

植物基谷物饮料研究及产业开发进展

Advances in research and industrial development of plant-based cereal beverage

刘婷玉¹ 周素梅¹ 刘丽娅¹ 易翠平²

LIU Ting-yu¹ ZHOU Su-mei¹ LIU Li-ya¹ YI Cui-ping²

(1. 中国农业科学院农产品加工研究所, 北京 100000; 2. 长沙理工大学化学与食品工程学院, 湖南 长沙 410114)

(1. *Institute of Food Science and Technology, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100000, China*; 2. *School of Chemistry and Food Engineering, Changsha University of Science and Technology, Changsha, Hunan 410114, China*)

摘要:回顾了国内外植物基谷物饮料的产品与产业发展情况,阐述了植物基谷物饮料制备技术的原料选取、关键技术环节以及影响产品品质的核心问题及改进技术手段等研究进展,展望了植物基谷物饮料的未来研究与开发。

关键词:植物基;谷物饮料;原料;品质;稳定性

Abstract: In recent years, with the increase of consumer demand for plant-based, vegetarian and convenient food, the researches and development of beverage products from cereals, such as oats and rice et al. were also increased rapidly, different from their traditional use for staple food. In this study, the products and industrial development of plant-based cereal beverages at home and abroad were reviewed. The selection of raw materias, key technology, core problems affecting the product quality and the improvement of techniques during the process of plant-based cereal drinks were elaborated in detail. Finally, the future research and development of plant-based cereal beverages were prospected.

Keywords: plant-based; cereal beverage; raw material; quality; stability

近年来,随着人们膳食结构中摄入肉、蛋、乳类等动物源食物的数量持续提升,中国的高血压、心脏病、冠心病、肥胖等慢性疾病的发病率也在不断上升。而植物来源的食物因不含对上述疾病有促进作用的饱和脂肪酸、胆固醇等物质,且富含具有抗氧化活性的多酚、黄酮等植物化学物质,成为有健康意愿的人们调整膳食结构的重

要选择。全球范围内,素食者人群越来越多,也趋于年轻化,逐渐发展成为一种更具有时代特征、健康饮食潮流的饮食方式。年轻素食者们对于植物基食品的要求也相较传统意义上的素食要求更高,安全、营养、健康、美味、方便化的植物基产品将更受欢迎。

作为植物基食品的主要原料,谷物具备多种营养保健功能。《中国居民膳食指南》将谷物列为中国居民膳食中的“塔基”部分,占比远高于其他来源的食材。谷物作为主食原料,主要提供碳水化合物,但亦是蛋白质、膳食纤维、矿物质以及部分维生素等的重要来源,对于保持膳食营养与平衡至关重要^[1]。谷类食品中碳水化合物、蛋白质含量平均在75%~80%,8%~10%,脂肪含量普遍较低,在1%左右^[2]。其中的碳水化合物主要以淀粉的形式出现,是主要的供能物质,且可增加饱腹感^[3]。未经精制去皮的全谷物还富含B族维生素、膳食纤维、多酚、黄酮、生育酚等植物化学物质,大量营养和医学研究^[4-6]认为,全谷物在降低糖尿病、心脑血管疾病风险方面可发挥积极作用。

自古以来,谷物是以主食形象出现在人们的一日三餐中,如馒头、米饭、面包、面条、粥食等,也有一些传统的谷物饮品,如米酒、醪糟、谷物茶等,但与今天工业化生产的谷物饮料在概念和产品形式上仍有显著区别。如今的植物基谷物饮料已成为新型方便、即食食品的发展方向。此外,由于素食主义流行,市场上新出现的一些植物基谷物饮料在风味口感上可替代牛奶,且富含植物基功能成分的营养健康优点^[7-8],因而成为代乳制品、功能性饮料的代表词,在全球市场上得以快速发展,逐渐被消费者接受和青睐。

文章拟对近年来国内外植物基谷物饮料的产业发展现状、生产制备涉及的主要原料、关键技术工艺、影响品

基金项目:现代农业产业技术体系专项资金资助(编号:CARS-08-G19)

作者简介:刘婷玉,女,中国农业科学院在读硕士研究生。

通信作者:周素梅(1971—),女,中国农业科学院研究员,博士。

E-mail: Zhousumei1001@163.com

收稿日期:2020-04-16

质的一些核心要素以及品质改善等方面国内外研究的文献进行综述,以期为该领域的科学研究和产业发展提供一定参考。

1 植物基谷物饮料产品及产业发展情况

植物基饮料一般指不添加动物源食品原料,以植物性食品为主研发的具有营养价值的饮料,包括谷物饮料、果蔬饮料、混合饮料等,其中谷物饮料是指以谷物为原料加工制成的饮料产品,是谷物食品的重要组成部分。基于消费者渴求健康、自然的产品,以及如今的饮料行业倾向于选择不含酒精、添加剂和防腐剂的功能饮料^[9-10]的前提下,植物基谷物饮料自然就成为市场上的重头戏。

在国外,植物基谷物饮料发展较成熟。20世纪90年代初,瑞典的Oatly品牌创新研发,开发了多种燕麦饮品,其品牌系列的燕麦乳饮料便是一种以燕麦为原料的无添加的植物基谷物饮料。Oatly之后,一些品牌燕麦谷物饮料也先后出现在欧美市场,如芬兰Valio的Oddlygood、美国Pacific Foods、Elmhurst,以及澳大利亚Pure Harvest公司生产的有机燕麦乳^[11]等。在非洲国家,20世纪80年代末便流行食用以小米、玉米、大米为原料制成的各种发酵型谷物饮料^[12-14]。1995年韩国的“雄津”牌米乳登陆中国,并一直保持着较好的市场^[15]。中国的植物基谷物饮料发展相对较晚^[16],近几年才成为饮料行业研发的重点关注对象。2007年惠尔康集团推出中国首款谷物饮料“谷粒谷力”并得到一众认可^[17],随后,其他饮料品牌也纷纷涉足,如目前中国市场上较为成熟的伊利的“谷粒多”,朝能福瑞达的“谷多维”,希之源的“一榨鲜”等。在2012—2013年,高纤维、全谷物以及多谷物饮料就已经代表了大部分具备有益健康功能的新食品^[18]。2018年,Oatly品牌进入中国市场,使得更多人对植物基谷物饮料有了深层次了解。最新中国谷物饮料行业市场供需前景预测深度研究报告^[19]中指出:粗粮食品饮料市场的年均增长率达到20%左右。由此可见,未来中国植物基谷物饮料市场不可小觑。

2 植物基谷物饮料制备技术

2.1 原料选取

植物基谷物饮料常用的原料有燕麦、大米、玉米,以及食用豆类包括绿豆、红豆、大豆等,可以是单一原料品种制成,也可以添加果仁、果蔬,亦或是多种谷物原料复配而成^[20]。不同的谷物原料具备其特殊的营养价值,通过科学搭配,可得到具备特定功能性质的植物基谷物饮料。

2.1.1 燕麦 燕麦营养价值高,含有蛋白质、脂肪、酚类化合物^[21]、矿物质及 β -葡聚糖^[22]等多种营养物质且淀粉颗粒细腻,易消化吸收。1997年燕麦被美国FDA认定为功能性食物,具备多种生理活性功能,如燕麦中的 β -葡聚

糖具备降低血脂水平,调节脂质代谢紊乱,减少氧自由基生成,清除过氧化物,保护生物膜,防治高血脂症诱发的动脉粥样硬化等^[23]功效。此外,燕麦 β -葡聚糖同样具有乳化和增稠的效果,在制作代乳饮料方面条件优越。早在2008年,燕麦和燕麦副产品被证明对治疗糖尿病和心血管疾病有帮助^[24],芬兰Bioferme公司^[25]便曾推出以燕麦和燕麦麸皮为主的无乳燕麦饮料。Saltzman等^[26]也证实了燕麦膳食具备显著降低总胆固醇和低密度脂蛋白胆固醇的作用。因此,以燕麦为原料制作植物基谷物饮料具有口感细腻,营养丰富且兼有保健功能等多种优势。

2.1.2 大米 大米赖氨酸含量高,富含蛋白质、脂肪、B族维生素以及大量的碳水化合物,是能量供给的主要来源。经研究证实,不同的大米品种之间功效也略有差异,如黑米比普通精米含有更多的膳食纤维^[27],且提取的花青素比红米和米苳提取的具有更高的抗氧化活性^[28]。这便提供了更多以大米为原料加工食品的可能性,以大米的精深加工尤为显著。糙米含有多种维生素、矿物质以及膳食纤维等营养物质,常被用来制作各种营养型米乳饮料。韩国Woong Jin食品公司曾推出以不同比例糙米和白米制成的无添加植物基米乳饮料,是当代年轻人的代餐首选饮料。长期以来,大米品质的改善一直是大多数国家稻米育种计划的主要目标^[29],如今的大米具备较高的营养品质,口感细腻,更乐于被消费者所接受。如美国的Imagine Foods公司所推出的营养强化米饮料所含钙和维生素A、D含量可与牛奶媲美,作为牛奶和豆奶的替代品^[30]。选择无公害绿色大米、有机大米,强化营养素制备成营养近似或超过牛奶的米乳饮料将具备极大的市场潜力。

2.1.3 玉米 玉米不仅淀粉含量高,而且还含有亚油酸、亚麻酸等不饱和脂肪酸,其含量占总脂肪酸的20%~30%,具备降血压、防止动脉硬化等多种功效^[31]。玉米中还含有大量的膳食纤维、烟酸等,其植物纤维素可与人体胆汁酸结合排出体外,降低胆固醇合成,有润肠通便之效;玉米中的叶黄素、玉米黄质有利于减缓双眼老化^[32]。因此,玉米可被用来作为各种形式的保健饮料^[33]。吴进贤^[34]通过富集发芽玉米中的GABA,以发芽玉米为原料得到了一款高GABA玉米保健饮料。在制备玉米饮料过程中,通常会选取颗粒饱满,无虫害的鲜玉米作原料,而大部分饮料厂家会选择甜玉米为首选原料。甜玉米含有多种维生素、矿物质,使其具备果蔬特点,同时甜玉米糖分多、水分含量高,以甜玉米为原料加工所制成的植物基谷物饮料不仅营养丰富,且鲜糯香甜,味道浓郁醇香,深受消费者喜爱。

2.2 植物基谷物饮料制备关键环节

植物基谷物饮料的制作过程中,常见的制备关键技术包括原料预处理、研磨、酶解(发酵)、过滤、均质、灌装

杀菌,饮料类型决定了主要的制备工序。

2.2.1 研磨 植物基谷物饮料制备过程中通常会将原料进行研磨和微细化处理,使口感顺滑,饮料香味浓郁自然,常用方法有干湿法磨粉处理和打浆处理。虽然研磨方法较为成熟,但研磨过程仍存在一些问题,如会导致谷物原料营养损失,出品率降低等。因此,饮料生产过程中通常配合使用酶解或者发酵等技术,以减少营养损失,最大程度地发挥谷物原料的价值。

2.2.2 酶解 通过对谷物原料酶解处理,可以丰富产品口感,降低浆液的黏度。常见的酶有淀粉酶、糖化酶、蛋白酶等。不同酶水解可得到不同的效果,如淀粉酶水解淀粉,可以得到糊精类大分子物质;糖化酶继续水解,可降低颗粒分子大小,得到小分子低聚糖;蛋白质水解可得到小分子肽。根据目标产物的不同也可添加不同种类的酶,如葡聚糖酶、纤维素酶、果胶酶等。

有研究^[35]证实,通过分阶段酶解马铃薯淀粉得到的马铃薯粉用于功能性无酒精饮料,具有优异的感官特性;Nestec^[36]采用 α -淀粉酶水解全麦组分,得到了一款蔗糖含量低于 5%,黏度范围在 1~300 mPa·s 的谷物饮料;也有国外研究者^[37]研制出将玉米、糙米、燕麦、大麦等多种谷物混合并添加人参提取物,通过高压条件下酶处理得到的一种复合谷物饮料,该饮料组合物可作为一种具有高附加值和高功能性的保健功能饮料进行商业销售。

近几年来,中国也有很多通过酶法处理得到谷物饮料的相关研究:林美娟^[38]以糯玉米籽粒为原料,利用 7.5 U/g 的中温 α -淀粉酶,60℃条件下酶解 30 min 以及 81 U/g 的中性蛋白酶,45℃酶解 42 min 的双酶水解作用制作糯玉米饮料,既可以显著提高糯玉米汁的可溶性固形物含量和悬浮稳定性,又使饮料中的游离氨基酸含量增加了 3 倍,丰富了饮料的营养价值;孟凡欢^[39]以同样的双酶水解,通过添加 1%的液化酶和糖化酶酶解处理,得到的燕麦乳饮料淀粉含量下降 69.23%,还原糖含量增加 10.88 倍;而利用纤维素酶、酸性与中性蛋白酶、中温 α -淀粉酶 4 种酶水解燕麦,可以使得到的饮料体系中可溶性 β -葡聚糖、游离酚含量分别提高 50.00%,14.43%^[40],证实了多种生物酶制备技术的优势所在。

2.2.3 发酵 发酵自古以来都是一项传统的生物加工技术,食品的发酵技术可追溯至古埃及时期,包括面包、酒类食品的生产,也有不少研究将谷物与微生物相结合进行菌种发酵得到发酵型谷物饮料并绵延至今。通过发酵技术生产的谷物饮料不仅可以保留谷物原有的营养价值,同时还可以引入益生菌所带来的保健作用,并产生特异的口感风味物质,一举多得。

例如通过将全麦燕麦基质与乳酸菌发酵,可以得到一种葡聚糖含量在 0.30%~0.36%的新型燕麦乳酸菌饮料^[41];Haria 是一种以大米为原料的印度传统发酵饮料,研究^[42]表明,该饮料使用霉菌、酵母、乳酸菌和双歧杆菌

同时发酵使饮料中不同类型麦芽糖含量增多,发酵产物中存在吡喃衍生物,以此证明大米发酵过程中微生物的相互作用可使其更有营养,更可能有有益于健康;赵福利^[43]考察了乳酸菌发酵的燕麦乳饮料品质及贮藏期品质,发现燕麦发酵乳在贮藏时间为 3~6 d 时,乳酸菌活菌数达到最高,胆固醇去除率可达到最大值(60.32%);Luiza 等^[44]则以玉米为原料,以植物乳杆菌 0743、CCMA 0235 和商业益生菌 LACA 4 为混合发酵剂得到了一种具有潜在共生功能的谷物饮料,其在冷藏 28 d 内,益生元维持活菌种群数 $\geq 10^7$ CFU/mL,进一步证实了发酵型谷物饮料的多重营养健康特性。

2.2.4 杀菌 杀菌处理是谷物饮料制作过程中最重要的一步技术处理,杀菌程度直接影响最终产品的质量和货架期的长短。在植物基谷物饮料制作生产过程中,一旦杀菌不彻底,产品便会受到微生物的侵袭,微生物生长繁殖,在常温条件下会导致饮料的腐败变质。常见的杀菌方式主要有巴氏杀菌、高温长时杀菌、超高温瞬时杀菌(UHT)等。曹盼^[45]利用高温杀菌、PEF 杀菌和 UHT 杀菌 3 种杀菌方式对燕麦复合谷物饮料进行处理,发现 UHT 杀菌处理对产品影响最小,确定的杀菌条件为 137℃,5 s。近年来,也有研究者^[46]通过非热杀菌技术如超高压杀菌技术(UHP)、高压脉冲电场杀菌技术等对谷物饮料进行杀菌处理。

3 植物基谷物饮料的品质影响因素及改进措施

风味单调、营养单一、稳定性差是植物基谷物饮料常见的问题。相比于天然牛奶及豆奶,植物基谷物饮料乳液状态差,易出现颗粒悬浮、分层沉淀现象,饮料产品口感寡淡苦涩,营养成分不足。为解决这些问题,近年来各企业或研究人员对此进行了相关研究,包括通过添加稳定剂、增稠剂来稳定产品品质;通过添加风味物质提升口感;富集,强化营养素来提升营养价值等。

3.1 稳定性

针对植物基谷物饮料易出现的颗粒沉淀、脂肪上浮等现象,多数研究者选择通过添加稳定剂来解决饮料的稳定性问题。有研究^[38]表明在制作糯玉米饮料过程中,通过添加黄原胶和槐豆胶(1:4),既克服了加工中浆液出现的褐变和沉淀问题,又提高了饮料的稳定性,最终可获得色泽米白、口感清爽、悬浮稳定的谷物饮料;而在复合谷物饮料研究中,通过添加六聚磷酸钠(0.04%)、黄原胶(0.12%)、MCC(0.16%)、黄原胶(0.12%)、卡拉胶(0.06%)、蒸馏单甘酯(0.06%),使得饮料的乳化性,悬浮性处于较高水平^[47],达到同样理想效果;为解决米乳稳定性差,易老化等问题,研究通过添加增稠剂(0.25%)、乳化剂(0.15%)、油脂(0.52%),并配合酶法使用可优化最佳饮料制作工艺^[48];李雨佳^[4]在制作黑玉米全谷物饮料中,

通过添加复合稳定剂(CMCC-Na 1.4‰,海藻酸钠 1.3‰,蔗糖酯 0.6‰,MCC 1.8‰),既解决了分层沉淀问题,又赋予饮料浓郁口感。此外,许多谷物原料自身营养成分可作为稳定剂,如燕麦乳自身的蛋白质可作为乳化剂; β -葡聚糖可作为增稠剂,在低浓度下可形成凝胶^[49]等。

通过提高制备技术手段也能提高稳定性。傅亮等^[50]为探究均质条件与乳化液稳定性之间的关系,以大米饮料为基础,发现均质压力为 40 MPa,60 °C 条件下,均质 2 次产品最稳定,此条件下,大米饮料保持良好的外观稳定性,放置 3 个月未见分层上浮现象。

3.2 感官品质

感官品质仍然是评价饮料最基本标准,要想做到广为消费者所接受的谷物饮料,调香调质至关重要。谷物原料、发酵过程、温度、糖酸比等原因均会影响饮料的芳香活性,进而影响感官品质^[51]。从原料角度出发,可通过添加天然原料来提升饮料口感,郑欣瑶等^[52]以薏米和荞麦为原料(35%,15%),酶法制备得到乳汁,再添加百香果汁(10%),木糖醇(10%)和柠檬酸(0.05%)来提升口感,得到的复合谷物饮料香气浓郁,口感香甜;从制备角度出发,通过发酵手段可衍生出适宜的风味物质。国外研究指出,以一种益生菌和酵母菌发酵玉米饮料,在发酵和冷藏过程中乳酸和乙酸等有机酸被释放,并保持饮料的 pH 在 4.0 左右,这对饮料的食品安全、口感和香气非常重要^[53],传统的米酒类产品也多是采用这种发酵生香原理^[54]。为除去谷物原料自身难闻的风味物质,通常会在工艺前对原料进行烘焙处理,以此得到的谷物饮料不仅减少了异味,同时还赋予其特殊焙烤香气,增添了饮料的口感。

3.3 营养品质

每一种谷物都具备特定的营养价值,如燕麦麸皮中含有 β -葡聚糖,玉米中含有大量的赖氨酸,豆类中含有大量的 GABA 等。在饮料加工制作过程中,通过富集某种特定的营养素,提升谷物饮料的营养价值,增加谷物原料的附加值,使植物基谷物饮料产品具备卖点。燕麦中的 β -葡聚糖在胃肠道上具有益生功能,支持有益微生物群的生长,通过酶解手段富集燕麦中的 β -葡聚糖并应用于益生菌发酵,使得古老的谷物发酵食品的概念被应用到开发新的功能性燕麦发酵饮料中^[55]。孟祥勇^[56]通过糙米和大豆发芽富集 GABA 制备高 GABA 含量的复合谷物饮料,赋予了饮料双重营养价值。而韩国也同样研制出一种高 GABA 含量,低营养物质破坏程度,兼具减肥效果的复合谷物饮料^[57]。

4 展望

目前对植物基谷物饮料的研究仍存在一些不足:就原料资源方面而言,原料质量差,营养成分损失严重,造成一定程度上的资源浪费;就制备技术方面而言,技术手

段欠佳,出品率低;就稳定性方面而言,产品质量不高,货架期短,浑浊、沉淀等现象时有发生;就消费需求方面而言,产品种类单一,不能满足各类消费者的需求等。因此,植物基谷物饮料的研究仍有很大的提升空间。

综合目前国内外植物基谷物饮料的研究与发展状况,就中国未来这一品类产品的研究与发展思路,提出以下几条建议:① 应加大高品质谷物原料基地建设,生产出优质谷物原料,在不破坏口感的前提下,应尽量保证原料的完整性、全利用,避免资源浪费、提升产品的营养品质;② 充分利用复合生物酶酶解制备技术、益生菌发酵技术,打造谷物饮料的天然、绿色制造技术,提升产品的风味与营养功能品质;③ 加强对谷物饮料产品稳定性研究,研发新型生产技术装备,通过添加天然的食品配料或添加剂,采用技术装备更为先进的冷杀菌、无菌包装手段,提高产品的稳定性,延长货架期;④ 可适当增加植物基原料如果蔬、药食同源的中草药等来丰富产品类型,尤其是可针对不同消费群体有目的性的开发新型具有特殊风味和营养健康特征的新产品,如针对婴幼儿,可开发强化富含维生素、矿物质的果蔬原料;针对中老年,可添加一些富含抗氧化、延缓衰老物质的药食同源食材。从牛奶、茶饮料等其他饮品的发展趋势看,除了利用好谷物自身的风味与营养特点,谷物饮料与其他风味饮料的融合发展未来可能更有助于其走得更远。

参考文献

- [1] 程朝阳,莫树平,柏建玲,等.我国谷物饮料研究进展与生产概况[J].饮料工业,2012,15(6):6-10.
- [2] 刘松涛.谷物饮料——饮料发展的新机遇[J].中国食品添加剂,2009(增刊1):77-79.
- [3] CHAUDHRI O B, FIELD B C T, BLOOM S R. Gastrointestinal satiety signals[J]. International Journal of Obesity, 2008(32): S28-S31.
- [4] 李雨佳.提高黑玉米全谷物饮料色素含量及稳定性的研究[D].沈阳:沈阳农业大学,2017:17-19.
- [5] 姚铁俊,姚惠源.全谷物食品及其健康因子的现代营养学研究现状与展望[J].粮食与食品工业,2015(2):43-48.
- [6] 郑金美.常吃全谷物类食品益处多[J].江苏卫生保健:今日保健,2016(8):35.
- [7] GABRIEL F D G, CRUZ A G C, FARIA J A F, et al. Probiotic dairy products as functional foods[J]. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2010, 9(5): 455-470.
- [8] GABRIEL F D G, ADRIANO G F N, FARIA J A F. Functional foods and nondairy probiotic food development: Trends, concepts, and products[J]. Comprehensive Reviews in Food Science & Food Safety, 2010, 9(3): 292-302.
- [9] ROETHENBAUGH G. Trends in beverage markets[M]// Chemistry and Technology of Soft Drinks and Fruit Juices.

- 2nd ed. Hoboken: Wiley Online Library, 2007: 15-34.
- [10] VARTANIAN L R, SCHWARTZ M B, BROWNELL K D. Effects of soft drink consumption on nutrition and health: A systematic review and meta-analysis [J]. American Journal of Public Health, 2007, 97(4): 667-675.
- [11] 周素珊, 钟彬林, 蔡福带. 燕麦饮料的研究进展[J]. 粮食与饲料工业, 2016(7): 24-28.
- [12] 张钟, 王奇艳. 国内外谷物饮料的研究现状[J]. 饮料工业, 2013, 16(8): 45-50.
- [13] EDWARD I E B, ABASIEKONG S F, CHIEMAKE I. Kunun-zakiand tsamiya, some non-alcoholic beverages prepared from sorghumgrains: Chemical analysis for nutrient contents of fresh and aging sam-ples[J]. Nigeria Journal of Biotechnology, 1988, 5: 21-22.
- [14] NYANZI R, JOOSTE P J, ABU J O, et al. Consumer acceptability of a synbiotic version of the maize beverage mageu[J]. Development Southern Africa, 2010, 27(3): 447-463.
- [15] 田华. 混合谷物液乳化生产及市场前景[J]. 农村科技, 2007(2): 60-61.
- [16] 美美. 谷物饮品市场初成[J]. 农产品市场周刊, 2009(11): 30-31.
- [17] 刘永红, 梁翠雪. 试论惠尔康谷粒谷力的营销策略[J]. 经营管理者, 2011(3): 262.
- [18] IRI names New Product Pacesetters[J]. Beverage Industry, 2013, 104(5): 8.
- [19] 南方企业新闻网. 营养五谷新品即将上市, 五谷杂粮带动第八次饮品产业潮[EB/OL]. (2019-06-15) [2020-05-27]. www.senn.com.cn.
- [20] 罗小英. 黑芝麻糊和黑米饮料粉的制备及其性能研究[J]. 内蒙古石油化工, 2017(4): 26-27.
- [21] PRIDAL A A, WIEBKE B, ROSS A B. Analysis of avenanthramides in oat products and estimation of avenanthramide intake in humans[J]. Food Chemistry, 2018, 253: 93-100.
- [22] GRUNDY M L, FARDET A, TOSH S M, et al. Processing of oat: The impact on oat's cholesterol lowering effect [J]. Food & Function, 2018, 9(S2): 10.1039/C7FO02006F.
- [23] 宁鸿珍, 齐啸, 贾春媚, 等. 燕麦 β -葡聚糖抗氧化及降血脂作用的研究[J]. 食品科技, 2008, 33(9): 153-155.
- [24] BUTT M S, TAHIR-NADEEM M, KHAN M K I, et al. Oat: Unique among the cereals[J]. European Journal of Nutrition, 2008, 47(2): 68-79.
- [25] 肖仔君, 钟瑞敏, 陈惠音, 等. 植物乳杆菌的生理功能与应用[J]. 中国食品添加剂, 2005(2): 112-114.
- [26] SALTZMAN E, DAS S K, LICHTENSTEIN A H, et al. An oat-containing hypocaloric diet reduces systolic blood pressure and improves lipid profile beyond effects of weight loss in men and women[J]. The Journal of Nutrition, 2001, 131(5): 1465-1470.
- [27] BANCHUEN J, THAMMARUTWASIK P, OORAIKUL B, et al. Increasing the bio-active compounds contents by optimizing the germination conditions of Southern Thai Brown Rice [J]. Songklanakarin Journal of Science and Technology, 2010, 32(3): 219-230.
- [28] SANGKITIKOMON V, TENTUMNOU T, RODCHANASOD A. Comparisons of total antioxidants of red rice, black rice and black sticky rice[J]. The Journal of Nutrition, 2008, 43(2): 16-21.
- [29] BAO J S. Toward understanding the genetic and molecular bases of the eating and cooking qualities of rice[J]. Cereal Foods World, 2012, 57: 148-156.
- [30] 王晓波. 米乳饮料的研究[C]//上海市粮油学会学术年会. 上海: 上海粮油仓储有限公司, 2005: 88-92.
- [31] 杜连启, 张文秋. 玉米食品加工技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2013: 5-11.
- [32] 谭旖宁. 甜玉米饮料的研究进展与发展前景[J]. 农产品加工(学刊), 2010(4): 60-62.
- [33] ROH K B, KIM H, SHIN S, et al. Anti-inflammatory effects of *Zea mays* L. husk extracts[J]. BMC Complementary and Alternative Medicine, 2016, 16(1): 298-306.
- [34] 吴进贤. 玉米籽粒 γ -氨基丁酸富集技术及其饮料开发研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2013: 49-60.
- [35] KHAMITOVNA O G. Method of producing kissel from potatoes; RU20140145591[P]. 2016-05-10.
- [36] NESTEC S A. Ready-to-drink beverages comprising hydrolyzed whole grain; EP20110799659[P]. 2015-09-30.
- [37] FOUNDATION S R. Drinking composition comprising ginseng extract and roasted grain extract; KR20130140032[P]. 2015-05-28.
- [38] 林美娟. 双酶法制备糯玉米汁及其稳定性研究[D]. 南京: 南京师范大学, 2012: 9-22.
- [39] 孟凡欢. 燕麦品种及成分对燕麦乳稳定性的影响[D]. 天津: 天津科技大学, 2017: 9-46.
- [40] 刘先隆, 刘磊, 赖婷, 等. 高营养全谷物燕麦浓浆的复合酶解工艺优化[J]. 现代食品科技, 2018, 34(7): 196-204.
- [41] ANGELOV A, GOTCHEVA V, HRISTOZOVA T, et al. Application of pure and mixed probiotic lactic acid bacteria and yeast cultures for oat fermentation[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2005, 85(12): 2134-2141.
- [42] KUNTAL G, MOUSUMI R, ATANU A, et al. Microbial, saccharifying and antioxidant properties of an Indian rice based fermented beverage[J]. Food Chemistry, 2015, 168: 196-202.
- [43] 赵福利. 燕麦品种品质与燕麦发酵乳加工适宜性研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2016: 49-57.
- [44] LUIZA F A, LACERDA R C, FREITAS S R. Effect of symbiotic interaction between a fructooligosaccharide and probiotic on the kinetic fermentation and chemical profile of maize blended rice beverages[J]. Food Research International, 2017, 100: 698-707.

(下转第 27 页)

- [16] 季庆玲. 老年人血清 3-DG 水平与糖代谢紊乱及其中医证型关联性临床研究[D]. 南京: 南京中医药大学, 2012: 3-9.
- [17] URIBARRI J, DEL CASTILLO M D, DE I M M P, et al. Dietary advanced glycation end products and their role in health and disease[J]. *Advances in Nutrition: An International Review Journal*, 2015, 6(4): 461-473.
- [18] 卢永翎, 肖留榜, 夏秋琴, 等. 精氨酸——还原糖体系中 1, 2-二羰基化合物的形成和抑制研究[J]. *食品与机械*, 2018, 34(10): 1-7.
- [19] 卢永翎, 陆敏, 王茜, 等. 1, 2-二羰基化合物及晚期糖基化终产物在蒸蛋糕中的形成及调控[J]. *食品与机械*, 2019, 35(2): 1-6.
- [20] 赵倩竹. 一种羟甲基糠醛—半胱氨酸加合物的鉴定及其细胞毒性研究[D]. 广州: 暨南大学, 2018.
- [21] JIANG Kai-yu, HUANG Cai-huan, JIAO Rui, et al. Adducts formed during protein digestion decreased the toxicity of five carbonyl compounds against Caco-2 cells[J]. *Journal of Hazardous Materials*, 2019, 363: 26-33.
- [22] 姚晓丹, 徐学明, 吴凤凤, 等. 蛋白酶对韧性饼干品质的改良作用[J]. *食品与机械*, 2018, 34(3): 39-43, 48.
- [23] ZOU Yue-yu, HUANG Cai-huan, PEI Ke-han, et al. Cysteine alone or in combination with glycine simultaneously reduced the contents of acrylamide and hydroxymethylfurfural[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2015, 63(1): 275-280.
- [24] HUANG Jun-qing, WANG Yi-jin-ruo, YANG Ling, et al. Effect of maize bran feruloylated oligosaccharides on the formation of endogenous contaminants and the appearance and textural properties of biscuits[J]. *Food Chemistry*, 2018, 245: 974-980.
- [25] OU Juan-ying, TENG Jing, EI-NEZAMI H S, et al. Impact of resveratrol, epicatechin and rosmarinic acid on fluorescent AGEs and cytotoxicity of cookies[J]. *Journal of Functional Foods*, 2018, 40: 44-50.
- [26] SADOWSKA-BARTOSZ I, STEFANIUK I, GALINIAK S, et al. Glycation of bovine serum albumin by ascorbate in vitro: Possible contribution of the ascorbyl radical? [J]. *Redox Biology*, 2015, 6: 93-99.
- [27] 万盈. 湖北软麦制作酥性饼干品质特性的改良研究[D]. 武汉: 武汉工业学院, 2011: 26-36.
- [28] 丁捷, 刘书香, 张雪军, 等. 鲜切马铃薯复合褐变抑制剂组合的筛选[J]. *食品科学*, 2011, 32(6): 288-292.
- [29] 邹悦瑜. 食品中 HMF 衍生物的形成及其在模拟胃肠道中的释放[D]. 广州: 暨南大学, 2017: 6-29.
- [30] ZHENG Jie, OU Juan-ying, OU Shi-yi. *Alpha-Dicarbonyl Compounds [M]// Chemical Hazards in Thermally-Processed Foods*. Singapore: Springer, 2019: 19-46.
- [31] HUANG Mei-gui, ZHANG Xiao-ming, ERIC K, et al. Inhibiting the color formation by gradient temperature-elevating Maillard reaction of soybean peptide-xylose system based on interaction of l-cysteine and Amadori compounds[J]. *Journal of Peptide Science*, 2012, 18(5): 342-349.
- [32] OU Juan-ying, HUANG Jun-qing, WANG Ming-fu, et al. Effect of rosmarinic acid and carnolic acid on AGEs formation in vitro[J]. *Food Chemistry*, 2017, 221: 1 057-1 061.
- [33] 刘荟萃. 油炸食品加工与贮藏过程中晚期糖基化末端产物的形成分析及抑制[D]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2014: 2-19.
- [34] 崔珏. 牛蒡多酚对荧光性晚期糖基化终产物形成的抑制作用[J]. *食品科技*, 2019, 44(4): 220-224.
- (上接第 22 页)
- [45] 曹盼. 燕麦果汁复合饮料的研制[D]. 无锡: 江南大学, 2012: 31-43.
- [46] 唐美玲, 段伟文, 段振华, 等. 超高压处理对百香果—火龙果复合饮料品质的影响及杀菌工艺优化[J]. *食品与机械*, 2020, 36(2): 182-186, 236.
- [47] 凌孟硕. 苦荞麦芽—小米复合谷物饮料的工艺研究[D]. 无锡: 江南大学, 2013: 31-50.
- [48] 孔宇. 一种稳定型米乳饮料的研制[D]. 天津: 天津科技大学, 2014: 39-55.
- [49] DE SOUZA N L, BARTZ J, ZAVAREZE E R, et al. Functional, thermal and rheological properties of oat β -glucan modified by acetylation[J]. *Food Chemistry*, 2015, 178: 243-250.
- [50] 傅亮, 田利春. 均质条件与大米饮料乳化稳定性关系研究[J]. *食品与机械*, 2006, 22(3): 20-21.
- [51] NSOGNING D S, SUSANNE P, BERTRAM S, et al. Flavor of lactic acid fermented malt based beverages Current status and perspectives[J]. *Trends in Food Science and Technology*, 2016, 54: 37-51.
- [52] 郑欣瑶, 任建军. 薏米, 荞麦, 百香果复合谷物饮料的研究[J]. *农产品加工*, 2019(4): 29-31.
- [53] TAVARES M A G, LACERDA R C, RIBEIRO D D, et al. Combination of probiotic yeast and lactic acid bacteria as starter culture to produce maize-based beverages[J]. *Food Research International*, 2018, 111: 187-197.
- [54] OKUDA M. Rice used for Japanese sake making[J]. *Taylor & Francis*, 2019, 83(8): 1 428-1 441.
- [55] ANGEL A, TEODORA Y, VELITCHKA G. Oats as a matrix of choice for developing fermented functional beverages[J]. *Springer India*, 2018, 55(7): 2 351-2 360.
- [56] 孟祥勇. 糙米、大豆发芽富集 γ -氨基酸及复合谷物饮料的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2009: 11-18.
- [57] LIMITED V G B. Beverage manufacturing method using corn stubble and barley leaf; KR20150102244 [P]. 2017-02-01.