

植物乳杆菌发酵米糠粕多糖分析及 发酵饮料的制备

曹秀娟^{1,2},熊 犍¹,刘 倩²,张晓琳²

(1. 华南理工大学 轻工与食品学院,广东 广州 510641;2. 国家粮食局科学研究院,北京 100037)

摘要:利用植物乳杆菌对米糠粕水提液进行发酵,研究发酵前后米糠粕水提液中米糠多糖的含量、单糖组成以及抗氧化能力的变化。结果表明,发酵72 h后米糠多糖含量降低了25.74%,单糖组成与发酵前相比葡萄糖含量显著下降,在抗氧化能力方面,发酵72 h时2 mg/mL米糠多糖对DPPH·自由基清除率为73.26%,1 mg/mL米糠多糖对·OH自由基清除率为100%,EC₅₀值分别降低46.55%和21.05%,抗氧化能力明显提高。此外还利用该植物乳杆菌发酵米糠粕水提液制备饮料,对饮料的糖酸含量及稳定剂配比进行优化,发现37℃发酵72 h后于4℃后熟48 h,使用9%的白砂糖和0.02%柠檬酸调节糖酸,0.037 5%的CMC-Na与0.037 5%黄原胶复配使用作为稳定剂时,产品感官最佳,稳定性最好,为米糠粕的深加工利用提供了新的思路和方法。

关键词:米糠粕;植物乳杆菌;米糠多糖;抗氧化性;饮料

中图分类号:TS 210.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1007-7561(2015)05-0091-06

Analysis of rice bran polysaccharides fermented by *Lactobacillus plantarum* and preparation of the beverage

CAO Xiu-juan^{1,2}, XIONG Jian¹, LIU Qian², ZHANG Xiao-lin²

(1. College of Light Industry and Food Science, South China University of Technology,

Guangzhou Guangdong 510641; 2. Academy of State Administration of Grain, Beijing 100037)

Abstract: The water extract of rice bran meal was fermented by *Lactobacillus plantarum* in order to study the changes in the content of rice bran polysaccharides, monosaccharide composition and antioxidant ability of the water extract before and after fermentation. The results showed that after fermentation for 72 h, the content of rice bran polysaccharides were decreased by 25.74% and the percent of the glucose in polysaccharides was decreased significantly; the clearance rate of free radical, such as DPPH· and ·OH, can reach 73.26% with 2 mg/mL rice bran polysaccharide and 100% with 1 mg/mL rice bran polysaccharide, respectively; EC₅₀ values were decreased by 46.55% and 21.05% respectively; antioxidant ability was significantly increased. Besides, water extract of rice bran meal was fermented by *Lactobacillus plantarum* to produce a kind of beverage. The optimum craft parameters of the beverage were: fermentation temperature 37℃, fermentation time 72 h, after-ripening temperature 4℃, after-ripening time 48 h, white granulated sugar 9%, citric acid 0.02%, CMC-Na 0.037 5%, and xanthan gum 0.037 5%. This product provides a novel approach for development and utilization of rice bran meal.

Key words: rice bran meal; *Lactobacillus plantarum*; rice bran polysaccharides; oxidation resistance; beverage

米糠是稻谷加工的主要副产物之一,含有多种

营养成分,被誉为“天赐营养源”^[1]。米糠经浸出、脱脂处理后得到的脱脂米糠称为米糠粕,米糠粕含有50%以上的膳食纤维,20%~30%的淀粉,20%左右的蛋白质以及10%左右的植酸钙,蛋白质和膳食纤维含量较高,并且与米糠相比保质期更长。米糠

收稿日期:2015-04-10

基金项目:中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金课题(ZX1503)

作者简介:曹秀娟,1989年出生,女,福建人,硕士研究生。

通讯作者:张晓琳,1974年出生,女,甘肃人,研究员。

多糖是米糠粕中一类重要的生物活性物质,具有抗肿瘤、提高免疫力、降血糖和降脂等功效^[2]。研究表明米糠多糖的功效与其结构有着重要的关系,天然米糠多糖中某些组分由于分子量大、溶解度小、活性糖基未暴露等原因并不能很好地发挥免疫调节、抗肿瘤的作用,因此通常需要经过一定的物理、化学或生物方法修饰来提高米糠多糖的生物活性。植物乳杆菌(*Lactobacillus plantarum*)是一类重要的乳酸菌,发酵代谢产物中含有多种氨基酸、微生物和蛋白酶,具有免疫调节、拮抗细菌、降低胆固醇含量等生理功能,在食品发酵、生物防腐、医疗保健等方面具有广阔的应用前景^[3]。

目前国内外对于米糠多糖的研究多集中于天然米糠多糖的物理化学提取方法和活性分析,对于米糠多糖的生物改性、改性后的活性研究及实际应用研究较少。本研究利用一株植物乳杆菌发酵米糠粕水提液,研究了发酵前后米糠多糖的含量、单糖组成和比例,以及其对·OH自由基、DPPH·自由基清除能力的变化,探讨乳酸菌发酵过程中米糠多糖的变化规律,同时制备米糠粕乳酸菌发酵饮料,对糖酸含量及稳定剂配比进行优化,探索米糠粕的新型应用方向。

1 材料与方 法

1.1 实验材料与试剂

原料:米糠粕,由黑龙江某米厂提供。菌种:植物乳杆菌 LP-Z01,实验室保藏菌种。

主要试剂:水杨酸、硫酸亚铁、白砂糖、羧甲基纤维素钠(CMC-Na)、黄原胶、果胶、海藻酸钠、三氟乙酸、盐酸羟胺、无水吡啶、无水乙醇、过氧化氢,上海生工生物工程有限公司;肌醇、1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH),美国Sigma公司; α -淀粉酶(3750 U/g)、糖化酶(100 000 U/mL),枣庄市杰诺生物酶有限公司。

1.2 主要仪器设备

氮吹仪,英国Stuart公司;气相色谱仪6820(配带氢火焰离子化检测器),安捷伦公司;真空离心浓缩干燥机DL-L400,北京鼎国昌盛生物技术有限责任公司;Lambda35紫外/可见分光光度计,美国PerkinElmer公司;多功能酶标仪Synergy HT,美国Bio-tek公司。

1.3 实验方法

1.3.1 米糠粕水提液的制备

米糠粕与水料液比1:10(g/mL),在微波功率

400 W下辐射2 min后,100℃下提取20 min,冷却至60℃。加入1%的 α -淀粉酶和0.2%的糖化酶处理4 h,于100℃煮沸10 min灭活,4 000 r/min离心20 min取上清,灭菌备用。

1.3.2 植物乳杆菌发酵米糠粕水提液

将植物乳杆菌LP-Z01接种于7 mL MRS肉汤培养基中,37℃摇床培养48 h,以3%接种量转接于100 mL MRS肉汤培养基中,37℃摇床培养12 h。以3%接种量接种于米糠粕水提液,37℃摇床培养。

1.3.3 米糠多糖的提取和含量测定

将发酵液于4 000 r/min离心20 min,上清液经胃蛋白酶除蛋白质后加入4倍体积无水乙醇,4℃沉淀24 h,4 000 r/min离心20 min,沉淀进行冷冻干燥,采用苯酚硫酸法测定多糖含量^[4]。

1.3.4 米糠多糖的单糖组分分析

糖和盐酸羟胺在吡啶中加热反应会生成糖脎,加入乙酸酐后在加热条件下继续反应会生成具有挥发性的糖脎乙酸酯衍生物,因此可利用气相色谱对多糖组成进行分析,按照参照文献进行处理检测^[5]。

1.3.5 发酵前后米糠多糖体外抗氧化活性测定

1.3.5.1 清除DPPH·自由基的测定

取一定量的米糠多糖配成浓度梯度为0.25、0.50、1.00、1.50和2.00 mg/mL的检测溶液,并以相同浓度的Vc水溶液作为阳性对照,采用DPPH自由基清除法测定其抗氧化能力^[6]。

1.3.5.2 清除·OH自由基的测定

取一定量的米糠多糖配成浓度梯度为0.05、0.10、0.25、0.50和1.00 mg/mL的溶液,并以相同浓度的Vc水溶液作为阳性对照,采用水杨酸法测定其抗氧化能力^[7]。自由基清除率计算公式如下:

$$\text{自由基清除率}/\% = [1 - (\text{样品吸光值}/\text{空白吸光值})] \times 100$$

自由基清除率越高,说明其抗氧化能力越强。EC₅₀指的是自由基清除率为50%的多糖或Vc溶液的浓度,EC₅₀越小,抗氧化能力越强。

1.3.6 发酵饮料的制备工艺

制备工艺流程为:发酵液→后熟→离心→调配→杀菌→成品。

1.3.6.1 后熟及离心

按1.3.2制备发酵液,37℃条件下培养72 h后取出冷却,4℃下后熟48 h,然后于3 000 r/min离心15 min取上清,即为米糠粕发酵饮料原液。

1.3.6.2 调配

选用白砂糖和柠檬酸对发酵饮料进行糖酸调配。分别按 0、2%、4%、6%、7%、8%、9%、10% 的比例向发酵饮料原液中加入白砂糖,按 0、0.01%、0.02%、0.03%、0.05%、0.07%、0.10% 的比例添加柠檬酸,以感官评定为指标确定口感适宜的白砂糖及柠檬酸添加量。确定糖酸的添加量后,选用黄原胶、CMC-Na、海藻酸钠、琼脂等常见稳定剂进行单一和复配实验,观察组织状态,获得最佳稳定剂。

1.3.6.3 杀菌

将调配好的发酵液于 95℃、25 min 条件下进行杀菌处理,杀死有害微生物,使各种成分进一步混匀。

1.3.7 米糠粕发酵饮料的感官指标

选出 10 名饮料感官评价员,并将这 10 位训练好的评价员组成感官评定小组,随机编码样品,按表 1 对样品进行感官评定。

产品评价论域:当对食品进行感官评定时,往往选择几个最能反映该产品优劣的指标记为论域 U。本评定确定产品的质量由外观、香味和口感构成, $U = (\text{外观 香味 口感})$ 。

权重集:外观、香味和口感的权重分别为外观 0.35、香味 0.20、口感 0.45,记为 $A = (a_1, a_2, a_3) = (0.35, 0.20, 0.45)$,其中 $a_1 + a_2 + a_3 = 1$ 。

评语等级论域:对每个因素的评价分优、良、中、差四个等级, $V = (\text{优 良 中 差})$ 。

米糠乳酸发酵饮料的感官指标见表 1。

表 1 米糠乳酸发酵饮料的感官评定参考指标

等级	分值	外观	香味	口感
优	90	均匀乳黄色,色泽协调,无沉淀	香味浓郁,有糠香味	细腻,爽口,粘度适中
良	80	颜色较淡,色泽协调,少许沉淀	香味稍淡,无异味	有少量颗粒状,口感较好
中	70	色泽不协调,很多沉淀	香味淡,稍有异味	有较多颗粒状,口感较差
差	60	色泽极不协调,极多沉淀	无香味,异味大	有大量颗粒状,口感极差

如果对一个样品的评价中,对产品的外观有 5 人认为优,3 人认为良,1 人认为中,1 人认为差,则得到 $A_{\text{外观}} = (0.5 \ 0.3 \ 0.1 \ 0.1)$;香味有 2 人认为优,6 人认为良,2 人认为中,0 人认为差,则 $A_{\text{香味}} = (0.2 \ 0.6 \ 0.2 \ 0)$;口感有 1 人认为优,3 人认为良,4 人认为中,2 人认为差,则 $A_{\text{口感}} = (0.1 \ 0.3 \ 0.4 \ 0.2)$,将上面得到的三个因素评定结果写成一个矩

阵, $R = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.3 & 0.1 & 0.1 \\ 0.2 & 0.6 & 0.2 & 0 \\ 0.1 & 0.3 & 0.4 & 0.2 \end{bmatrix}$,根据模糊变换的

原理: $Y = A * R$,所以该样品综合的评价结果为: Y

$$= (0.35, 0.20, 0.45) \begin{bmatrix} 0.5 & 0.3 & 0.1 & 0.1 \\ 0.2 & 0.6 & 0.2 & 0 \\ 0.1 & 0.3 & 0.4 & 0.2 \end{bmatrix} =$$

$(0.26 \ 0.36 \ 0.255 \ 0.125)$ 。对单值化模糊向量进行比较排序,将优、良、中、差 4 个等级依次赋值 90、80、70、60。将 Y 中各个量分别乘其相对应的分值,再加和,最后得到感官评定值。即该样品的感官评定值为: $0.26 \times 90 + 0.36 \times 80 + 0.255 \times 70 + 0.125 \times 60 = 77.55$ 。

1.3.8 米糠粕乳酸发酵饮料的理化指标

1.3.8.1 蛋白质含量的测定

按照 AACC (2000, 10th ed.) 46 - 11A^[8],采用凯氏定氮法测定蛋白质含量。

1.3.8.2 酸度测定

采用 NaOH 滴定法^[9]。

1.3.8.3 乳酸测定

根据酶膜反应原理,采用生化分析仪测定。

1.3.8.4 总固形物及总糖含量测定

采用手持式糖度计测定。

1.3.8.5 pH

用 pH 计测定。

1.3.9 饮料稳定性测定

采用离心沉淀法测定饮料的稳定性^[10]。

1.3.10 贮藏稳定性的测定

取优化工艺制备的发酵饮料 45 瓶,每瓶 100 mL,分别放置在不同温度下(4、20、37℃)贮藏,不同时间测定饮料各指标(pH 值、固形物含量、总酸度及稳定程度)的变化情况,并观察产品外观。

2 结果与分析

2.1 发酵前后米糠多糖含量及单糖组成变化

由表 2 可以看出,水提液中米糠多糖含量由发酵前的 1.40 mg/mL 降至发酵后的 1.00 mg/mL,降低 25.74%,同时发酵前后米糠多糖的单糖组成比例也发生了变化,发酵后米糠多糖中葡萄糖含量明显下降,推测可能是乳酸菌在生长代谢中产生的葡萄糖苷酶对米糠多糖进行了水解,这也造成了多糖总量的下降。

表 2 发酵前后米糠多糖含量及单糖组成的对比

发酵时间/h	米糠多糖含量 / (mg/mL)	米糠多糖的单糖组成及摩尔比
0	1.40	葡萄糖:阿拉伯糖:半乳糖:甘露糖:木糖 = 2.04:0.38:0.61:0.39:0.16
72	1.00	葡萄糖:阿拉伯糖:半乳糖:甘露糖:木糖 = 0.43:0.09:0.35:0.14:0.32

2.2 发酵前后米糠多糖的抗氧化活性

2.2.1 米糠多糖对 DPPH· 自由基清除作用

实验结果表明(图1),在实验浓度范围内,发酵前后的米糠多糖对 DPPH· 自由基的清除率都随着多糖浓度的上升而提高;在相同浓度下,发酵后米糠多糖对 DPPH· 自由基的清除率均高于未发酵的米糠多糖,并且发酵 72 h 以内,随着发酵时间的延长,米糠多糖对 DPPH· 自由基的清除率逐步提高,当浓度为 2.00 mg/mL 时,发酵 72 h 的米糠多糖对 DPPH· 自由基的清除率为 73.26%。对清除曲线进行方程拟合,获得 EC₅₀ 值。发酵 72 h 时,米糠多糖的 EC₅₀ 值最小,为 0.62 mg/mL,比发酵前的 EC₅₀ 值(1.16 mg/mL)减小了 46.55%,清除能力显著提高。

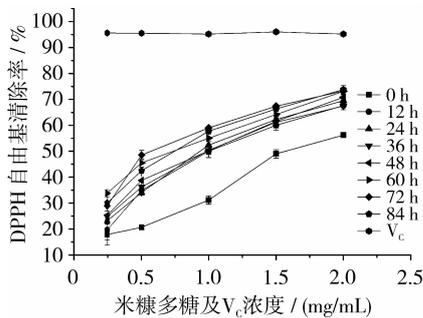


图1 米糠多糖及 V_c 对 DPPH· 的清除效果

2.2.2 米糠多糖对 ·OH 自由基的清除作用

由图2可知,在实验浓度范围内,发酵前和发酵后的米糠多糖对 ·OH 自由基的清除率都随着多糖浓度的上升而提高,在相同浓度下,发酵后米糠多糖对 ·OH 自由基的清除率均高于未发酵的米糠多糖,并且随着发酵时间的延长,米糠多糖对 ·OH 自由基的清除率也在逐步提高。发酵 72 h 后的米糠多糖在浓度为 1 mg/mL 时,其 ·OH 自由基清除率

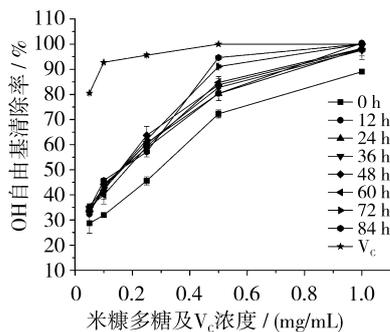


图2 米糠多糖及 V_c 对 OH· 的清除效果

与 V_c 相当,接近 100%。对清除曲线进行方程拟合,获得 EC₅₀ 值,发现发酵 72 h 时米糠多糖的 EC₅₀ 最小,为 0.30 mg/mL,与发酵前的 EC₅₀ 值(0.38 mg/mL)相比降低了 21.05%,清除能力有所提高。自由基与衰老、肿瘤、心血管疾病、炎症等生理现象紧密相关^[11-12],发酵后米糠多糖表现出良好的清除自由基的能力,这也提示该多糖可在生物体防衰老、抗肿瘤和抗炎等方面发挥作用。

2.3 发酵前后蛋白质、乳酸含量、pH 和酸度的变化

对水提液发酵前后的蛋白质、乳酸、pH 和酸度进行测定,由表3可知,发酵后,蛋白质含量下降,而乳酸含量上升、酸度升高且 pH 值下降,说明乳酸菌在米糠粕水提液中生长代谢产生了大量的乳酸。

表3 发酵前后蛋白质、乳酸、pH 和酸度的变化

发酵时间 /h	蛋白质 /%	酸度 /°T	pH	乳酸含量 / (mg/mL)
0	0.88	16.00	6.50	0.01
72	0.70	140.00	3.20	4.80

2.4 米糠粕发酵饮料的制备

根据上文的检测结果,发酵 72 h 时植物乳杆菌米糠粕发酵液中蛋白质含量为 0.7%,符合乳酸菌饮料卫生标准蛋白质含量指标要求(GB 16321—2003)。此外,乳酸含量大大提高,且与发酵前相比,发酵后米糠多糖对 DPPH· 自由基和 ·OH 自由基清除能力分别比发酵前上升了 46.55% 和 21.05%,抗氧化能力明显提高,因此可考虑利用发酵液开发一种优良的保健饮料,为米糠粕的深加工利用提供新的思路和方法。

2.4.1 白砂糖和柠檬酸添加量对米糠粕发酵饮料的感官影响

实验选择 0~10% 的白砂糖用量进行调配,并对调配后的饮料进行感官评定。结果如图 3a 所示,白砂糖添加量在 9% 时感官最佳。在白砂糖添加量为 9% 的基础上,选择 0~0.10% 的柠檬酸用量对饮料进行调配,结果如图 3b 所示,柠檬酸添加量在 0.02% 时感官最佳。

2.4.2 米糠粕发酵饮料稳定剂的选择

稳定剂可以使饮料产品长时间保持刚制成时的均匀稳定状态,根据文献报道,本实验选取黄原

胶、CMC - Na、琼脂等常见稳定剂,以9%的白砂糖和0.02%的柠檬酸调配的植物乳杆菌米糠粕发酵液(72 h)为对象,进行单一和复配的稳定剂实验^[13]。

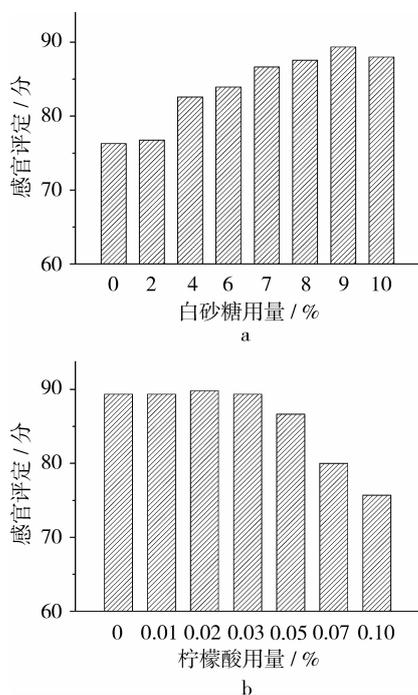
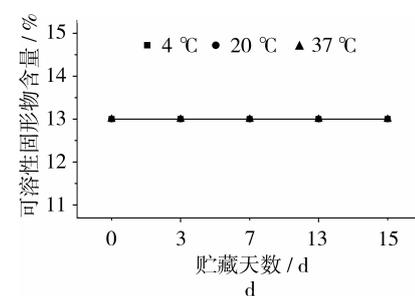
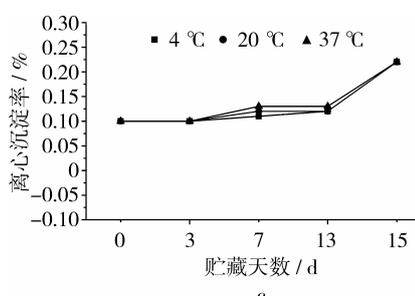
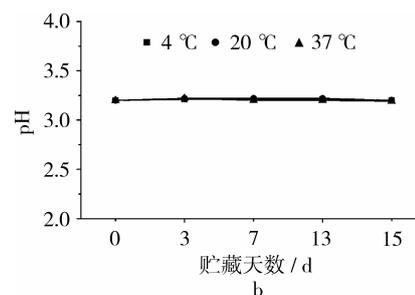
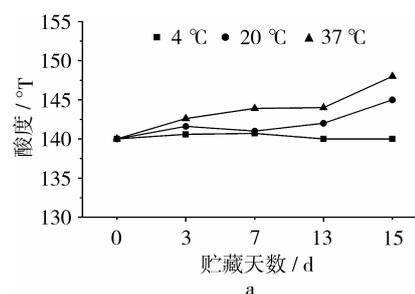


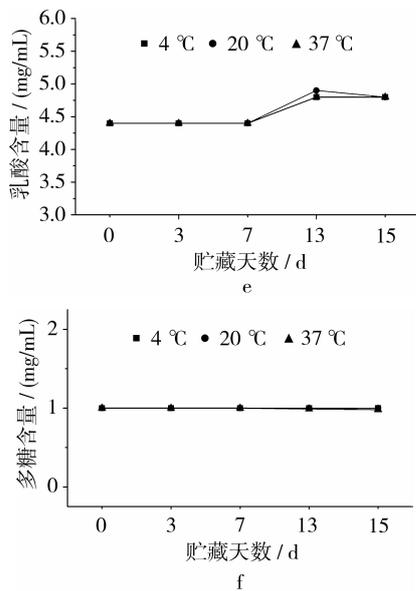
图3 不同白砂糖和柠檬酸添加量米糠粕发酵饮料的感官评定

表4 不同稳定剂对米糠乳酸发酵饮料稳定性的影响

方案	稳定剂种类	用量/%	组织状态(4℃放置)
1	海藻酸钠	0.037 5	迅速沉淀,分层
2	海藻酸钠	0.075 0	迅速沉淀,分层
3	黄原胶	0.037 5	放置15 d 分层
4	黄原胶	0.075 0	放置15 d 不分层 (20℃下放置6 d 不分层)
5	CMC - Na	0.037 5	放置3 d 分层,底部有沉淀
6	CMC - Na	0.075 0	放置3 d 分层,底部有沉淀
7	琼脂	0.037 5	迅速分层,底部有沉淀
8	琼脂	0.075 0	迅速分层,底部有沉淀
9	黄原胶 + CMC - Na	0.037 5 + 0.037 5	放置15 d 不分层,质地均匀 (20℃下放置15 d 不分层)
10	黄原胶 + 琼脂	0.037 5 + 0.037 5	放置15 d 不分层,质地均匀 (20℃下放置6 d 稍有分层)
11	CMC - Na + 琼脂	0.037 5 + 0.037 5	迅速分层
12	果胶	0.037 5	放置5 d,稍有分层
13	果胶	0.075 0	放置6 d,稍有分层
14	果胶 + CMC - Na	0.037 5 + 0.037 5	放置6 d 不分层 (20℃下放置3 d 稍有分层)
15	果胶 + 黄原胶	0.037 5 + 0.037 5	放置15 d 不分层 (20℃下放置6 d 稍有分层)
对照组	(不加稳定剂)	0	放置3 d,底部有沉淀

由表4可知,实验选用的稳定剂除方案1、2、7、8和11外,对米糠乳酸发酵饮料的稳定性均有一定作用,其作用大小与用量呈正相关。海藻酸钠和琼脂的稳定效果最差,0.037 5%黄原胶 + 0.037 5% CMC - Na对饮料的稳定效果最佳,可能是由于复合稳定剂具有协同作用。将含有9%白砂糖、0.02%柠檬酸和0.037 5%黄原胶 + 0.037 5% CMC - Na复配稳定剂的米糠粕乳酸菌发酵饮料分别在4、20、37℃条件下贮藏不同天数,其pH值、酸度、可溶性固形物含量、离心沉淀率、乳酸含量和多糖含量变化均不显著,饮料体系稳定程度较好,具有较好的贮藏稳定性(见图4)。





a 酸度变化; b pH 变化; c 离心沉淀率变化; d 可溶性固形物含量变化; e 乳酸含量变化; f 多糖含量变化。

图4 不同贮藏温度和时间下米糠粕发酵饮料的理化指标

3 结论

利用植物乳杆菌发酵米糠粕水提液,研究发酵前后米糠多糖变化。实验结果表明,发酵72 h后水提液中米糠多糖含量降低25.74%,单糖组成与发酵前相比葡萄糖含量显著下降,但在抗氧化能力方面,发酵72 h时2 mg/mL米糠多糖对DPPH·自由基清除率为73.26%,此时EC₅₀值为0.62 mg/mL,比发酵前减小了46.55%,发酵72 h时1 mg/mL米糠多糖对·OH自由基清除率为100%,此时EC₅₀为0.30 mg/mL,比发酵前降低了21.05%,抗氧化能力明显提高。利用该植物乳杆菌米糠粕发酵液制备饮料,产品工艺为发酵72 h后4 °C下后熟48 h,使用9.00%的白砂糖和0.02%柠檬酸调节糖酸,0.037 5%的CMC-Na与0.037 5%黄原胶复配使用作为稳定剂,获得的产品具有良好的风味和稳定性。

发酵后的米糠多糖较发酵前具有更强的抗氧化能力,不仅可作为一种高效低廉的天然抗氧化剂用于食品工业,而且还可用于预防癌症、心血管疾病、炎症等疾病,具有广泛的应用前景。制备的米糠粕乳酸饮料含有一定量的米糠多糖和蛋白质,具有独特的米糠清香味和独特的发酵风味,口感清爽、酸甜适宜、营养丰富、成本较低,是一种优良的保健饮料,具有巨大的市场潜力。

参考文献:

[1] Parrado J, Miramontes E, Jover M, et al. Prevention of brain Protein and lipid oxidation elicited by a water-soluble oryzanol enzymatic extract derived from rice bran [J]. European Journal of Nutrition,

2003,42(6):307-314.

[2] 熊俐,杨跃寰.米糠深加工技术的研究进展[J].四川理工学院学报(自然科学版),2009,22(5):79-81.
 [3] 马利华,秦卫东,陈学红.乳酸菌的发酵条件及其对牛蒡抗氧化性的影响[J].中国食品添加剂,2010(4):77-82.
 [4] NY-T 1676-2008,食用菌中粗多糖含量的测定[S].
 [5] 李小定,荣建华,吴谋成.灰树花多糖粗品及各级分中单糖组成的气相色谱法测定[J].食品科学,2003,24(4):110-112.
 [6] Amarowicz R, Nacz M, Shahidi F. Antioxidant activity of various fractions of non-tannin phenolics of canola hulls [J]. J Agric Food Chemistry, 2000, 48(7):2755-2759.
 [7] 杨方美,王林,胡秋辉.鼠尾藻多糖的制备及其抗氧化活性[J].食品科学,2005,26(2):224-227.
 [8] AACC(2000,10th ed.)46-11. A Improved Kjeldahl Method, Copper Catalyst Modification [S].
 [9] 于稳稳,吴晖,郭亚鹏,等.乳酸菌种混合发酵研制大米饮料的工艺研究[J].现代食品科技,2012,28(1):69-73.
 [10] 吴文平.不同稳定剂对活性乳酸菌饮料的稳定性研究[J].食品研究与开发,2012,33(6):105-108.
 [11] Deshmukh S R, Wadegaonkar P A. Expression of antioxidant enzymes in suspension cultures of Morinda citrifolia L. and their effect on antioxidant activity [J]. J Pharm Res, 2012, 5(10):4983-4986.
 [12] 魏丕伟,熊俐,王凌云,等.枳椇多糖体外抗氧化活性研究[J].江苏农业科学,2014,42(7):316-319.
 [13] 赵旭.米糠乳酸发酵饮料的工艺研究[J].粮食加工,2014,39(3):66-68. ☉

欢迎订阅《现代面粉工业》

《现代面粉工业》杂志创刊于1987年,系国内面粉工业技术类专刊,中国粮食行业协会小麦分会会刊。杂志畅销于海内外。

主要栏目:制粉技术、制粉设备、面制品及专用粉、品质监控、深度加工及综合利用、原料及添加剂、市场动态、企业管理等。

《现代面粉工业》国内外公开发行,中国标准连续出版物号:CN 32-1798/TS ISSN 1674-5280。双月刊(逢双月15日出版),大16开,56页,国内定价8元/期,全年48元。

邮发代号:28-343,全国各地邮局均可订阅,本社常年办理邮购业务。海外发行:中国国际图书贸易集团有限公司,代号:Q1804。

现代面粉工业杂志社

地址:南京市中山北路101号 邮编:210009

电话:025-86637098

传真:025-83309207 E-mail:xdmfgy@163.com

Http://www.flourmilling.com.cn

邮发代号:28-343