

张宏志,马艳弘,李亚辉,等. 菊芋乳酸菌饮料生产工艺及稳定性研究[J]. 江苏农业科学,2015,43(12):291-294.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.12.093

菊芋乳酸菌饮料生产工艺及稳定性研究

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. 江苏大丰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:以菊芋(*Jerusalem artichoke*)为原料制备菊芋汁,灭菌后接种经驯化的保加利亚乳杆菌、嗜热链球菌进行发酵,采用单因素和正交试验,确定了制备菊芋乳酸菌饮料的最佳发酵条件、稳定剂配方,并对发酵过程中菌种生长规律、pH 值、酸度以及总糖和还原糖含量变化情况进行了分析。结果表明,在接种量 6%、发酵温度 43 ℃、发酵时间 24 h 条件下,菊芋乳酸菌饮料乳酸产量、感官品质俱佳,酸度为 1.17%,活菌数可达 1.2×10^9 CFU/mL 以上,饮料中还还原糖、蔗糖被乳酸菌优先利用,多糖(菊糖)几乎全部保留。最优稳定剂配方为:黄原胶 0.015%、CMC 0.009%、海藻酸钠 0.004%,制备的饮料均匀一致,离心沉淀率仅为 0.25%。菊芋乳酸菌饮料兼有菊芋的风味和适当发酵乳酸气味,是一种酸甜适中、健康营养的功能饮料。

关键词:菊芋;乳酸菌;发酵;饮料;保加利亚乳杆菌;嗜热链球菌

中图分类号: TS275.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)12-0291-04

菊芋(*Jerusalem artichoke*)是菊科向日葵属的多年生宿根草本植物,别称洋姜、菜姜、鬼子姜。菊芋原产地为北美洲,17 世纪传入欧洲,后又引进亚洲,直到清朝才传至中国^[1]。菊芋块茎中富含菊糖(别称菊粉),菊粉是天然的碳水化合物,几乎不被胃酸水解、消化,菊粉在到达结肠前未被破坏,在结肠中被大量有益微生物用作营养物质,具有益生素的特点^[2-3]。在食物中补充菊粉,能明显增加肠道内双歧杆菌的

数量,从而防止肠道感染,促进矿物质吸收,控制血脂,防治便秘和肥胖,降低血糖。此外,菊糖还是天然的油脂替代品,可在不加或少加脂肪的条件下,保持食品原有的质构、口感,是纯天然的功能性食品添加剂^[4-6]。菊芋产量高、价格低,在我国,菊芋主要被用来制作酱菜或泡菜^[7]。以菊芋为原料提取菊粉的产业尚处于起步阶段,其加工要经过切片、烘干、粉碎、提取等诸多工序,生产成本高,相应的菊粉产品价格也高,一定程度上限制了菊粉的生产应用。目前,国内外关于菊芋汁开发饮品研究非常少^[8-9]。关于乳酸菌发酵菊芋汁生产工艺研究尚未见报道。本研究以菊芋汁(菊糖浸提液)为发酵主原料,在发酵液中适当添加蔗糖,选用经驯化的乳酸菌作为发酵菌种,对乳酸菌菊芋汁的发酵、稳定性工艺进行了优化,对整个发酵过程中菌株生长规律、酸度、碳水化合物等指标进行了跟踪研究,旨在为开发利用菊芋资源、提高菊芋经济效益、

收稿日期:2014-12-17

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

[9] 尤仲杰. 不同放养密度对泥螺生长的影响[J]. 水产科学,2007,26(2):103-105.

[10] 栗志民,刘志刚,刘付少梅. 中培期和养成期墨西哥湾扇贝(*Argopecten irradians concentricus*)新品系养殖密度的研究[J]. 2013,44(6):1557-1565.

[11] 张吕平,胡超群,沈琪,等. 不同养殖密度对我国热带地区集约化养殖凡纳滨对虾水质和成活率的影响[J]. 热带海洋学报,2011,30(4):85-91.

[12] 李倩,周志明,杭小英,等. 南美白对虾不同养殖密度水质变化规律与养殖效益的分析[J]. 中国农学通报,2014,30(2):100-104.

[13] 肖鸣鹤,肖英平,吴志强,等. 养殖密度对克氏原螯虾幼虾生长、消化酶活力和生理生化指标的影响[J]. 水产学报,2012,36(7):1088-1093.

[14] 孙文通,张庆阳,马旭洲,等. 不同河蟹放养密度对养蟹稻田水环境及水稻产量影响的研究[J]. 上海海洋大学学报,2014,23(3):835-842.

[15] 邹雄,章龙珍,张涛,等. 养殖密度对点篮子鱼生长性能的影响[J]. 水产科学,2013,32(10):601-604.

[16] 吴宗凡,时旭,程果锋,等. 养殖密度对温室湿地循环水系统中鲫鱼生长、生理及免疫指标的影响[J]. 南方水产科学,2014,10(5):39-44.

[17] 宋志飞,温海深,李吉方,等. 养殖密度对流水养殖系统中俄罗斯鲟幼鱼生长的影响[J]. 水产学报,2014,38(6):835-842.

[18] 于业绍,黄则平. 青蛤生长的初步研究[J]. 动物学杂志,1996,31(4):34-37.

[19] 卢振斌. 福建罗源湾贝类的养殖容量[J]. 中国水产科学,2004,11(2):104-110.

[20] 刘剑昭,李德尚. 关于水产养殖容量的研究[J]. 海洋科学,2000,24(9):33-35.

[21] 李长松,房斌,王慧,等. 青蛤稚贝放养密度与底质中硫化物相关性研究[J]. 水产学报,2006,30(6):786-800.

[22] 冯善聪,黄国强,赖祖鹏,等. 围沙蚕对温度、盐度和干露的耐受性研究[J]. 海洋湖沼通报,2014,24(1):109-114.

实现菊芋产业化提供科学依据。

1 材料与方

1.1 材料与试剂

新鲜菊芋(江苏大丰盐土地农业科技有限公司),市售乳酸菌发酵剂(保加利亚乳杆菌、嗜热链球菌,北京川秀科技有限公司),果蔬脱衣剂(厦门味可多食品添加剂有限公司),苯酚、浓硫酸、3,5-二硝基水杨酸均为分析纯(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、琼脂、耐酸型羧甲基纤维素钠(CMC)等均为市售食品级。

1.2 仪器与设备

DK-8D 型电热恒温水槽(上海精宏实验设备有限公司),JJ500 型电子天平(常熟市双杰测试仪器厂),HR2096 型飞利浦搅拌机(飞利浦电子香港有限公司),D-8 型紫外可见分光光度计(上海奥析科学仪器有限公司),LXJ-II B 型低速大容量多管离心机(上海安亭科学仪器厂),FE-20 实验室 pH 计(梅特勒-托利仪器有限公司)。

1.3 工艺流程

菌种活化→扩大培养→接种菊芋汁→发酵→离心→过滤→调配→灌装密封→杀菌→成品。

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中静置 15 min,轻微搅拌,待菊芋表皮自然脱落后取出菊芋块茎,按料水比 1 g:8 mL 打浆,90 ℃ 热水浸提 90 min,加入 2% 蔗糖和 2% 豆粕粉,pH 值为 6.2~6.5,121 ℃ 灭菌 20 min,得到用于乳酸菌发酵的无褐变反应的菊芋汁。

1.4.2 发酵菌种的驯化 取菊芋汁与脱脂乳分别按体积比 0:10(驯化液 1)、2:8(驯化液 2)、4:6(驯化液 3)、6:4(驯化液 4)、8:2(驯化液 5)、10:0(驯化液 6)混匀,分装后 115 ℃ 灭菌 15~20 min,得到 6 种不同体积比的驯化液。将保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌按 1:1 混合,按 5% 接种量接种于驯化液中(菊芋汁与脱脂乳体积比为 0:10),40 ℃ 培养 18 h 后混匀,再按 5% 接种量将驯化液 1 接种于驯化液 2,依此类推,依次接种于上述 6 种驯化液,最后得到适合菊芋发酵的驯化保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌混合菌株。

1.4.3 发酵菊芋汁制备 将驯化好的发酵菌株在无菌条件下按一定接种量接种到灭菌后冷却至 40~45 ℃ 的菊芋汁中,放入恒温培养箱静置培养。发酵结束后,发酵液经 4 500 r/min 离心 20 min,弃去沉淀取上清液。向处理后的发酵液加入 5% 蔗糖、2% 蜂蜜以及稳定剂等辅料,充分混合均匀。将灌装封罐后的饮料进行 90 ℃ 杀菌 15 min,经冷却贴标签后即为成品。抽样进行感官、理化指标及微生物指标检验。

1.5 指标测定

1.5.1 部分理化指标 采用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含量;采用 pH 计测定 pH 值;采用平板计数法测定活菌数。菊糖含量计算公式如下:

菊糖含量 = 总糖含量 - 还原糖含量。

1.5.2 酸度的测定 采用滴定酸度法^[10],吸取 5 mL 样液,加入 45 mL 煮沸并冷却至室温的蒸馏水,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,记下消耗 NaOH 标准溶液的毫升数(A),计算酸度,推算乳酸含量。

乳酸含量 = [(0.1 × A × 0.09) / 5] × 100%。(1)

1.5.3 稳定性的测定 参照文献[11]的方法,取配制好的饮料 10 mL,采用离心沉淀法 3 500 r/min 离心 10 min,弃去上清液,准确称取沉淀物质量,计算样品沉淀率。每个样品进行 3 次平行测定,离心沉淀率取其平均值。

沉淀率 = 沉淀物质量 / 离心饮料质量 × 100%。(2)

1.5.4 感官指标评定标准 对菊芋乳酸菌饮料进行感官评价,评价标准见表 1。

表 1 菊芋乳酸菌饮料感官评价标准

项目	评价标准	满分(分)
色泽	淡黄色,均匀一致,色泽协调	15
组织形态	表面光滑细腻,澄清透明,均匀无肉眼可见杂质,无沉淀和分层	25
气味	清爽,具有浓郁特殊发酵乳酸味,自然无异味	20
滋味	口味协调醇厚,嫩滑滋润,酸甜适口	40

2 结果与分析

2.1 菊芋乳酸菌饮料发酵条件确定

由表 2 可知,菌种接种量、发酵温度、发酵时间对乳酸菌饮料产酸情况影响显著。为了获得菊芋乳酸菌饮料最佳工艺条件,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,选取乳酸含量、感官评分作为评价指标,试验结果和极差分析见表 3。

由表 3 可见,以产酸情况为指标,不同因素对乳酸菌发酵菊芋汁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,最优条件为 A₂B₃C₂,经试验验证,该条件下乳酸含量为 1.22%。以感官评分为指标,不同因素对乳酸菌发酵菊芋汁感官评分情况的影响次序为:A>B>C,即接种量>发酵温度>发酵时间,A₂B₃C₁ 方案最佳。综合考虑乳酸产量、感官风味、生产成本,选择 A₂B₃C₁ 方案,即菊芋乳酸菌饮料的最佳发酵条件为:接种量 6%,发酵温度 43 ℃,发酵时间 24 h。此配方不仅缩短了发酵时间,而且乳酸产量、感官评分均较好。

表 2 乳酸菌发酵菊芋汁单因素试验结果

接种量 (%)	乳酸含量 (%)	发酵温 度(℃)	乳酸含量 (%)	发酵时 间(h)	乳酸含量 (%)
2	0.52±0.13	37	0.75±0.05	18	0.78±0.03
4	0.74±0.08	39	0.85±0.01	24	0.89±0.05
6	0.83±0.02	41	1.01±0.04	30	0.95±0.03
8	0.92±0.03	43	0.95±0.04	36	1.02±0.02
10	0.80±0.05	45	0.69±0.06	42	1.05±0.07

2.2 菊芋乳酸菌饮料发酵过程中各指标的变化

选取最佳发酵工艺制备菊芋乳酸菌饮料,研究发酵过程中各指标变化情况。

2.2.1 发酵过程中乳酸菌数量变化情况 由图 1 可以看出,发酵菌株延滞期较短,大约 4 h 以后开始进入对数生长期,20 h 以后开始进入稳定期,稳定期较长,20~24 h 时菌体密度达到最大,乳酸菌数量达 1.2×10⁹ CFU/mL 以上,28 h 后菌株数量开始缓慢下降。

表 3 乳酸菌发酵菊芋汁正交试验结果与极差分析

编号	因素水平			乳酸含量 (%)	感官评分 (分)
	A:接种量 (%)	B:发酵温度 (℃)	C:发酵时间 (h)		
1	4	39	24	0.81 ± 0.05	68
2	4	41	30	0.94 ± 0.02	70
3	4	43	36	1.10 ± 0.07	75
4	6	39	30	0.98 ± 0.02	78
5	6	41	36	1.01 ± 0.04	82
6	6	43	24	1.17 ± 0.01	88
7	8	39	36	0.90 ± 0.06	80
8	8	41	24	1.05 ± 0.05	84
9	8	43	30	1.14 ± 0.03	79
k_1	0.950	0.897	1.010		
k_2	1.053	1.000	1.020		
k_3	1.030	1.137	1.003		
R	0.103	0.240	0.017		
k'_1	71.000	75.333	80.000		
k'_2	82.667	78.667	75.667		
k'_3	81.000	80.667	79.000		
R'	11.667	5.334	4.333		

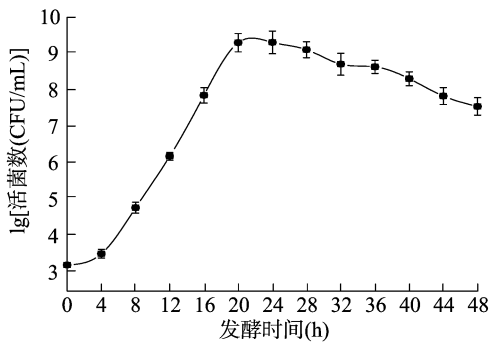


图1 发酵过程中菊芋饮料中乳酸菌数量变化

2.2.2 发酵过程中 pH 值、酸度变化情况 由图 2 可以看出,随着发酵时间的延长,菊芋饮料酸度增大,pH 值下降。发酵 24 h,pH 值为 4.06,酸度为 1.17%。之后 pH 值变化较为

平缓,酸度在继续上升,44 h 后才趋于稳定,最终酸度达 1.45%。

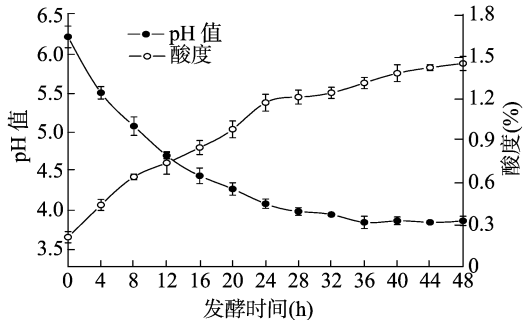


图2 发酵过程中菊芋饮料pH值、酸度变化

2.2.3 发酵过程中总糖、还原糖含量变化情况 由图 3 可以看出,随着发酵时间的延长,菊芋饮料中总糖、还原糖含量均不断下降。发酵 24 h 时,菊芋饮料中总糖、还原糖含量由初始的 42.95、2.78 mg/mL 分别下降到 27.44、0.42 mg/mL,可见还原糖优先被利用。发酵 36 h,菊芋饮料中总糖、还原糖含量分别是 22.24、0.32 mg/mL,含量均不再下降。

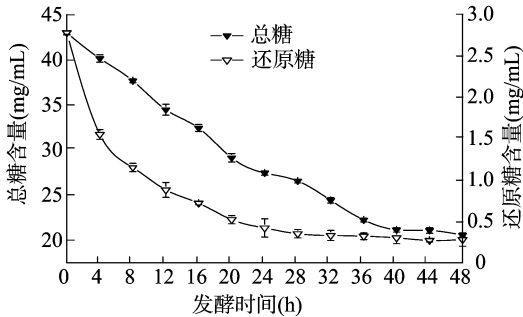


图3 发酵过程中菊芋饮料中总糖、还原糖含量变化

2.3 菊芋乳酸菌饮料稳定性研究

根据不同稳定剂的特性及前期试验结果,分别选用黄原胶、瓜尔豆胶、耐酸型 CMC、海藻酸钠、琼脂等 5 种单体稳定剂,以离心沉淀率为指标进行单因素试验(表 4),每组试验重复 3 次,取平均值。

表 4 菊芋乳酸菌饮料稳定性单因素试验结果

黄原胶 (%)	沉淀率 (%)	瓜尔豆胶 (%)	沉淀率 (%)	耐酸型 CMC (%)	沉淀率 (%)	海藻酸钠 (%)	沉淀率 (%)	琼脂 (%)	沉淀率 (%)
0.002	3.58 ± 0.11	0.003	6.56 ± 0.15	0.003	3.95 ± 0.15	0.002	4.78 ± 0.12	0.002	6.78 ± 0.32
0.005	3.22 ± 0.24	0.006	6.84 ± 0.26	0.006	3.15 ± 0.21	0.004	3.85 ± 0.23	0.005	5.85 ± 0.15
0.010	2.92 ± 0.12	0.009	5.81 ± 0.22	0.009	2.01 ± 0.12	0.006	2.88 ± 0.25	0.010	5.88 ± 0.13
0.015	2.35 ± 0.13	0.012	5.92 ± 0.33	0.012	2.25 ± 0.25	0.008	2.92 ± 0.32	0.015	4.92 ± 0.32
0.020	3.14 ± 0.03	0.015	4.95 ± 0.12	0.015	2.69 ± 0.06	0.010	2.95 ± 0.17	0.020	4.95 ± 0.47

由表 4 可以看出,单一稳定剂很难达到理想的效果,需考虑使用复合稳定剂,故选用稳定性较好的黄原胶、耐酸型 CMC、海藻酸钠进行正交试验,以确定最佳配比用量。

由表 5 可知,黄原胶对菊芋乳酸菌饮料体态稳定性影响最大,其次是海藻酸钠,CMC 作用效果最小。最佳稳定剂组合为 A₃B₂C₁,即:黄原胶 0.015%、CMC 0.009%、海藻酸钠 0.004%。经验证,该参数组合产品离心沉淀率为 0.25%。

2.4 菊芋乳酸菌饮料产品质量指标

菊芋乳酸菌饮料色泽为淡黄色,外观均匀一致,澄清透

明,无沉淀,无杂质,口感浓厚,酸甜适中,具有菊芋的风味和适当发酵乳酸气味,柔和持久,无异味。总糖含量 9.58%,还原糖含量 0.45%,菊糖含量 2.15%,pH 值 3.9~4.0,总酸度 1.17%(以乳酸计)。乳酸菌数量不少于 1.2 × 10⁹ CFU/mL。

3 结论与讨论

3.1 各发酵参数对菊芋乳酸菌饮料的影响

本研究结果表明,生产菊芋乳酸菌饮料的最佳工艺组合为菊芋汁接种量 6%,发酵温度 43℃,发酵时间 24 h。其中,

表 5 菊芋乳酸菌饮料稳定性正交试验结果与极差分析

编号	因素水平			离心沉淀率 (%)
	A:黄原胶 (%)	B:CMC (%)	C:海藻酸钠 (%)	
1	0.005	0.006	0.004	1.48 ± 0.09
2	0.005	0.009	0.006	0.87 ± 0.15
3	0.005	0.012	0.008	0.55 ± 0.16
4	0.010	0.006	0.006	1.02 ± 0.02
5	0.010	0.009	0.008	0.36 ± 0.04
6	0.010	0.012	0.004	0.98 ± 0.05
7	0.015	0.006	0.008	1.55 ± 0.16
8	0.015	0.009	0.004	3.85 ± 0.14
9	0.015	0.012	0.006	2.74 ± 0.13
<i>k</i> ₁	0.967	1.350	2.103	
<i>k</i> ₂	0.787	1.693	1.543	
<i>k</i> ₃	2.713	1.423	0.820	
<i>R</i>	1.926	0.343	1.283	

发酵温度对菊芋乳酸菌饮料产酸情况影响最为显著,因为温度不仅影响发酵液中菌种生长速度,一定程度上决定了菌种比例,进而影响乳酸种类。在较低的发 酵温度条件下,嗜热链球菌比保加利亚乳酸菌发育旺盛,*L*(+) - 乳酸比例增大,酸味不足,达到规定酸度的时间较长;若发酵温度较高,则保加利亚乳杆菌比嗜热链球菌发育旺盛,*D*(-) - 乳酸的比例增大,出现刺激性较强的酸味,到达规定酸度的时间较短,但是香味成分不足,饮料保存过程中酸度会继续增高,进而影响口感^[12]。因此,综合上述考虑,最终选择 43℃ 为最适发酵温度。接种量是发酵饮料的另一个重要参数,接种量过低,易形成不良生长环境,菌种生长、产酸均会受到抑制,发酵时间延长,增加生产成本;接种量过高则容易导致产酸过快过高,影响饮料的口感、风味^[13]。本试验结合产酸、感官评分,选择 6% 接种量,产酸适时适量,饮料口感最好。

3.2 菊芋乳酸菌饮料发酵过程中各指标变化

本研究结果表明,随着发酵时间的延长,菊芋汁乳酸菌饮料 pH 值持续下降,衰亡期活菌数仍未见大幅降低,可能的原因是菊芋饮料中含有菊糖,可增强乳酸菌的抗逆性,有效提高了乳酸菌的存活能力^[8]。新鲜菊芋汁(未加蔗糖)初始总糖、还原糖浓度约 42.95、2.78 mg/mL,添加质量浓度为 2% 的蔗糖进行发酵,发酵结束(36 h)后总糖、还原糖浓度约 22.24、0.32 mg/mL,表明还原糖、蔗糖基本被乳酸菌消耗殆尽,其中还原糖优先被利用,菊糖(约 21 mg/mL)几乎全部保留。菊芋乳酸菌饮料同时含有较高活菌数(益生菌)、菊糖(益生元),是营养功效显著的合生元饮品。

3.3 菊芋乳酸菌饮料稳定性探讨

离心沉淀率反映饮料的稳定性,不仅影响产品的保质期,也直接影响产品风味、口感^[14-15]。由于乳酸菌菊芋饮料产品酸度较低,且生产过程中不仅保留了浆料中的蛋白质、多糖成分,乳酸菌发酵还会产生多种次级代谢产物,长期存放必然会产生分层、沉淀等现象,因此在生产过程中加入稳定剂显得尤为重要。本试验对黄原胶、瓜尔豆胶、耐酸型 CMC、海藻酸钠、琼脂进行比较试验,单一增稠剂的使用效果均不太好,黄原胶 0.015%、CMC 0.009%、海藻酸钠 0.004% 稳定效果最佳,且经 4、37℃ 贮藏 3 个月均未见分层,几乎没有沉淀产生。

参考文献:

[1] 王卫东,孙月娥,李超,等. 菊芋泡菜贮藏期间非酶褐变的研究[J]. 食品科学,2010,31(20):477-480.

[2] 曹力强. 菊芋的特征特性及栽培[J]. 农业科技与信息,2008(11):57.

[3] 殷洪,林学进. 菊粉、低聚果糖的研究进展[J]. 中国食品添加剂,2008(3):97-101.

[4] Nair K K, Kharb S, Thompson D K. Inulin dietary fiber with functional and health attributes a review[J]. Food Reviews International, 2010,26(2):189-203.

[5] Kaur N, Gupta A K. Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition[J]. Journal of Biosciences,2002,27(7):703-714.

[6] Scholz - Ahrens K E, Schaafsma G, van den Heuvel E G, et al. Effects of prebiotics on mineral metabolism[J]. The American Journal of Clinical Nutrition,2001,73:459-464.

[7] 王卫东,孙月娥,李超,等. 复合抑制剂对菊芋酶促褐变的影响[J]. 食品科学,2010,31(24):134-138.

[8] 李信,董英,程新,等. 乳酸菌发酵菊芋汁及其风味的研究[J]. 食品与发酵工业,2012,38(10):96-100.

[9] 郑立红,王青华,高海生,等. 菊芋饮料主要工艺参数的研究[J]. 中国食品学报,2008,4(4):91-95.

[10] 张彧,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. 橄榄浊汁饮料及其稳定性的研究[J]. 农产品加工:学刊,2013(18):27-29.

[12] 杜冰,姜龙波,刘长海,等. 木瓜发酵乳酸饮料的研究[J]. 食品科学,2008,29(11):752-755.

[13] 雷德柱,何淑钗,李丹琳,等. 乳酸菌发酵柿汁的制备工艺[J]. 食品科技,2004(4):70-72,75.

[14] 潘江球,郭赛厚,石旭东. 浑浊型番茄饮料稳定性研究[J]. 食品科学,2007,28(8):138-143.

[15] 常忠义,高红亮,赵宁,等. 发酵型酸乳饮料稳定性的研究[J]. 食品科学,2005,26(3):110-112.