酸的降解,酸面团或酸化面团能增加植酸的分解以改善矿物质的生物利用。酸面团的pH值

为4.5时,植酸酶的活性最佳,水解 IP_6 为 IP_3 ,更进一步水解为低分子量的肌醇磷酸酯(IP_4 - IP_1),这些物质较少与矿物质结合或形成较弱的矿物质复合物。还发现低分子量的肌醇磷酸衍生物对预防冠心病、动脉硬化和神经组织疾病有作用。Reale等研究发现与对照面团比较,用混合菌种(*Lb.plantarum*, *Lb.brevis*, *Lactobacillus curvatus*)制作的面团发酵12h后, IP_6 降低了约80%~90%,表明了微生物在改善谷物产品营养价值中的潜力。

(2)转化有毒化合物 酸面包因其自然特性和传统特性而倍受欢迎,然而由于其含有谷蛋白,对脂肪痢(CS)患者来说是有毒的。脂肪痢又称谷蛋白敏感肠病、小肠粘膜自身免疫疾病,即谷蛋白的摄入会引起永久性粘膜红肿,导致吸收绒毛脱落和腺管增生。腔内表面的蛋白分解酶作用于醇溶蛋白,产生富含脯氨酸和甘氨酸的多肽,这些多肽会引起CS。许多蛋白质包括高分子量麦谷蛋白被分解时会释放这类有毒多肽。脯氨酸残基所处的位置,加上量大,使得这些有毒多肽进一步分解比较困难。由于以上原因,CS患者不能食用含谷蛋白的产品如面包或面条。Dicagno等阐明:一些乳酸菌对各种富含脯氨酸肽包括33-色氨酸肽具有水解活性。然而,酸面团生产非谷蛋白产品的完全适用性仍处于研究阶段。

3.2.4 酸面团乳酸菌产生的抑菌物质^[14,16] 酸面团的抑菌活性不仅仅是由于酸的存在,酸含量是乳酸菌抑菌活性的决定因素,其他因素可能对其抑微生物活性也有显著作用。乳酸菌在发酵食品的防腐和微生物安全方面起着非常重要的作用,提高了发酵产品的微生物稳定性。传统上乳酸菌被用作自然的食品生物防腐剂;对食品的保护是由于产生了乳酸、醋酸、 CO_2 、乙醇、双乙酰、氢过氧化物、己酸、3-羟基脂肪酸、苯乳酸、缩二氨酸、路氏细胞周期蛋白和杀菌剂。抑菌物质的基本特征是食品条件下具有活性即产生量在活性浓度范围内及其影响作用不被食品成分所掩盖。

(1)细菌素 细菌素是抗微生物肽或小的蛋白质,通过一种杀菌或抑菌模式抑制与产生菌相近微生物菌的生长。细菌素攻击细胞外壳,降解胞壁质层(如细胞溶解酵素和胞壁酸酶),利用非酶机制破坏目标细胞膜的完整性或抑制细胞壁的合成。

微生物生长的抑制有以下现象:首先是横跨膜电子势能 $\Delta\psi$ 的损耗。强细胞毒素的影响大概是由于质子涌进导致胞内pH值下降从而抑制许多酶的性能,还有钠离子的涌入具有细胞毒剂影响,还有一些细菌素会引起ATP流失。细菌素产生菌通过自身免疫保护

系统避免被自身细菌素作用,每种细菌素都有它自身专用的免疫蛋白,与细菌素一起表达。

尽管Rosenquist and Hansen(1998)报道说:多种乳酸菌细菌素不能有效控制面包中芽孢杆菌的生长,但某些酸面团乳酸菌细菌素能够抑制食品源致病菌和食品腐败菌包括李氏杆菌、枯草芽孢杆菌和葡萄球菌的生长,所以应用细菌素作为食品添加剂或应用细菌素产生菌株作为发酵菌或保护菌,能够生产更安全的产品。此外,细菌素可能会降低食品工业化学防腐剂的应用。

(2)抑霉菌化合物 抑微生物物质对加工条件有抵抗力,在加工后仍有活性,能够抑制腐败菌的生长。引起产品腐败最常见的代表菌真菌有:曲霉属、芽枝霉属、内孢霉属、镰刀霉、念珠菌属、毛霉属、青霉属和根霉属。食品防腐有物理和化学等多种方法,而添加酸面团是防止腐败的最佳措施,因为符合消费者对天然、无添加剂食品的需求。由于乳酸菌的作用,酸面包既延长了货架期又提高了微生物的安全性。抑真菌效应主要是醋酸而不是乳酸的产生,由此,异型发酵乳酸菌起主要抑真菌作用,其中*Lb.sanfranciscensis* CB1表现出最广范围的抑真菌活性,因为其产生醋酸、己酸、丙酸、酪酸和n-萘草酸这些混合产物,其中己酸是具有最高抗霉菌活性的有机酸。Lavermicocca等(2000)纯化并描述了*Lb.plantarum* ITM 21B产生的2种抗真菌化合物,确定为苯乳酸和4-羟基-苯乳酸,焙烤后仍具有抗真菌活性。乳酸菌能产生以上2种化合物,其中苯乳酸抗菌性最强,试验表明其能延迟黑曲霉和青霉菌的生长达7天之久,显著延长了面包的货架期。除苯乳酸外,从厌氧条件下储藏的植物原料分离的*Lactobacillus coryniformis* subsp.coryniformis Si3 and *Lb.plantarum* MiLAB 14被发现产生一种光谱3kDa蛋白,还有循环双肽(L-Phe-L-Pro)和三肽(L-Phe-trans-4-OH-L-Pro),在mg/mL浓度下都具有抗真菌活性。还发现*Lb.plantarum*产生抗真菌羟基脂肪酸,浓度为10 $\mu\text{g/mL}$ 时已有活性。

(3)其他抑菌物质 生产商品焙烤产品的黑麦酸面团,其天然微生物群被研究了10年之久。发现微生物组成有很大的不同,1988年首次分离出*Lb.reuteri* LTH2584,一株reutericyclin产生菌。reutericyclin是一种四聚体的酸类衍生物,分子量为349Da,对广谱革兰氏阳性菌包括腐败菌和致病菌如*St.aureus*, *Enterococcus faecalis*, *L.monocytogenes* and *Bacillus cereus*及杆菌的营养细胞和孢子有抗性。还发现某些*Lb.reuteri*产生reuterin,是甘油代谢的主要产物,如

reutericyclin一样,不属于细菌素,发现 reuterin 对广范围的革兰氏阳性、革兰氏阴性、酵母菌、真菌如曲霉属和镰刀霉有抗性。

4 酸面团在全谷物和高纤维食品中的应用^[17]

人类的消费逐渐关注于食品的健康因素,包括具有特定理化功能及有助于健康的功能性食品。而好的感官特性仍旧是任何成功食品的首要条件,不仅如此,消费者还期望食品满足其他标准如安全性和方便性。

4.1 酸面团在全谷物食品生产中的应用

全谷物除了富含膳食纤维、矿物质,还含有广泛的营养因子和生物活性物质即植物素如酚素、苯酸、植醇、生育酚、三烯甘油酯和其他维生素存在于颗粒的胚芽和外壳。然而,由于缺乏诱人的风味和好的口感,市场上全谷物食品非常少。

与食品相关的疾病如肥胖和Ⅱ型糖尿病逐渐成为人类健康的极大威胁,并且正发生在西方世界、中国及印度,全谷物食品对这些疾病具有预防作用。食用全谷物食品可以改善血液葡萄糖水平调控和降低糖尿病、心瓣炎和某些癌症的患病率。因为完整的植物学结构使得麦粒中包裹的淀粉不能被胃肠内淀粉酶快速消化。

有试验证明有机酸对餐后血糖起作用。当某些酸如乙酸、丙酸和乳酸存在面包食品中时,能够降低餐后血液葡萄糖和胰岛素水平。据报道面包中添加或酸面团发酵形成的乳酸,降低了灵敏的血糖和胰岛素反应。进一步的研究发现表明:在热处理过程中,乳酸的存在促进了淀粉和面筋蛋白之间的相互作用,降低了淀粉的生物利用,即酸面团发酵产生有机酸能降低淀粉消化能力。

生产诱人的全谷物产品及增加全谷物的消费,加工是首要条件。加工必须首先给食品一种合适的形式和好的味道。加工可能降低或增加胚芽中生物活性物质的水平,并改变这些物质的生物利用性。研究发现利用酸面团工艺不仅能改善全谷物面包的口感和风味,还能增加产品的营养价值和健康价值。

4.2 酸面团应用于高纤维产品的潜力

膳食纤维的重要性已被许多研究所证明。典型西方膳食中膳食纤维的含量低于20 g/天,而推荐量为25~30 g/天,由于摄入的纤维太少,导致了一系列疾病的发生。

焙烤工业中膳食纤维最普遍的来源是谷物麸皮,尤其是小麦麸皮。对大麦麸皮和燕麦麸皮的利用也逐渐普遍起来,因为它们的可溶性膳食纤维含量高,特别是含有混合相连的 β -葡聚糖。然而,添加谷物麸皮,尤

其是使其添加量达到有益于健康的程度,会引起面包质量方面的严重问题。

改善高纤维小麦面包的方法是:麸皮在添加到面团以前,浸泡或发酵。浸泡虽能提高高纤维产品的质量,但谷物麸皮层总含有多种微生物,如枯草芽孢杆菌。麸皮浸泡环境恰恰适合微生物的生长,所以必须小心处理以避免微生物的危害。还有谷物全粉或纤维产品的其他安全问题应当始终关注:如存在的生物素或异种生物素底物等。

酸面团能改善谷物麸皮,能够使更多麸皮用于面包制作。试验发现用酵母,尤其是酵母和乳酸菌事先发酵麸皮,由于面粉内源酶尤其是淀粉酶和蛋白酶的活性能够改善面包的体积及储藏过程中瓢的软度。发酵产生的酸降低了面团pH值,从而影响到酶的活性和面筋特性。依赖于小麦类型和胚的位置,碳水化合物降解酶如淀粉酶、戊聚糖酶或 β -葡聚糖酶的适合pH值范围较广(pH 3.6~5.6)。面粉中与面筋蛋白相关的蛋白酶通常在pH<4时有活性。酸面团中pH值的快速下降可能降低淀粉酶活性,从而影响产品质量。

5 乳酸菌应用于馒头生产的前景展望

酸面团对于改善产品的质构和风味是有用的,它还可能稳定或增加生物活性物质的水平。在中国用传统发酵剂发酵(混合菌种发酵)馒头,具有悠久的历史,但从目前看,要使其迅速而稳定地发展,还有许多需要解决的问题如质量标准,食品功能评价,新产品的开发等。

运用现代微生物技术纯菌接种,进行多菌种混合发酵生产馒头,即能解决传统主食发酵剂蒸制馒头存在的缺陷,又充分利用了乳酸菌的有用特性,同时还保留了面包酵母的优势。而乳酸菌在馒头面团中的代谢包括碳水化合物及蛋白质等的代谢作用有待进一步研究。酸面团的许多应用有待去开发,如应用自然发酵菌种或生产新型生物活性物质。期待充分发挥菌种混合发酵尤其是乳酸菌在中国传统主食馒头中的应用潜能,满足消费者的需求,满足时代的要求。

参考文献

- [1] 黄勇,张德纯,马展,等.双歧酸奶定量干燥菌种的实验室研究[J].中国微生态学杂志,2004,16(2):67-68.
- [2] 杨洁彬.乳酸菌:生物学基础及应用[M].北京:中国轻工业出版社,1999,139-140.
- [3] 杜磊,乔发东,杜杨.乳酸菌浓缩发酵剂的研究意义[J].河南畜牧兽医综合版2007,28(2):13.
- [4] 郭兴华.益生乳酸菌:分子生物学及生物技术[M].北京:科学出版社,2008:71,160-162,214.

- [5] 丁长河,戚光册,侯丽芬,等.传统老酵头馒头的品质特性[J].中国粮油学报,2007,22(3):17-20.
- [6] 杨敬雨,刘长虹.中国传统酵子的工业化[J].食品研究与开发,2007,128(2):164-166.
- [7] 马涛.焙烤食品工艺.北京:化学工业出版社,2006,10:22-25.
- [8] 孙美琴.老面馒头与发酵馒头大比拼[J].中国食品,2007,19:18-19.
- [9] Hulya Gul, Sami Qzcelik, Osman Saodic et al. Sourdough bread production with lactobacilli and *S.cerevisiae* isolated from sourdoughs[J]. *ProcessBiochemistry*, 2005, (40):691-697.
- [10] Teresa Zotta, Paolo Piraino, Eugenio Parente et al. Characterization of lactic acid bacteria isolated from sourdoughs for Cornetto, a traditional bread produced in Basilicata (Southern Italy) [J]. *World J Microbiol Biotechnol*, 2008-9671-0.
- [11] Spiros Paramithiotis ,Spiros Gioulatos, Effie Tsakalidou et al. Interactions between *Saccharomyces cerevisiae* and lactic acid bacteria in sourdough[J]. *Process Biochemistry*, 2006 (41): 2429-2433.
- [12] Salim-ur-Rehman, Alistair Paterson et al. Flavour in sourdough breads: a review[J].*Trends in Food Science & Technology* , 2006 (17): 557-566.
- [13] Duygu Gocmen, Ozan Gurbuz, Aysegul Yildirim Kumral et al. The effects of wheat sourdough on glutenin patterns,dough rheology and bread properties[J].*Eur Food Res Technol*, 2007 (225) :821 - 830.
- [14] Aldo Corsetti , Luca Settanni. Lactobacilli in sourdough fermentation[J]. *Food Research International* , 2007 (40):539-558.
- [15] Salim-ur-Rehman, Alistair Paterson,John R.Piggott. Flavour in sourdough breads: a review[J].*Trends in Food Science & Technology*, 2006 (17): 557-566.
- [16] M.Gobbetti , M.DeAngelis,A.Corsetti et al. Biochemistry and physiology of sourdough lactic acid bacteria[J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2005 (16):57-69.
- [17] K. Katina, E. Arendt,K.-H. Liukkonen et al. Potential of sourdough for healthier cereal products[J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2005 (16): 104-112.