

活性乳酸菌米乳饮料的工艺研究

王烈喜, 陈琼, 陈黎斌, 朱庆玲 (广东食品药品职业学院, 广东广州 510520)

摘要 [目的] 通过现代饮料加工技术, 优化活性乳酸菌米乳饮料的生产加工工艺。[方法] 以碎米为主要原料, 经烘烤、磨浆、糊化、酶解糖化后与全脂奶粉混合, 再经乳酸菌接种等工艺生产活性乳酸菌米乳饮料。通过单因素分析和正交试验, 优化该活性乳酸菌米乳饮料的加工工艺。[结果] 试验确定了生产活性乳酸菌米乳饮料的最佳工艺条件: 酶解糖化 55 °C, 50 min, 葡萄糖淀粉酶加酶量 65 U/g, 嗜热链球菌和保加利亚乳杆菌的菌种配比为 1:1, 发酵时间 9 h; 稳定剂组成为海藻酸钠 0.02%, 瓜尔豆胶 0.02%, 单甘酯 0.04% (质量分数)。[结论] 该工艺制备的活性乳酸菌米乳饮料产品呈均匀的流体状, 无分层现象; 色泽为乳白色或浅灰色, 酸甜可口, 具有大米和牛奶经乳酸发酵产生的独特香味。

关键词 碎米; 活性乳酸菌; 发酵; 米乳饮料

中图分类号 S511 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)27-11132-03

Study on the Process of Active Lactic Acid Bacteria Rice Milk

WANG Lie-xi et al (Guangdong Food and Drug Vocational College, Guangzhou, Guangdong 510520)

Abstract [Objective] To optimize the processing technique of active lactic acid bacteria rice milk. [Method] With broken rice as main raw material, after curing, grinding, gelatinization, enzymatic saccharification and mixed with full cream milk powder, inoculated with lactic acid, the active lactic acid bacteria rice milk was produced. [Result] The optimum technique conditions for producing active lactic acid bacteria rice milk are as follows: saccharified under 55 °C for 50 min, adding amount of glucoamylase 65 U/g, *Str. thermophilus*: *L. bulgaricus* = 1:1, fermenting 9 h; Besides, the stabilizers were 0.02% of algin, 0.02% guar gum and 0.04% monoglyceride. [Conclusion] The obtained active lactic acid bacteria rice milk shows a uniform fluid state with no stratification; the color is milky white or light gray, tastes sweet and sour with typical fragrance.

Key words Broken rice; Active lactic acid bacteria; Fermentation; Rice milk

大米是人类的主要粮食之一, 大米蛋白被公认为优质的食品蛋白, 氨基酸组成平衡合理, 且含量高, 是禾谷类粮食中质量最好的一种蛋白质^[1-2]。另外, 大米蛋白是低抗原性蛋白, 具有良好的消化性、低过敏性和较高的营养价值, 是一种生理性价较高的谷物蛋白^[3]。碎米是大米加工的副产品, 其营养价值与整米相当, 但因米粒不完整, 食味品质差而不受欢迎, 如何积极开展碎米资源的利用, 实现物尽其用, 是我国碾米行业共同关心的问题^[4]。笔者将大米蛋白和牛奶蛋白进行有机结合, 以碎米为原料经葡萄糖淀粉酶酶解糖化后, 加入到牛奶中进行乳酸菌发酵, 通过现代饮料加工技术, 制成一种高品质的, 集动植物蛋白于一体的发酵型乳酸菌饮料。

1 材料与方法

1.1 材料 主要原料: 碎米, 全脂奶粉, 白砂糖, 葡萄糖淀粉酶(100 000 U/ml, 液态, 诺维信公司), 海藻酸钠, 瓜尔豆胶, 单甘酯。菌株: 嗜热链球菌(*Str. thermophilus*)、保加利亚乳杆菌(*L. bulgaricus*), 这 2 株菌来自于南昌大学食品微生物实验室。主要仪器设备: RV-270 滚筒炒锅, JML130 胶体磨, GJB2-40 均质机, 恒温水浴锅, M330520 灭菌锅, SPX-70S 恒温培养箱, FG109 糖度计, PHS-25 pH 检测仪, 锥形瓶, 酒精灯, 接种环。

1.2 工艺流程 碎米→焙炒→浸泡→磨浆→糊化→糖化酶解→灭酶^{全脂奶粉}→调配→均质→杀菌冷却→接种发酵剂^{辅料}→调配→均质→脱气→冷却灌装→成品。

作者简介 王烈喜(1981-), 男, 江西泰和人, 讲师, 硕士, 从事功能食品生产和检测研究, E-mail: wanglx@gdyzy.edu.cn。

收稿日期 2013-09-11

1.3 操作要点

1.3.1 碎米焙炒、磨浆。 碎米除杂后放入滚筒炒锅进行焙炒, 炒至米粒呈均匀的微黄色, 有浓郁的炒米香味即可, 冷却后加水进行磨浆。

1.3.2 米浆糊化。 控制米浆的料水比为 1:8(W/W), 升温至 90 °C, 在搅拌状态下保温 15 min, 完成糊化。

1.3.3 糖化酶解。 在糊化后的米浆中加入葡萄糖淀粉酶进行糖化酶解(以酶解液的 DE 值为指标)。诺维信公司提供的葡萄糖淀粉酶最适作用温度为 55 °C, 最适反应 pH 为 5.0。

1.3.4 加奶粉调配。 根据饮料蛋白质和脂肪含量标准, 确定全脂奶粉添加量为 2.5% (全文所有百分含量均为成品饮料的质量分数), 将奶粉充分溶解于 100 ml、50 °C 的软水中, 溶解后与大米糖化液混合调配, 搅拌均匀。

1.3.5 均质。 常温均质, 均质压力设置为 30 MPa。

1.3.6 杀菌冷却。 大米乳混合液进入巴氏杀菌机, 在 90 °C、15 s 条件下完成杀菌, 冷却。

1.3.7 接种发酵。 将嗜热链球菌和保加利亚乳杆菌按比例接种于米浆和牛奶的混合培养基中, 接种量 3.3%, 在 42 °C 下进行保温发酵。

1.3.8 调配。 将复配后的稳定剂与白砂糖以 1:29 的比例干混后溶解于 200 ml、60 °C 温水中, 高速搅拌使其完全溶解后, 加入到大米乳发酵液中, 搅拌均匀。

1.3.9 均质。 控制无菌条件, 在 30~35 MPa 压力下进行均质。

1.4 产品稳定性测定^[5-6] 在有刻度的离心管中, 准确加入米乳饮料 10 ml, 然后在 3 500 r/min 速度下离心 15 min, 除去上层液, 准确称取沉淀物质量, 利用公式(1)计算沉淀率:

$$\text{离心沉淀率} = \frac{\text{沉淀物质量}}{10 \text{ ml 离心液质量}} \times 100\% \quad (1)$$

1.5 产品粘度测定^[7] 在室温,同一环境条件下用粘度计测定产品的粘度。

1.6 微生物分析 活性乳酸菌:以改良 MRS 为培养基,采用平皿稀释计数培养法测定。大肠菌群:采用国标 GB4789.3-94 中的乳糖胆盐发酵对大肠菌群进行测定。

1.7 感官评定^[5] 由 10 人组成评分小组,以感官评定参考标准(表 1)为依据进行评定,最后累加取平均值得综合效果分。

表 1 活性乳酸菌米乳饮料感官评定参考标准

指标	评价标准	得分
组织状态 (30 分)	无沉淀,无脂肪上浮,质地均一	26~30
	稍有沉淀,沉淀颗粒细小疏松,有少量脂肪上浮,质地比较均一	21~25
	有大量沉淀,有明显脂肪上浮现象,液面出现水析,质地差	15~20
口感 (25 分)	细腻、爽口	21~25
	不细腻、少量颗粒感	16~20
	极不细腻,大量颗粒感	10~15
香味 (25 分)	米香味浓厚	21~25
	米香味较轻	16~20
色泽 (20 分)	无米香味、风味单一	10~15
	浅黄色均一,有光泽	16~20
	浅黄色,稍有光泽 颜色不均,无光泽	11~15 5~10

2 结果与分析

2.1 米浆和水的比例对饮料感官品质的影响 对于谷物饮料来说,水的添加量对饮料的感官品质有很大影响。在其他配料添加量相同的情况下,控制不同的料水比对米浆进行糊化处理,根据糊化后粘度和感官品质,确定最佳料水比,结果如表 2 所示。

表 2 不同的料水比对饮料品质的影响

料水比(W/W)	产品粘度//Pa·s	感官评定
1:6	6 923	很粘,米香味很浓
1:8	6 144	粘度适中,米香较浓
1:10	4 750	有点稀,米香味淡
1:12	3 879	太稀,几乎无米香味

从表 2 可以看出,随着水的加入,糊化后产品粘度逐渐减小,当料水比为 1:8 时粘度最合适。

2.2 葡萄糖淀粉酶糖化酶解条件的确定 酶解反应的影响因素有很多,葡萄糖淀粉酶在米乳制备过程中对淀粉糖化的主要影响因素为:酶解温度、料水比、加酶量和酶解时间。图 1 显示了葡萄糖淀粉酶在酶用量 70 U/g 大米、温度 55 °C、pH 5.0 下,酶解液 DE 值随酶解时间延长的变化趋势。

由图 1 可知,当液化时间为 40 min 时,DE 值达到了 79.5%,此后随着时间的增加,DE 值变化较小,因此选择液化时间为 40 min。酶用量是酶水解的重要参数。添加不同酶量的葡萄糖淀粉酶,在 55 °C、pH 5.0 下液化 40 min,然后测定酶解液的 DE 值,结果见图 2。

由图 2 可知,当酶用量为 70 U/g 大米左右时,DE 值达

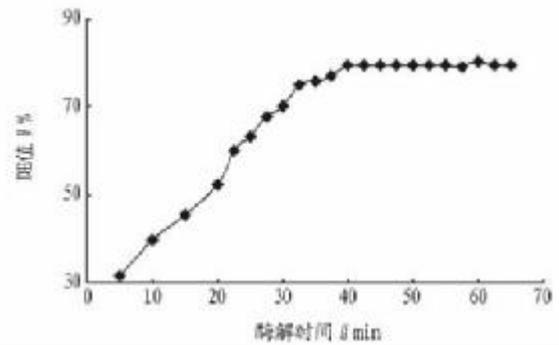


图 1 葡萄糖淀粉酶作用时间对 DE 值的影响

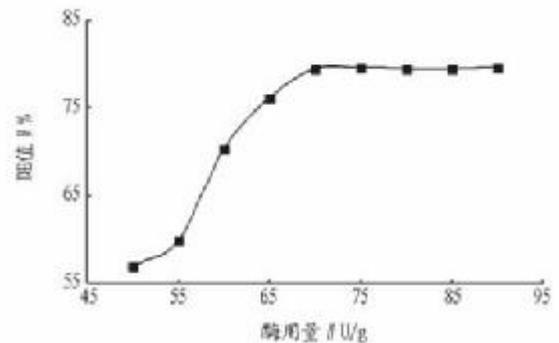


图 2 葡萄糖淀粉酶用量对 DE 值的影响

到了最大值,此后随着酶用量的增加,DE 值变化不明显,因此选择酶用量为 70 U/g 大米。

根据以上试验结果可以确定,葡萄糖淀粉酶糖化酶解的最佳条件为酶用量为 70 U/g 大米,在 55 °C、pH 5.0 下液化 40 min。

2.3 混合菌种配比及发酵条件的确定 在乳酸菌发酵过程中,由于球菌和杆菌的共生作用,使混菌发酵明显地优于单菌发酵,由于 2 种菌的代谢产物不同,故不同的菌株配合及混合比例,对产品风味和组织状态有明显的影[8]。据资料介绍,乳饮料发酵剂技术选择顺序依次为产酸能力、产香能力、水解蛋白能力、后发酵产酸、产粘能力等[9]。

2.3.1 菌种配比对产品品质的影响。 试验设置不同比例的嗜热链球菌和保加利亚乳杆菌,在 42 °C 下同时发酵 6 h,结果如表 3 所示。

表 3 菌种比例对产品的组织状态和风味的影响

球菌与杆菌比例	组织状态及风味	结论
1:1	组织好,酸甜比合适,香味好	接受
1:2	组织较差,偏酸,香味差	放弃
2:1	组织差,酸甜合适,香味尚可	放弃
2:3	组织较好,偏酸,香味差	放弃
3:2	组织尚可,酸甜合适,香味好	放弃

从表 3 中可以看出,嗜热链球菌与保加利亚乳杆菌的比例为 1:1 时,所得产品组织状态好且具有较佳的风味和口感。

2.3.2 发酵时间对产品品质的影响。 发酵时间长短直接影响产品的酸度和风味,时间太短,产酸量不足;时间过长,产酸过多,酸涩味比较严重,影响口感。控制温度为 42 °C,不同发酵时间对风味的影响见表 4。

表4 不同发酵时间对风味的影响

发酵时间//h	pH	口感风味评价	结论
5	5.52	只有甜味,无酸味	放弃
6	5.29	甜味多,酸味少	放弃
7	4.97	甜味多,酸味偏少	较好
8	3.72	酸甜适中,口感较好	最好
9	3.51	酸多,甜少,口感好	较好
10	3.37	较酸,有轻微涩味	放弃
11	3.29	太酸,有涩味	放弃
12	3.20	太酸,涩味较浓	放弃

从表4可知,发酵时间对饮料口感影响非常大。随着发酵时间的延长,pH不断减小,当发酵时间为8h时,产品酸甜

比例最合适,且具有乳酸菌饮料独有的风味。为此,确定发酵时间为8h时为最适宜的发酵时间范围。

2.4 工艺条件优化 以葡萄糖淀粉酶解时间、酶用量、菌种配比、发酵时间等因素为研究对象,进行正交试验,正交试验因素水平设计见表5,结果如表6所示。

表5 工艺条件优化正交试验因素水平设计

水平	因素			
	酶解时间 (A)//min	酶用量(B) U/g	菌种配比 (C)	发酵时间 (D)//h
1	30	65	1:2	7
2	40	70	1:1	8
3	50	75	2:2	9

表6 正交试验结果分析

试验号	因素				感官评定	总分
	酶解时间//min	酶用量//U/g	菌种配比	发酵时间//h		
1	30	65	1:2	7	偏甜,有少量米香味	71
2	30	70	1:1	8	偏甜,无发酵香味	62
3	30	75	2:2	9	较甜,口感细腻	80
4	40	65	1:1	9	口感较好,酸甜比例适合	89
5	40	70	2:1	7	较酸,有涩味	53
6	40	75	1:2	8	偏酸,有少量涩味	59
7	50	65	2:1	8	偏酸,有少量米香味	73
8	50	70	1:2	9	酸甜适中,无发酵香味	70
9	50	75	1:1	7	较甜,口感细腻	81
k_1	71.000	77.667	66.667	68.333		
k_2	67.000	61.667	77.333	64.667		
k_3	74.667	73.333	68.667	79.667		
R	7.667	16.000	10.666	15.000		

从表6中可以看出,极差(R)最大的是酶用量,影响饮料感官品质的主要因素顺序是酶用量>发酵时间>菌种配比>酶解时间。同时,根据各因素中指标均值可以判定最优水平组合为 $A_3B_1C_2D_3$,即酶解时间50min、酶用量65U/g、菌种配比1:1、发酵时间9h。

2.5 稳定剂的选择 乳酸菌米乳饮料是一个十分复杂的胶体体系,由蛋白质、脂肪、糊精、纤维素、半纤维素等组成,在贮存过程中容易出现沉淀。为了保证产品在较高的干物质水平下拥有更高的悬浮稳定性,需要在产品中加入一定的亲水胶体和乳化稳定剂。

试验初步选用果胶、羧甲基纤维素(CMC)、琼脂、黄原胶、卡拉胶、海藻酸钠、微晶纤维素(MCC)、阿拉伯胶、瓜尔豆胶9种亲水胶体和分子蒸馏单甘酯、蔗糖酯(SE-15)、三聚甘油酯和卵磷脂进行试验。结果发现,海藻酸钠和瓜尔豆胶的稳定效果最好,分子蒸馏单甘酯乳化效果最好。同时加入三聚磷酸钠以进一步软化饮料用水。采用 $L_9(3^4)$ 正交试验,以产品沉淀率为指标,最终确定了活性乳酸菌米乳饮料稳定剂的最优配方,正交试验因素水平设计见表7,结果见表8。

从表8可以看出,极差(R)最大的是海藻酸钠的添加量,4个因素对沉淀率的影响大小是海藻酸钠>单甘酯>瓜尔豆胶>三聚磷酸钠,最佳稳定剂组合是 $A_1B_1C_2D_3$,即海藻酸钠0.02%、瓜尔豆胶0.02%、单甘酯0.04%、三聚磷酸钠0.04%

(质量分数)。

表7 稳定剂配方正交试验因素水平设计

水平	因素			
	海藻酸钠(A)	瓜尔豆胶(B)	单甘酯(C)	三聚磷酸钠(D)
1	0.02	0.02	0.03	0.02
2	0.03	0.03	0.04	0.03
3	0.04	0.04	0.05	0.04

表8 稳定剂配方正交试验结果

试验号	因素				沉淀率 %
	海藻酸钠 %	瓜尔豆胶 %	单甘酯 %	三聚磷酸钠 %	
1	0.02	0.02	0.03	0.02	0.989 8
2	0.02	0.03	0.04	0.03	1.123 3
3	0.02	0.04	0.05	0.04	0.768 9
4	0.03	0.02	0.04	0.04	0.956 2
5	0.03	0.03	0.05	0.02	0.477 8
6	0.03	0.04	0.03	0.03	0.321 0
7	0.04	0.02	0.05	0.03	0.514 0
8	0.04	0.03	0.03	0.04	0.750 0
9	0.04	0.04	0.04	0.02	0.587 7
k_1	0.961	0.820	0.687	0.685	
k_2	0.585	0.784	0.889	0.653	
k_3	0.617	0.559	0.587	0.825	
R	0.376	0.261	0.302	0.172	

基酸、脂肪酸和矿物元素,必需氨基酸占总氨基酸的 30.97%,DHA 和 EPA 占全部脂肪酸的 50.44%。

表 5 鱿鱼皮脂肪酸组成及相对含量 %

脂肪酸种类	鱿鱼皮	脂肪酸种类	鱿鱼皮
C14:0	0.71	C18:2 (n=6)	0.95
C15:0	0.56	C18:3 (n=3)	0.19
C16:0	15.32	C19:0	0.27
C16:1 (n=7)	0.49	C19:1 (n=9)	0.31
C16:2 (n=6)	0.03	C20:0	0.17
C16:2 (n=4)	0.04	C20:1 (n=9)	10.21
C16:3 (n=3)	0.01	C20:2	0.11
C17:0	1.76	C20:4 (n=6)	5.15
C18:0	9.12	C20:5 (n=3)	14.95
C18:1 (n=9)	3.36	C22:1 (n=9)	0.51
C18:1 (n=6)	0.23	C22:6 (n=3)	35.49

注:以湿基计。

但是,目前鱿鱼的加工方法还比较粗放,对像鱿鱼皮这样的副产物,大多数都是被加工成价值不高的饲料鱼粉,也有一些工厂直接丢弃或掩埋。不仅是对资源的一种极大浪费,更严重的还会造成环境污染^[11]。如今在食物短缺而人口又不断增长的社会形势之下,人们开始越来越重视资源的有效利用,又因迅速变化的世界渔业结构,使得人们对鱿鱼的开发利用达到了更高的重视程度。关于水产动物皮的价值及利用,虽然国内外都已有不少的研究报道,但是对鱿鱼皮的研究,多集中在胶原蛋白的测定和提取以及酶解等方面^[12-13]。将没有得到很好利用的鱿鱼皮加工成即食的休闲食品,既开发出新的休闲食品品种,又可以更好地利用鱿鱼

皮,提高鱿鱼的附加值,减少环境污染,促使鱿鱼加工业向更成熟的方向发展。由于国内还没有关于鱿鱼皮休闲食品的开发研究,如何将鱿鱼皮加工成休闲食品就将是一项非常有意义的研究。

参考文献

- [1] 陈易. 鱿鱼的营养及食用价值[J]. 食品与药品,2006,8(06A):75-76.
- [2] 吴少杰,张俊杰,姚兴存,等. 我国鱿鱼的综合加工利用现状与展望[J]. 食品研究与开发,2011,32(1):154-156.
- [3] 宁正祥. 食品分析手册[M]. 北京:中国轻工业出版社,1998:263-344.
- [4] 何绮霞. 饲料中常用维生素的检测及鉴别[J]. 广东饲料,2012,21(6):41-42.
- [5] 冯大伟,李八方,赵雪,等. 鲤鱼、鱿鱼和鳕鱼皮中脂肪酸的气相色谱-质谱(GC/MS)分析与比较[J]. 水利渔业,2006,26(5):21-23.
- [6] 刘宏超,李瑞伟,纪丽丽,等. 罗非鱼的脂肪酸组成分析[J]. 福建水产,2008,9(3):54-56.
- [7] FOLCH J, LEES M, Sloane Stanley G H [J]. *Biolchem*,1957,226:497.
- [8] 卢洁,黄凯,臧宁,等. 气相色谱全分析海水和淡水养殖南美白对虾组织中脂肪酸组成与含量[J]. 色谱,2005,23(2):193-195.
- [9] 秦玉青,刘承初. 鱿鱼皮胶原蛋白的测定与回收[J]. 上海水产大学学报,2002,11(2):138-144.
- [10] SADOWSKA M, KOLODZIEJSKA I, NIECIKOWSKA C. Isolation of collagen from the skin of baltic cod (*Gadus morhua*) [J]. *Food Chemistry*, 2003,81(2):257-262.
- [11] 马永钧,秦乾安,陈小娥,等. 鱿鱼加工副产物综合利用研究进展[J]. 渔业现代化,2008,35(4):62-65.
- [12] SADOW S M, SIKOR S. Collagen in the tissues of squid (*Illex argentinus* and *Loligo patagonica*)-content and solubility [J]. *Food Biochem*,1987,11(2):109-120.
- [13] 杨广,黄晓南. 鱼皮加工初探[J]. 湖北农学院学报,1996,16(4):316-318.
- [14] 刘春娥,刘峰,李刚杰,等. 鳕鱼皮胶原蛋白酶解液的制备及抗氧化研究[J]. 安徽农业科学,2011,39(34):21328,21344.
- [15] 朱定贵. 红罗非鱼亲鱼组织脂肪酸组成分析[J]. 西南农业学报,2012(2):713-717.

(上接第 11134 页)

2.6 产品质量标准 制得的产品质量标准具体见表 9。

表 9 产品质量标准

类别	项目	指标
感官指标	色泽	乳白色或浅灰色
	组织状态	稳定,不分层,无水析现象
	口感、气味	口感饱满;有大米清香和发酵乳的香气;无异味
理化指标	固形物含量	≥13.0%
	糖度(蔗糖计)	≥11
	pH	3.72
	蛋白质	≥1.0%
微生物指标	乳酸菌数(活菌型)	≥1×10 ⁶ 个/ml
	大肠菌群	无
	致病菌	不得检出

3 结论

大米的酶解糖化工艺是活性乳酸菌米乳饮料制备的关键工艺,酶解效果直接影响产品的品质和口感。最优酶解工艺参数为 pH 5.0,55 °C 酶反应 40 min,加酶量 65 U/g 大米,料水比 1:8 (W/W),酶解结束后选用水浴加热 90 °C/10 min 的条件灭酶。

新型活性乳酸菌米乳饮料最佳发酵工艺:嗜热链球菌和保加利亚乳杆菌菌种配比 1:1,发酵温度 42 °C,发酵时间 9 h。稳定剂配方:海藻酸钠 0.02%、瓜尔豆胶 0.02%、单甘酯 0.04%、三聚磷酸钠 0.04% (质量分数)。该工艺制备的活性乳酸菌米乳集动植物蛋白于一体,产品呈均匀的流体状,无分层现象;色泽为乳白色或浅灰色,酸甜可口,具有大米和牛奶经乳酸发酵产生的独特香味。

参考文献

- [1] ALHUSAINI SAMIR SIDEK. Modification of rice flour and its potential use in the food industry [D]. America: Louisiana State University, 1985.
- [2] 易翠萍,姚惠源. 大米蛋白的研究进展 [J]. 粮食工程,2003(8):53-54.
- [3] 于康. 小食物大功效 [M]. 天津:天津教育出版社,2005:38-45.
- [4] 刘宜锋,翁聿颖,何丹华. 碎米应用开发 [J]. 福建轻纺,2007(1):56-57.
- [5] 蓝海军,刘成梅,毕双同,等. 花生米乳复合饮料的加工工艺研究 [J]. 粮食与饲料工业,2012(4):31-34.
- [6] 陈正宏,郑博强,陈敢. 果汁乳饮料稳定性的研究 [J]. 食品科技,2000(5):40-41.
- [7] 胡永金,朱仁俊,武岳. 米乳乳酸发酵饮料工艺研究 [J]. 现代食品科技,2010,26(4):396-399.
- [8] 刘会平,李玉娥,康连平. 活性乳酸菌饮料的研制 [J]. 陕西农业大学学报,1998,18(3):254-258.
- [9] 马钢. 酸奶制作技术及最新配方 [M]. 北京:中国农业出版社,1994:45-47.