

乳酸菌发酵对苦荞芽苗饮料品质和营养成分的影响

Effects of Lactobacillus fermentation on the quality and
nutrient of tartary buckwheat seedling beverage

李俊^{1,2} 卢阳^{1,2} 刘永翔^{1,2} 刘辉^{1,2}

LI Jun^{1,2} LU Yang^{1,2} LIU Yong-xiang^{1,2} LIU Hui^{1,2}

(1. 贵州省农业科学院食品加工研究所, 贵州 贵阳 550006; 2. 贵州省薯类工程研究中心, 贵州 贵阳 550006)

(1. Food Processing Institute of Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Guiyang, Guizhou 550006, China;

2. Potato Engineering Research Center of Guizhou Province, Guiyang, Guizhou 550006, China)

摘要:为确定较优的乳酸菌发酵菌种,向苦荞芽苗饮料中接种保加利亚乳杆菌、嗜热链球菌和植物乳杆菌进行发酵,比较发酵过程中饮料感官评分、乳酸菌活菌数、总糖、还原糖、总酸、总蛋白、总黄酮、芦丁、槲皮素、山奈酚-3-O-芸香糖苷等营养成分的变化。结果表明,乳酸菌能够较好地生长在苦荞芽苗饮料中生长,植物乳杆菌的发酵活性较其他 2 种乳酸菌高,且植物乳杆菌和保加利亚乳杆菌混合发酵有一定的协同作用,得到的产品感官评分最高。不同乳酸菌发酵造成饮料液中总糖和还原糖含量下降,发酵 48 h 后总糖含量最多下降了 24.8%,还原糖含量最多下降了 34.2%。植物乳杆菌在发酵 48 h 产酸量最多,嗜热链球菌产酸能力最弱。饮料液中的蛋白质被乳酸菌作为氮源利用,发酵 48 h 后其总蛋白含量最多降低了 58.6%。乳酸发酵对芦丁基本没有影响,但会造成槲皮素和山奈酚-3-O-芸香糖苷少量分解。

关键词:乳酸菌;苦荞芽苗;品质;营养成分

Abstract: Bulgarian Lactobacillus, *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus plantarum* were inoculated into tartary buckwheat seedling beverage for fermentation, and the changes of sensory score, number of live Lactobacillus, total sugar, reducing sugar, total acid, total protein, total flavone, rutin, quercetin and kaempferol 3-rutinoside were compared for the better lactic acid bacteria fermentation strains. The results showed that Lactobacillus

could grow well in tartary buckwheat seedling beverage, and the fermentation activity of *L. plantarum* was higher than that of the other two lactobacilli, and the mixed fermentation of *L. plantarum* and *L. bulgaricum* had synergistic effect, and the product sensory score was the highest. The contents of total sugar and reducing sugar in beverage decreased due to the fermentation of different Lactobacillus. After the fermentation for 48 h, the total sugar content decreased by 24.8% at most and reducing sugar content by 34.2% at most. *L. plantarum* produced the largest amount of acid at fermentation for 48h, while *S. thermophilus* produced the weakest acid. Protein in beverage was used by Lactobacillus as nitrogen source, and the total protein content decreased by up to 58.6% after fermentation for 48 h. Lactic acid fermentation had little effect on rutin, but it caused a small amount of decomposition of quercetin and kaempferol 3-rutinoside.

Keywords: Lactobacillus; tartary buckwheat seedling; quality; nutritional ingredient

乳酸菌(*Lactobacillus*)是指能够发酵葡萄糖产生乳酸的细菌的总称,目前已发现的这类菌至少有 20 多个属^[1]。乳酸菌具有协调人体肠道菌群的比例、控制病原菌、减少感染、降低胆固醇、增强免疫力、改善乳糖不耐症、抗辐射等一系列作用^[2-3]。目前,与乳酸菌相关的发酵奶制品、活菌冻干粉等产品已经被广大消费者接受,但乳酸菌发酵乳制品中高胆固醇含量和消费者中存在的乳糖不耐受现象成为了乳酸菌发酵奶制品的两个弊端。近年来,随着消费者对健康的关注度越来越高,对非牛乳的乳酸菌发酵产品的需求也越来越大,非牛乳乳酸菌饮料的开发也逐渐成为研究的热点。袁金祥^[4]以山药为原料,保加利亚乳杆菌、嗜热链球菌、乳酸乳球菌为发酵剂,通过护色、糖化、发酵等工艺条件的筛选和优化,研制出一种纯山药的乳酸菌发酵饮料。徐安书等^[5]以优质茎瘤芥叶子原汁和胡萝卜汁为原料,嗜热链球菌、植物乳

基金项目:成都大学-农业部杂粮加工重点实验室开放课题项目(2017 年度);贵州省农业科技攻关项目(编号:黔科合 NY[2013]3017 号);贵州省荞麦工程技术研究中心子课题项目(编号:黔科合农 G 字[2015]4003-B1 号);贵州省博士基金(编号:黔科合基础[2017]1180);贵州省农业科学院农科院青年基金(编号:黔农科院青年基金[2017]26 号)

作者简介:李俊,男,贵州省农科院食品加工研究所助理研究员,硕士。

通信作者:刘辉(1986—),男,贵州省农科院食品加工研究所副研究员,博士。E-mail:wtl505@126.com

收稿日期:2018-07-20

杆菌和嗜酸乳杆菌为菌种,研制出了灭菌型和活菌型2种蔬菜汁复合乳酸菌发酵饮料。

苦荞(*Fagopyrum tataricum*)是一种重要的小宗杂粮作物和药食同源植物,含有蛋白质、淀粉、脂肪、维生素、矿物质、膳食纤维、不饱和脂肪酸、植物甾醇、*D*-手性肌醇等,营养素含量丰富,比例均衡^[6-7]。利用苦荞发酵,已经开发出苦荞醋、苦荞酸奶及苦荞酒等各种特色保健食品^[8-10]。但现阶段关于乳酸菌发酵对苦荞制品中营养成分的影响尚未见报道。本试验拟通过乳酸菌发酵制成苦荞芽苗饮料,并研究发酵过程对苦荞芽苗饮料品质和营养成分的影响,以期阐明苦荞中的营养物质在发酵过程中的动态变化,为苦荞制品的开发提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

苦荞籽粒:贵米苦18号,由贵州师范大学荞麦产业技术研究中心提供,在25℃、相对湿度80%条件下萌发8~10 d制取萌发苦荞芽苗;

苦荞茶:贵州省威宁县东方神谷有限责任公司;
保加利亚乳杆菌、嗜热链球菌、植物乳杆菌:广东省微生物菌种保藏中心;

芦丁、槲皮素、山奈酚、山奈酚-3-*O*-芸香糖苷、牛血清蛋白标准品:美国Sigma公司;

果葡糖浆、黄原胶、羧甲基纤维素钠(CMC-Na)、海藻酸钠:食品级,加福得食品(北京)有限公司;

乙醇、亚硝酸钠、硝酸铝、氢氧化钠、3,5-二硝基水杨酸、无水亚硫酸钠、苯酚、酒石酸钾钠、盐酸、酚酞、考马斯亮蓝-G250、磷酸:分析纯,天津市富宇精细化工有限公司;

所用为超纯水。

1.2 仪器与设备

超高效液相色谱仪:1290型,配二极管阵列检测器,美国Agilent公司;

高速破壁调理机:JYL-Y92型,九阳股份有限公司;
均质机:BRS-200型,安徽博进化工机械有限公司;

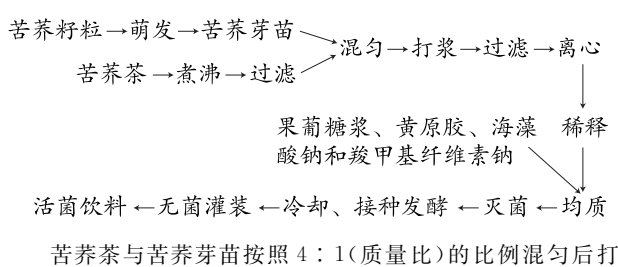
立式压力蒸汽灭菌器:YXQ-LS型,上海博迅实业有限公司;

电热恒温水浴锅:HHS型,上海博迅实业有限公司;
分析天平:CP213型,奥豪斯仪器有限公司;

紫外可见分光光度计:UV-2102C型,尤尼科上海仪器有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 苦荞芽苗茶饮料加工工艺流程



浆,用4层纱布过滤杂质后,在4 000 r/min离心5 min,按照1:10(体积比)的比例加入纯净水进行稀释,然后添加1%的果葡糖浆、0.06%的黄原胶、0.08%的羧甲基纤维素钠(CMC-Na)、0.05%的海藻酸钠,均质后在121℃条件下灭菌5 min,然后按0.6%的菌剂添加量接种乳酸菌(保加利亚乳杆菌、嗜热链球菌、植物乳杆菌),37℃发酵24 h后无菌灌装,即为苦荞芽苗活菌饮料。饮料置于4℃冰箱中12 h后测定各项指标。

1.3.2 指标测定

- (1) 感官评定:参照文献[11]。
- (2) 总酸度测定:按GB/T 12456—2008《食品中总酸的测定》的酸碱滴定法(以乳酸计)执行。
- (3) 乳酸菌含量测定:按GB 4789.2—2016《食品微生物学检验 菌落总数测定》执行。

以上每个样品均重复3次试验。

1.3.3 总黄酮含量测定 采用亚硝酸钠—硝酸铝比色法^[12]。以芦丁溶液浓度为横坐标*X*,吸光值为纵坐标*Y*,制作标准曲线为: $Y = 0.318\ 6X + 0.002$, $R^2 = 0.999\ 1$ 。取饮料液1 mL,按照上述步骤进行操作,所有样品都平行测定3次,取 A_{510} 的平均值,根据标准曲线计算相应的总黄酮含量(mg/mL)。

1.3.4 总糖和还原糖含量测定 参照程柳等^[13]的方法,绘制葡萄糖标准曲线。以葡萄糖溶液浓度为横坐标(*X*),吸光值为纵坐标(*Y*),制作标准曲线为: $Y = 0.033\ 1X - 0.019\ 3$, $R^2 = 0.999\ 3$ 。

(1) 还原糖样品测定:取饮料液1 mL,按照标准曲线步骤进行操作。

(2) 总糖样品测定:取饮料液5 mL,加入6 mol/L的HCl溶液10 mL和蒸馏水15 mL,混匀,在沸水浴中加热30 min后,用碘化钾—碘溶液检查水解程度。待水解完全后,冷却,加入酚酞指示剂0.2 mL,以6 mol/L的NaOH溶液中和至溶液呈酚酞变色,定容至50 mL,即为总糖待测样品。取待测液1 mL,按照标准曲线步骤进行操作。

所有样品都平行测定3次,取 A_{489} 的平均值,根据标准曲线计算相应的总糖和还原糖含量(mg/mL)。

1.3.5 总蛋白含量测定 采用考马斯亮蓝G-250法^[14]。以蛋白溶液浓度为横坐标(*X*),吸光值为纵坐标(*Y*),制作标准曲线为: $Y = 0.005\ 7X + 0.006\ 4$, $R^2 = 0.998\ 8$ 。取饮料液2 mL,按照上述步骤进行操作,所有样品都平行测定3次,取 A_{595} 的平均值,根据标准曲线计算相应的总蛋白含量(μg/mL)。

1.3.6 不同黄酮组分分析 根据文献[15],修改如下:取芦丁、山奈酚-3-*O*-芸香糖苷、槲皮素和山奈酚4种对照品适量,精密称定,置棕色量瓶中,加甲醇制成每100 mL分别含芦丁100 mg,山奈酚-3-*O*-芸香糖苷50 mg,槲皮素20 mg及山奈酚20 mg的混合溶液,摇匀,作为混合对照品溶液。取5.0 mL饮料,置具塞锥形瓶中,加入75%乙醇50 mL,超声30 min,水浴蒸干,加甲醇溶解并定容至10 mL,摇匀,过滤,即得供试品溶液。色谱条件:Hypersil BDS C₁₈(250 mm×4.6 mm,5 μm)色谱柱;流动相:甲醇(A):0.1%磷酸溶液(B)=55:45(体积比);检测波长355 nm。柱温30℃;进样

量 5 μL 。

1.4 数据处理

采用 Origin(Version 8.6)进行作图,采用 SPSS(Version 17.0)进行统计学分析。

2 结果与分析

2.1 乳酸菌发酵对苦荞芽苗饮料感官品质的影响

从图 1 中可以看出,随着发酵时间的延长,感官评分先缓慢升高后迅速降低,植物乳杆菌在发酵时间为 24 h 时感官评分达到最大值(93.50 ± 0.46),保加利亚乳杆菌在发酵时间为 30 h 时感官评分达到最大值(91.20 ± 0.62),嗜热链球菌在发酵时间为 36 h 时感官评分达到最大值(89.10 ± 0.28),说明 3 种乳酸菌及混合发酵都能使产品的风味更佳,且植物乳杆菌发酵效果最好,混菌发酵时保加利亚乳杆菌+植物乳杆菌(1:1)的感官评分最高(95.10 ± 0.71),说明保加利亚乳杆菌和植物乳杆菌发酵过程中有一定的协同作用,使产品的风味更好。

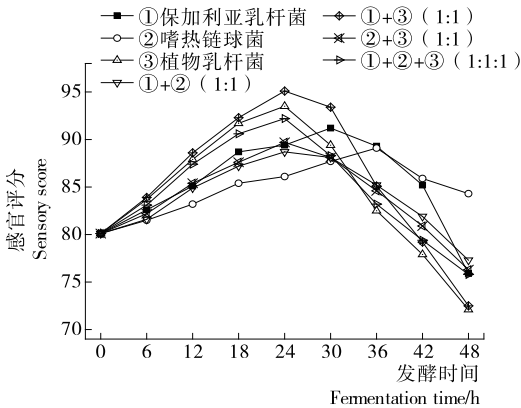


图 1 不同乳酸菌发酵对感官评分的影响

Figure 1 Effects of different lactobacillus fermentation on sensory score

2.2 苦荞芽苗饮料中乳酸菌活菌数的测定

从图 2 可以看出,发酵 24 h 之前,3 种乳酸菌迅速增殖,处于对数生长期,发酵超过 24 h 后,乳酸菌含量趋于稳定,进入稳定期,36 h 后,乳酸菌含量开始缓慢下降,可能是乳酸菌开始进入衰老期,或者饮料液中营养成分消耗过多,不能满足乳酸菌继续增殖,与陈晓维等^[16]报道的结果一致。在发酵 24 h 时,植物乳杆菌发酵液中乳酸菌含量最高,达到 1.17×10^7 CFU/mL,嗜热链球菌中乳酸菌含量最低,达到 3.90×10^6 CFU/mL,说明苦荞芽苗饮料中营养丰富,适合乳酸菌生长。

2.3 乳酸菌发酵对苦荞芽苗饮料中总糖和还原糖含量的影响

由图 3 可以看出,随着发酵时间延长,3 种乳酸菌及混菌发酵液中总糖含量均逐渐降低,在发酵 24 h 前,总糖含量降低的速度较缓慢,在 24~30 h 时,总糖含量下降迅速,此时菌种正处于稳定期,活菌数达到最高,所以糖利用的速度最快,此后随着糖含量降低以及菌种老化,糖分解的速度逐渐

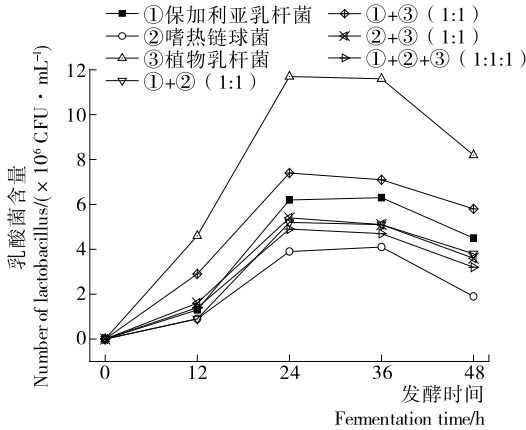


图 2 不同乳酸菌发酵的活菌数

Figure 2 The number of live bacteria fermented by different lactobacillus

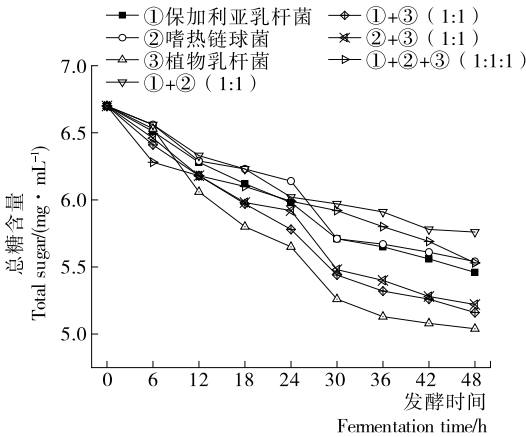


图 3 不同乳酸菌发酵对总糖含量的影响

Figure 3 Effects of different lactobacillus fermentation on total sugar

变缓。由图 4 可以看出,3 种乳酸菌及混菌发酵液中还原糖含量均呈下降趋势,在发酵过程中,植物乳杆菌中还原糖含量下降最快,保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌发酵液中还原糖含量下降较慢,且混菌发酵液中还原糖含量下降趋势相近。发酵 48 h 后总糖含量最多下降了 24.8%,还原糖含量最多下降了 34.2%。

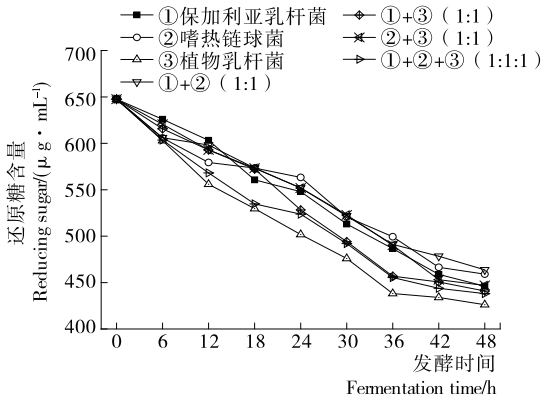


图 4 不同乳酸菌发酵对还原糖含量的影响

Figure 4 Effects of different lactobacillus fermentation on reducing sugar

2.4 乳酸菌发酵对苦荞芽苗饮料中总酸含量的影响

从图 5 可以看出,苦荞芽苗饮料初始总酸含量为(0.14±0.02) μg/mL,随着发酵时间延长,不同乳酸菌发酵液中总酸含量均呈升高趋势,其中植物乳杆菌产酸能力最强,在发酵 48 h 产酸量最多,达到(4.26±0.16) μg/mL,嗜热链球菌产酸能力最弱,为(3.06±0.15) μg/mL,说明植物乳杆菌将苦荞芽苗饮料中糖转化为酸的能力较其他 2 种乳酸菌更强,植物乳杆菌在苦荞芽苗饮料中的适应性更好。

2.5 乳酸菌发酵对苦荞芽苗饮料中总蛋白含量的影响

从图 6 可以看出,苦荞芽苗饮料初始总蛋白含量为(33.96±0.25) μg/mL,随着发酵时间延长,不同乳酸菌发酵液中总蛋白含量均呈下降趋势,可能是乳酸菌将饮料液中的蛋白质作为生长用的氮源,导致其不断分解。植物乳杆菌分解能力最强,其增殖能力也较其他 2 种乳酸菌较高,发酵 48 h 后总蛋白含量降低了 58.6%。保加利亚乳杆菌、嗜热

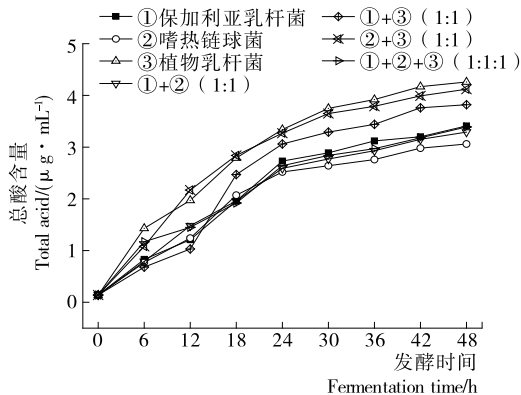


图 5 不同乳酸菌发酵对总酸含量的影响

Figure 5 Effects of different lactobacillus fermentation on total acid

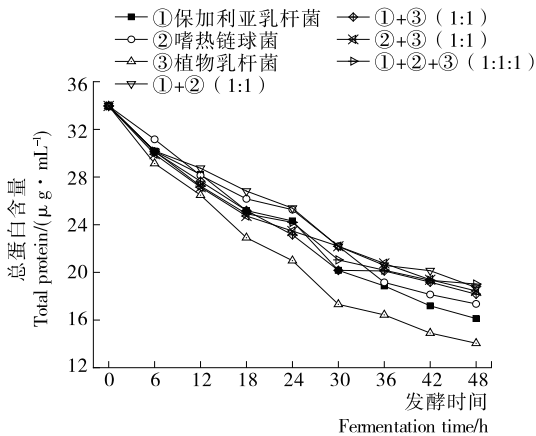


图 6 不同乳酸菌发酵对总蛋白含量的影响

Figure 6 Effects of different lactobacillus fermentation on total protein

链球菌及混菌发酵的总蛋白降低趋势基本相近,嗜热链球菌的分解能力最弱,保加利亚乳杆菌次之。

2.6 乳酸菌发酵对苦荞芽苗饮料中黄酮含量的影响

由表 1 可知,经过 3 种乳酸菌发酵 48 h 后,保加利亚乳杆菌发酵液中总黄酮含量下降了 3.9%,嗜热链球菌发酵液中总黄酮含量下降了 4.4%,植物乳杆菌发酵液中总黄酮含量下降了 5.0%,下降并不显著,发酵并未造成苦荞芽苗饮料中总黄酮含量显著降低。采用高效液相色谱法对苦荞芽苗饮料中含量最高的 4 种黄酮类物质芦丁、槲皮素、山奈酚-3-O-芸香糖苷、山奈酚含量进行测定,其中山奈酚在苦荞芽苗饮料中未检出,其他 3 种成分在发酵前含量分别为(84.5±2.1),(11.3±0.9),(7.9±0.4) μg/mL。随着发酵时间的延长,3 种乳酸菌发酵液中芦丁含量基本保持稳定,说明发酵对芦丁并未造成影响,槲皮素含量均有不同程度降低,其中

表 1 不同乳酸菌发酵对黄酮类物质的影响

Table 1 Effects of different lactobacillus fermentation on flavonoids

菌种	发酵时间/h	芦丁/(μg · mL ⁻¹)	槲皮素/(μg · mL ⁻¹)	山奈酚-3-O-芸香糖苷/(μg · mL ⁻¹)	总黄酮/(μg · mL ⁻¹)
保加利亚乳杆菌	0	84.5±2.1	11.3±0.9	7.9±0.4	120.6±1.9
	12	84.2±1.7	10.6±0.7	7.1±0.4	120.3±3.1
	24	84.5±2.2	9.4±0.7	6.5±0.7	118.7±2.7
	36	83.7±2.6	8.7±0.2	6.0±0.9	116.4±2.9
	48	84.1±1.1	8.5±0.8	5.9±0.2	115.9±1.5
嗜热链球菌	0	84.5±2.1	11.3±0.9	7.9±0.4	120.6±1.9
	12	84.4±1.6	10.9±0.4	6.4±0.8	119.4±2.4
	24	84.1±1.6	8.7±0.3	6.0±0.5	119.1±3.8
	36	84.5±1.7	7.9±0.7	5.8±0.9	117.6±3.1
	48	84.0±2.2	7.5±0.8	5.2±0.9	115.3±1.6
植物乳杆菌	0	84.5±2.1	11.3±0.9	7.9±0.4	120.6±1.9
	12	84.1±1.8	9.7±1.1	6.8±0.3	118.2±4.2
	24	84.2±2.5	9.1±0.9	6.1±0.8	117.7±2.9
	36	84.4±2.0	7.3±0.5	5.7±0.7	115.3±2.3
	48	84.1±1.9	6.9±0.8	5.5±0.5	114.6±1.7

植物乳杆菌发酵液中槲皮素降解最多,发酵 48 h 后含量为 $(6.9\pm0.8)\text{ }\mu\text{g/mL}$,可能是发酵使槲皮素分解为其他成分。发酵对山奈酚-3-O-芸香糖苷含量也有一定的影响,发酵 48 h 后,嗜热链球菌发酵液中的含量最低,为 $(5.2\pm0.9)\text{ }\mu\text{g/mL}$ 。因此,乳酸菌发酵会造成苦荞芽苗饮料液中黄酮类物质少量分解,但其分解机理及产物仍需进一步研究。

3 结论

通过添加果葡糖浆,乳酸菌能够较好地苦在苦荞芽苗饮料中生长。试验发现,植物乳杆菌的发酵活性较其他 2 种乳酸菌高,其活菌数最高,且植物乳杆菌和保加利亚乳杆菌混合发酵有一定的协同作用,得到的产品感官评分最高。不同菌种发酵造成饮料液中总糖和还原糖含量下降,发酵 48 h 后总糖含量最多下降了 24.8%,还原糖含量最多下降了 34.2%。植物乳杆菌在发酵 48 h 产酸量最多,达到 $(4.26\pm0.16)\text{ }\mu\text{g/mL}$,嗜热链球菌产酸能力最弱,为 $(3.06\pm0.15)\text{ }\mu\text{g/mL}$ 。苦荞芽苗饮料中的蛋白质被乳酸菌作为发酵过程中的氮源,发酵 48 h 后其总蛋白含量最多降低了 58.6%。乳酸发酵对芦丁没有影响,但会造成槲皮素和山奈酚-3-O-芸香糖苷少量分解。试验确定了苦荞芽苗饮料最佳的乳酸菌发酵菌种为植物乳杆菌和保加利亚乳杆菌(接种量 1:1)混合发酵,对产品的营养成分影响较小。

参考文献

[1] PANG Xiao-yang, LIU Cui-ping, LYU Peng-cheng, et al. Identification of Quorum Sensing Signal Molecule of *Lactobacillus delbrueckii* subsp *bulgaricus*[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2016, 64(49): 9 421-9 427.

[2] 赵旭东. 牡蛎乳酸菌饮料的制备及稳定性研究[D]. 湛江: 广东海洋大学, 2014: 6-7.

[3] LYU Chang-jiang, HU Sheng, HUANG Jun, et al. Contribu-

tion of the activated catalase to oxidative stress resistance and gamma-aminobutyric acid production in *Lactobacillus brevis*[J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2016, 238: 302-310.

[4] 袁金祥. 山药乳酸菌发酵饮料的研究[D]. 太谷: 山西农业大学, 2015: 6-31.

[5] 徐安书, 胡敏, 何军. 茎瘤芥叶胡萝卜混合汁复合乳酸菌发酵饮料的研制[J]. *食品科学*, 2012, 33(14): 321-325.

[6] 赵钢, 陕方. 中国苦荞[M]. 北京: 科学出版社, 2009: 145-170.

[7] NAMA T G, SUN M L, PARK J H, et al. Flavonoid analysis of buckwheat sprouts[J]. *Food Chemistry*, 2015, 170: 97-101.

[8] 李云龙, 胡俊君, 李红梅, 等. 苦荞醋生料发酵过程中主要功能成分的变化规律[J]. *食品工业科技*, 2011(12): 218-220, 225.

[9] 王婷, 张国权. 苦荞花生复合发酵酸奶加工工艺研究[J]. *食品工业*, 2013(9): 17-21.

[10] 王飞. 苦荞麦营养保健酸奶的研制及品质分析[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2012: 10-35.

[11] 刘佳奇, 熊涛, 李军波, 等. 乳酸菌发酵茶饮料的工艺优化及其发酵前后香气成分分析[J]. *食品与发酵工业*, 2016, 42(8): 109-114.

[12] GUO Xu-dan, WU Chun-sen, MA Yu-jie, et al. Comparison of milling fractions of tartary buckwheat for their phenolics and antioxidant properties[J]. *Food Research International*, 2012, 49: 53-59.

[13] 程柳, 李静. 3, 5-二硝基水杨酸法测定山楂片中还原糖和总糖含量[J]. *轻工科技*, 2016, 208(3): 25-28.

[14] 罗群. 考马斯亮蓝法快速测定菜籽粕中可溶性蛋白质的含量[J]. *成都大学学报: 自然科学版*, 2014, 33(2): 125-129.

[15] 黄萍, 何兵, 刘艳, 等. 不同来源的苦荞茶中 4 种黄酮的含量测定[J]. *食品研究与开发*, 2017, 38(1): 135-138.

[16] 陈晓维, 余元善, 吴继军, 等. 不同乳酸菌在冬瓜汁中的发酵特性研究[J]. *现代食品科技*, 2018, 34(7): 1-6.

(上接第 188 页)

根据以往的有关油炸果蔬脆片的研究文献来看,大多是从小油炸工艺条件和设备来提高品质的,如冷冻干燥、真空油炸等;但通过添加乳化剂、多糖等物质对果蔬含油率,食用品质和营养性等方面进行系统的研究还未见报道;本研究主要目的是针对不同添加剂对油炸胡萝卜脆片品质的全面影响,为果蔬脆片工业化生产提供参考和依据;但未涉及到干燥工艺、油炸工艺等,如果结合科学的工艺过程,产品品质会更好。

参考文献

[1] 胡秦佳宝, 刘璇, 毕金峰, 等. 不同加工方式对苹果制品营养品质的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2016, 42(5): 152-158.

[2] SU Ya, ZHANG Min, ADHIKARI B, et al. Improving the energy efficiency and the quality of fried products using a novel vacuum frying assisted by combined ultrasound and microwave technology[J]. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2018, 50: 148-159.

[3] 马霞, 李路遥, 程朝辉, 等. 冻干胡萝卜片护色工艺的优化[J]. *食品工业*, 2017(3): 9-13.

[4] 郭东红, 李森, 袁建国. 表面活性剂驱油机理与应用[J]. *精细石*

油化工进展, 2002, 3(7): 36-41.

[5] 余构彬. 非离子表面活性剂蔗糖脂及其分析方法[J]. *甘蔗糖业*, 2006(5): 48-50.

[6] 张世仙, 刘焱, 王正武, 等. 表面活性剂及其在食品工业中的应用[J]. *食品与机械*, 2012, 28(6): 268-271.

[7] 范海亮, 李娟玲, 陈山林, 等. 胡萝卜片热风干燥特性研究[J]. *江苏农业科学*, 2012, 40(4): 260-262.

[8] 孙翠, 王钰, 沈小瑞, 等. 杏鲍菇热风-真空冷冻干燥工艺优化[J]. *食品与机械*, 2017, 33(2): 189-193.

[9] LAGUNA L, SALVDOR A, SANZ T, et al. Performance of a resistant starch rich ingredient in the baking and eating quality of short-dough biscuits[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2011, 44(3): 737-746.

[10] MAMAMT H, HARDAN M O A, HILL S E. Physicochemical properties of commercial semisweetbiscuit[J]. *Food Chemistry*, 2010, 121(4): 1 029-1 038.

[11] 吴列洪, 沈升法, 李兵. 甘薯品种干率与油炸薯片含油量和硬度间的相关性[J]. *中国粮油学报*, 2009, 24(11): 47-49.

[12] 高梅, 刘晓庚, 陈梅梅, 等. 不同加工方式对胡萝卜中胡萝卜素保留率的影响[J]. *粮食科技与经济*, 2012, 37(5): 53-57.