

豆渣膳食纤维蓝莓饮料的工艺研究

倪龙*, 陈雪, 黄传燕

(四川农业大学食品学院, 雅安 625014)

摘要: **目的** 研究一种豆渣膳食纤维蓝莓饮料的工艺条件。**方法** 以新鲜豆渣为主要原料, 以保加利亚乳酸杆菌和粗壮脉纹孢菌(1:1, V:V)为发酵菌种, 利用混合发酵法提取豆渣可溶性膳食纤维(soluble dietary fiber, SDF)。通过单因素实验探讨发酵时间、菌种接种量、脱脂奶粉和白砂糖添加量以及发酵温度等因素对发酵工艺的影响, 并利用正交试验进行工艺优化。添加新鲜蓝莓汁, 以膳食纤维含量、稳定剂选择、感官评价、理化性质等指标研究豆渣可溶性膳食纤维饮料的工艺。**结果** 制备 SDF 的最佳发酵工艺为: 发酵时间 72 h, 菌种接种量 4%, 脱脂奶粉 3%, 白砂糖 0.5%, 发酵温度 32 °C。膳食纤维饮料最佳工艺配方为: 豆渣纤维 4%, 白砂糖 9%, 柠檬酸 0.15%, 复配稳定剂 0.1%(0.033%黄原胶+0.067%羧甲基纤维素钠盐)、食用香精 0.01%、维生素 C 0.02%。**结论** 该膳食纤维蓝莓饮料风味独特、口感极佳、营养成分丰富、性质稳定, 是一款适合多种人群、具有较好品质和市场的功能性保健饮料。

关键词: 豆渣; 可溶性膳食纤维; 发酵菌种; 蓝莓饮料

Study on the technology of soybean residue dietary fiber blueberry beverage

NI Long*, CHEN Xue, HUANG Chuan-Yan

(College of Food Science, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China)

ABSTRACT: Objective To study the technological conditions of a kind of soybean dregs dietary fiber blueberry beverage. **Methods** Using fresh soybean dregs as the main raw material, *Lactobacillus bulgaricus* and *Neurospora crassa* (1:1, V:V) were used as fermentation strains to extract soluble dietary fiber (SDF) from soybean dregs by mixed fermentation. The effects of fermentation time, inoculum size, skim milk powder and white sugar addition, fermentation temperature and other factors on the fermentation technology were investigated by single factor experiment, and the orthogonal experiments were used to optimize the preparation technology. Fresh blueberry juice was added to develop the technology of soluble dietary fiber beverage of soybean dregs with dietary fiber content, stabilizer selection, sensory evaluation, physical and chemical properties, etc. **Results** The optimal fermentation process for preparing SDF was: the fermentation time 72 h, the inoculum of strain 4%, the skimmed milk powder 3% and white sugar 0.5%, and the fermentation temperature 32 °C. The best formula of the dietary fiber beverage was: 4% soybean dregs fiber, 9% white sugar, 0.15% citric acid, 0.1% compound stabilizer (0.033% Xanthan gum + 0.067% CMC-Na), 0.01% food flavor, 0.02% vitamin C. **Conclusions** This dietary fiber blueberry beverage has a

基金项目: 国家级大学生创业实践计划项目(201710626054)、四川省科技苗子工程计划资助项目(2018125)、2019年省级大学生创新训练计划项目(201910626137)

Fund: Supported by National College Students Entrepreneurship Practice Planned Project (201710626054), Sichuan Science and Technology Miaozi Project Program (2018125), 2019 Provincial College Students Innovation Training Program (201910626137)

***通讯作者:** 倪龙, 主要研究方向为食品加工、食品包装。E-mail: 1550711193@qq.com

***Corresponding author:** NI Long, Sichuan Agricultural University Food College, No.46, Xinkang Road, Yucheng District, Ya'an 625014, China. E-mail: 1550711193@qq.com

unique flavor, excellent taste, rich nutrients and stable properties, and is a functional health drink suitable for a variety of people and having better quality and market.

KEY WORDS: soybean dregs; soluble dietary fiber; fermentation strain; blueberry beverage

1 引 言

近年来,随着人们生活水平的提高及保健养生等意识的增强,人们越来越注重食品的营养,饮料市场也向健康、营养的方向发展。而果汁类饮料富含多种营养物质,因此受到广大消费者的喜爱。同时人们越来越注重膳食平衡,而将膳食纤维添加到饮料里面一直是国内外发展的热点,通过研究优化提取膳食纤维,探究其作为饮料的工艺研究,改善膳食营养平衡^[1,2]。

蓝莓属于杜鹃花科,越桔属,果实呈蓝色并有一层白色果粉,果肉细腻,种子极小,清淡芳香,为一鲜食佳品,也可加工成果汁、果酒和果酱。蓝莓果实除含有糖、酸和 VC 外,还富含维生素 E、维生素 A、超氧化物歧化酶、熊果甙、花青甙等成分以及丰富的钾、铁、锌、锰等微量元素^[3],据科学研究,蓝莓果实具有防止脑神经衰老、增强心脏功能等独特功效。因此,被联合国粮农组织确定为人类 5 大健康食品之一^[4]。

豆渣是生产豆奶或豆腐过程中的副产品。豆渣含有约 20%蛋白质和 60%膳食纤维,在预防便秘、调节肠内菌群和辅助抑制肿瘤、调节血糖和血脂、控制肥胖方面具有一定效果^[5]。膳食纤维是一种不能被人体消化的碳水化合物,被看作“第七大营养素”^[6-8]。豆渣中膳食纤维大部分组分由不溶性膳食纤维(insoluble dietary fiber, IDF)组成,而膳食纤维中可溶性成分的组成比例是影响其生理功能的一个重要因素,膳食纤维中含有 30%~50%的可溶性膳食纤维(soluble dietary fiber, SDF)才是高品质膳食纤维^[9,10]。

目前由豆渣制备膳食纤维的方法很多,主要包括水提取、酶解、微生物发酵、化学试剂-酶结合法^[11-13],近年来,采用微生物发酵制备膳食纤维是一种比较新颖的方法^[14],采用微生物发酵和高压均质处理均能提高提取豆渣可溶性膳食纤维的含量^[15]。

本研究以豆渣为原料,保加利亚乳酸杆菌和粗壮脉纹孢菌作为发酵菌种^[16,17],利用微生物发酵法提取豆渣可溶性膳食纤维,使用新鲜蓝莓制成蓝莓汁浆,并添加维生素等配料,研究一种豆渣可溶性膳食纤维蓝莓饮料的工艺,制作一款风味独特、口感极佳、营养成分丰富、性质稳定的膳食纤维功能性保健饮料,该饮料含有丰富的膳食纤维,丰富了膳食纤维的多元化利用^[18],为膳食纤维饮料的研发

奠定基础并为豆渣资源二次利用提供方案。

2 材料与方 法

2.1 仪器与试剂

JJ-2 型高速组织捣碎机(江苏金坛市双捷实验仪器厂); DL-179 型破碎机(广州隆特电子有限公司); DSX-280KB24 高压蒸汽灭菌锅(上海申安医疗器械厂); APV-1000 高压均质机(北京同和友德科技有限公司)。

JY3002 电子天平(上海舜宇恒平科学仪器有限公司); JJ-2 型高速组织捣碎机(江苏金坛市双捷实验仪器厂); DL-179 型破碎机(广州隆特电子有限公司); SJ-CJ-1FD 超净工作台(苏洁医疗器械(苏州)有限公司); DSX-280KB24 高压蒸汽灭菌锅(上海申安医疗器械厂); DNP-9162 电热恒温培养箱(广州市康恒仪器有限公司); APV-1000 高压均质机(北京同和友德科技有限公司); 101-3A 电热恒温干燥箱(广州市康恒仪器有限公司); SHB-III 循环水式多用真空泵(巩义市英峪华科仪器厂)。

保加利亚乳酸杆菌、粗壮脉纹孢菌(广东微生物培养物保藏中心); 脱脂乳粉(食品级,完达山乳业股份有限公司); 白砂糖、柠檬酸、食用香精、维生素 C(食品级,上海康汀生物科技有限公司); 黄原胶、羧甲基纤维素钠盐(食品级,徐州盛益生物科技有限公司); 碳酸钠溶液、95%乙醇溶液(分析纯,成都市科龙化工试剂厂); 无菌水、蒸馏水(实验室自制)。

豆渣(新鲜,四川省雅安市); 蓝莓(新鲜,四川省雅安市吉选超市)。

2.2 豆渣可溶性膳食纤维的提取

选用保加利亚乳酸杆菌和粗壮脉纹孢菌混合发酵方法制备豆渣可溶性膳食纤维,具体包括菌种的活化、驯化、保菌、扩大培养,菌种按 1:1 体积比混合,制备豆渣混合溶液,接种发酵,调节 pH 值至中性(6.6~6.8),将溶液进行真空抽滤后,取滤液进行 95%乙醇沉淀,再次进行真空抽滤后取滤渣干燥至恒重、粉碎并通过 60 目筛,即得 SDF,以菌种接种量、发酵时间、发酵温度、脱脂奶粉和白砂糖的添加量设置单因素变量,并在此基础上设置 4 因素 3 水平 $L_9(3^4)$ 正交试验,通过系列实验确定豆渣可溶性膳食纤维提取的最佳工艺,具体见表 1 因素水平编码表。

表 1 因素水平编码表
Table 1 Factor level coding table

	A	B	C	D
水				
平	菌种接种量 /%	发酵时间 /h	发酵温度 /°C	脱脂奶粉 +白砂糖/%
1	3	48	24	3+0.5
2	4	72	28	2+1.5
3	5	96	32	1+2.5

2.3 膳食纤维饮料的生产方法

2.3.1 工艺流程

豆渣 SDF、柠檬酸、食用香精、维生素 C
↓
蓝莓→清洗去皮→烫漂→破碎→过滤→调配→均质→脱气
→杀菌→密封→成品→检验
↑
白砂糖、复配稳定剂

2.3.2 操作要点

(1) 蓝莓汁浆制备: 选择新鲜、成熟度好的原料, 用清水漂洗, 将去皮洗净切分好的蓝莓迅速投入 90~95 °C 的热水中烫漂 1~2 min, 达到灭酶护色和软化果肉组织的目的。用破碎机进行破碎, 得到蓝莓汁浆后进行粗滤。

(2) 调配: 先用适量的水将 8%~10% 白砂糖和 0.1%~0.3% 复配稳定剂溶解, 再加入 3%~5% SDF、0.1% 柠檬酸、0.01% 食用香精、0.02% 维生素 C 加热煮沸, 保持 5 min, 迅速冷却至 50 °C, 加入上述制备的果汁, 混匀。

(3) 均质: 混合后的物料在 40 MPa 下均质 2 次, 使内容物分布均匀, 具有更好的口感和稳定性^[19]。

(4) 杀菌: 采用高温短时杀菌法, 在 115 °C 条件下处理 30 s, 密封保存。

(5) 检验: 冷却后进行质量检验、菌落总数、大肠菌群检测。

2.3.3 饮料配方的确定

以 SDF、复配稳定剂、白砂糖以及柠檬酸设置单因素变量, 并在此基础上设置 4 因素 3 水平 $L_9(3^4)$ 正交试验, 通过系列实验确定膳食纤维饮料的配方, 具体见表 2 因素变量表。

表 2 单因素水平变量表
Table 2 Single factor level variable table

水	A	B	C	D
平	SDF/%	复配稳定剂/%	白砂糖/%	柠檬酸/%
1	2	0.0	7	0.00
2	3	0.1	8	0.05
3	4	0.2	9	0.10
4	5	0.3	10	0.15
5	6	0.4	11	0.20

2.4 测定方法

2.4.1 可溶性膳食纤维(SDF)提取率的测定

按照如下公式(1)计算提取率^[20]:

$$X = \frac{m_2}{m_1} \times 100\% \quad (1)$$

式中: X 为 SDF 提取率, %; m_1 为豆渣原料质量, g; m_2 为提取所得可溶性膳食纤维 SDF 质量, g。

2.4.2 饮料中膳食纤维含量的测定

按照如下公式(2)计算饮料中膳食纤维含量:

$$X = \frac{m}{v} \quad (2)$$

式中: X 为膳食纤维含量, g/mL; m 为饮料中的膳食纤维质量, g; V 为所制备的膳食纤维饮料体积, mL。

2.4.3 稳定性测定

饮料密封于常温下放置 3 个月, 观察瓶底是否有沉淀析出, 记录结果。

2.4.4 理化性质检测

通过国标方法测定饮料的甜度^[21]、酸度^[22]、粗蛋白含量^[23]、粗脂肪含量^[24]、菌落总数^[25]、大肠菌群数^[26], 评价其理化性质。

2.4.5 感官鉴定

产品杀菌密封后于 4 °C 下冷藏 72 h 后取出, 进行综合评定。由 10 名有感官评定经验的专业人员(男女比例 1:1)组成评定小组, 在感官评定室内进行综合评分, 取平均值记录感官评分结果。具体感官品质评分标准见表 3。

表 3 豆渣膳食纤维蓝莓饮料感官品质评分标准
Table 3 Sensory quality scoring standards for soybean dregs dietary fiber blueberry beverages

项目	评分标准	得分
色泽(20分)	色泽纯正均一	15~20
	局部带有杂色	8~14
	杂色深且明显	1~7
气味(20分)	香味浓郁协调	15~20
	带有少许杂味	8~14
	无香味, 带有刺激性气味	1~7
口感(20分)	酸甜可口, 无苦涩味	15~20
	口感一般, 带有苦涩味	8~14
	苦涩感极度明显, 难以下咽	1~7
甜度(20分)	甜度适中	15~20
	较甜	8~14
	过甜	1~7
酸度(20分)	酸度适中	15~20
	较酸	8~14
	过酸	1~7

3 结果与分析

3.1 SDF 提取分析

研究发现, 在豆渣可溶性膳食纤维提取的众多方法中, 微生物发酵法具有安全高效等优良特点, 并且所得 SDF 含量较高、持水力强, 同时相比于其他方法所得的 SDF, 此 SDF 没有原有豆渣中的豆腥味及其他不良气味, 可形成特殊香味^[27]。本研究利用保加利亚乳酸杆菌和粗壮脉纹孢菌的特点, 将基材中蛋白质、淀粉、多糖等杂质分解成小分子物质, 提高 SDF 纯度, 保留膳食纤维的部分生理活性, 相比之下极大程度地保留原有营养价值^[28,29]。

在单因素实验的基础上, 确定了各个因素的最佳变量之后, 进行正交实验结果分析。表 4 中 SDF 提取实验结果研究显示, 因素 B 的极差最大, 即发酵时间为影响 SDF 提取率的最主要因素。主次顺序为 $B > A > C > D$, 即发酵时间 > 菌种接种量 > 发酵温度 > 脱脂奶粉和白砂糖添加量。因此制备 SDF 的最佳发酵工艺为: 菌种接种量为 4%、

表 4 豆渣可溶性膳食纤维提取实验结果($n=3$)
Table 4 Experimental results of extraction of soluble dietary fiber from soybean dregs ($n=3$)

编号	因素				SDF 提取率/%
	A	B	C	D	
1	1(3)	1(48)	1(24)	1(3+0.5)	13.1±1.2 ^d
2	1	2(72)	2(28)	2(2+1.5)	15.9±1.0 ^{ab}
3	1	3(96)	3(32)	3(1+2.5)	14.5±0.8 ^{bcd}
4	2(4)	1	2	3	14.7±1.6 ^{bcd}
5	2	2	3	1	17.4±0.6 ^a
6	2	3	1	2	15.5±1.9 ^{ab}
7	3(5)	1	3	2	14.1±2.0 ^{cd}
8	3	2	1	3	16.2±2.3 ^{ab}
9	3	3	2	1	15.1±1.4 ^{bc}
K1	43.5	41.9	44.8	45.6	
K2	47.6	49.5	45.7	45.5	
K3	45.4	45.1	46.0	45.4	
极差 R	4.1	7.6	1.2	0.2	
因素主次	$B > A > C > D$				
最优组合	$A_2B_2C_3D_1$				

注: 同一列中不同字母的邓肯检验有显著性差异($P < 0.05$)。

发酵时间 72 h、发酵温度 32 °C、脱脂奶粉和白砂糖的添加量为 3%+0.5%, SDF 的最大提取率为 17.4%, 与已有研究相比^[16], SDF 的最佳发酵工艺得到了优化, 提取率得到了提高。

3.2 膳食纤维饮料的配方及评定

为使产品达到最佳的口感, 以可溶性膳食纤维、白砂糖、复配稳定剂及柠檬酸的添加量为评价因素, 感官评分为评价指标进行单因素试验, 在此基础上, 进行正交试验对产品的配方进行优化。

3.2.1 可溶性膳食纤维添加量对感官评分的影响

在蓝莓汁浆中加入 2%、3%、4%、5%、6%的可溶性膳食纤维, 9%的白砂糖, 0.1%的复配稳定剂, 0.1%的柠檬酸, 0.01%的食用香精, 0.02%的维生素 C 等, 加水定容至 100 mL, 灭菌处理后进行感官评分, 结果如表 5 所示。饮料的感官评分在可溶性膳食纤维添加量为 4%时最高。此时, 豆渣膳食纤维的风味能很好地融入到饮料中, 而不产生异味。

3.2.2 复配稳定剂添加量对感官评分的影响

在蓝莓汁浆中加入 4%的可溶性膳食纤维, 9%的白砂糖, 0.0%、0.1%、0.2%、0.3%、0.4%的复配稳定剂, 0.1%的柠檬酸, 0.01%的食用香精, 0.02%的维生素 C 等, 加水定容至 100 mL, 灭菌处理后进行感官评分, 结果如表 5 所示。当复配稳定剂添加量增加时, 饮料的感官评分逐渐降低。稳定剂添加过多时会导致饮料粘稠, 流动性差。而稳定剂添加过少时饮料稳定性差, 有些许浑浊^[19]。因此, 复配稳定剂添加量为 0.1%时感官评分最高, 饮料均一性高, 稳定性强, 无明显的浑浊。

3.2.3 白砂糖添加量对感官评分的影响

在蓝莓汁浆中加入 4%的可溶性膳食纤维, 7%、8%、9%、10%、11%的白砂糖, 0.1%的复配稳定剂, 0.1%的柠檬酸, 0.01%的食用香精, 0.02%的维生素 C 等, 加水定容至 100 mL, 灭菌处理后进行感官评分, 结果如表 5 所示。当白砂糖添加量为 9%时, 感官评分达到最高。当白砂糖添加量过多或者过少时都会对饮料的口感产生较大影响^[30], 使饮料的口感降低, 因此在白砂糖添加量为 9%时感官评分最高, 此时饮料的口感最佳。

3.2.4 柠檬酸添加量对感官评分的影响

在蓝莓汁浆中加入 4%的可溶性膳食纤维, 9%的白砂糖, 0.1%的复配稳定剂, 0.00%、0.05%、0.10%、0.15%、0.20%的柠檬酸, 0.01%的食用香精, 0.02%的维生素 C 等, 加水定容至 100 mL, 灭菌处理后进行感官评分, 结果如表 5 所示。当柠檬酸添加量为 0.15%时饮料的感官评分最高。柠檬酸添加量对膳食纤维蓝莓饮料的口感也有影响^[30], 适量的添加柠檬酸, 可以使制成的饮料口感清新, 但如果柠檬酸的添加量过高, 制成的饮料口感则过酸, 掩盖了饮料所

特有的风味。

表 5 各因素添加量对感官评分的影响($n=10$)

Table 5 Effect of various factors on the sensory score($n=10$)

评价因素	编号	添加量	感官评分
可溶性膳食纤维	1	2%	76±2.3 ^d
	2	3%	83±1.9 ^b
	3	4%	92±3.2 ^a
	4	5%	82±2.6 ^b
	5	6%	80±2.4 ^c
复配稳定剂	1	0.0%	80±1.9 ^c
	2	0.1%	91±2.4 ^a
	3	0.2%	83±3.1 ^b
	4	0.3%	78±1.8 ^d
	5	0.4%	73±2.8 ^c
白砂糖	1	7%	80±1.8 ^d
	2	8%	84±2.6 ^b
	3	9%	90±3.4 ^a
	4	10%	82±2.8 ^c
	5	11%	78±2.5 ^c
柠檬酸	1	0.00%	75±1.8 ^d
	2	0.05%	84±2.3 ^c
	3	0.10%	87±2.6 ^b
	4	0.15%	90±3.1 ^a
	5	0.20%	85±2.7 ^c

注: 同一列中不同字母的邓肯检验有显著性差异($P < 0.05$)。

3.2.5 饮料配方正交优化试验

分别以可溶性膳食纤维添加量、白砂糖添加量、复配稳定剂的选用和添加量、柠檬酸的添加量为影响因素, 以研究各因素对感官评分的影响(固体物质均以质量分数计), 通过正交试验确定最佳的饮料配方, 正交试验方案和结果如表 6 所示。

表 6 结果表明, 豆渣膳食纤维蓝莓饮料配方的各影响因素对饮料感官的影响大小顺序为: $C > A > B > D$, 即白砂糖 $>$ SDF $>$ 稳定剂 $>$ 柠檬酸, 最优组合 $A_2B_1C_2D_3$ 得分为 94 分, 此 4 个因素的最优组合是可溶性膳食纤维添加量 4%、稳定剂添加量 0.1%、白砂糖添加量 9%、柠檬酸 0.15%, 相比之下, 白砂糖与 SDF 对饮料感官影响与之相同, 而稳定剂对饮料感官影响有所提升^[9], 这样制得的豆渣膳食纤维蓝莓饮料在色泽、气味、口感、甜度及酸度方面上均较理想。

表 6 豆渣膳食纤维蓝莓饮料实验结果($n=3$)

Table 6 Experimental results of soybean dregs dietary fiber blueberry beverage ($n=3$)

编号	因素				感官评分/%
	A	B	C	D	
1	1(3)	1(0.1)	1(8)	1(0.05)	75±2.3 ^g
2	1	2(0.2)	2(9)	2(0.10)	81±1.8 ^e
3	1	3(0.3)	3(10)	3(0.15)	87±3.2 ^d
4	2(4)	1	2	3	94±1.5 ^a
5	2	2	3	1	85±2.4 ^d
6	2	3	1	2	82±1.5 ^b
7	3(5)	1	3	2	90±3.0 ^f
8	3	2	1	3	79±2.6 ^e
9	3	3	2	1	88±1.7 ^b
K1	243	259	236	248	
K2	261	245	263	253	
K3	257	257	262	260	
极差 R	18	14	27	12	
因素主次					$C > A > B > D$
最优组合					$A_2B_1C_2D_3$

注: 同一列中不同字母的邓肯检验有显著性差异($P < 0.05$)。

3.3 测定结果

3.3.1 膳食纤维提取率

选用保加利亚乳酸杆菌和粗壮脉纹孢菌混合微生物发酵, 其中新鲜豆渣原料质量 $m_1=20$ g, 经提取所得豆渣可溶性膳食纤维质量 $m_2=3.48$ g, 由公式计算所得可溶性膳食纤维提取率为 17.4%。

3.3.2 饮料中膳食纤维的含量

饮料中的膳食纤维质量 $m=4.0$ g, 所制备的膳食纤维饮料体积 $V=100$ mL, 由公式计算所得饮料中膳食纤维含量为 4 g/100 mL, 相比已有研究^[1], 该饮料膳食纤维含量与之相当, 含量较为合理。

3.3.3 稳定剂选择

表 7 结果表明, 复配使用后稳定剂的效果有所改善, 同时复配稳定剂的比例及用量对成品的稳定性均有较大影

响, 其中使用 0.033%黄原胶及 0.067%羧甲基纤维素钠盐时效果最好, 密封在室温下放置 3 个月无沉淀和分层现象, 该膳食纤维饮料稳定性好。

表 7 稳定剂对成品稳定性的影响
Table 7 Effect of stabilizers on the stability of finished products

稳定剂种类	用量/%	稳定性
黄原胶	0.1	+
	0.2	+
	0.3	+
	0.05+0.05	++
CMC-Na	0.1	+
	0.2	+
	0.3	+
	0.033+0.067	+++
黄原胶+CMC-Na	0.025+0.075	++
	0.1+0.1	+

表 8 豆渣膳食纤维蓝莓饮料理化性质
Table 8 Physicochemical properties of soybean dregs dietary fiber blueberry beverage

项目	甜度/%	酸度/%	膳食纤维含量/(g/100 mL)	粗蛋白含量/%	粗脂肪含量/%	菌落总数/(CFU/mL)	大肠菌群数/(CFU/100 mL)
指标	5.670	0.452	4	1.246	0.354	86	30

艺, 提取率为 17.4%。以提取的膳食纤维为基础, 研究了一种豆渣可溶性膳食纤维蓝莓饮料的工艺, 结果表明, 当豆渣纤维为 4%、白砂糖为 9%、柠檬酸为 0.15%、复配稳定剂为 0.1%(0.033%黄原胶+0.067%CMC-Na)、食用香精为 0.01%、维生素 C 0.02%时, 可获得一种甜度、酸度适中、风味独特、口感极佳、营养成分丰富、性质稳定、适合多种人群饮用、具有较好品质和市场的功能性保健饮料, 该饮料膳食纤维含量为 4 g/100 mL, 大肠菌群数为 30 CFU/100 mL, 菌落总数为 86 CFU/mL, 各项指标均符合国家标准。该饮料的开发为膳食纤维开发奠定基础, 解决豆渣资源二次利用问题。

参考文献

[1] 李华丽, 魏仲珊, 罗玉, 等. 发酵法生产可溶性膳食纤维乳饮料的工艺

续表 7

稳定剂种类	用量/%	稳定性
黄原胶+CMC-Na	0.067+0.133	+
	0.05+0.15	+
	0.15+0.15	+
	0.1+0.2	+
	0.075+0.225	+

注: “+”表示有少量的沉淀, “++”表示有轻微的分层, “+++”表示没有沉淀和分层, 以上数据都是在室温(约 20~30 °C)放置 7 d 后观察所得。

3.4 膳食纤维饮料的理化性质

如表 8 所示, 该膳食纤维饮料甜度、酸度适中, 富含多种营养成分, 理化性质稳定, 各项指标符合国家标准。

4 结论

本研究对豆渣可溶性膳食纤维的提取及饮料的工艺进行了研究分析。膳食纤维提取实验研究表明, 当发酵时间为 72 h, 菌种接种量为 4%, 脱脂奶粉为 3%, 白砂糖为 0.5%, 发酵温度为 32°C时, 可得 SDF 的最佳发酵提取工

研究[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(15): 139-145.

Li HL, Wei ZS, Luo Y, *et al.* Study on the technology of producing soluble dietary fiber milk beverage by fermentation [J]. Food Res Dev, 2016, 37 (15): 139-145.

[2] Hajmohammadi A, Pirouzifard MK, Shahedi M, *et al.* Enrichment of a fruit-based beverage in dietary fiber using basil seed: Effect of carboxymethyl cellulose and gum tragacanth on stability [J]. LWT-Food Sci Technol, 2016, 74: 84-91.

[3] 李亚东, 张志东, 吴林. 蓝莓果实的成分及保健功能[J]. 中国食物与营养, 2002, 17(1): 27-28.

Li YD, Zhang ZD, Wu L. Blueberry fruit ingredients and health functions [J]. Food Nutr China, 2002, 17(1): 27-28.

[4] 顾娟, 贺善安. 蓝浆果与蔓越桔[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001.

Gu Y, He SA. Blue berries and cranberries [M]. Beijing: China Agriculture

- Press, 2001.
- [5] Brownlee IA, Chater PI, Pearson JP, *et al.* Dietary fibre and weight loss: Where are we now? [J]. *Food Hydrocoll*, 2016, 8: 186–191.
- [6] Liao Q, Jiang SZ, Cao X, *et al.* Research progress on the factors affecting pregnant saws utilization of dietary fiber [J]. *Feed Rev*, 2017, 7: 23–25.
- [7] 张永芳. 芹菜中膳食纤维的提取工艺研究[J]. *饮料工业*, 2017, 20(2): 46–50.
- Zhang YF. Study on the extraction technology of dietary fiber from celery [J]. *Bever Ind*, 2017, 20(2): 46–50.
- [8] 商龙臣, 李晶, 李斌. 膳食纤维饱腹感的研究进展[J]. *食品安全质量检测学报*, 2018, 9(2): 372–379.
- Shang LC, Li J, Li B. Research progress on satiety of dietary fiber [J]. *J Food Saf Qual*, 2018, 9(2): 372–379.
- [9] Cassidy YM, Mcosrley EM, Allsopp PJ. Effect of soluble dietary fibre on postprandial blood glucose response and its potential as a functional food ingredient [J]. *J Funct Foods*, 2018, 46: 423–439.
- [10] 康芳芳, 杨伟, 芦菲, 等. 豆渣品质改良技术研究进展[J]. *食品工业科技*, 2016, 37(2): 374–378.
- Kang FF, Yang W, Lu F, *et al.* Research progress of soybean dregs quality improvement technology [J]. *Food Ind Sci Technol*, 2016, 37(2): 374–378.
- [11] Zhou XL, Xie GF, He J, *et al.* Optimization of soluble dietary fiber preparation technology from roxburgh rose pomace by fermentation [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2018, 1: 108–112.
- [12] 丁小娟, 孟满, 赵泽伟, 等. 发酵法制取刺梨果渣膳食纤维工艺优化及其特性分析[J]. *食品工业科技*, 2018, 39(7): 102–106.
- Ding XJ, Meng M, Zhao ZW, *et al.* Process optimization and characteristics analysis of dietary fiber from *Rosa roxburghii* fruit residue by fermentation [J]. *Food Ind Sci Technol*, 2018, 39(7): 102–106.
- [13] 姜竹茂, 陈新美, 缪静. 从豆渣中制取可溶性膳食纤维的研究[J]. *中国粮油学报*, 2001, (3): 52–55.
- Jiang ZM, Chen XM, Miao J. Study on the preparation of soluble dietary fiber from soybean dregs [J]. *Chin J Cere Oil*, 2001, (3): 52–55.
- [14] 闵钟燧, 贾笑雨, 解铁民, 等. 微生物发酵法提取米糠粕中可溶性膳食纤维的研究[J]. *中国酿造*, 2017, 36(8): 53–56.
- Min ZX, Jia XY, Xie TM, *et al.* Study on extraction of soluble dietary fiber from rice bran meal by microbial fermentation [J]. *China Brew*, 2017, 36(8): 53–56.
- [15] 林德荣, 涂宗财, 阮榕生, 等. 提高大豆膳食纤维中可溶性成分的方法[J]. *粮食加工*, 2008, 33(5): 39–41.
- Lin DR, Tu ZC, Ruan RS, *et al.* Methods for improving soluble components in soybean dietary fiber [J]. *Food Proc*, 2008, 33(5): 39–41.
- [16] 赵泰霞, 朱杏玲. 微生物发酵法提取大豆渣膳食纤维的研究[J]. *武夷学院学报*, 2016, 35(3): 18–22.
- Zhao TX, Zhu XL. Study on the extraction of dietary fiber from soybean dregs by microbial fermentation [J]. *J Wuyi Univ*, 2016, 35(3): 18–22.
- [17] 涂宗财, 林德荣, 刘成梅, 等. 粗壮脉纹孢菌发酵制备高活性膳食纤维的研究[J]. *食品与发酵工业*, 2008, 34(4): 68–70.
- Tu ZC, Lin DR, Liu CM, *et al.* Study on the preparation of high-activity dietary fiber by fermentation of *Streptomyces robustus* [J]. *Food Ferment Ind*, 2008, 34(4): 68–70.
- [18] Lin S, Chi W, Hu J, *et al.* Sensory and nutritional properties of chinese olive pomace based high fibre biscuit [J]. *Emirat J Food Agric*, 2017, 29(7): 495–501.
- [19] 冯丹, 江连洲, 李杨. 豆渣膳食纤维饮料生产工艺的研究[J]. *食品工业*, 2013, 34(11): 38–41.
- Feng D, Jiang LZ, Li Y. Study on the production technology of dietary fiber beverage from soybean dreg [J]. *Food Ind*, 2013, 34(11): 38–41.
- [20] 姚顺宇, 王春霞. 发酵型豆渣纤维饮料的研制[J]. *饮料工业*, 2014, (3): 29–33.
- Yao SY, Wang CX. Development of fermented soybean dregs fiber beverage [J]. *Bever Ind*, 2014, (3): 29–33.
- [21] GBT 10782-2006 食品安全国家标准 食品中总糖含量的测定[S].
GBT 10782-2006 National food safety standard-Determination of total sugar content in food [S].
- [22] GB/T 12456-2008 食品安全国家标准 食品中总酸的测定[S].
GB/T 12456-2008 National food safety standard-Determination of total acid in food [S].
- [23] GB 5009.5-2016 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定[S].
GB 5009.5-2016 National food safety standard-Determination of protein in food [S].
- [24] GB 5009.6-2016 食品安全国家标准 食品中脂肪的测定[S].
GB 5009.6-2016 National food safety standard-Determination of fat in food [S].
- [25] GB 4789.2-2016 食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定[S].
GB 4789.2-2016 National food safety standard-Food microbiological test-Total number of colonies [S].
- [26] GB 4789.3-2016 食品安全国家标准 食品微生物学检验 大肠菌群计数[S].
GB 4789.3-2016 National food safety standard-Food microbiology test-Coliform count [S].
- [27] 谢欢, 涂宗财, 张露, 等. 黑曲霉发酵制备高可溶性膳食纤维豆渣工艺优化及其水合性质研究[J]. *中国粮油学报*, 2017, 32(4): 116–121.
- Xie H, Tu ZC, Zhang L, *et al.* Process optimization and hydration properties of high soluble dietary fiber soybean residue prepared by *Aspergillus niger* fermentation [J]. *Chin J Cere Oil*, 2017, 32(4): 116–121.
- [28] 裴纪莹, 陈蕾蕾, 王未名, 等. 发酵法制备高品质膳食纤维的研究进展[J]. *中国食物与营养*, 2010, (6): 24–27.
- Qiu JY, Chen LL, Wang WM, *et al.* Progress in the preparation of high-quality dietary fiber by fermentation [J]. *Food Nutr China*, 2010, (6): 24–27.
- [29] 任志青, 邓泽元, 宋沥文, 等. 通过粗壮脉纹孢菌发酵改善豆粕营养结构的研究[J]. *食品工业科技*, 2016, 37(12): 222–225.
- Ren ZQ, Deng ZY, Song LW, *et al.* Study on improving the nutrient

structure of soybean meal by fermentation of *Vesicularia robusta* [J]. *Food Ind Sci Technol*, 2016, 37(12): 222-225.

[30] 骆嘉原, 常晨, 孙瑶, 等. 香菇可溶性膳食纤维饮品的研制[J]. *中国酿造*, 2017, (3): 182-187.

Luo JY, Chang C, Sun Y, *et al.* Development of soluble dietary fiber beverage for shiitake mushroom [J]. *China Brew*, 2017, (3): 182-187.

(责任编辑: 韩晓红)

作者简介



倪 龙, 主要研究方向为食品加工、食品包装。

E-mail: 1550711193@qq.com