

添加小球藻和几种低聚糖对益生菌增殖和酸奶品质的影响

王晓晴¹, 王榆元², 周春宏³, 杨新娟¹, 曾晓雄¹

(1. 南京农业大学食品科技学院, 江苏 南京 210095; 2. 南华大学化学化工学院, 湖南 衡阳 421001;

3. 江苏省环境检测中心, 江苏 南京 210036)

摘要: 研究低聚果糖、水苏糖以及它们和蔗糖的组合对酸奶益生菌增殖的影响, 并研究酸奶中添加小球藻粉对酸奶益生菌增殖及酸奶品质改进的影响。选用酵母菌发酵法对小球藻进行脱腥, 果胶为稳定剂, 发现酸奶制品中单一添加水苏糖和低聚果糖或两者组合都能促进益生菌的生长, 而添加小球藻粉对于菌的生长及酸奶的营养和风味较有益。再通过 $L_9(3^4)$ 正交试验优化小球藻酸奶配方, 最后确定较优配方为: 10% 脱脂奶粉、3% 保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌(质量比 1:1)、5% 蔗糖、3% 低聚果糖、1% 水苏糖及 1% 小球藻粉。

关键词: 酸奶; 益生菌; 低聚果糖; 水苏糖; 小球藻

Effects of Oligo Saccharides and Chlorella on the Growth of Probiotics and Quality of Chlorella Yogurt

WANG Xiao-qing¹, WANG Yu-yuan², ZHOU Chun-hong³, YANG Xin-juan¹, ZENG Xiao-xiong¹

(1. College of Food Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China;

2. College of Chemistry and Chemical Engineering, Nanhua University, Hengyang 421001, China;

3. Jiangsu Environmental Monitoring Centre, Nanjing 210036, China)

Abstract: In order to explore the effects of oligo saccharides and chlorella on the growth of probiotics and quality of chlorella yogurt, the growth of probiotics in yogurt with the addition of sucrose, fructooligosaccharide, stachyose, their pairwise combinations or all of them (at a total level of 10%) was determined. It was found that fructooligosaccharide and/or stachyose could promote the growth of chlorella in yogurt. Meanwhile, the presence of chlorella was beneficial to the growth of probiotics and the flavor and nutrition of yogurt. Yeast fermentation method was used to remove the odor of chlorella, and pectin was used as stabilizer. As determined using an $L_9(3^4)$ orthogonal array design, the optima formula of chlorella yogurt was 10% skimmed milk, 3% *Lactobacillus bulgaria*/*Streptococcus thermophilus* mixture (1:1), 1% chlorella, 5% sugar, 3% fructooligosaccharide and 1% stachyose.

Key words: yogurt; probiotics; fructooligosaccharide; stachyose; chlorella

中图分类号: TS252.54

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2012)07-0158-05

益生菌是指一类非致病的经过消化系统对人体健康产生积极作用的微生物^[1-2], 它们通过改善人体内的微生态平衡进而促进人体健康。近年来, 通过食用含益生菌食品从而维持胃肠道健康的越来越受到人们的关注^[3-4]。

低聚糖是由 2~10 个同种或不同种单糖分子构成的聚合物^[5]。低聚糖具有调节人体生理活动的功能。一般作为食品添加剂添加于功能性食品的制作过程^[6]。低聚糖中的水苏糖广泛分布于豆科植物中, 是棉子糖属半乳糖苷中的一种能显著促进双歧杆菌增殖的非还原性低聚

糖。水苏糖甜度约为蔗糖的 30%, 能值低, 人体利用度仅为 3.82%, 稳定性好。低聚果糖又名寡果糖或蔗果三糖族低聚糖, 存在于水果、蔬菜、蜂蜜等物质中, 具有益生性、膳食纤维和活化因子作用。甜度为蔗糖的 30%~60%, 难消化^[7-8]。两种低聚糖都能促进肠道内双歧杆菌、乳酸杆菌增殖, 调节肠道微生态平衡, 并能降低血清胆固醇、血内毒素、抑制致癌物质的生成等^[9], 是良好的食品添加剂。

在功能性酸奶制作过程中, 已有文献报道通过添加低聚果糖和水苏糖来增强酸奶中益生菌的活性^[10-11]。但

收稿日期: 2011-04-11

基金项目: 江苏省自然科学基金项目(BK2008425)

作者简介: 王晓晴(1973—), 女, 讲师, 硕士, 研究方向为微生物发酵。E-mail: wangxq@njau.edu.cn

是由于低聚果糖和水苏糖对促进肠道内微生物的增殖作用存在差异,并且会在很大程度上影响食品的口感和风味。在功能性食品特别是酸奶的制作过程中少有文献报道这些不同低聚糖对于益生菌增殖作用的影响,以及同时添加不同的低聚糖对于食品中益生菌增殖作用及食品风味品质的影响^[12]。

小球藻是一种普生性球形单细胞藻类,生态分布极广,在淡水、海水中均有发现。小球藻细胞内含有丰富的多糖、蛋白质、色素、维生素、多不饱和脂肪酸、小球藻生长因子、矿物质等^[13],具有增强人体免疫力、抑制癌细胞增殖、降低血清胆固醇含量、排除毒素、修复机体的损伤等功能。小球藻富含多不饱和脂肪酸,其中以二十碳五烯酸(EPA)和二十二碳六烯酸(DHA)为代表的高不饱和脂肪酸是婴幼儿生长发育过程中不可缺少的成长因子。相对于从鱼油中提取的DHA而言,小球藻DHA没有腥臭味,是优质的食品添加剂^[14-15]。小球藻在现阶段的研究过程中一般是利用它极强的生殖能力以获得小球藻DHA藻油,几乎没有富含DHA小球藻功能性食品的报道。

本实验研究低聚果糖、水苏糖以及它们和蔗糖的组合对于酸奶益生菌增殖的作用,并研究小球藻的加入对于酸奶益生菌增殖及酸奶品质的改进作用。由于微藻产品常带有藻腥味,实验比较木瓜蛋白酶水解法、活性炭吸附法、酵母菌发酵法^[16]对小球藻脱腥的效果。研究以0.1%果胶^[17]为稳定剂的酸奶制作过程的最佳低聚果糖、水苏糖、小球藻配方,为富含DHA小球藻的功能性酸奶开发提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

脱脂奶粉 光明集团股份有限公司;白砂糖、安琪酵母粉 市售。

低聚果糖、水苏糖 江门量子高科生物工程有限公司;小球藻 山东滨州生物工程有限公司;酪蛋白胨、牛肉膏、酵母膏 北京奥博星生物技术有限公司。

1.2 菌种与培养基

嗜热链球菌(*S.thermophilus*)、保加利亚乳杆菌(*L.bulgaricus*) 哈尔滨美华生物技术股份有限公司。

MC培养基、M17培养基 自制。

1.3 仪器与设备

JA1003N电子分析天平、PHS-2C型数字式pH计 上海精密科学仪器有限公司;GRP-9080型隔水式恒温培养箱 上海森信实验仪器有限公司;YXQ-SU46-280S高压灭菌锅 上海博迅实业有限公司;SIS60-70实验型高压均质机 上海申鹿均质机有限公司;SW-CJ-1BU型洁

净工作台 苏州安泰空气技术有限公司;YJ92-2D超声波细胞破碎仪 宁波新芝生物科技股份有限公司。

1.4 指标检测

菌落总数:按GB/T 4789.2—2003《食品卫生微生物学检验 菌落总数测定》测定;嗜热乳链球菌和保加利亚乳杆菌菌数:按GB/T 16347—1996《乳酸菌饮料中乳酸菌的微生物学检验》测定。

1.5 添加各低聚糖酸奶发酵工艺流程

溶化低聚糖

↓

脱脂奶粉高温溶解(85℃)→加糖→均质(4000~5000r/min, 10min)→杀菌→冷却→添加发酵剂→42℃发酵→4℃冷藏

1.6 小球藻的破壁

将1%小球藻粉溶于去离子水中。在冰浴条件下,以超声波(700W, 10min)破壁。

1.7 小球藻的脱腥

分别比较添加安琪酵母、活性炭和木瓜蛋白酶进行破壁小球藻(超声波法破碎:功率500W、时间3s、间歇3s)溶液的脱腥,用感官评价法对破壁小球藻脱腥效果进行比较。

1.8 添加小球藻酸奶发酵工艺流程

溶化低聚糖

↓

脱脂奶粉高温溶解(85℃)→加糖→

↑

小球藻破壁→脱腥

均质(4000~5000r/min, 10min)→杀菌→冷却→添加发酵剂→42℃发酵→4℃冷藏

1.9 酸奶品质的感官评价方法^[18]

组织30人进行感官评价,对添加或未添加小球藻粉的不同低聚糖制酸奶进行品评,感官评价标准如表1所示,取平均值作为最终评价结果。

表1 感官评价标准

Table 1 Criteria for sensory evaluation of chlorella yogurt

项目	评分标准	分值
色泽(30分)	色泽均匀,正常白绿色	20~30
	色泽较均匀,白绿色,但发黄或发黑	10~20
	色泽不均匀,可见分层	<10
气味和滋味(40分)	酸甜可口,酸奶风味浓郁且有小球藻特有香气	30~40
	酸甜适口,酸奶味浓郁但藻香很淡;或酸奶味差,藻味较浓烈	20~30
	过酸或过甜或有藻腥味	<20
	组织均一,没有乳清析出,凝块少,细腻滑润	20~30
组织状态(30分)	组织较均匀,凝块较多,或乳清析出	10~20
	组织欠均匀,凝块粗糙,或乳清析出多	<10

2 结果与分析

2.1 不同低聚糖对益生菌增殖和酸奶品质的影响

研究不同低聚糖及其组合对于酸奶益生菌增殖效果的影响。采用10%糖、3%发酵剂、10%脱脂奶粉,按照工艺流程制作酸奶,结果见表2。添加水苏糖和低聚果糖都能够促进菌的生长代谢,但单独添加低聚果糖、水苏糖或者它们的组合,产品风味不好。而同时添加低聚果糖、水苏糖和蔗糖的三者组合有促进益生菌生长的作用,但从品质鉴定的角度需要做进一步优化实验。

2.2 破壁小球藻溶液的脱腥

藻类物质带有极强烈的藻腥味,会在很大程度上

影响藻类发酵酸奶的风味和口感,比较活性炭、木瓜蛋白酶和酵母发酵法的脱腥效果。其中酵母发酵法于30℃发酵20min;木瓜蛋白酶酶解温度为55℃,酶解1.5h;活性炭处理时间为30℃保温1.0h。由表3的感官评价结果判定脱腥效果较好的为酵母发酵法。

2.3 同时添加小球藻粉和低聚糖对于益生菌增殖及酸奶品质的影响

研究在低聚糖酸奶中添加小球藻粉及其组合,对于益生菌增殖和酸奶品质的影响。破壁小球藻粉的添加量为1%。结合表2和表4可以看出,不管是否添加了低聚糖,酸奶中添加小球藻粉都有利于益生菌的增殖,且小球藻粉的添加使酸奶多了自然的藻香味。

表2 不同低聚糖及其组合对酸奶益生菌益生效果及其品质的影响
Table 2 Effect of added sugars on the growth of probiotics and the quality of yogurt

加糖方式	发酵22h 益生菌数量/(10 ⁶ CFU/mL)			发酵7d 益生菌数量/(10 ⁶ CFU/mL)			品质鉴定
	总菌数	嗜热链球菌	保加利亚乳杆菌	总菌数	嗜热链球菌	保加利亚乳杆菌	
10%蔗糖	13.10	10.89	2.21	15.77	12.70	3.07	酸甜味,乳香味
10%低聚果糖	13.62	11.28	2.34	16.67	13.43	3.24	酸味重,乳香味
10%水苏糖	13.87	11.41	2.46	17.14	13.83	3.31	酸味重,淡淡乳香味
5%蔗糖+5%低聚果糖	13.24	10.80	2.44	16.02	12.80	3.22	酸味重,淡淡乳香味
5%蔗糖+5%水苏糖	13.44	10.92	2.52	16.42	13.10	3.32	酸甜味淡,乳香味好
5%低聚果糖+5%水苏糖	14.16	11.78	2.38	18.06	14.70	3.36	酸味重,乳香味淡
3.3%蔗糖+3.3% 低聚果糖+3.3%水苏糖	13.75	11.64	2.11	17.49	14.40	3.09	酸甜味很淡,乳香味淡

表3 小球藻不同脱腥方法的效果比较
Table 3 Comparison of the effectiveness of different methods in deodorizing chlorella

方法	安琪酵母菌添加量/g							
	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	2.0	3.0
活性炭法	腥味重 墨绿色	腥味重 绿色	有腥味 绿色	较淡腥味 淡绿色	无腥味 淡绿色	无腥味 极淡绿色	—	—
	腥味重 墨绿色	无腥味无酵母味 墨绿色	无腥味酵母味 淡绿色	酵母味 淡绿色	酵母味 黄色	—	—	—
酵母发酵法	腥味重 墨绿色	—	腥味重 墨绿色	腥味重 墨绿色	腥味重 墨绿色	腥味重 绿色	较淡腥味 绿色	无腥味 绿色
木瓜蛋白酶法	腥味重 墨绿色	—	腥味重 墨绿色	腥味重 墨绿色	腥味重 墨绿色	腥味重 绿色	较淡腥味 绿色	无腥味 绿色

注:一.安琪酵母菌添加量过高,影响了成品色泽和口感,不适合继续实验。

表4 低聚糖酸奶添加小球藻粉后对于益生菌益生效果及其酸奶品质的影响
Table 4 Effect of added sugars on the growth of probiotics and the quality of yogurt

糖来源(均添加1%小球藻粉)	发酵22h 益生菌量/(10 ⁶ CFU/mL)			发酵7d 益生菌量/(10 ⁶ CFU/mL)			品质鉴定
	总菌量	嗜热链球菌	保加利亚乳杆菌	总菌量	嗜热链球菌	保加利亚乳杆菌	
10%蔗糖	13.27	10.90	2.37	15.92	12.90	3.02	藻香,乳香,甜味
10%低聚果糖	13.79	11.42	2.35	17.12	13.83	3.29	酸味重,乳香味
10%水苏糖	14.27	11.85	2.42	18.14	14.93	3.21	酸味重,乳香
5%蔗糖+5%低聚果糖	13.74	11.36	2.38	16.40	13.20	3.20	不酸不甜,藻味重
5%蔗糖+5%水苏糖	13.38	11.26	2.12	16.90	13.80	3.10	酸味比甜味重,有藻味
5%低聚果糖+5%水苏糖	14.62	12.36	2.26	18.58	15.30	3.28	酸甜味,藻清香
3.3%蔗糖+3.3% 低聚果糖+3.3%水苏糖	13.90	11.85	2.05	18.83	15.80	3.03	酸甜味淡,藻味重

表5 不同制作法获得的酸奶在不同贮藏期的 pH 值
Table 5 pH of yogurt prepared by different methods during different storage periods

时间	蔗糖 ^a	小球藻 对照 ^{ad}	低聚 果糖 ^a	小球藻 对照 ^{ad}	水苏 糖 ^a	小球藻 对照 ^{ad}	蔗糖+低 聚果糖 ^b	小球藻 对照 ^{bd}	蔗糖+ 水苏糖 ^b	小球藻 对照 ^{bd}	低聚果糖+ 水苏糖 ^b	小球藻 对照 ^{bd}	蔗糖+低聚果 糖+水苏糖 ^c	小球藻 对照 ^{cd}
22h	3.87	3.89	3.86	3.88	3.85	3.87	3.86	3.88	3.84	3.87	3.87	3.88	3.86	3.88
7d	3.40	3.74	3.27	3.38	3.24	3.34	3.48	3.55	3.31	3.48	3.25	3.31	3.36	3.60

注: a.糖添加量 10%; b.两种糖分别添加量 5%; c. 3 种糖的添加量均为 3%; d.添加 1% 小球藻粉。

表7 9 组正交试验冷藏 7d 后酸奶活菌数和 pH 值
Table 7 Viable cell count of probiotics and pH of yogurt after cold storage for 7 days

项目	<i>m</i> 蔗糖: <i>m</i> 低聚果糖: <i>m</i> 水苏糖: <i>m</i> 小球藻粉								
	1:1:1:1	1:3:3:2	1:5:5:3	3:1:3:3	3:3:5:1	3:5:1:2	5:1:5:2	5:3:1:3	5:5:3:1
总菌数/(10 ⁶ CFU/mL)	13.76	14.04	15.12	13.02	15.82	14.12	16.38	16.6	13.3
嗜热链球菌数量/(10 ⁶ CFU/mL)	11.20	11.80	11.60	10.50	13.40	11.60	14.00	14.04	10.80
保加利亚乳杆菌数量/(10 ⁶ CFU/mL)	2.56	2.24	3.52	2.62	2.42	2.52	2.38	2.56	2.5
pH	3.82	3.71	3.76	3.78	3.63	3.84	3.75	3.82	3.72

2.4 不同制作法获得的酸奶在不同贮存期的 pH 值变化

由表 5 可知, 贮存期加入小球藻粉的酸奶 pH 值均比不加小球藻粉的酸奶高。由于小球藻本身的营养价值很高, 加入小球藻后有利于益生菌的生长, 食物酸碱度且更为适宜, 所以加入小球藻粉的酸奶的营养价值相对于不加小球藻的酸奶会更高。由表 4、5 可见, 贮藏期益生菌还在继续生长, 增长的益生菌发酵生成的乳酸将导致酸奶的 pH 值随贮存时间的延长有所下降。

2.5 正交试验对小球藻酸奶发酵配方的优化

通过上述实验可知, 小球藻的添加量、不同糖的添加量是影响小球藻酸奶中益生菌数量及其品质的主要因素, 它们之间的交互作用对产品的感官品质影响很大, 为此在 3% 发酵剂、10% 脱脂奶粉的条件下, 采用四因素三水平正交试验设计确定小球藻酸奶的最佳发酵配方。对 9 组产品进行感官评分来确定最佳组合, 结果如表 6 所示。

表6 小球藻 DHA 酸奶配方 L₉(3⁴)正交试验结果
Table 6 Orthogonal array design and results for optimizing the formula of chlorella DHA yogurt

试验号	A 蔗糖添 加量/%	B 低聚果糖 添加量/%	C 水苏糖 添加量/%	D 小球藻粉 添加量/%	感官评价结果			
					色泽	组织状态	气味	总分
1	1	1	1	1	17	26	32	75
2	1	3	3	2	16	25	31	72
3	1	5	5	3	16	26	28	70
4	3	1	3	3	15	25	28	68
5	3	3	5	1	24	27	35	86
6	3	5	1	2	22	25	34	81
7	5	1	5	2	22	25	29	76
8	5	3	1	3	24	26	33	83
9	5	5	3	1	23	27	28	78
K ₁	217	219	239	239				
K ₂	235	241	218	229				
K ₃	237	229	223	232				
k ₁	72.333	73.000	79.667	79.667				
k ₂	78.333	80.333	72.667	76.333				
k ₃	9.000	76.333	74.333	77.333				
R	6.667	7.333	7.000	3.334				

由表 6 可知, 各因素对酸奶感官品质影响依次为 B > C > A > D, 即低聚果糖和水苏糖的添加量对酸奶感官品质的影响最大, 其次是蔗糖添加量和小球藻粉的添加量。配方的最优组合为 A₃B₂C₁D₁, 即选用 3% 发酵剂、10% 脱脂奶粉的条件下, 选用 5% 蔗糖、3% 低聚果糖、1% 水苏糖、1% 小球藻粉为富含 DHA 小球藻酸奶的发酵配方。在此条件下, 发酵的酸奶感官品质较好。

由表 7 可见, 在酸奶发酵过程中, 低聚糖的添加都能促进益生菌的增殖, 但是不同配比的低聚糖组合对于益生菌的增殖作用是一个非常复杂的过程, 这些配比极大地影响着酸奶中益生菌的增殖和产品的风味, 而酸奶中添加小球藻对于益生菌的增殖性和酸奶营养价值是有益的, 且优化后的酸奶制品 pH 值趋于稳定。

3 讨论

3.1 低聚糖具有很好的促进益生菌增殖的作用, 在低聚糖的选择上, 本实验充分证明了相对于低聚果糖, 水苏糖具有更优良的促进益生菌增殖的作用; 但这种极强的促进益生菌增殖作用, 会因代谢过程中生成过多乳酸, 而使酸奶口感不好。低聚果糖虽然也有促进益生菌增殖的作用, 其 30%~60% 的蔗糖甜度使单独利用它制作的酸奶同样过酸, 影响了酸奶的口感和甜度。发酵糖中若添加水苏糖或者低聚果糖, 将出现益生菌的增殖数量大于单独使用蔗糖的现象, 此时酸奶 pH 值亦将相应变低。

3.2 酸奶的制作过程中若同时添加蔗糖、低聚果糖和水苏糖既能解决益生菌的增殖问题, 也能解决单独使用水苏糖和低聚果糖制作的酸奶不甜过酸的现象。

3.3 小球藻含有丰富的营养成分, 特别是高含量的多不饱和脂肪酸等物质。小球藻酸奶中小球藻的添加除了

能进一步增强酸奶的营养组成外,对于酸奶中益生菌的增殖也是有利的,且脱腥后的酸奶带有一种天然藻香味。

3.4 根据酸奶制品的风味口感,选用3%发酵剂、10%脱脂奶粉、5%蔗糖、3%低聚果糖、1%水苏糖、1%小球藻粉作为富含DHA小球藻酸奶的发酵配方。

参考文献:

- [1] ZIEMER C J, GIBSON G R. An overview of probiotics, prebiotics and synbiotics in the functional food concept: perspectives and future strategies [J]. International Dairy Journal, 1998, 8(5/6): 473-479.
- [2] WATSON R R, PREEDY V R. Bioactive foods in promoting health: probiotics and prebiotics[M]. London: Academic Press, 2010.
- [3] 张和平. 我国益生乳酸菌及益生发酵乳研究开发现状与发展对策[J]. 乳品加工, 2009(8): 50-52.
- [4] 吕兵, 张国农, 杨欢, 等. 嗜酸乳杆菌生物学特性及其发酵乳的研究[J]. 中国乳品工业, 2002, 30(5): 37-39.
- [5] PRAPULLA S G, SUBHAPRADA V, KARANTH N G. Microbial production of oligosaccharides: a review[J]. Advances in Applied Microbiology, 2000, 47: 299-343.
- [6] XU Qiang, CHAO Yonglie, WAN Qianbing. Health benefit application of functional oligosaccharides[J]. Carbohydrate Polymers, 2009, 77(3): 435-441.
- [7] 单黎然, 龚月桦, 贾建光, 等. 4种重要功能性低聚糖的研究进展[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2006, 34(7): 96-100.
- [8] 舒国伟, 吕嘉彬, 任宏强, 等. 水苏糖对乳制品中微生物的影响[J]. 食品科学, 2005, 26(6): 106-108.
- [9] 周景欣, 袁杰利, 李新仓. 几种益生元制剂对肠道菌群作用效果的研究[J]. 中国微生态学杂志, 2008, 20(2): 145-147.
- [10] SHI Xianming, LIU Huijun, ZHANG Xuewu, et al. Production of biomass and lutein by *Chlorella protothecoides* at various glucose concentrations in heterotrophic cultures[J]. Process Biochemistry, 1999, 34(4): 341-347.
- [11] 郝宗娣, 刘洋洋, 续晓光, 等. 小球藻(*Chlorella*)活性成分的研究进展[J]. 食品工业科技, 2010, 31(12): 369-372.
- [12] 温雪馨, 李建平, 侯文伟, 等. 微藻DHA的营养保健功能及在食品工业中的应用[J]. 食品科学, 2010, 31(21): 446-450.
- [13] HSIEH M L, CHOU C C. Mutagenicity and antimutagenic effect of soymilk fermented with lactic acid bacteria and bifidobacteria[J]. International Journal of Food Microbiology, 2006, 111(1): 43-47.
- [14] KUN S, REZESSY-SZABÓ J M, NGUYEN Q D, et al. Changes of microbial population and some components in carrot juice during fermentation with selected *Bifidobacterium* strains[J]. Process Biochemistry, 2008, 43(8): 816-821.
- [15] ZARE F, BOYE J I, ORSAT V, et al. Microbial, physical and sensory properties of yogurt supplemented with lentil flour[J]. Food Research International, 2011, 44(8): 2482-2488.
- [16] 谢林明, 励建荣. 螺旋藻的脱腥研究[J]. 食品与发酵工业, 2004, 29(11): 67-71.
- [17] 黄诚, 尹红, 周长春, 等. 葛根酸乳加工工艺优化[J]. 食品科学, 2010, 31(12): 297-300.
- [18] 李勇, 董翠芳. 酸奶生产过程中的关键控制点及影响酸奶品质的因素[J]. 饮料工业, 2008, 11(3): 30-34.