

张宏志,马艳弘,李亚辉,等. 乳酸菌发酵菊芋马齿苋复合饮料及其抑菌活性[J]. 江苏农业科学,2015,43(11):362-365.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.11.114

乳酸菌发酵菊芋马齿苋复合饮料及其抑菌活性

张宏志¹, 马艳弘¹, 李亚辉¹, 黄玉玲², 唐伯平³, 周春霖³

(1. 江苏省农业科学院农产品加工研究所, 江苏南京 210014; 2. 盐土大地农业科技有限公司, 江苏大丰 224145;

3. 江苏滩涂生物农业协同创新中心, 江苏盐城 224000)

摘要:以鲜菊芋和马齿苋为原料,经打浆、灭菌、混合调配等预处理后接种乳酸菌发酵剂进行发酵,采用单因素试验、正交试验分别确定制备菊芋马齿苋乳酸菌饮料的最佳发酵条件、稳定剂配方,并探讨该饮料的体外抑菌活性。结果表明,在接种量4%、发酵温度41℃、发酵时间20h的条件下,菊芋马齿苋乳酸菌饮料的乳酸产量和感官品质俱佳,酸度为1.18%;最优稳定剂配方为黄原胶0.010%、瓜尔豆胶0.006%、耐酸型CMC0.008%,其离心沉淀率仅为0.31%;菊芋马齿苋乳酸菌饮料对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、酿酒酵母、黑曲霉等微生物的抑菌作用显著,且抑菌效果随作用浓度的增加而显著提高。菊芋马齿苋乳酸菌饮料兼具马齿苋多糖、菊糖的诸多功效以及乳酸菌的益生抗菌作用,是一种开发前景广阔的营养保健型功能饮料。

关键词:菊芋;马齿苋;乳酸菌;复合饮料;抑菌

中图分类号: TS275.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)11-0362-04

菊芋(*Helianthus tuberosus* L.)别称洋姜、生姜,为菊科向日葵属多年生草本植物,其适应性广、耐贫瘠、产量高,适于在滩涂地、盐碱地种植。菊芋块茎的产量一般为30 000~60 000 kg/hm²,其富含菊糖(别称菊粉),菊糖含量为菊芋湿质量的10%~20%、干质量的80%左右,菊芋块茎是生产菊糖及其制品的首选原料^[1]。菊糖是由D-果糖经(2→1)糖苷键脱水聚合而成的果聚糖,呈直链结构,其末端连接1个葡萄糖残基,每个菊糖分子含30~50个果糖残基^[2]。菊糖不仅是天然功能性食用多糖,也是一种可溶性膳食纤维,能够增加肠道内双歧杆菌、防止肠道感染、促进矿物质吸收、控制血脂、防治便秘和肥胖、降低血糖;此外,菊糖作为糖、脂肪的替代物被大量用于低热量、低糖、低脂肪食品中,可显著改善无脂、低脂食品的口感和质感^[3]。菊芋菊糖的开发利用受到国内外食品界的高度重视。

马齿苋(*Portulaca oleracea* L.)别称五行草、长寿菜等,为马齿苋科一年生肉质草本植物,具有耐旱、耐贫瘠、生长速度快等特点,广布于田间、菜园、路旁等,近年来部分地区对其进行田间栽种^[4]。现代研究表明,马齿苋含有多种对人体有益的营养成分和药用成分,既是常见中草药,也是人们喜爱的野生蔬菜,已被我国卫生部定为药食共有资源。马齿苋富含海产品中特有的 ω -3不饱和脂肪酸,能够防止动脉粥样硬化、延缓血栓形成、显著改善心血管疾病;同时含有大量去甲肾上腺素,能够促进胰岛素分泌、调节人体糖代谢、降低血糖浓度、

保持血糖稳定,对治疗糖尿病有良效。马齿苋对大肠杆菌、痢疾杆菌等肠道病菌的生长有明显抑制作用,可用于治疗肠炎、痢疾、阑尾炎、乳腺炎、腮腺炎、尿道感染等多种炎症疾病,外用可治疗丹毒及毒蛇咬伤,素有“天然抗生素”之称^[5-6]。马齿苋作为新型的食物源,被营养学家誉为21世纪最有前途的绿色食品之一,已引起越来越多人的关注。

马齿苋和菊芋是优良的功能食品原料,目前对它们的开发研究还远远不够。国内关于马齿苋的研究主要集中于其药用成分的药理、中医应用、野菜资源开发利用等方面,关于马齿苋功能饮料的研究非常少,已有的文献报道仅仅是将马齿苋汁与其他原料简单混合,并添加柠檬酸、蔗糖等辅料调制而成的果蔬复合饮料^[7-9],功能性更强的马齿苋、菊芋系列保健食品仍有待开发。结合乳酸菌的发酵优势制得的发酵饮品具有广阔的发展前景,兼具原料和乳酸菌发酵食品的双重优点,不仅能满足人们对营养和保健的需求、丰富软饮料市场,还可获得可观的经济效益。

1 材料与与方法

1.1 材料与试剂

新鲜、无霉烂、无病虫害的菊芋和马齿苋均购自江苏大丰盐土大地有限公司。植物乳酸菌(*Lactobacillus plantarum* 70810)由南京农业大学食品微生物研究室提供,黑曲霉(*Aspergillus niger*)、酿酒酵母(*Saccharomyces cerevisiae*)、大肠杆菌(*Escherichia coli*)、金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)均为笔者所在研究室保藏菌种。苯酚、浓硫酸、3,5-二硝基水杨酸等均为分析纯,购自国药集团化学试剂有限公司;蔗糖、蜂蜜、黄原胶、瓜尔豆胶、海藻酸钠、果胶、耐酸型羧甲基纤维素钠(CMC)等均为市售食品级。果蔬脱衣剂购自厦门味可多食品添加剂有限公司。

1.2 仪器设备

JJ500型电子天平(江苏省常熟市双杰测试仪器厂产

收稿日期:2015-01-13

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(12)1005、CX(14)5059];江苏省科技支撑计划(农业)(编号:BE2014347)。

作者简介:张宏志(1985—),男,山西汾阳人,博士,助理研究员,主要从事功能性低聚糖和多糖的研究。E-mail:zhz0731@sina.cn。

通信作者:马艳弘,博士,副研究员,主要从事生物技术与功能食品研究。E-mail:ma_yhhy@126.com。

品),DK-8D型电热恒温水槽(上海精宏实验设备有限公司产品),HR2096型搅拌机(飞利浦电子香港有限公司产品),D-8型紫外可见分光光度计(上海奥析科学仪器有限公司产品),FE-20型实验室pH计(梅特勒-托利仪器有限公司

产品),LXJ-II B型低速大容量多管离心机(上海安亭科学仪器厂产品)。

1.3 工艺流程

具体工艺流程见图1。

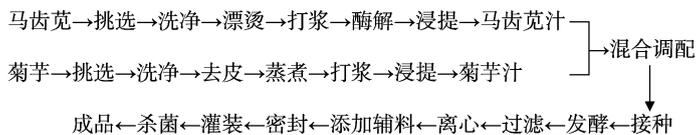


图1 工艺流程

1.4 操作要点

1.4.1 菊芋汁的制备 将新鲜菊芋洗净后沥干,蒸煮至熟化,浸入85℃含1.5%果蔬脱衣剂的水溶液,静置15 min并轻微搅拌,待菊芋表皮自然脱落后将菊芋块茎取出,按料水比1 g:5 mL打浆,90℃热水浸提90 min,121℃灭菌20 min,得到无褐变反应的菊芋汁。

1.4.2 马齿苋汁的制备 将马齿苋洗净,于沸水中漂烫1~2 min,沥干后按料水比1 g:3 mL打浆,添加0.05%果胶酶酶解2.5 h,于80~90℃保持20 min,121℃灭菌20 min,得到用于发酵的马齿苋汁。

1.4.3 发酵剂的活化 将乳酸菌发酵剂植物乳杆菌按2%的接种量于培养基(菊芋汁50 mL+马齿苋汁50 mL+脱脂奶粉10 g)中活化培养2~3次,至活菌数达到1亿CFU/mL时放入4℃冰箱保藏,作为菊芋马齿苋复合发酵饮料的种子液。

1.4.4 菊芋马齿苋乳酸菌饮料的发酵制备 在无菌条件下将菊芋汁和马齿苋汁按质量比3:1混匀,调节pH值至中性,加入4%蔗糖以提高产酸水平。按一定接种量接入工作发酵剂,于恒温培养箱静置培养。发酵结束后,利用纱布过滤除去滤渣,再经4 500 r/min离心20 min,弃去沉淀得到澄清发酵液。最后向发酵液加入5%蔗糖、2%蜂蜜、稳定剂等辅料,均匀混合。灌装封罐后采用高温85℃杀菌30 min,经冷却贴标后即成品。对成品抽样进行感官、理化指标、微生物指标的检验。

1.5 指标测定

1.5.1 部分理化指标的测定 采用苯酚硫酸法测定总糖含量,采用3,5-二硝基水杨酸法测定还原糖,采用pH计测定pH值,采用平板计数法测定活菌数。其中,多糖含量(g)=总糖含量(g)-还原糖含量(g)。

1.5.2 酸度的测定 采用滴定酸度法^[10]测定酸度。吸取5 mL样液,加入45 mL煮沸并冷却至室温的蒸馏水,添加2~3滴酚酞指示剂,用0.1 mol/L NaOH标准溶液滴定至微红色,以30 s不褪色为终点,记录NaOH标准溶液所消耗的体积(V, mL),计算酸度并推算为乳酸含量(以%计)。乳酸含量=(0.1×V×0.09)/5×100%。

1.5.3 稳定性测定 准确量取10 mL配制好的饮料,采用离心沉淀法,以3 500 r/min转速离心10 min并弃去上清液,准确称量沉淀物质量,计算样品沉淀率^[11]。每个样品进行3次平行测定,取沉淀率平均值。沉淀率(%)=沉淀物质量(g)/离心饮料质量(g)×100%。

1.5.4 感官指标评定标准 感官指标评定标准见表1。

1.5.5 体外抑菌试验 (1)供试菌种为黑曲霉、酿酒酵母、大肠杆菌、金黄色葡萄球菌。预先将上述供试菌从斜面转接

表1 菊芋马齿苋乳酸菌饮料感官评定标准

感官评定指标	评定标准	满分
色泽	青绿色、均匀一致、色泽协调	15
组织形态	表面光滑、澄清透明、均匀、无肉眼可见杂质、无沉淀和分层	20
气味	菊芋清香、轻微中草药味、浓郁发酵液气味	30
口味	协调细腻、嫩滑圆润、酸甜适口	35

至已灭菌的液体马铃薯培养基中活化,然后分别挑取菌苔,用无菌水制成含菌数约为1亿CFU/mL的菌悬液^[12]。

(2)进行抑菌圈试验。分别取0.1 mL供试菌悬液,于马铃薯琼脂(PDA)培养基表面涂布均匀,用无菌镊子夹取浸有菊芋马齿苋乳酸菌发酵饮料的滤纸片贴于各含菌平板上,以浸有无菌水的滤纸片作对照。黑曲霉、酿酒酵母于28℃培养48 h,大肠杆菌、金黄色葡萄球菌于37℃培养24 h。每个菌种做3个平板,测量各自抑菌圈直径的大小,比较抑菌效果。

(3)进行最小抑菌浓度(MIC)试验。分别取0.1 mL供试菌悬液,依次加入到100.00%、50.00%、25.00%、12.50%、6.25%菊芋马齿苋乳酸菌发酵饮料水溶液中,充分摇匀。黑曲霉、酿酒酵母于28℃培养48 h,大肠杆菌、金黄色葡萄球菌于37℃培养24 h。培养完成后取出观察,管底有膜状生成物,或管内液体浑浊则为阳性管;管内液体澄清,肉眼未见有菌生长则为阴性管。找出乳酸菌发酵菊芋马齿苋抑菌液浓度最小的阴性管,其浓度即为最小抑菌浓度(MIC)。

2 结果与分析

2.1 发酵条件的确定

乳酸菌饮料的产酸情况、风味口感与发酵过程中的工艺参数密切相关。由发酵单因素试验(表2)结果可知,菌种接种量、发酵温度、发酵时间对乳酸菌饮料的产酸情况影响显著,其基本的发酵条件为:接种量2%、发酵温度37℃、发酵时间20 h。以菌种接种量、发酵温度、发酵时间为研究对象,进行3因素3水平正交试验,待发酵结束后选取乳酸产量、感官作为共同评价指标,以确定菊芋马齿苋乳酸菌饮料的最优发酵条件,即接种量为2%、4%、6%,发酵温度37、39、41℃,发酵时间为16、20、24 h,其具体的正交试验设计见表3。

表2 发酵单因素试验结果

接种量(%)	乳酸产量(%)	发酵温度(℃)	乳酸产量(%)	发酵时间(h)	乳酸产量(%)
1	0.44±0.13	35	0.35±0.05	12	0.55±0.03
2	0.56±0.09	37	0.69±0.01	16	0.79±0.05
4	0.74±0.10	39	0.81±0.14	20	0.98±0.03
6	0.78±0.15	41	1.05±0.15	24	1.12±0.02
8	0.80±0.11	43	0.69±0.06	28	1.17±0.07

由表3可知,若以产酸情况为指标,不同因素对产酸情况的影响次序为 $B > A > C$,即发酵温度 > 接种量 > 发酵时间,由 K 值选出最优条件为 $A_2B_3C_2$,经验证该条件下酸度为 1.18%,乳酸产量最高;若以感官评分为指标,极差分析同样表明 $A_2B_3C_2$ 为最佳方案。综合考虑乳酸产量和感官评定结果,选择 $A_2B_3C_2$ 为最佳方案,即乳酸菌发酵菊芋马齿苋复合饮料的最优发酵条件为:接种量 4%、发酵温度 41℃、发酵时间 20 h。

表3 发酵正交试验结果

编号	因素与水平			乳酸产量(%)	感官评分
	A:接种量(%)	B:发酵温度(℃)	C:发酵时间(h)		
1	2	37	16	0.51	65
2	2	39	20	0.65	75
3	2	41	24	0.85	83
4	4	37	20	0.81	82
5	4	39	24	0.92	88
6	4	41	16	1.15	91
7	6	37	24	0.74	71
8	6	39	16	0.88	80
9	6	41	20	1.09	86
k_1 (乳酸含量)	0.670	0.687	0.847		
k_2 (乳酸含量)	0.960	0.817	0.850		
k_3 (乳酸含量)	0.903	1.030	0.837		
R (乳酸含量)	0.290	0.343	0.013		
k_1 (感官评分)	74.333	72.667	78.667		
k_2 (感官评分)	87.000	81.000	81.000		
k_3 (感官评分)	79.000	86.667	80.667		
R (感官评分)	12.667	14.000	2.333		

表4 稳定剂单因素试验结果

黄原胶含量(%)	离心沉淀率(%)	果胶含量(%)	离心沉淀率(%)	耐酸型CMC含量(%)	离心沉淀率(%)	瓜尔豆胶含量(%)	离心沉淀率(%)	海藻酸钠含量(%)	离心沉淀率(%)
0.003	2.43 ± 0.09	0.003	4.22 ± 0.15	0.002	3.06 ± 0.22	0.003	2.28 ± 0.24	0.002	5.32 ± 0.12
0.005	2.02 ± 0.14	0.006	3.14 ± 0.24	0.004	2.35 ± 0.13	0.006	1.85 ± 0.15	0.005	5.25 ± 0.17
0.010	1.75 ± 0.16	0.009	3.55 ± 0.11	0.006	1.91 ± 0.24	0.009	1.22 ± 0.11	0.010	3.76 ± 0.18
0.015	1.38 ± 0.23	0.012	2.52 ± 0.15	0.008	2.25 ± 0.11	0.012	1.34 ± 0.27	0.015	3.53 ± 0.22
0.020	2.16 ± 0.13	0.015	3.33 ± 0.23	0.010	2.89 ± 0.31	0.015	1.95 ± 0.09	0.020	3.85 ± 0.11

表5 稳定剂正交试验结果

编号	因素及水平			离心沉淀率(%)
	A:黄原胶含量(%)	B:瓜尔豆胶含量(%)	C:耐酸型CMC含量(%)	
1	0.005	0.006	0.004	1.45 ± 0.06
2	0.005	0.009	0.006	0.88 ± 0.12
3	0.005	0.012	0.008	0.52 ± 0.15
4	0.010	0.006	0.006	1.06 ± 0.06
5	0.010	0.009	0.008	0.45 ± 0.04
6	0.010	0.012	0.004	0.92 ± 0.08
7	0.015	0.006	0.008	1.51 ± 0.12
8	0.015	0.009	0.004	3.65 ± 0.13
9	0.015	0.012	0.006	2.84 ± 0.11
k_1	0.950	1.340	2.007	
k_2	0.810	1.660	1.593	
k_3	2.667	1.427	0.827	
R	1.857	0.320	1.180	

表6 产品质量指标

类别	指标	描述
感官指标	色泽	色泽协调均匀,呈青绿色
	组织形态	表面光滑、澄清透明、均匀、无肉眼可见杂质、无沉淀和分层
理化指标	气味	具有纯正浓郁的乳酸菌发酵气味,并伴有菊芋清香和轻微中草药味,无任何异味
	口味	酸甜适中,口味协调细腻
微生物指标	总糖含量(%)	9.82
	还原糖含量(%)	0.75
	酸度(%)	1.18
	pH值	3.85
	大肠菌群(CFU/mL)	≤2
致病菌	霉菌计数(CFU/mL)	≤30
	酵母菌数(CFU/mL)	≤45
	致病菌	无法检出

2.2 产品稳定性

离心沉淀率直接反映产品的稳定性程度,影响产品的保质期、风味、口感等各项指标。根据不同稳定剂的特性及前期试验结果,分别选用黄原胶、果胶、耐酸型 CMC、瓜尔豆胶、海藻酸钠 5 种单体稳定剂,以离心沉淀率为指标进行单因素筛选试验(表 4),每组试验重复 3 次并取平均值。

由稳定剂单因素试验可知,单一稳定剂很难达到理想效果,须使用复合稳定剂,所以选用稳定效果较好的黄原胶、耐酸型 CMC、海藻酸钠进行正交试验,以确定最佳的配比含量。

由极差分析结果(表 5)可知,黄原胶含量对饮料的体态稳定性影响最大,其次是耐酸型 CMC 含量,瓜尔豆胶含量影响最小。由正交试验得到最佳稳定剂组合为 $A_2B_1C_3$,即黄原胶含量 0.010%、瓜尔豆胶含量 0.006%、耐酸型 CMC 含量 0.008%,经验证该参数组合产品的离心沉淀率为 0.31%。

2.3 产品质量指标

具体情况见表 6。

2.4 体外抑菌活性

2.4.1 抑菌效果 抑菌圈直径可直观反映各种抑菌液的抗菌能力。通过比较菊芋马齿苋乳酸菌饮料对各种微生物的抑菌圈直径(图 2),可对乳酸发酵液的抗菌性作出较全面的评判。

试验结果表明,菊芋马齿苋乳酸菌饮料对黑曲霉、酿酒酵母、金黄色葡萄球菌、大肠杆菌均有明显的抑制作用,具有潜在的广谱抗菌活性。可能是由于乳酸菌代谢过程中产生的乳酸、乙酸等有机酸大幅降低了环境的 pH 值和氧化还原电位,并能产生细菌素,从而抑制或杀灭多种致病菌、腐败菌^[13-15];也可能由于饮料中的马齿苋多糖、菊芋多糖均具有显著的抑菌活性^[16-20]。

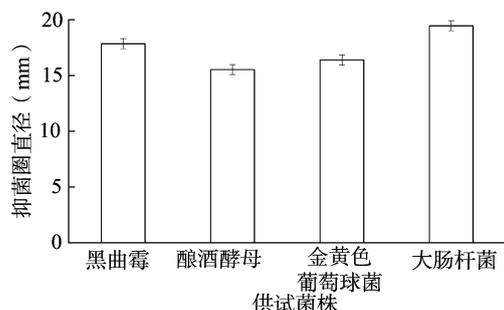


图2 菊芋马齿苋乳酸菌饮料的抑菌圈直径

2.4.2 最小抑菌浓度(MIC) 按照“1.5.5”节的方法对菊芋马齿苋乳酸菌饮料的最小抑菌浓度进行研究(表7)。

表7 菊芋马齿苋乳酸菌饮料的最小抑菌浓度

供试菌株	不同菊芋马齿苋乳酸菌饮料浓度下的菌落生长情况				
	100.00%	50.00%	25.00%	12.50%	6.25%
黑曲霉	-	+	++	++	+++
酿酒酵母	-	-	+	++	+++
金黄色葡萄球菌	-	-	+	++	+++
大肠杆菌	-	-	-	+	++

注: -、+、++、+++分别表示无菌生长、有少量菌落生长、有不超过1/3平皿面积的菌落生长、有不超过1/2平皿面积的菌落生长。

菊芋马齿苋乳酸菌饮料对不同微生物的生长抑制作用存在较大差异,其对大肠杆菌的抑制作用在较低浓度下也较为明显,而对黑曲霉的MIC却在浓度为100%时才起作用。各微生物的最小抑菌浓度分别为:黑曲霉100%、酿酒酵母50%、金黄色葡萄球菌50%、大肠杆菌25%。随着菊芋马齿苋乳酸菌饮料浓度的降低,平皿中菌落生长越来越多,这也表明菊芋马齿苋发酵液的浓度与其抑菌效果呈一定量效关系。

3 结论与讨论

3.1 原料选择

本研究选用药食同源的马齿苋和菊芋作为原料,且均采于盐碱滩涂,材料价格低廉、来源广泛。由其制备的乳酸菌饮料富含去甲肾上腺素、 ω -3 不饱和脂肪酸、维生素、马齿苋多糖、菊糖等多种活性成分,融合了马齿苋多糖、菊糖的益生元作用和乳酸菌的益生抗菌作用,是一种开发前景广阔的营养保健型饮料。新鲜蔬菜榨汁后经乳酸菌发酵,可部分替代发酵乳制品饮料,在降低乳酸菌发酵饮料成本的同时增加乳酸菌饮料的花色品种,这成为未来发酵饮品的重要发展方向之一。

3.2 前处理工艺

在原料前处理中,将清洗后的菊芋蒸煮至熟化状态不仅防褐变效果显著,保证菊芋汁的色泽、品质,还有助于菊芋细胞中菊糖的溶解和溶出,显著提高菊芋汁中的菊糖含量。马齿苋纯汁微酸、较涩、中草药味浓,直接制备饮料口味欠佳,将其与菊芋汁配伍进行乳酸发酵,赋予其丰富的口味和香味,并有效改善口感。

3.3 发酵菌种及工艺的选择

目前,乳酸菌发酵果蔬饮料主要采用经驯化得来的嗜热链球菌、保加利亚乳杆菌等酸奶生产菌株,其生长缓慢、发酵效果不佳、口味不协调。本试验选用的乳酸菌发酵剂为植物乳杆菌,它分离自泡菜,使制得的饮品口味和谐自然,乳酸菌活菌数

高,且后期存活率高。由于来自同为植物源的泡菜,植物乳杆菌在发酵马齿苋和菊芋上具有无法比拟的优越性。在发酵工艺的选择上,一般果蔬饮料均采用清汁发酵,即先把滤渣去除再发酵;本研究则选用带渣发酵工艺,通过乳酸菌的代谢和转化,最大程度利用发酵基质中的营养和药用成分。相比清汁发酵,乳酸发酵的醇香和马齿苋、菊芋的清香更为浓厚。

参考文献:

- [1] 华晓燕,王慧,董必慧,等. 江苏沿海地区几种有发展潜力的能源植物[J]. 江苏农业科学,2011,39(6):561-563.
- [2] 钟振声,潘晓琴. 不同条件对菊芋菊糖提取的影响[J]. 江苏农业科学,2011,39(3):386-387.
- [3] Nair K K, Kharb S, Thompkinson D K. Inulin dietary fiber with functional and health Attributes - a review[J]. Food Reviews International, 2010, 26(2):189-203.
- [4] 高莉,刘捷,隋彦辉,等. 马齿苋的功能及其开发利用[J]. 食品与药品,2005,7(10):26-29.
- [5] 梁彦,吕艳荣. 马齿苋多糖的抗衰老作用[J]. 江苏农业科学,2014,42(4):270-272.
- [6] Chan K, Islam M W, Kamil M, et al. The analgesic and anti-inflammatory effects of *Portulaca oleracea* L. subsp. *Sativa* (Haw.) Celak [J]. Journal of Ethnopharmacology, 2000, 73(3):445-451.
- [7] 夏道宗,陈佳,邹庄丹,等. 马齿苋、车前草复合保健饮料的研制及其抗氧化作用研究[J]. 食品科学,2009,30(4):118-122.
- [8] 朱江,宗洪波. 马齿苋-黄花梨复合保健饮料的研制[J]. 江西食品工业,2005(1):35-36.
- [9] 岳春,初峰,葛中巧,等. 红薯叶和马齿苋复合饮料的研究[J]. 饮料工业,2005,8(4):31-33,14.
- [10] 张或,高云,陈莉,等. 黑甜玉米膨化粉酸奶的工艺研究[J]. 饮料工业,2006(4):30-34.
- [11] 袁海丽. 橄榄渣汁饮料及其稳定性的研究[J]. 农产品加工·学刊,2013(18):27-29.
- [12] 孙晔,张赟彬. 乳酸菌发酵冬瓜汁饮料抗菌性的初步研究[J]. 上海应用技术学院学报:自然科学版,2007,9(3):205-208.
- [13] 陈静,张玉苍,何连芳,等. 乳酸菌产细菌素的研究进展及其应用前景[J]. 安徽农业科学,2011,39(4):1925-1927.
- [14] Han K S, Kim Y, Kim S H, et al. Characterization and purification of Acidocin1B, a bacteriocin produced by *Lactobacillus acidophilus* GP1B [J]. Journal of Microbiology and Biotechnology, 2007, 17(5):774-783.
- [15] Osullivan L, Ross R P, Hill C. Potential of bacteriocin-producing lactic acid bacteria for improvements in food safety and quality[J]. Biochimie, 2002, 84(5/6):593-604.
- [16] 姜在祥. 牛蒡功能性成分及其抗氧化、抗菌活性研究[D]. 无锡:江南大学,2010.
- [17] 杜云建,谢翠平. 牛蒡中菊糖的提取及抑菌研究[J]. 食品研究与开发,2011,32(12):32-36.
- [18] 陈万平. 马齿苋提取液体外抑菌作用的实验研究[J]. 时珍国医国药,2007,18(9):2205-2206.
- [19] 常姗姗,华春,丁春霞,等. 马齿苋和盐角草的协同抑菌作用[J]. 江苏农业科学,2012,40(11):351-353.
- [20] Shen H, Tang G, Zeng G, et al. Purification and characterization of an antitumor polysaccharide from *Portulaca oleracea* L [J]. Carbohydrate Polymers, 2013, 93(2):395-400.