



从专利和文献角度分析酸豆乳研究进展

王 尚, 胡 洋, 王 婧, 王玉华, 朴春红

(吉林农业大学 食品科学与工程学院, 吉林 长春 130118)

摘 要:《国民营养计划(2017-2030年)》提到重点推广双蛋白工程,体现国家对豆类蛋白的重视。以豆乳为主要原料经乳酸菌发酵的植物性蛋白发酵食品—酸豆乳,因其全价营养、多重保健功能等而得到越来越多的关注。本文整理了2010-2017年国内外有关酸豆乳的发明专利和文献(期刊和学位论文),分析了目前酸豆乳的主要研究方向和研究内容,进一步对酸豆乳的加工工艺、发酵菌种和保健功能等研究进展进行了综述,以期对酸豆乳产品升级和开发提供科学依据,促进酸豆乳产业的快速发展。

关键词:酸豆乳;专利;文献;研究进展

Analysis on Progress of Fermented Soymilk Based on Patent and Reference

WANG Shang, HU Yang, WANG Jing, WANG Yu-hua, PIAO Chun-hong

(Institute of Food Science and Engineering, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China)

Abstract: The National Nutrition Program (2017-2030) mentions to promote the double protein engineer that reflects great emphasis on legume proteins. Fermented soybean milk is one of the vegetable protein food that made by lactic acid bacteria fermentation, and it draws more and more attention due to its rich nutritive value and health function. In this paper, the invention patents and reference (periodicals and dissertations) on fermented soymilk from 2010 to 2017 were summarized. This paper also analyzed the major research directions and contents of fermented soymilk according to the keywords of processing technology, fermented culture and health function. In general, scientific basis was provided for the upgrading and development of fermented soymilk products, and promoting the rapidly development of fermented soymilk industries.

Keywords: Fermented soymilk; Patent; Reference; Research progress

大豆,在豆类中的营养价值居于首位,是饮食中重要的蛋白质来源之一,《中国居民膳食指南(2016)》^[1]核心推荐中也提出了多吃蔬菜、奶类、大豆的建议。随着发酵食品在人们生活中逐渐被认可,以大豆为主要原料的发酵豆制品逐渐得到人们的重视,其中酸豆乳的潜在开发前景不容小觑。国务院印发的《国民营养计划(2017-2030年)》^[2]通知关于“发展食物营养健康产业”中明确指出以植物蛋白为主要营养基料,加大力度开展双蛋白工程重点产品的转化推广,而在北京召开的“首届益生菌酸豆奶技术发展与应用创新高层研讨会”中也指出了酸豆乳产业融入国民营养计划的可能性^[3]。

酸豆乳是通过在豆乳中添加营养物质如乳糖、蔗糖等供乳酸菌生长需要^[4],经杀菌、发酵得到的豆乳食品。经乳酸菌发酵后的豆乳不但增加了营

养物质的含量,且比未发酵豆乳更易于人体消化吸收,又含有对人体有利的微生物及其代谢产物,如芳香物质、有机酸、胞外多糖和乳酸菌素等生物活性物质^[5],具有调节机体功能、预防疾病的重要作用,引领了国民营养新理念^[3],成为了近年来推动大豆产业发展和食品领域基础应用研究的热点。

本文从整理的2010-2017年国内外有关酸豆乳的发明专利和文献(包括期刊、学位论文)入手,分析近年酸豆乳研究的方向与内容,对酸豆乳的加工工艺、发酵菌种和保健功能进行综述,以期对酸豆乳的产品升级及工业化生产提供科学依据。

1 酸豆乳专利及文献分析

在科学研究中,专利和文献具有重要的地位和作用。科研人员或企业通过专利和文献了解到该

收稿日期:2018-03-06

基金项目:吉林省科技厅专利转化与推进项目(20170312022ZX);吉林省科技厅中青年科技创新人才及团队项目(20160519013JH);国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-04);吉林省教育厅(JJKH20170302KJ)。

第一作者简介:王尚(1995-),女,硕士,主要从事食品生物化学工程与功能性食品研究。E-mail:15048613563@163.com。

通讯作者:朴春红(1972-),女,博士,教授,主要从事生物反应器与功能性食品研究。E-mail:piaochunhong9111@163.com。

领域研究已经取得的工作成果和今后的发展趋势,可以避免盲目和重复研究造成的人力、物力和财力的巨大浪费^[6]。

对 2010 年前酸豆乳相关的专利分析表明,最初关于酸豆乳的专利申请在 1934 年^[7],之后陆续出现不同乳酸菌制备酸豆乳的专利申请^[8-9]以及以酸豆乳为基质的化妆品的专利^[10]。文献方面,2010 年前的国内外有关于酸豆乳的文献,基本集中在乳酸菌在豆乳与牛乳的生长特性比较、加工工艺优化及挖掘酸豆乳的保健功能方面^[11],同时也出现了不同微生物对酸豆乳发酵特性的影响及作用研究。2010 年后的国内外关于酸豆乳的专利和文献仍然围绕前期研究重点,即改善和丰富酸豆乳风味及保健功能方面,并取得了重大的成果。

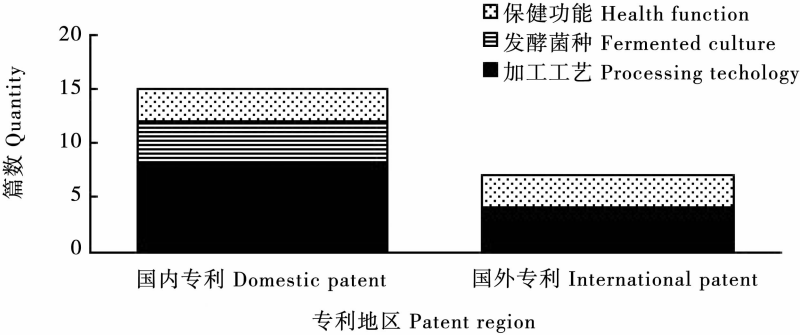


图 1 国内外酸豆乳专利的统计

Fig. 1 Statistics of fermented soymilk patents in domestic and international

1.2 酸豆乳文献的分析

通过中国知网、PubMed 文献搜索引擎,分别以酸豆乳、酸豆奶、发酵豆乳和 fermented soymilk 为主题词,检索国内外有关酸豆乳的文献,根据内容从加工工艺、发酵菌种、保健功能及副产物 4 个方面进行归纳整理。

国内外关于酸豆乳的期刊文献共检测出 94 篇,其中国内 64 篇,国外 30 篇(图 2)。国内期刊文献中最多的是加工工艺方面(43 篇),其次是发酵菌种(17 篇),保健功能和副产物方面研究最少(共 4

1.1 酸豆乳专利分析

通过 Soopat 专利数据搜索引擎,分别以“酸豆乳”、“酸豆奶”、“fermented soymilk”为主题词,搜索国内外有关酸豆乳的发明专利,并根据内容分为加工工艺、发酵菌种、保健功能进行归纳整理。

图 1 是国内外酸豆乳专利的统计情况,共检索出 22 件国内外关于酸豆乳的专利(包括在审与授权),其中国内 15 件,国外 7 件。国内的专利中加工工艺、发酵菌种和保健功能分别为 8 件、4 件和 3 件。与此相比较,国外无与发酵菌种相关的专利,加工工艺和保健功能分别为 4 件和 3 件。从专利统计分析结果看,国内酸豆乳的研究更侧重于加工工艺和发酵菌种方面。

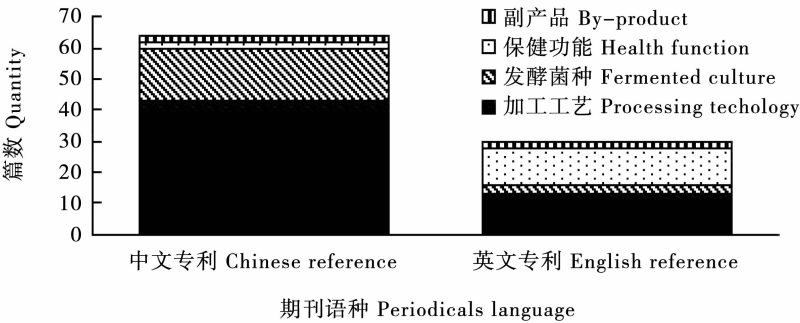


图 2 国内外酸豆乳文献的统计

Fig. 2 Statistics of fermented soymilk references on domestic and international

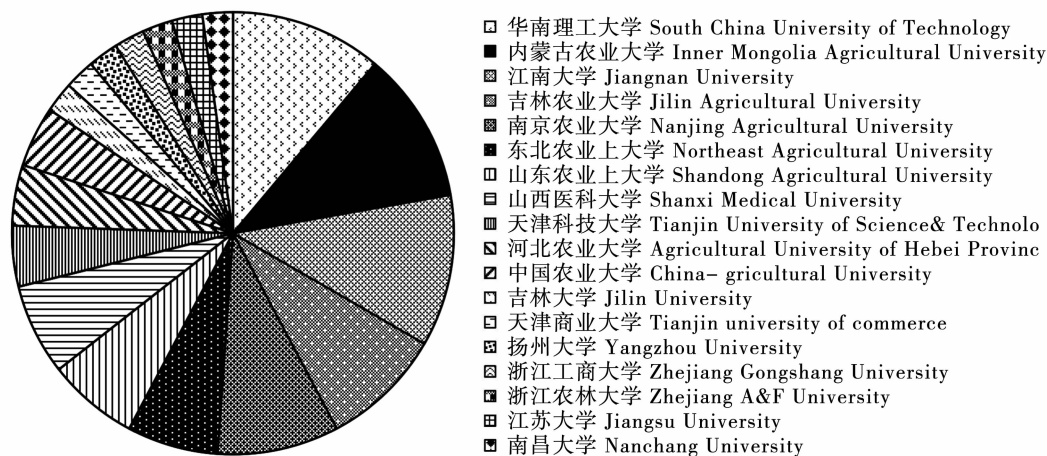


图 3 酸豆乳学位论文单位分布情况

Fig. 3 University distribution of fermented soymilk dissertations

2 酸豆乳国内外研究进展

2.1 加工工艺研究进展

酸豆乳制作过程中的原料选择与处理和添加剂等对产品的感官、质地起重要的作用,在一定程度上可改善酸豆乳产品风味的不足。

2.1.1 原料的选择 酸豆乳是大豆浸泡磨浆后经乳酸菌发酵制成,常与牛奶或牛乳^[12]混合作为主要原料。添加复合果汁等制备的酸豆乳风味良好,更容易被消费者接受^[13]。近年随着国内关于酸豆乳研究的不断深入,其原料选择更为丰富,并且选择不同的原料对酸豆乳产品的风味、质构及感官有不同的影响。大豆浸泡发芽后用于发酵酸豆乳,可以提高产品评价。杨媚等^[14]通过将大豆在 30℃ 浸泡 12 h,并用双层纱布覆盖使其发芽至 2~3 cm 后用于发酵酸豆乳,结果表明所制得的酸豆乳拥有细滑的口感,没有明显的豆腥味,这是因为大豆蛋白被豆芽中的内源蛋白酶水解,改善了酸豆乳的三维结构;经质构分析发现硬度和脆度均比未发芽大豆酸豆乳有所下降,粘度增加了 39.88%。刘俊梅^[15]还发现发芽大豆发酵的酸豆乳,植酸含量大幅降低,胀气因子被完全去除,维生素含量明显增加。

除大豆外,谷物、水果与蔬菜等也在酸豆乳中体现了不同的增益效果。杨红霞等^[16]首次选用大米与大豆混合发酵酸豆乳,当配比为 1:3 时产品兼备豆香与米香且口感细腻爽滑。贾建会等^[17]将大豆与核桃按 2:1 比例混合,接菌发酵 4.5 h 后的酸豆乳同时具有豆香与核桃香。王彩华等^[18]在豆乳中添加 5%~10% 的蔬菜液,发酵的酸豆乳产品无豆腥味,口感细滑;黑木耳在 70℃ 浸提 1 h 后与 40 倍体积水磨浆,与豆乳按 1:4 比例混合发酵的酸豆

乳无豆腥味,在均质与稳定剂作用下组织状态稳定,口感细滑^[19]。豆乳中添加 0.4% 的山楂粉发酵的酸豆乳,与普通酸豆乳相比,硬度和粘度分别提高了 23.28% 和 18.35%,明显改善了酸豆乳的质地及持水性,乳清析出率下降了 13%,稳定性有所提高^[20]。紫背天葵具有很高的药用价值,蔡金星等^[21]首次将紫背天葵汁与豆乳混合发酵成酸豆乳,制得的产品不但融合了营养与保健功能,且具有较高的持水性与黏稠性,可以代替稳定剂的作用。其它还有添加黄浆水与椰蓉等,制备出营养丰富、品相诱人的发酵豆乳^[22];添加菊苣根粉的酸豆乳较酸奶相比,营养成分更全面,且不影响产品的感官特性^[23]。

2.1.2 酸豆乳中添加剂的应用 豆乳中因缺少乳酸菌生长所需的营养物,因此在发酵酸豆乳时常添加蔗糖、乳糖等营养物为乳酸菌生长利用。此外,为提高酸豆乳的品质、储藏稳定性等,还会适当地选择加入添加剂,如增稠剂:明胶、果胶等^[24],稳定剂:卡拉胶、羧甲基纤维素钠(carboxymethyl,CMC)等^[25]。不同的添加物在酸豆乳中有不同的作用效果,使产品的各项指标趋于完善。此外,燕麦β-葡聚糖作为一种活性多糖,同时也是增稠剂、稳定剂,何秋实^[26]通过单因素试验发现其可以减少酸豆乳乳清析出,结合响应面试验确定当添加 1.22% 的燕麦β-葡聚糖发酵酸豆乳时,产品的组织状态良好,口感爽滑。乳酸菌胞外多糖(exopolysaccharides, EPS)也是一种具有多种生理活性的食品添加剂,将 EPS 添加到酸豆乳中,酸豆乳粘度可达 4 285 MPa·s,且拥有稳定的持水力,与未添加 EPS 组对比,黏性和稠度显著增加,提高了酸豆乳的品质与贮藏稳定性^[27]。

2.2 发酵菌种研究进展

常用发酵酸豆乳的菌种为乳酸菌,如:嗜热链球菌、保加利亚乳杆菌、植物乳杆菌等,近年来酵母菌、芽孢杆菌、真菌等也应用于发酵酸豆乳中,丰富了微生物多样性的同时提高了酸豆乳的功能特性。

2.2.1 乳酸菌在酸豆乳中的应用 乳酸菌是利用碳水化合物产酸的一类细菌的统称,其中被用于食品加工的益生菌主要有:乳杆菌属、乳球菌属、链球菌属等,常用于发酵酸豆乳的乳酸菌有:植物乳杆菌、保加利亚乳杆菌、嗜热链球菌、双歧杆菌等^[28],作为单一或混合发酵剂添加到豆乳中发酵。

(1) 单一菌种发酵

单菌种发酵容易控制接菌量且可以避免其它微生物干扰造成的产品变质,工艺简便且成本低,便于生产加工。常用于单菌发酵酸豆乳的有:植物乳杆菌、双歧杆菌等。

植物乳杆菌 CCFM8661 嗜温,可在 10~42℃ 温度下生长,在 0~7% 的 NaCl 溶液中生长良好,具有良好的耐盐性^[28]。张京等^[29]从酸菜汁中分离出植物乳杆菌,用于发酵酸豆乳,发现其在后熟 20 d 内酸度浮动仅为 4°T,具有较弱的后酸化能力,在低 pH 条件下长时间处理存活率可达 90% 以上,因此具有较强的耐胃酸能力。动物双歧杆菌被证明具有在豆乳中生长的能力,Havas 等^[30]从人类粪便中分离出双歧杆菌 B3.2 和双歧杆菌 B7.1,在不添加任何营养补充剂的情况下发酵酸豆乳,结果证明两种双歧杆菌能产生大量乳酸,与市售乳酸杆菌产酸水平接近,且发酵 12 h 时乙酸含量低,保证了酸豆乳无异味产生。干酪乳杆菌 CCFM0412 在人工肠胃模拟环境中体现了良好的耐受性,且用于发酵的酸豆乳具有良好的发酵特性和较高的感官评分^[31]。嗜酸乳杆菌发酵的酸豆乳不但抑制了不良风味^[32],且在货架期内也展现了良好的耐酸、耐胆盐能力,且活菌数远大于 1×10^6 cfu·mL⁻¹^[5]。刘丽莎等^[33]利用豆乳链球菌发酵酸豆乳,产品无豆腥味,质地细腻,且感官评价高。

(2) 混合菌种发酵

近年来,多菌种混合发酵酸豆乳的研究日益增多,常见的有保加利亚乳杆菌、嗜热链球菌、双歧杆菌等。多菌种混合发酵可以相互促进,弥补自身的不足,大大提高了酸豆乳产品的品质特性。

郭晓等^[34]用保加利亚乳杆菌与嗜热链球菌按 1:1 比例,4% 接种量发酵的酸豆乳风味浓郁,将两种菌在豆乳与牛奶混合物中驯化后再用于酸豆乳

发酵,酸度由 48.6°T 增加到 58.9°T^[35]。吕慧超等^[36]综合比较了保加利亚乳杆菌、嗜热链球菌与嗜酸乳杆菌对酸豆乳后熟时的影响,发现保加利亚乳杆菌与嗜酸乳杆菌在豆乳发酵过程中起主要作用,随后通过感官特征比较得出 3 种菌混合发酵的酸豆乳质量优于单一菌种发酵。王松松^[37]以保加利亚乳杆菌、嗜热链球菌和瑞氏乳杆菌(菌种比例为 1:1:1)为发酵菌种制备的酸豆乳感官评分最高,且活菌数水平也很高。Hati 等^[38]利用鼠李糖乳杆菌和干酪乳杆菌在 37℃ 条件下发酵豆乳 12 h,此时 β -葡萄糖苷酶活性和异黄酮生物转化最高,改善了酸豆乳的功能。

2.2.2 其它菌种在酸豆乳中的应用 开菲尔是一种传统的酒精发酵乳饮料,其发酵剂开菲尔粒由乳酸菌与酵母菌共生组成的,随着人们对植物性豆乳饮料的重视,开菲尔粒在酸豆乳中的应用也随之增多。Meg 等^[39]通过测定开菲尔粒发酵得酸豆乳中异黄酮和总酚含量,发现开菲尔粒发酵促进了微生物、异黄酮和总酚含量的增长,贮藏期间对异黄酮和总酚含量不但没有影响,在经过体外消化系统模拟后含量反而显著增加。Baú 等^[40]使用开菲尔粒在 25℃ 发酵酸豆乳,发酵 24 h 后酸豆乳 pH 为 4.9,乳酸菌数可达 $1 \times 10^{9.1}$ cfu·mL⁻¹。有研究发现除开菲尔粒外,还有一些酵母菌可以和乳酸菌维持共生关系,适合在豆乳中生长。李理^[41]使用阿米塞毕赤氏酵母菌和乳酸菌共同发酵酸豆乳,不但去除了豆腥味,还使乙酸乙酯等香气成分增加。Rekha 等^[42]利用布拉迪酵母菌和乳酸菌混合发酵后的产品没有酒精产生,且提高了酸豆乳的生物活性。

某些食用和药用的微生物也逐渐被应用到酸豆乳发酵中。钱和等^[43]用日本传统发酵食物纳豆中的纳豆芽孢杆菌与乳酸菌混合发酵的酸豆乳,保证产品风味可接受度的同时还赋予了纳豆激酶更高的活性,丰富酸豆乳的生物活性;阮子琦等^[44]应用纳豆芽孢杆菌和干酪乳杆菌共同发酵,可以得到同时含有纳豆激酶和吡咯喹啉醌的酸豆乳。灰树花的菌丝体具有很高的药用价值,用其发酵的酸豆乳中水苏糖、棉子糖的含量明显减少,且发酵后维生素 B1 和烟酸分别由发酵前的 3.27 和 3.84 mg·L⁻¹ 增长到 10.82 和 8.74 mg·L⁻¹^[45]。

2.3 保健功能研究进展

除大豆本身含有的营养物质,经益生菌发酵后可赋予酸豆乳更多的功能特性,除抗氧化、降血压、血脂、抗癌等常见的保健功能外,近年来酸豆乳具

有改善肠道菌群等新的功能特性也被证明。

2.3.1 抗氧化功能 国内外大量的研究报道已经证实了大豆的抗氧化功能,大豆中含有的生育酚、维生素 C、异黄酮类和酚类化合物都具有抗氧化活性。在对酸豆乳的抗氧化能力分析的研究中发现,酸豆乳具有体内外抗氧化能力。

Yamasaki 等^[46]从发酵豆乳提取得物质中发现其具有抗氧化活性,Geng 等^[47]通过优化乳酸菌组合的发酵条件,可使酸豆乳的自由基清除率达 84.3%;徐寅等^[48]通过体外试验证明了发酵酸豆乳比发酵前的 DPPH 清除率、Fe²⁺ 螯合能力显著增加,分别为 32.76% 和 31.89%;随后分析了酸豆乳对急性酒精肝损伤模型小鼠的抗氧化能力,体内试验中喂食酸豆乳小鼠组的谷丙转氨酶(alanine transaminase,ALT)、天门冬氨酸氨基转换酶(aspartate aminotransferase,AST)和谷胱甘肽过氧化物酶(glutathioneperoxidase,GSH-Px)、超氧化物歧化酶(superoxide dismutase,SOD)活性显著升高,丙二醛(malonaldehyde,MDA)含量显著降低,证明了酸豆乳在体内也具有抗氧化能力。

2.3.2 降血糖、血脂功能 现代社会工作压力大、饮食不健康等造成越来越多的人处于亚健康状态,其中患有高血压高血脂等疾病的人群只增不减,除了药物治疗外,日常生活的健康饮食也可以缓解“三高”症状,达到辅助治疗的效果。近年研究表明酸豆乳也具有降血糖、降血脂作用。

通过对高脂膳食大鼠进行体内试验发现了发酵酸豆乳还降低了甘油三酯(triglyceride,TG)、低密度脂蛋白(low density lipoprotein,LDL)的含量^[49]。Kobayashi^[50]通过研究发酵酸豆乳对高胆固醇饮食大鼠作用发现其体内胆固醇合成相关基因表达降低,胆固醇分解代谢相关基因表达显著增加,证明了酸豆乳的降胆固醇作用。

2.3.3 抗癌作用 癌症在发达国家中已成为主要死亡原因之一,目前的常以手术、化疗的方式进行治疗,而近年有研究发现,酸豆乳中含有抗肿瘤成分,从而达到抗癌作用。

Lai 等^[51]发现乳酸菌发酵酸豆乳提高了其对 HT-29 和 Caco-2 细胞中的总酚含量以及抗肿瘤细胞的增殖作用,发酵期间形成的原始抗肿瘤细胞成分、抗肿瘤细胞生物活性,都可能有助于提高发酵豆乳的抗肿瘤活性。Ke 等^[52]通过接种乳酸菌和酵母菌共培养体系发酵酸豆乳,会导致其中的拉曲霉素 A 以及合成类似物的增加和产生,从而抑制乳腺

癌细胞的增殖。此外,一种新型的枯草芽孢杆菌被证明在发酵豆乳中具有抗胃癌的作用^[53]。

2.3.4 改善肠道菌群 肠道菌群对人体健康有着重要的影响,而改善肠道菌群的微生物可能对疾病治疗有积极的作用^[54],益生菌可以改善肠道内微生物的组成,近年研究表明摄入益生菌发酵的酸豆乳也可以改善肠道菌群^[55-56],从而达到预防和治疗疾病的作用。

Naraikanayama 等^[55]通过对 10 名志愿者的粪便微生物研究发现,摄入发酵的酸豆乳可显著增加粪便中双歧杆菌和乳酸杆菌的数量,而梭菌数量显著减少,Nagino 等^[56]也发现在摄食酸豆乳期间肠杆菌科和卟啉菌科的水平显著降低,有效改善了绝经前健康妇女的肠道菌群。

2.3.5 其它保健功能 除上面所述的保健功能外,酸豆乳越来越多的功能也逐渐被开发出来。Mitsuyoshi 等^[57]对去卵巢无毛小鼠喂食酸豆乳发现,酸豆乳可提高小鼠血清中的异黄酮浓度,同时还对皮肤光损伤具有保护作用,而 Nagino 等^[56]用干酪乳杆菌发酵的酸豆乳也可提高妇女对异黄酮的生物利用度。Liu 等^[58]还发现植物乳杆菌发酵的酸豆乳具有神经保护作用,可以改善大鼠的学习记忆能力。

3 总结与展望

酸豆乳作为植物性发酵食品,结合了大豆与乳酸菌的营养成分,因其具有如抗氧化、抗癌、改善肠道菌群等多种保健功能,在提高我国居民营养健康素养方面具有重要作用。本文通过对 2010 - 2017 年文献与专利的统计分析,发现目前的研究基本集中在通过加工工艺、发酵菌种提高产品品质和挖掘酸豆乳的保健功能上,大大提高了酸豆乳的市场价值。然而目前市面上仍然很难找到普遍被消费者接受的产品,其原因是豆乳体系的复杂性导致酸豆乳的品质与酸奶差距甚远,以及豆乳中含有的抗营养因子与豆腥味严重影响产品品质,这不仅需要通过引导人们的消费理念,更重要的是应该进一步加强酸豆乳相关基础性研究,如大豆品种与风味关系、豆乳发酵过程中代谢产物与产品品质的相关性分析和酸豆乳贮藏稳定性等,解决酸豆乳生产的技术瓶颈问题,创新思维引领产品的突破,如含有大豆中重要的第七大元素之一的膳食纤维的全籽粒酸豆乳的开发,这均是未来酸豆乳研究和开发的主要方向。

本文采用的主题词仅局限于酸豆乳、酸豆奶、

fermented soymilk,可能存在遗漏的文献和专利,但是基本能体现酸豆乳目前研究现状。总之,酸豆乳的开发任重而道远,我国作为大豆主产大国,有着原料上的优势,且随着人们对健康意识的加强,大豆作为植物性蛋白食品在生活中的地位更是不可取代,期望酸豆乳作为新型功能性绿色产品能早日除去弊端,成为市场上受消费者欢迎的主流乳制品,与酸奶齐头并进。

参考文献

[1] 张环美. 美国农业部最新发布《2015—2020 年美国居民膳食指南》[J]. 中国食品, 2016(2):156. (Zhang H M. Usda's latest food guide for American residents 2015 - 2020[J]. China Food, 2016(2):156.)

[2] 刘芳. 提高国民营养健康水平建设健康中国——《国民营养计划(2017-2030 年)》发布 [J]. 中国食品, 2017(15): 10-17. (Liu F. Improving national nutrition and health level to build a healthy China- 'National nutrition plan (2017-2030)' released [J]. China Food, 2017(15): 10-17.)

[3] 刘艳芳. 当豆乳遇到益生菌: 引领国民营养新理念[N]. 中国食品报, 2017-07-14. (Liu Y F. When soymilk meets probiotics: Leading the new concept of national nutrition[N]. China Food Newspaper, 2017-07-14.)

[4] 陈晓华, 李建周, 董艺凝, 等. 豆乳发酵饮料的研制 [J]. 食品研究与开发, 2014(15): 57-60. (Chen X H, Li J Z, Dong Y N, et al. The development of fermented soybean-yoghurt [J]. Food Research and Development, 2014(15): 57-60.)

[5] 冯思明, 邢悦, 郭燕. 发酵豆乳潜在益生作用的研究分析 [J]. 农产品加工(学刊), 2013(22): 7-8. (Feng S M, Xing Y, Guo Y. Potentially probiotic effects of fermented soymilk[J]. Academic Periodical of Farm Products Processing, 2013(22): 7-8.)

[6] 李建会. 专利文献在科学研究中的地位和作用[J]. 知识产权, 1996(2):28-30. (Li J H. The value of patent documentation in the field of scientific research[J]. Intellectual Property, 1996(2):28-30.)

[7] Kellogg J H. Method of making acidphillus milk: U. S. , 1,982, 941[P]. 1934-12-04.

[8] 岛川康久, 森下降, 石川文保. 短双歧杆菌及用它制备的发酵豆乳: 日本, 98808850. 9 [P]. 1998-08-11. (Ximagawa Y, Muliga S, Yixigawa W; Bifidobacterium breve and fermented soymilk prepared therefrom: J. P. , 98808850. 9 [P]. 1998-08-11.)

[9] 周惠明, 钱海峰, 赵宇星, 等. 一种纯大豆乳酸菌发酵饮料的制备方法: 中国, 200510038298. 6 [P]. 2005-01-26. (Zhou H M, Qian H F, Zhao Y X, et al. A method for preparing pure soybean lactic acid bacteria fermented beverage: C. N. , 200510038298. 6 [P]. 2005-01-26.)

[10] 薛乐勋. 营养护肤霜: 中国, 91104465. 5 [P]. 1991-06-29. (Xue L X. Nutritional cream: C. N. , 91104465. 5 [P]. 1991-06-

29.)

[11] 田三德, 刘爱香, 杨大庆, 等. 发酵豆乳改善胃肠道消化功能的研究 [J]. 陕西科技大学学报, 2004, 22(2): 35-8. (Tian S D, Liu A X, Yang D Q, et al. Study on improving digestive function of gastrointestinal tract by fermented soymilk[J]. Journal of Shaanxi University of Science and Technology, 2004, 22(2): 35-8.)

[12] 徐寅, 黄玉军, 陈霞, 等. 牛乳含量对发酵豆乳风味成分的影响 [J]. 食品科学, 2013, 34(4): 1-5. (Xu Y, Huang Y J, Chen X, et al. Influence of milk content on flavor compounds in fermented soymilk[J]. Food Science, 2013, 34(4): 1-5.)

[13] 孟茜, 顾瑞霞, 王华, 等. 一种风味发酵豆乳配方及制备方法: 中国, 201410270743. 0 [P]. 2014-06-17. (Meng Q, Gu R X, Wang H, et al. Flavor ferment soymilk formula and preparation method thereof: C. N. , 201410270743. 0 [P]. 2014-06-17.)

[14] 杨媚, 李理. 应用萌发大豆生产益生菌发酵豆乳的研究 [J]. 食品工业科技, 2010, 31(11): 206-209. (Yang M, Li L. Study on the production of probiotics fermented soy yogurt by germinated soybean[J]. Science and Technology of Food Industry, 2010, 31(11): 206-209.)

[15] 刘俊梅, 李琢伟, 李莹, 等. 发芽大豆凝固型酸豆乳的研制 [J]. 粮油加工, 2010(8): 104-107. (Liu J M, Li Z W, Li Y, et al. Preparation of germinated soybean coagulated sour soybean milk[J]. Cereals and Oils Processing, 2010(8): 104-107.)

[16] 杨红霞, 谢慧丽. 大米调配型酸豆乳稳定性研究 [J]. 河南农业科学, 2013, 42(7): 150-152. (Yang H X, Xie H L. Study on the stability of soy yoghurt with rice[J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2013, 42(7): 150-152.)

[17] 贾建会, 吕晓莲, 郭宏, 等. 核桃酸豆乳发酵工艺研究 [J]. 中国酿造, 2012, 31(4): 186-191. (Jia J H, Lu X L, Guo H, et al. Study on fermentation processing technology of walnut soybean yogurt[J]. China Brewing, 2012, 31(4): 186-191.)

[18] 王彩华, 范书琴, 刘军, 等. 一种无豆腥味、无涩感、酸甜可口、易于加工的酸豆乳及其制备方法: 中国, 201710606945. 1 [P]. 2017-07-24. (Wang C H, Fan S Q, Liu J, et al. Sour soymilk with no beany smell, no astringent feeling, sweet and sour taste and easy processing, and its preparation method: C. N. , 01710606945. 1 [P]. 2017-07-24.)

[19] 杨飞芸, 杨洋. 黑木耳发酵豆奶的研制 [J]. 中国酿造, 2011, 30(11): 199-201. (Yang F Y, Yang Y. Development of Jew' sear soy-milk yoghurt[J]. China Brewing, 2011(11): 199-201.)

[20] 崔蕊静, 申淑琦, 高海生. 凝固型山楂酸豆乳配方及发酵工艺研究 [J]. 中国粮油学报, 2011, 26(10): 93-7. (Cui R J, Shen S Q, Gao H S. Study on formula and fermentation technology of solidifying hawthorn acid soybean milk[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2011, 26(10): 93-97.)

[21] 崔蕊静, 毛秀杰, 蔡金星, 等. 紫背天葵酸豆奶的研制 [J]. 中国粮油学报, 2010, 25(7): 90-95. (Cui R J, Mao X J, Cai J X, et al. Development of Begonia fim bristipula hance soy yogurt [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2010, 25(7): 90-95.)

[22] 周启霞,姚建国. 一种椰蓉蜂胶发酵豆乳及其制备方法: 中国, 201510440596. 1[P]. 2005-11-25. (Zhou Q X, Yao J. G. Coconut paste propolis ferment soymilk and preparation method thereof; C. N. , 201510440596. 1[P]. 2005-11-25.)

[23] 杜金华, 吴晓英, 金玉红, 等. 一种菊苣发酵豆乳及其制备方法: 中国, 201310724137. 7[P]. 2013-12-24. (Du J H, Wu X Y, Jin Y H, et al. Chicory ferment soymilk and preparation method thereof; C. N. , 201310724137. 7[P]. 2013-12-24.)

[24] 崔蕊静, 侍朋宝, 康维民. 稳定剂对酸豆乳质构特性的影响[J]. 中国粮油学报, 2014, 29(6): 87-92. (Cui R J, Shi P B, Kang W M. Effect of stabilizers on textural properties of sour soybean milk[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2014, 29(6): 87-92.)

[25] 李新新, 刘志胜, 邬娟, 等. 响应面试验优化果胶和羧甲基纤维素钠复配稳定酸豆乳体系[J]. 食品科学, 2015, 36(16): 51-55. (Li X X, Liu Z S, Wu J, et al. Optimization of the combination of pectin and carboxymethyl cellulose for improving the stability of sour soymilk[J]. Food Science, 2015, 36(16): 51-55.)

[26] 何秋实. 燕麦 β -葡聚糖酸豆乳发酵工艺的研究[J]. 食品工业, 2013, 34(2): 53-57. (He Q S. Research on the effect of concentration of oat β -glucan on gel properties of soy protein isolate[J]. The Food Industry, 2013, 34(2): 53-57.)

[27] 刘丽莎, 彭义交, 田旭, 等. 双歧杆菌胞外多糖对酸豆乳品质的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(11): 120-124. (Liu L S, Peng Y J, Tian X, et al. Effect of exopolysaccharides produced by bifidobacterium on properties of soya yogurt[J]. Food Science, 2016, 37(11): 120-124.)

[28] 苏芳. 六株植物乳杆菌在豆乳中的发酵特性研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2011: 1-21. (Su F. The study on fermentation characteristic in soy milk with six Lactobacillus plantarum[D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2011: 1-21.)

[29] 张京, 陈存社, 赵丽丽, 等. 一株乳酸菌的鉴定及其在酸豆乳加工中的应用[J]. 中国酿造, 2010, 29(11): 23-26. (Zhang J, Chen C S, Zhao L L, et al. Identification of a lactic acid bacterium and its application in fermented soybean drink[J]. China Brewing, 2010, 29(11): 23-26.)

[30] Havas P, Kun S, Pergermészúros I, et al. Performances of new isolates of Bifidobacterium on fermentation of soymilk [J]. Acta Microbiol Immunol Hung, 2015, 62(4): 463-75.

[31] 陈佩, 党辉, 贺国旗, 等. 一株干酪乳杆菌生物学特性及其发酵豆乳的研究[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(17): 17-21. (Chen P, Dang H, He G Q, et al. Study on the biological characteristics of Lactobacillus casei and application in the fermented soymilk produce[J]. Food Research and Development, 2017, 38(17): 17-21.)

[32] 刘彩平, 徐寅, 顾瑞霞. 用于豆乳制品发酵的嗜热链球菌 grx90 及其用途: 中国, 201010139477. X[P]. 2010-04-06. (Liu C P, Xu Y, Gu R X. Streptococcus thermophilus grx 90 for fermentation of soymilk products and use thereof; C. N. , 201010139477. X[P]. 2010-04-06.)

[33] 刘丽莎, 郭宏, 陶国琴. 豆乳链球菌、酸豆乳发酵剂及其应用: 中国, 201410163172. 0[P]. 2014-04-22. (Liu L S, Guo H, Tao G Q. Streptococcus soymilk, yoghurt starter and application thereof; C. N. , 201410163172. 0[P]. 2014-04-22.)

[34] 郭晓, 张晓丽, 王艳萍. 大豆酸乳发酵工艺优化的研究[J]. 食品研究与开发, 2011, 32(11): 115-118. (Guo X, Zhang X L, Wang Y P. Studies on the optimization of fermentation conditions of soybean youhurt[J]. Food Research and Development, 2011, 32(11): 115-118.)

[35] 陈倩, 吴琼, 蒋予箭. 大豆酸乳发酵工艺的优化[J]. 大豆科学, 2015, 34(1): 116-121. (Chen Q, Wu Q, Jiang Y J. The optimization of soy yogurt's fermented processing[J]. Soybean Science, 2015, 34(1): 116-121.)

[36] 吕慧超, 熊宇生, 刘伦伦, 等. 提高嗜酸乳杆菌在豆乳中发酵性能的研究[J]. 中国乳品工业, 2011, 39(3): 38-41. (Lu H C, Xiong Y S, Liu L L, et al. Study on improving the fermentation performance of Lactobacillus acidophilus in soybean milk[J]. China Dairy Industry, 2011, 39(3): 38-41.)

[37] 王松松. 瑞士乳杆菌发酵乳制品的制备及其性能评价[D]. 天津商业大学, 2012: 27-29. (Wang S S. The preparation of fermented milk by Lactobacillus Helvetieus and its performance evaluation. [D]. Tianjin: Tianjin University of Commerce, 2012: 27-29.)

[38] Hati S, Vij S, Singh B P, et al. β -glucosidase activity and bio-conversion of isoflavones during fermentation of soymilk [J]. Journal of the Science of Food & Agriculture, 2015, 95(1): 216.

[39] Da S F M, Sanches L F, Rodrigues D, et al. Evaluation of the isoflavone and total phenolic contents of kefir-fermented soymilk storage and after the *in vitro* digestive system simulation [J]. Food Chemistry, 2017, 229-373.

[40] Baú T R, Garcia S, Idae I. Changes in soymilk during fermentation with kefir culture; Oligosaccharides hydrolysis and isoflavone aglycone production [J]. International Journal of Food Sciences & Nutrition, 2015, 66(8): 1.

[41] 李理, 冯静文, 刘力. 一种产香酵母及其在发酵豆乳中的应用: 中国, 201510253334. 4[P]. 2015-11-11. (Li L, Feng J W, Liu L. Aroma - producing yeast and application thereof in fermented soymilk; C. N. , 201510253334. 4[P]. 2015-11-11.)

[42] Rekha C R, Vijayalakshmi G. Bioconversion of isoflavone glycosides to aglycones, mineral bioavailability and vitamin B complex in fermented soymilk by probiotic bacteria and yeast [J]. Journal of Applied Microbiology, 2010, 109(4): 1198-1208.

[43] 钱和, 武旭, 胡斌. 一种以全豆制备富含纳豆激酶的风味型酸豆乳的方法: 中国, 201510559981. 8 [P]. 2015-09-06. (Qian H, Wu X, Hu B. Method for preparing flavor type sour soymilk rich in nattokinase from whole bean; C. N. , 201510559981. 8 [P]. 2015-09-06.)

[44] 阮子琦, 徐薇薇, 吴渊, 等. 一种富含纳豆激酶和吡咯喹啉醌的酸豆乳的制备方法: 中国, 201410751782 [P]. 2014-12-10. (Ruan Z Q, Xu W W, Wu Y, et al. Preparation method of sour soymilk rich in nattokinase and pyrroloquinoline quinone; C. N. , 201410751782 [P]. 2014-12-10.)

[45] Yang H, Zhang L, Xiao G, et al. Changes in some nutritional components of soymilk during fermentation by the culinary and medicinal mushroom *Grifola frondosa* [J]. *LWT - Food Science and Technology*, 2015, 62(1): 468-473.

[46] Yamasaki Y, Bakke M. Fermented soymilk extract and fermented hypocotyl extract: J. P., 2013082603[P]. 2014-06-19.

[47] Geng Y R, Li W J, Wang J M. Radical scavenging ability of soymilk fermented with compound lactic acid bacteria towards DP-PH free radical [J]. *Agricultural Science & Technology*, 2015, 16(9):2036-2039.

[48] 徐寅, 黄玉军, 陈霞, 等. 乳酸菌发酵豆乳体内外抗氧化效应研究 [J]. *中国乳品工业*, 2012, 40(8): 16-19. (Xu Y, Huang Y J, Chen X, et al. *In vitro* and *in vivo* studies on the antioxidant effects of soymilk fermented with lactic acid bacteria[J]. *China Dairy Industry*, 2012, 40(8): 16-19.)

[49] 陈美娟. 发酵豆乳对高脂膳食大鼠血脂的影响及其对 RCT 途径的调节作用 [D]. 太原:山西医科大学, 2011:9-11. (Chen M J. Effects of fermented soybean milk on blood lipid and regulation of RCT pathway in rats with high fat diet [D]. Taiyuan: Shanxi Medical University, 2011: 9-11.)

[50] Kobayashi M, Hirahata R, Egusa S, et al. Hypcholesterolemic effects of lactic acid-fermented soymilk on rats fed a high cholesterol diet [J]. *Nutrients*, 2012, 4(9): 1304.

[51] Lai L R, Hsieh S C, Huang H Y, et al. Effect of lactic fermentation on the total phenolic, saponin and phytic acid contents as well as anti-colon cancer cell proliferation activity of soymilk [J]. *Journal of Bioscience & Bioengineering*, 2013, 115(5): 552-556.

[52] Ke Y Y, Tsai C H, Yu H M, et al. Latifolicinin A from a fermented soymilk product and the structure-activity relationship of synthetic analogues as inhibitors of breast cancer cell growth [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2015, 63(44): 9715-9721.

[53] Young P K, Young K J, Jung J E. A novel b. subtilis sp. strain and fermented soymilk for anti-gastric cancer by using the same: K. R., 20100061766[P]. 2010-06-29.

[54] 张家超, 郭壮, 孙志宏, 等. 益生菌对肠道菌群的影响——以 *Lactobacillus casei* Zhang 研究为例 [J]. *中国食品学报*, 2011, 11(9): 58-68. (Zhang J C, Guo Z, Sun Z H, et al. The effects of probiotic on human intestinal microbiota——Taking *Lactobacillus casei* Zhang as example [J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2011, 11(9):58-68.)

[55] Naraikanayama A. Effects of non-fermented and fermented soybean milk intake on faecal microbiota and faecal metabolites in humans [J]. *International Journal of Food Sciences & Nutrition*, 2012, 63(4): 402-410.

[56] Nagino T, Kaga C, Kano M, et al. Effects of fermented soymilk with *Lactobacillus casei* Shirota on skin condition and the gut microbiota: A randomised clinical pilot trial [J]. *Beneficial Microbes*, 2017, 9(2): 209 -218.

[57] Mitsuyoshi K, Norihiro K, Norie M, et al. Oral administration of fermented soymilk products protects the skin of hairless mice against ultraviolet damage [J]. *Nutrients*, 2016, 8(8): 514.

[58] Liu T H, Chiou J, Tsai T Y. Effects of *Lactobacillus plantarum* TWK10-Fermented soymilk on deoxycorticosterone acetate-salt-induced hypertension and associated dementia in rats [J]. *Nutrients*, 2016, 8(5): 260.