

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2019.07.042

脂肪对低脂植物蛋白饮料风味及体系稳定性的影响研究进展

Reviews of effects of fat on the flavor and system stability of low-fat plant protein beverage

孟婷婷^{1,2} 周星^{1,2} 陆振猷³ 韦步积³

MENG Ting-ting^{1,2} ZHOU Xing^{1,2} LU Zhen-you³ WEI Bu-ji³

邹汉锋³ 覃柳香³ 卢莉³ 潘冰燕³

ZOU Han-feng³ QIN Liu-xiang³ LU Li³ PAN Bing-yan³

(1. 江南大学食品科学与技术国家重点实验室, 江苏 无锡 214122; 2. 江南大学食品学院, 江苏 无锡 214122; 3. 南方黑芝麻集团股份有限公司, 广西 南宁 530022)

(1. State Key Laboratory of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China; 2. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China; 3. Nanfang Black Sesame Group Co., Ltd., Nanning, Guangxi 530022, China)

摘要:低脂植物蛋白饮料符合当前消费者对饮料绿色天然、营养、健康的要求,具有广阔的发展前景。但脂肪含量的降低对植物蛋白饮料的风味及体系稳定性将产生一系列的影响,文章综述了该领域的研究进展,并对比了现有低脂饮料产品,旨在为低脂植物蛋白饮料的研发提供新思路。

关键词:植物蛋白饮料;低脂;原料;工艺

Abstract: Plant protein beverage conforms to people's green natural and nutritional health requirements for drinks, and the low fat content of compound plant protein beverage has broad prospects for development. However, the decrease of fat content has a series of effects on the flavor and system stability of plant protein beverage. In this paper, researches on this field have been reviewed and the existing low-fat beverage products are compared, in order to provide new ideas for the research and development of low-fat plant protein beverage.

Keywords: plant protein beverage; low-fat; raw material; process

1 低脂植物蛋白饮料概述

植物蛋白饮料是以各种富含蛋白质的植物种子、果

仁为原料,经预处理、浸泡、磨浆、过滤、均质、杀菌等工序制得的乳状饮料^[1]。相较于动物蛋白,植物蛋白更为物美价廉,且植物蛋白原料中的脂类具有低胆固醇、高不饱和和脂肪酸的特点,在预防肥胖、糖尿病和心脑血管等疾病中起着积极的作用。目前,肥胖症和心脑血管等慢性疾病的患病率日益增长,这与高脂肪膳食密切相关。世界卫生组织及多个国家的膳食指南都推荐控制每日膳食中的脂肪总量,并控制来源于饱和脂肪酸的能量不超过总能量的 10%^[2]。随着人们健康意识的提高,天然、营养、低脂的植物蛋白饮料成为饮料行业发展的重要趋势之一。表 1 汇总了已报道的各种植物蛋白饮料,但何为“低脂”植物蛋白饮料却没有统一、明确的定义,如孙凯峰等^[3]研制的所谓“低脂”榛仁蛋白饮料脂肪含量达到了 3.29%;南方黑芝麻集团出品的以黑芝麻为主要原料的低脂植物蛋白饮料,为突出植物脂肪在降低血清胆固醇方面的作用,特称之为轻脂饮料。根据《食品营养标签管理规范》中的相关规定,液体产品中脂肪含量低于 1.5 g/100 mL 才可称之为低脂。因此,表 1 中在“低脂”范围的植物蛋白饮料只有 5 种。

2 植物原料中的脂肪酸组成特点

植物蛋白饮料多以植物种子为原料,这类原料不仅富含蛋白质,如黑豆的蛋白质含量高达 36.10%;同时,植物种子原料中脂肪含量也较高,黑芝麻、杏仁、花生中的脂肪含量都在 40% 以上,核桃中的脂肪含量更是高达

基金项目:国家重点研发计划(编号:2018YFC1602106)

作者简介:孟婷婷,女,江南大学在读硕士研究生。

通信作者:周星(1982—),女,江南大学副教授,博士。

E-mail: zhouxing@jiangnan.edu.cn

收稿日期:2019-04-10

表1 各种植物蛋白饮料的主要营养成分对比

Table 1 Nutritional components of various plant protein beverages %

名称	蛋白质含量	脂肪含量	可溶性固形物含量	总糖含量
大豆复合植物蛋白饮料 ^[4]	2.14±0.18	0.95±0.11	13.57±0.49	—
低脂榛仁蛋白饮料 ^[5]	1.94	3.29	10.90~11.50	—
复合谷物蛋白饮料 ^[6]	3.10	3.50	16.40	—
红小豆核桃复合植物蛋白饮料 ^[7]	≥1.00	≥2.00	≥7.50	—
开心果燕麦蛋白饮料 ^[8]	0.90	—	8.50	—
低脂花生蛋白饮料 ^[9]	2.10±0.19	0.12±0.03	—	—
松仁复合蛋白饮料 ^[10]	≥0.50	2.80	≤10.00	≤8.00
榛子蛋白饮料 ^[11]	0.59	1.72	—	—
红枣豆奶饮料 ^[12]	≥1.00	≥0.40	≥2.00	—
花生蛋白饮料 ^[13]	3.50~4.30	2.60~3.30	—	5.00~7.00
马铃薯蛋白乳饮料 ^[14]	1.37	—	14.36	6.25
荞麦豆乳饮料 1 ^[15]	1.53	0.65	11.30	5.74
荞麦豆乳饮料 2 ^[15]	3.60	1.16	12.20	6.19

58.8%(表2)。因此,如果不合理选择原料以及适当的加工工艺,植物蛋白饮料中的脂肪含量将维持在一个较高的水平。

与动物脂肪相比,植物脂肪的突出优势为不含胆固醇且不饱和脂肪酸含量高。如核桃中只含有8.54%的饱和脂肪酸,必需脂肪酸亚油酸和亚麻酸的含量都很高(表3)。亚油酸是某些生理调节物质(如前列腺素)的前体,参与胆固醇的代谢,有助于生长、发育及妊娠;亚麻酸可以在体内代谢生成EPA、DHA,能防治心血管疾病,增强机体免疫效应^[16]。但不饱和脂肪酸特别是多不饱和脂肪酸不稳定,极易受到过氧化作用产生脂质过氧化物^[17],对人体有害,也会导致油脂哈败产生不良风味,降低了产品的可食用性和商品性^[18]。制备植物蛋白饮料时,选择无酸败的植物原料,并适当降低脂肪特别是不饱和脂肪酸含量,有利于减少脂质过氧化带来的产品品质劣变。另外,脂肪是密度最高的食物营养素,过多摄入脂肪,无

论是动物脂肪还是植物脂肪,都与肥胖等能量过剩造成的疾病密切相关。因此,降低植物蛋白饮料中的脂肪含量,使其既能够发挥植物脂肪提供营养、调节血脂的有益

表2 植物蛋白饮料的常用原料营养成分表^[3]

Table 2 Nutritional composition table of common raw materials for plant protein beverages g/100 g

原料	蛋白质	脂肪	膳食纤维	碳水化合物
核桃	14.90	58.80	9.50	9.60
黑芝麻	19.10	46.10	14.00	10.00
杏仁	24.70	44.80	19.20	2.90
花生	25.00	44.30	5.50	16.00
大豆	35.10	16.00	15.50	18.60
黑豆	36.10	15.90	10.20	23.30
椰子	4.00	12.10	4.70	26.60
燕麦	15.00	6.70	5.30	61.60

表3 植物蛋白饮料的常用原料中脂肪酸组成^[3]

Table 3 Fatty acid composition in common raw materials of plant protein beverages

原料	脂肪含量/ (10 ⁻² g·g)	饱和脂肪酸/ (10 ⁻² g·g·Fatty acid)	单不饱和脂肪酸/ (10 ⁻² g·g·Fatty acid)	多不饱和脂肪酸/ (10 ⁻² g·g·Fatty acid)	亚油酸/ (10 ⁻² g·g·Fatty acid)	亚麻酸/ (10 ⁻² g·g·Fatty acid)
燕麦	6.70	19.12	40.34	40.45	38.02	2.43
黄豆	16.00	16.11	23.49	61.07	52.90	8.20
黑豆	15.90	15.54	27.70	56.76	49.20	7.40
核桃	58.80	8.54	15.66	76.16	64.00	12.20
花生	44.30	19.71	38.72	38.72	37.70	0.90
黑芝麻	46.10	14.29	37.41	47.17	46.90	0.40
牛乳	3.20	53.33	36.67	6.67	5.30	2.10
全脂乳粉	21.20	58.50	29.50	6.00	3.90	0.80

功能,又能减少不良风味、没有能量过剩的负担,是新产品开发的导向。

3 脂肪对植物蛋白饮料风味和体系稳定性的影响

摄入饱和脂肪酸过多,会危害人体的健康,如造成肥胖症、脂肪肝和心血管疾病,过多摄入不饱和脂肪酸则会增加机体氧化的风险,也不利于产品的稳定性。与此同时,脂肪作为人体所需的三大营养素之一,不仅是人体必需脂肪酸的来源和一些脂溶性维生素的载体,还能够赋予食品良好的风味、润滑的口感^[19]。因此,完全脱除脂肪不可取,而单纯降低脂肪含量会对产品的感官品质造成影响,降低消费者对产品的可接受性。脂肪对植物蛋白饮料风味和体系稳定性都将带来不同程度的影响。

3.1 脂肪对植物蛋白饮料滋味的影响

食品中的脂肪不仅表现自身的风味,也影响其他香料的浓度、持久性与平衡,这是由于脂肪能减缓风味的释放,除去或减少脂肪会破坏这种缓释的功能^[20]。随着脂肪含量下降,食品中的咸味、酸味、甜味和苦味会变得更明显^[21]。因此在高脂食品中才有的风味很难在低脂产品中表现出来。同时,脂肪还能够提供细腻顺滑的口感和光润的外观,脂肪含量的降低会造成口感粗糙、寡淡。

3.2 脂肪对植物蛋白饮料气味的影响

脂肪含量的降低会大大影响植物蛋白饮料的香味,脂肪酸作为风味前体和风味化合物在许多食品的风味形成中起着十分重要的作用^[22]。陈辰等^[23]研究指出脂肪酸通过脂肪氧合酶反应形成豆浆风味的底物,而豆腥味和油氧化风味与不饱和脂肪酸紧密相关。Lv 等^[24]也指出具有高棕榈酸,硬脂酸和油酸以及低亚油酸和亚麻酸的品种表现出较轻的豆腥味。

3.3 脂肪对植物蛋白饮料体系稳定性的影响

植物蛋白饮料是一种富含脂肪的蛋白质胶体,也是一个复杂的热力学不稳定体系,其中不只有由蛋白质形成的悬溶液,并且有由乳化脂肪形成的乳浊液,此外还有由盐、糖等形成的真溶液^[25]。在生产过程中,容易出现脂肪凝结、上浮等问题,究其原因则是植物蛋白本身的理化性质与乳液体系中各组分之间的相互作用决定的。其中脂质氧化与蛋白质氧化之间的相互作用是导致乳液体系失稳的一个重要因素,蛋白质通过与脂质、游离脂肪酸或脂质过氧化物等物质相结合,会导致蛋白质的能态发生变化,使蛋白质溶解度下降和功能性质发生改变。叶林等^[26]研究发现花生乳饮料在贮存过程中会发生脂质氧化和蛋白质氧化,并伴随乳化稳定性的下降。脂肪含量的降低必将改变植物蛋白饮料的生产工艺。

4 解决低脂植物蛋白饮料风味和体系稳定性问题的措施

4.1 低脂植物蛋白饮料所用原料的合理配比

从原料的角度,可以通过将不同脂肪含量及不同脂肪酸组成原料的合理配比达到低脂且营养均衡的目的。同时针对低脂带来的口感、香味等的损失问题,也可以调整各种成分的比例来补偿润滑口感和香气。

4.1.1 燕麦 在常见植物蛋白饮料的原料中,燕麦的脂肪含量最低且饱和脂肪酸含量相对较高。燕麦中的可溶性膳食纤维含量高于其他谷物,高达 14.0%,燕麦麸皮中的总粗纤维含量可达 27.8%^[27]。 β -葡聚糖是燕麦中主要的可溶性膳食纤维,产生的能量较少,具有降低体内胆固醇^[28]、预防糖尿病、肥胖症等功效^[29]。研究^[30]表明,水溶性膳食纤维的体积较大,复水后的体积更大,对肠道容易产生容积作用引起饱腹感,从而影响机体对食物其他成分(如碳水化合物)的消化吸收,不易产生饥饿感。因此,燕麦常被视为低脂产品的“天然宠儿”,不仅可以降低产品的脂肪含量,还可以补充膳食纤维增强保健作用。但是,燕麦也有营养缺陷,燕麦蛋白并不是完全蛋白,其赖氨酸含量相对较低(表 4)。

4.1.2 豆类 大豆脂肪含量不高,且主要为饱和脂肪酸,如亚油酸和亚麻酸。长期食用不会导致胆固醇沉积在血管壁上,能够减轻食用过多肉类等动物性食物的负担。豆类蛋白质的氨基酸组成和比例与动物蛋白质相似,接近人体需要,是一种理想的天然蛋白质补充源。在谷类食物中较为缺乏的赖氨酸在豆类中含量丰富,因此豆类宜与谷类混配食用使得营养更为全面。大豆中还含有一些功能性成分,如合成乙酰胆碱的重要物质大豆磷脂,可以增强记忆力^[32];再如能够调节人体激素水平的大豆异黄酮,能够预防乳腺癌、骨质疏松等疾病^[33]。

4.1.3 油料种子 油料种子是植物的精髓,如核桃、花生、芝麻等,均含有丰富的饱和脂肪酸、蛋白质等营养成分。除此之外,油料种子多含有有益人体健康的功能性成分。比如核桃含有褪黑素,褪黑素的减少会出现睡眠障碍和系统紊乱等症状;黑芝麻含有天然抗氧化剂——生育酚,含量高达 50.4 g/100 g;黑芝麻还含有木脂素类化合物,具有保护肝脏、调节免疫和脂质代谢、延缓衰老、对抗植物真菌和植物害虫等功能作用^[34]。因此,油料种子类原料可以调整饱和脂肪酸的含量以及氨基酸组成和比例,并提供特殊功能性效果,达到营养低脂的目的。

4.1.4 乳粉 动物蛋白的必需氨基酸种类和比例相对更接近于人体氨基酸构成的比例,更易被人体吸收和消化,调整动物蛋白的比例可以增加植物蛋白饮料的营养价值。另外,乳脂肪含有较多的短链脂肪酸,而这些短链脂肪酸蕴含浓郁的香味且易挥发,人们感受到的乳饮料的

表 4 植物蛋白饮料的常用原料中必需氨基酸的组成^[31]

Table 4 Composition of essential amino acids in common raw materials for plant protein beverages

原料	mg/100 g							
	异亮氨酸	亮氨酸	赖氨酸	蛋氨酸	苯丙氨酸	苏氨酸	色氨酸	缬氨酸
黄豆	1 853	2 819	2 237	385	1 844	1 435	455	1 726
黑豆	1 463	2 681	1 955	398	1 690	1 363	370	1 704
核桃	505	915	389	—	543	461	151	612
杏仁	923	—	730	—	1 192	716	—	—
花生	829	1 600	860	265	1 209	620	229	967
黑芝麻	715	1 314	616	574	830	718	379	979
全脂乳粉	1 046	1 543	1 523	189	987	1 161	191	1 189
燕麦	562	1 071	523	295	772	482	253	707

香浓都是源自这种脂肪。添加部分乳粉可以增进低脂植物蛋白饮料的口感与香味,还能够与植物蛋白的蛋白质形成互补。

依据世界卫生组织下设的油脂委员会和中国营养学会提出的脂肪合理配比建议,膳食中饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸的摄入比例需满足 1:1:1^[35],可以合理选择低脂植物蛋白饮料理想的原料以满足消费者低脂营养的需求。如以燕麦、大豆、油料种子、乳粉为主要原料,当其配比基本满足 2:1:1:2 时,脂肪含量较低且脂肪酸比例协调、必须氨基酸组成合理。

4.2 低脂植物蛋白饮料的生产工艺

植物蛋白饮料的加工工艺复杂,主要包括选料和预处理、浸泡和碾磨、浆液分离、加热调制、真空除臭、均质、杀菌、灌装、冷却等工序。低脂植物蛋白饮料的生产可在植物蛋白饮料一般生产工艺的基础上,选择合适的碾磨工艺和均质条件加强低脂植物蛋白饮料体系稳定性的控制;选择适当的杀菌工艺最大程度地保留香气物质,也可运用香气回收技术回添至低脂植物蛋白饮料中改善产品风味。

4.2.1 碾磨工艺 碾磨是对原料进行第一次细化的工艺。碾磨越充分,原料组织内的蛋白质及油脂析出越充分,细化颗粒有利于提高体系的稳定性。赵容钟等^[36]研制黑芝麻大豆复合饮料,采用胶体磨分别进行粗磨和细磨得到的饮料品质较好。但胶体磨对物料的性质要求较高,而且没有冷却功能的胶体磨会因高速磨制过程中温度升高影响产品风味与营养^[37]。石磨磨制过程中温度不会升高,不会破坏谷物中的抗氧化物质、多种微量元素和维生素。檀静^[38]研究发现石磨相较于胶体磨、介质磨,最大程度地保留了黑芝麻中的 V_E 。齐鹏飞^[39]对比了石磨磨制豆浆与豆浆机制豆浆,发现石磨磨制豆浆中矿物质含量和稳定性都明显优于豆浆机制豆浆。

4.2.2 均质工艺 根据 Stokes 定理,颗粒直径与沉降速度平方成正比,故细化颗粒是增加饮料悬浮稳定性的有效途径^[40]。均质正是通过减小料液中的脂肪球和蛋白质

颗粒直径、提高体系的稳定性,同时能够防止脂肪上浮、使其质地均匀细腻、口感滑爽。刘玉柱^[41]研究燕麦饮料工艺指出当均质次数 >2 次、均质压力 >25 MPa 时,粒径减小已不再明显,故本着节能的原则选取均质压力 25 MPa、均质 2 次。从表 5 目前各种植物蛋白饮料的均质条件中也可以看出,一般都采用两次均质,第 1 次均质压力约为 20~20 MPa,第 2 次均质压力约为 25~40 MPa,温度约为 75~85 °C。

表 5 各种植物蛋白饮料的均质条件

Table 5 Homogenization conditions of various plant protein beverages

品种	压力/MPa	温度/°C	次数
椰子汁	23~30	80	2
豆乳	20~25	80~90	2
花生乳	20~25/25~36	75~80	2
杏仁露	20~25/25~36	75~80	2
核桃露	19~20/30~32	60~70	2

4.2.3 存香工艺 植物蛋白饮料在杀菌和贮藏期间,存在天然风味物质损失的问题。通过采用超高温瞬时灭菌,可以最大限度地保留饮料中的风味物质及营养^[42]。还可以采用香气回收技术,如水蒸气、惰性气体及超临界二氧化碳萃取法将芳香组分萃取出来,再通过分子包埋技术添加到饮料中,可保持饮料的天然香气特性^[43]。

5 中国市场现有低脂产品的对比分析

近年来,随着人们生活水平的提高,消费需求也逐渐转向天然、营养、健康。同时,以年轻时尚为主题的低脂、零脂类饮品越来越受到行业的关注。表 6 列举了目前中国市场占有率较高的几种低脂、零脂饮品。中粮悦活和零度可口可乐这一类产品主打无糖无能量、零脂肪,但这类产品添加剂含量较高且不含其他营养成分、无法满足消费者对自然、营养的需求。与低脂乳饮料相比,低脂

表 6 市场上低脂饮料的主要配料及营养成分表

Table 6 Main ingredients and nutritional components of low-fat beverages on the market

名称	主要配料	能量/ ($10^{-2} \text{kJ} \cdot \text{mL}^{-1}$)	蛋白质/ ($10^{-2} \text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)	脂肪含量/ ($10^{-2} \text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)	碳水化合物含量/ ($10^{-2} \text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)	膳食纤维含量/ ($10^{-2} \text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)
南方黑芝麻黑黑	水、白砂糖、燕麦粉、黑芝麻酱、黑豆粉、乳粉等	198	1.2	1.0	8.0	0.6(源自燕麦)
维他奶低脂型	水、白砂糖、大豆、椰子浆等	196	1.0	1.3	7.7	—
伊利谷粒多	水、生牛乳、白砂糖、聚葡萄糖(膳食纤维)、复合芝麻粉、黑米粉、黑豆粉、青稞粉、小米粉、花生酱等	211	1.2	1.3	7.7	1.5
蒙牛黑谷粒早餐	水、生牛乳、白砂糖、黑米粉、黑芝麻粉、黑小麦粉、小米粉、黑豆粉等	216	1.44	1.88	7.2	—
光明酸牛奶饮品	水、生牛乳、果葡糖浆、白砂糖、全脂乳粉等	228	1.1	1.3	9.5	—
娃哈哈营养快线	水、白砂糖、全脂乳粉等	190	1.0	1.2	6.0	—
中粮悦活饮品	水、抗性糊精(膳食纤维)、甜菊糖苷、脱色脱酸苹果浓缩汁、柠檬浓缩汁、杀菌型植物乳杆菌乳清发酵液等	0	0.0	0.0	2.1	0.8
零度可口可乐	水、食品添加剂等	0	0.0	0.0	0.0	—

复合植物蛋白饮料的营养更加全面,配料上大多注重了动物蛋白与植物蛋白之间的互补。南方黑芝麻黑黑以燕麦、黑芝麻、黑豆为主要原料,并将脂肪含量控制在 $1.0 \text{g}/100 \text{mL}$ 。

6 展望

随着生活水平的提高,消费者对于饮料的诉求点也在逐渐发生变化,购买饮料不再为了单纯的解渴,而对饮料的风味、营养、功能性的关注越来越高。植物蛋白饮料营养丰富,通过不同蛋白之间的复配,可使其营养更加全面。植物蛋白饮料还具有一些特殊的功能成分,比如黑芝麻、黑豆富含花青素,燕麦中富含膳食纤维,能够引起饱腹感,符合当代人们对于低脂健康产品的需求。因此,高营养、低脂肪的复合蛋白质饮料具有广阔的发展前景。然而植物蛋白饮料是一个复杂的热力学不稳定体系,低脂肪造成的风味及体系稳定性等问题一直是制约其发展的主要因素,可考虑通过改善产品配方和存香工艺、添加动物蛋白和糖等增香增味,还可通过复配乳化稳定剂、二次均质、改善研磨工艺等手段进一步提高产品稳定性,以此拓宽低脂植物蛋白饮料产品的市场。

参考文献

[1] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准

化管理委员会. GB/T 10789—2015 饮料通则[S]. 北京:中国标准出版社, 2015.

- [2] VERMA A K, CHATLI M K, KUMAR D, et al. Efficacy of sweet potato powder and added water as fat replacer on the quality attributes of low-fat pork patties[J]. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2015, 28(2): 252-259.
- [3] 孙凯峰, 胡伟. 低脂榛仁蛋白饮料的研制[J]. *安徽农业科学*, 2016, 44(33): 94-98.
- [4] 沈金荣, 史梦珂, 邓泽元, 等. 大豆复合植物蛋白饮料配方优化及其理化性质[J]. *食品工业科技*, 2018, 39(2): 175-181.
- [5] 孙凯峰, 胡伟. 低脂榛仁蛋白饮料的研制[J]. *安徽农业科学*, 2016, 44(33): 94-98.
- [6] 林小琴, 杨帆仔, 钟彬林, 等. 复合谷物蛋白饮料配方工艺的研究[J]. *食品研究与开发*, 2015, 36(22): 81-85.
- [7] 郭明月, 孙连海, 张臻. 红小豆核桃复合植物蛋白饮料的最佳工艺研究[J]. *北方园艺*, 2013(13): 169-171.
- [8] 汪立成, 饶先军, 刘春梅. 开心果燕麦蛋白饮料的研制[J]. *食品与发酵科技*, 2014(3): 100-103.
- [9] 刘亚琼, 王颀, 赵松, 等. 杏鲍菇花生复合植物蛋白饮料的工艺研究[J]. *北方园艺*, 2015(4): 129-132.
- [10] 杨洋, 刘海燕, 尤凤波, 等. 松子仁复合蛋白饮料制作工艺的研究[J]. *食品工业*, 2017, 38(9): 96-98.
- [11] 河北承德露露股份有限公司. 一种榛子露饮料的加工方法:

- 中国, 201510172535.1[P]. 2015-06-24.
- [12] 曾璟, 杨永杰, 沈勇根, 等. 红枣豆奶生产工艺优化及基础配方的研究[J]. 食品工业, 2016, 37(10): 176-181.
- [13] 叶春苗. 花生蛋白饮料加工技术研究[J]. 农业科技与装备, 2017(2): 56-58.
- [14] 冯元春, 姚佳, 刘婷婷, 等. 马铃薯蛋白乳饮料的研制[J]. 食品工业, 2013, 34(12): 27-30.
- [15] 苏从毅, 王四维, 王猛, 等. 荞麦豆乳饮料的工艺与配方研究[J]. 粮食与食品工业, 2012, 19(2): 24-27.
- [16] KUMAR S R, YAMAUCHI I, NARAYAN B, et al. Squalene modulates fatty acid metabolism; Enhanced EPA/DHA in obese/diabetic mice (KK-Ay) model[J]. *European Journal of Lipid Science & Technology*, 2016, 118(12): 1 935-1 939.
- [17] MA Lei, LI Bin, HAN Fen-xia, et al. Evaluation of the chemical quality traits of soybean seeds, as related to sensory attributes of soymilk[J]. *Food Chemistry*, 2015, 173(15): 694-701.
- [18] 邵海燕, 陈杭君, 穆宏磊, 等. 坚果类食品氧化及抗氧化研究进展[J]. 中国食品学报, 2017, 17(11): 2-4.
- [19] CHANDRASEKAR V, MARTÍN-GONZÁLEZ M F S, HIRST P, et al. Optimizing microwave-assisted extraction of phenolic antioxidants from red delicious and jonathan apple pomace[J]. *Journal of Food Process Engineering*, 2015, 38(6): 571-580.
- [20] CARRAPISO A I. Effect of fat content on flavour release from sausages[J]. *Food Chemistry*, 2007, 103(2): 396-403.
- [21] 罗江钊. 糖、盐对食物偏好性影响比脂肪更大[J]. 中国食品学报, 2018, 18(1): 301.
- [22] 邓文辉, 赵燕, 李建科, 等. 游离脂肪酸在几种常见食品风味形成中的作用[J]. 食品工业科技, 2012, 33(11): 422-425.
- [23] CHEN Chen, GUO Shun-tang, LI Jing-yan, et al. Analysis on quality of soymilk processed from different soybean cultivars and evaluation model[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2018, 34(8): 291-300.
- [24] LV Yan-chun, SONG Huan-lu, LI Xin, et al. Influence of blanching and grinding process with hot water on beany and non-beany flavor in soymilk[J]. *Journal of Food Science*, 2011, 76(1): S20-S25.
- [25] 胡明明, 潘开林, 牛跃庭, 等. 植物蛋白饮料稳定性及其分析方法研究进展[J]. 食品工业科技, 2018, 39(6): 334-339.
- [26] 叶林. 花生蛋白质氧化作用及其对花生乳饮料稳定性影响研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2014: 35-42.
- [27] 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, 12(7): 24-28.
- [28] SHARMA S, SAXENA D C, RIAR C S. Effect of addition of different levels of β -glucan from minor millet on the functional, textural and sensory characteristics of cake premix and cake[J]. *Journal of Food Measurement & Characterization*, 2018, 12(75): 1-9.
- [29] TORIKI M, SCHOKKER D, DUIJSTER-LENSING M, et al. Effect of nutritional interventions with quercetin, oat hulls, β -glucans, lysozyme and fish oil on performance and health status related parameters of broilers chickens[J]. *British Poultry Science*, 2018, 59(5): 579-590.
- [30] SCHMIELE M, NUCCI MASCARENHAS M C C, CARLA D S B A, et al. Dietary fiber as fat substitute in emulsified and cooked meat model system[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2015, 61(1): 105-111.
- [31] 杨月欣, 王光亚, 潘兴昌. 中国食物成分表2002[M]. 北京: 北京医科大学, 中国协和医科大学联合出版社, 2002: 251-295.
- [32] MOJICA L, BERHOW M, MEJIA E G D. Black bean anthocyanin-rich extracts as food colorants; Physicochemical stability and antidiabetes potential[J]. *Food Chemistry*, 2017, 229(2): 628-639.
- [33] UIFALEAN A, RATH H, HAMMER E, et al. Influence of soy isoflavones in breast cancer angiogenesis; A multiplex glass ELISA approach[J]. *Journal of BUON: Official Journal of the Balkan Union of Oncology*, 2018, 23(7): 53-59.
- [34] OTHMAN S B, KATSUNO N, KANAMARU Y, et al. Water-soluble extracts from defatted sesame seed flour show antioxidant activity in vitro[J]. *Food Chemistry*, 2015, 175(4): 306-314.
- [35] 中国营养学会. 中国居民膳食营养素参考摄入量[M]. 2013版. 北京: 科学出版社, 2014: 149-214.
- [36] 赵容钟, 周雪松, 赵谋明. 黑芝麻大豆复合饮料的研制[J]. 现代食品科技, 2011, 27(6): 661-664.
- [37] KATSUNO N, FUJIMURA M, HANYA A, et al. The effects of water absorption and roasting conditions on fracture properties and internal structure of sesame seeds[J]. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 2017, 81(4): 774-778.
- [38] 檀静. 低脂芝麻酱的研制及感官风味评价的研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2018: 14-33.
- [39] 齐鹏飞. 自动石磨豆浆机的研制[D]. 保定: 河北农业大学, 2012: 2-18.
- [40] CODINATORRELLA I, GUAMIS B, ZAMORA A, et al. Microbiological stabilization of tiger nuts' milk beverage using ultra-high pressure homogenization. A preliminary study on microbial shelf-life extension.[J]. *Food Microbiology*, 2018, 69: 143-150.
- [41] 刘玉柱. 燕麦饮料工艺研究及 GSI 在其品控中的应用[D]. 天津: 天津科技大学, 2011: 8-23.
- [42] REINEKE K, SCHOTTROFF F, MENESES N, et al. Sterilization of liquid foods by pulsed electric fields: an innovative ultra-high temperature process[J]. *Frontiers in Microbiology*, 2015, 6: 400-407.
- [43] BEN AKACHA N, GARGOURI M. Microbial and enzymatic technologies used for the production of natural aroma compounds: Synthesis, recovery modeling, and bioprocesses[J]. *Food and Bioprocess Processing*, 2015, 94: 675-706.