

# 马铃薯酸奶加工工艺优化

## Optimization on technology of potato yogurt

吴建民<sup>1</sup> 刘绍军<sup>2</sup> 邵松林<sup>2</sup>

WU Jian-min<sup>1</sup> LIU Shao-jun<sup>2</sup> SHAO Song-lin<sup>2</sup>

(1. 河北省秦皇岛市食品化妆品稽查支队, 河北 秦皇岛 066001;

2. 河北科技师范学院食品科技学院, 河北 秦皇岛 066004)

(1. Hebei Qinhuangdao Food Cosmetics Inspection Detachment, Qinhuangdao, Hebei 066001, China;

2. Hebei Normal University of Science and Technology, Qinhuangdao, Hebei 066004, China)

**摘要:**为探讨马铃薯酸奶的加工技术,研究发酵剂接种量、发酵时间、培养温度等工艺参数对发酵效果的影响,并优化发酵工艺条件。结果表明,马铃薯酸奶最佳发酵工艺为:马铃薯浸提液与鲜牛奶体积比 20:70,蔗糖 4%(m/V),发酵剂添加量 8%(V/V),发酵时间 6 h。该条件下加工的产品质量最佳。

**关键词:**马铃薯;酸奶;发酵

**Abstract:**To research technology of the potato yogurt, the technology and formulation of potato yogurt inoculation of the ferment, fermentation time, temperature and other parameters were studied. The optimum technological conditions of potato yogurt were optimized. The optimum formulation was as followed: potato juice to milk 20:70(V:V), sugar 4%(m/V), Starter cultures 8%(V/V), ferment time 6 h.

**Keywords:** potato; yogurt; fermentation

马铃薯营养丰富,营养学组分也比较合理。其中除含有碳水化合物和蛋白质外,还含有丰富的维生素。所含的 Vc 是苹果的 10 倍, B 族维生素是苹果的 4 倍, 各种矿物质是苹果的几倍至几十倍不等<sup>[1]</sup>。另外, 马铃薯还具有降血压等食疗功效<sup>[1,2]</sup>, 是优良的食物资源。目前, 国内外马铃薯加工利用途径主要是提取淀粉、酿造酒精、加工方便食品和快餐等<sup>[2]</sup>, 而相关饮料类产品并不多见。为改善马铃薯食品的口感品质, 丰富马铃薯食品的花色品种, 充分挖掘马铃薯的潜在价值, 本研究拟以马铃薯和鲜牛奶为原料, 经过乳酸菌发酵, 制成一种既含有马铃薯营养成分又去掉马铃薯的土腥味, 还具有乳酸发酵风味的乳酸菌饮料, 为马铃薯资源的开发利用探索新途径。

**作者简介:**吴建民(1971—), 男, 秦皇岛市食品化妆品稽查支队副主任检验技师。E-mail: spxylsj@126.com

**通讯作者:**刘绍军

**收稿日期:**2014-11-26

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

#### 1.1.1 材料与试剂

马铃薯: 产自河北承德平泉县;

牛奶: 蒙牛唐山公司;

酸牛奶(作为发酵剂, 内含嗜热链球菌、保加利亚乳杆菌、嗜酸乳杆菌和乳双歧杆菌 4 种益生菌); 君乐宝公司;

白砂糖: 食品级, 市售。

#### 1.1.2 主要仪器

电子天平: AB104-N 型, 上海第二天平仪器厂;

微波炉: MH6343SDB 型, 韩国 LG 公司;

生化培养箱: SPX-100B-Z 型, 上海博讯实业有限公司。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 工艺流程

马铃薯→去皮→切块→打浆→除淀粉→过滤取上清液→混合(添加新鲜牛奶、白糖)→加热杀菌→冷却→接种→发酵→后熟→成品

#### 1.2.2 操作要点

(1) 去皮: 选择无机械伤、饱满、成熟的马铃薯。去皮后清洗干净。

(2) 切分、打浆: 切成长宽高均为 1.5 cm 左右的小块, 快速放入组织捣碎机, 加水打浆 6~8 min。

(3) 除淀粉: 向马铃薯汁液加冷纯净水至 400 mL, 静置 30 min, 去除马铃薯汁液中自然沉降的淀粉, 避免多余淀粉对灭菌和发酵产生不良影响。

(4) 过滤: 将静置分离后的溶液以 2 层纱布过滤, 收集滤液, 即得到马铃薯浸提液。

(5) 配制和灭菌: 将新鲜牛奶、马铃薯滤液和白糖按照一定配比混合, 以微波炉 800 W 下加热至沸腾, 以杀灭微生物。

物。在无菌室自然冷却至 45℃<sup>[3]</sup>。

(6) 接种:将冷却好的混合液在无菌室里按一定的比例接种含有 4 种益生菌的酸乳(作为发酵剂),并用保鲜膜封口<sup>[4,5]</sup>。

(7) 培养:把接种好的混合液转移到生化培养箱中,于 43℃ 下培养 3~7 h,观察凝乳时间<sup>[6-8]</sup>。

(8) 后熟:将发酵成的酸奶放入冰箱中 4℃ 下后熟 24 h 以上,得到成品<sup>[9-11]</sup>。

1.2.3 单因素试验设计

(1) 马铃薯浸提液与鲜牛奶体积比单因素试验:将马铃薯浸提液与鲜牛奶体积比分别调整为 80:10,70:20,60:30,50:40,40:50,在加糖量 4%(m/V)、发酵剂接种 10%(V/V)、43℃ 发酵 4h 的条件下,考察马铃薯浸提液与牛奶体积比对发酵效果的影响。记录凝乳时间,测定 pH,每个水平重复 3 次。

(2) 加糖量单因素试验:在马铃薯浸提液与鲜牛奶体积比为 70:20、发酵剂添接种量 10%(V/V)、43℃ 发酵 4 h 的条件下,分别加入 3%,4%,5%,6%,7%(m/V)的白糖,考察加糖量对发酵效果的影响。记录凝乳时间,测定 pH,每个水平重复 3 次。

(3) 发酵剂添加量单因素试验:以酸乳作为发酵剂,在马铃薯浸提液与鲜牛奶体积比为 70:20、加糖量 4%(m/V)、43℃ 发酵 4 h 的条件下,分别接种 6%,8%,10%,12%,

14%(V/V)的发酵剂,考察发酵剂接种量对发酵效果的影响。记录凝乳时间,测定 pH,每个水平重复 3 次。

(4) 发酵时间单因素试验:在马铃薯浸提液与鲜牛奶体积比为 70:20、加糖量 4%(m/V)、发酵剂添加量 10%(V/V)的条件下,分别于 43℃ 发酵 3,4,5,6,7 h 后观察凝乳情况,测定 pH,每个水平重复 3 次。

1.2.4 正交试验设计 以马铃薯浸提液与牛奶比例、加糖量、发酵剂添加量、发酵时间为 4 个因素,以单因素试验结果为参考,以产品感官评价为依据,进行四因素三水平正交试验。

1.2.5 测定项目及方法

(1) 凝乳时间:以发酵开始至凝乳正常的时间为凝乳时间<sup>[7]</sup>。

(2) pH 值:采用精密试纸法<sup>[9]</sup>。

(3) 蛋白质含量:采用凯氏定氮法<sup>[4]</sup>。

(4) 脂肪含量:采用离心法<sup>[4]</sup>。

(5) 酸度:采用滴定法<sup>[4]</sup>。

(6) 苯甲酸钠:采用色谱法<sup>[8]</sup>。

(7) 菌落总数检验:采用倾注平板法<sup>[4,9]</sup>。

(8) 大肠菌群检验:采用九管法<sup>[9]</sup>。

(9) 感官评价:马铃薯酸奶感官评价标准<sup>[7]</sup>见表 1。感官评价小组由 10 人组成,共 3 各小组,取每小组平均值,满分为 100 分。

表 1 产品感官评分标准

Table 1 Product sensory scoring standard

色泽	香气	口感	组织状态
白色微暗,色泽均匀(20~25 分)	具有马铃薯清香和酸奶香味(20~25 分)	细腻(20~25 分)	均匀、无乳清析出(20~25 分)
暗白,色泽较为均匀(15~20 分)	稍有马铃薯清香和酸奶香味(15~20 分)	较细腻(15~20 分)	均匀,稍有乳清析出(15~20 分)
灰白,色泽不够均匀(10~15 分)	马铃薯香气不明显(10~15 分)	不够细腻(10~15 分)	均匀,有乳清析出(10~15 分)
灰色,色泽不够均匀(10 分以下)	没有马铃薯香气(10 分以下)	稍粗糙(10 分以下)	不够均匀,有乳清析出(10 分以下)

1.3 数据处理

采用 DPS 7.05 版和 EXCEL2003 版软件对试验数据进行处理。

2 结果与分析

2.1 单因素试验结果与分析

2.1.1 马铃薯浸提液与鲜牛奶体积比对凝乳效果的影响

由表 2 可知:马铃薯浸提液添加量过高,导致酸奶饮料凝乳时间过长甚至不能凝固,pH 偏高,口感欠佳。当马铃薯浸提液与鲜牛奶体积比为 20:70 时,凝乳时间最短且达到显著水平,酸奶凝固的效果最好,口味酸甜可口。可能是由于马铃薯上清液中可能含有某些抑制因子,所以添加量不能过高。

2.1.2 加糖量对凝乳效果的影响 白糖添加量过高,会导

表 2 马铃薯浸提液与鲜牛奶体积比对凝乳效果的影响<sup>†</sup>

Table 2 Effects on coagulating effect from ratio of potato (n=3)

马铃薯浸提液与鲜牛奶体积比	凝乳时间/h	pH
10:80	3.50±0.52 <sup>a</sup>	5.11±0.51 <sup>a</sup>
20:70	3.40±0.54 <sup>b</sup>	4.58±0.61 <sup>b</sup>
30:60	3.60±0.65 <sup>c</sup>	4.54±0.55 <sup>c</sup>
40:50	不凝	4.55±0.67 <sup>c</sup>
50:40	不凝	4.81±0.56 <sup>c</sup>

<sup>†</sup> 同列不同字母表示差异显著(P<0.05)。

致酸奶甜度过高,影响酸度;白糖添加量过低会导致酸奶甜度不足,口感欠佳。此外,加糖量过高还会影响乳酸菌的生长与发酵。由表 3 可知:当白糖添加量为 4%~5%(m/V)

时,酸奶的凝固效果最佳且差异显著。

2.1.3 发酵剂添加量对凝乳效果的影响 由表 4 可知:当发酵剂接种量小于 6% (V/V) 时,酸奶发酵不均匀,口感较甜,口感不好;当接种量大于 8% (V/V) 时虽然凝乳均匀,但是酸奶的感官质量下降,酸度显著降低;因此,接种量为 6%~8% (V/V) 时酸奶的发酵效果和风味最好。说明以酸奶作为菌种进行酸奶发酵,也需要合适的添加量。

2.1.4 发酵时间对凝乳效果的影响 由表 5 可知:随着发酵时间的增加酸奶的凝结状态在改善,酸度在降低。当发酵时间为 5 h 时酸奶酸甜可口,口感最好。发酵时间与酸奶质量有明显关系,发酵时间过长会造成酸度过高,过短会造成凝乳不良。

表 3 加糖量对凝乳效果的影响<sup>†</sup>

Table 3 Effect on coagulating effect of sugar addition (n=3)

加糖量 % (m/V)	凝乳时间/h	pH
3.00	3.50±0.60 <sup>a</sup>	4.44±0.54 <sup>a</sup>
4.00	3.40±0.58 <sup>b</sup>	4.47±0.62 <sup>b</sup>
5.00	3.40±0.64 <sup>b</sup>	4.49±0.55 <sup>b</sup>
6.00	3.30±0.62 <sup>c</sup>	4.49±0.63 <sup>b</sup>
7.00	3.30±0.59 <sup>c</sup>	4.45±0.58 <sup>a</sup>

† 同列不同字母表示差异显著(P<0.05)。

表 4 发酵剂对凝乳效果的影响<sup>†</sup>

Table 4 Effect on coagulating effect of inoculation amount of fermentation agent (n=3)

发酵剂添加量 % (V/V)	凝乳时间/h	pH
6.00	3.60±0.54 <sup>a</sup>	4.36±0.61 <sup>a</sup>
8.00	3.40±0.54 <sup>b</sup>	4.34±0.46 <sup>a</sup>
10.00	3.40±0.55 <sup>b</sup>	4.40±0.64 <sup>b</sup>
12.00	3.30±0.58 <sup>c</sup>	4.45±0.63 <sup>c</sup>
14.00	3.30±0.65 <sup>c</sup>	4.51±0.57 <sup>d</sup>

† 同列不同字母表示差异显著(P<0.05)。

## 2.2 发酵条件优化

根据单因素试验结果,以马铃薯浸提液和新鲜牛奶添比例、加糖量、发酵剂添加量、发酵时间(表 6)进行四因素三水平的正交试验。

表 5 发酵时间对凝乳效果的影响<sup>†</sup>

Table 5 Effect on coagulating effect of fermentation time (n=3)

发酵时间/h	凝乳时间/h	pH
3.00	3.50±0.55 <sup>a</sup>	4.89±0.54 <sup>a</sup>
4.00	3.60±0.58 <sup>b</sup>	4.54±0.62 <sup>b</sup>
5.00	3.50±0.54 <sup>a</sup>	4.25±0.65 <sup>c</sup>
6.00	3.50±0.57 <sup>a</sup>	4.03±0.54 <sup>d</sup>
7.00	3.60±0.64 <sup>b</sup>	4.00±0.66 <sup>e</sup>

† 同列不同字母表示差异显著(P<0.05)。

表 6 马铃薯酸奶发酵工艺正交试验因素水平表

Table 6 Factors and levels of orthogonal experiment of potato yogurt fermentation process

水平	A 马铃薯浸提液与牛奶比 (V:V)	B 加糖量 / % (m/V)	C 发酵剂添加量 / % (V/V)	D 发酵时间/h
1	10:80	4.00	6.00	4.00
2	20:70	5.00	8.00	5.00
3	30:60	6.00	10.00	6.00

由表 7 可知,马铃薯酸奶感官质量影响因素主次顺序为 A>B>C>D,即马铃薯浸提液与牛奶的比例>加糖量>发酵剂添加量>发酵时间。由表 8 可知,考察的四因素各水平间的差异达到极显著水平。由表 7 可知理论上 4 个因素各水平最佳配合为 A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>D<sub>3</sub>,即马铃薯浸提液与鲜牛奶体积比为 20:70 (V:V),蔗糖为 4% (m/V),发酵剂添加量 8% (V/V),发酵时间 6 h。

表 7 马铃薯酸奶发酵工艺优化结果

Table 7 Results the potato yogurt fermentation process (n=3)

序号	A	B	C	D	凝乳时间/h	pH 值	感官评分
1	1	1	1	1	3.50±0.44	4.79±0.53	71.00±0.55
2	1	2	2	2	3.40±0.45	4.57±0.55	73.70±0.43
3	1	3	3	3	3.40±0.53	4.25±0.43	66.00±0.56
4	2	1	2	3	3.60±0.43	4.43±0.54	88.30±0.53
5	2	2	3	1	3.70±0.44	4.14±0.55	74.70±0.52
6	2	3	1	2	3.50±0.54	4.54±0.42	73.00±0.61
7	3	1	3	2	3.60±0.53	4.16±0.47	71.30±0.43
8	3	2	1	3	3.40±0.54	4.74±0.48	64.30±0.54
9	3	3	2	1	3.80±0.55	4.36±0.52	60.70±0.56
感官评分	k <sub>1</sub>	70.20	76.90	69.40	68.80		
	k <sub>2</sub>	78.70	70.90	74.20	72.70		
	k <sub>3</sub>	65.40	66.60	70.70	72.90		
	R	13.20	10.30	4.80	4.10		

表8 方差分析表  
Table 8 Analysis of variance table

因素	自由度	偏差平方和	均方	F	P	显著性
A	2	806.89	403.44	453.88	<0.000 1	**
B	2	484.67	242.33	272.63	<0.000 1	**
C	2	101.89	55.44	62.38	<0.000 1	**
D	2	96.22	48.11	54.13	<0.000 1	**
误差	18	16.00	0.89			
合计	26	1 505.67				

2.3 产品质量指标

2.3.1 感官指标 产品外观为白色均匀的半固体,凝块均匀,基本无乳清析出,无沉淀分层,口感细腻润滑,酸甜适口,具有马铃薯香气和乳酸发酵特有的气味,无腥味和异味。

2.3.2 理化指标 脂肪含量>3%;蛋白质含量>3%;酸度>70.0 °T;苯甲酸钠不得检出。

2.3.3 微生物指标 大肠菌群<5 CFU/mL;酵母菌总数<100 CFU/mL;霉菌总数<30 CFU/mL;致病菌不得检出。

3 结论

本研究结果表明马铃薯酸奶的最佳发酵工艺为:马铃薯浸提液与鲜牛奶体积比 20 : 70,白糖添加量 4%(m/V),发酵剂添加量 8%(V/V),发酵时间 6 h。该条件下制备的马铃薯酸奶为白色,凝块均匀口感细腻、酸甜适口,具有马铃薯香气和酸乳香气,无异味。但马铃薯品种及品质等因素对产品质量的影响等方面还有待于进一步的研究。

参考文献

1 潘兴昌,赵洪静,门建华,等.不同烹调方法下马铃薯中部分维生素和矿物质保留因子的变化[J].卫生研究,2007(4):85~88.  
2 刘程惠,胡文忠,姜爱丽,等.不同贮藏温度下鲜切马铃薯的生理生化变化[J].食品与加工机械,2008(2):56~59.  
3 焦世耀,张兰威,乳链菌肽产生菌及其在发酵食品中的应用[J].

食品与机械,2004(3)59~61.

4 李进强,乳品加工技术[M]甘肃:科技出版社,1994:109~116.  
5 Laurent Diop, Sonia Guillou, Henri Durand. Probiotic food supplement reduces stress-induced gastrointestinal symptoms in volunteers: a double-blind, placebo-controlled, randomized trial[J]. Nutrition Research, 2008(5): 1~5.  
6 Yutaka Uyeno, Yuji Sekiguch, I Yoichi Kamagata. Impact of consumption of probiotic lactobacilli-containing yogurt on microbial composition in human feces[J]. International Journal of Food Microbiology, 2008(7): 16~22.  
7 房健,李朝霞,陈洪兴.白扁豆酸奶的研制[J].食品研究与开发,2006(11):120~122.  
8 张丽萍,杨晨,王成强,等.干酪乳杆菌在酸奶生产中的应用研究[J].中国乳品工业,2007(2):23~26.  
9 刘莎莎,任国谱.螺旋藻酸奶生产工艺及配方优化研究[J].食品与机械,2010,26(6):67~69.  
10 Kleessen B, Hartmann L, Blaut M. Oligofructose and longchain inulin; influence on the gut microbial ecology of rats associated with a human faecal flora[J]. Carcinogenesis, 2002, 23(11): 1953~1960.  
11 吕嘉枋,秦俊哲.嗜酸乳杆菌粉末发酵剂的研制[J].中国乳品工业,2002,30(5):44~46.

(上接第221页)

12 Kim S L, Lee J E, Kwon Y U, et al. Introduction and nutritional evaluation of germinated soy germ[J]. Food Chemistry, 2013, 136(2): 491~500.  
13 Komatsuzaki N, Tsukahara K, Toyoshima H, et al. Effect of soaking and gaseous treatment on GABA content in germinated brown rice[J]. Journal of Food Engineering, 2007, 78(2): 556~560.  
14 Li Y, Bai Q, Jin X, et al. Effects of cultivar and culture conditions on  $\gamma$ -aminobutyric acid accumulation in germinated fava beans (*Vicia faba* L.)[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2010, 90(1): 52~57.  
15 郭元新,杨润强,顾振新,等.采用生物转化技术富集大豆制品  $\gamma$ -氨基丁酸研究进展[J].食品与发酵工业,2011,37(11):154~157.  
16 王向阳,全义超,施青红,等.  $\gamma$ -氨基丁酸的检测方法和热杀菌

稳定性研究[J].食品开发与研究,2009,30(4):13~16.

17 Rackis J J. Biological and physiological factors in soybeans[J]. Journal of the American Oil Chemists Society, 1974, 51(1): 163~164.  
18 Yuan S, Chang S C, Liu Z, et al. Elimination of trypsin inhibitor activity and beany flavor in soy milk by consecutive blanching and ultrahigh-temperature (UHT) Processing[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2008, 56(17): 7957~7963.  
19 Matsuyama A, Yoshimura K, Shimizu C, et al. Characterization of glutamate decarboxylase mediating  $\gamma$ -amino butyric acid increase in the early germination stage of soybean (*Glycine max* [L.] Merr.)[J]. Journal of Bioscience and Bioengineering, 2009, 107(5): 538~543.  
20 Jiang S, Cai W, Xu B. Food quality improvement of soy milk made from short-time germinated soybeans[J]. Foods, 2013, 2(2):198~212.