

马铃薯饮料加工工艺的优化

刘振宇, 胡林双*, 宿飞飞, 刘尚武, 王绍鹏, 李 勇, 万书明

(黑龙江省农业科学院植物脱毒苗木研究所, 黑龙江 哈尔滨 150086)

摘 要: 采用单因素和正交试验对马铃薯饮料加工工艺进行研究, 试验以沉淀率、粒径、pH和感官评价为指标, 确定了最适宜的马铃薯饮料加工工艺。结果表明, 打浆次数对饮料的稳定性影响最大, 均质时间对饮料的口感更重要, 预煮时间对饮料的酸度起重要作用。综合考虑成本与工艺要求等问题, 确定马铃薯饮料加工工艺为: 预煮时间30 min、糊化时间60 min、打浆5次和均质时间10 min。

关键词: 马铃薯; 饮料加工工艺; 沉淀率; 粒径

Optimization of Processing for Potato Beverage

LIU Zhenyu, HU Linshuang*, SU Feifei, LIU Shangwu, WANG Shaopeng, LI Yong, WAN Shuming

(Virus-free Seedling Research Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086, China)

Abstract: Single factor and orthogonal design were used to optimize the processing of potato beverage in this study. In the experiment, the optimum technology parameters were defined with the indexes deposition rate, particle size, pH and sensory evaluation. The results showed that times of grinding determined the stability of the juice; homogeneity time affected the sensory flavor and precook time played an importance role in pH determination of potato beverage. By comprehensive consideration of production cost and technological requirements, the definitive processing of potato beverage was determined, i.e. precook time 30 min, pasting time 60 min, grinding 5 times and homogeneity time 10 min.

Key Words: potato; beverage processing; deposition rate; particle size

马铃薯营养全面均衡, 含有丰富的淀粉和对人体极为重要的营养物质, 如蛋白质、矿物质和维生素等^[1]。100 g马铃薯就能为消费者提供4%~4.5%的每日能量和蛋白质, 高于每日需求量25%的维生素C, 还是一种低能量食品^[2]。

随着2015年马铃薯主食化战略的启动, 国内掀起了一股马铃薯产品开发的热潮, 新型健康的马铃薯食品越来越受到企业家和消费者青睐, 马铃薯产业发展必将迎来新的春天。马铃薯饮料就

是一种营养均衡的新型马铃薯产品, 其营养吸收率是固态食品的4倍。目前国内学者已就马铃薯饮料开展了一些研究, 杨玉玲^[3]研制了饮料型马铃薯酸奶, 邓放明等^[4]研究确定了马铃薯奶饮料的生产工艺, 冯元春等^[5]利用淀粉加工废液中的蛋白加工成马铃薯蛋白乳饮料。本试验以马铃薯为主要原料, 加以适当的食品稳定剂, 研制马铃薯饮料, 通过单因素法和正交法对马铃薯饮料加工工艺进行研究, 旨在解决马铃薯饮料的稳定性、风

收稿日期: 2017-03-13

基金项目: 哈尔滨市科技局科技创新人才项目(2014RFQYJ152)。

作者简介: 刘振宇(1985-), 男, 硕士, 助理研究员, 主要从事食品科学研究。

*通信作者(Corresponding author): 胡林双, 硕士, 副研究员, 主要从事马铃薯种植研究, E-mail: hulinshuang@126.com。

味等问题，为新型马铃薯食品的开发提供一种新的途径。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

马铃薯品种‘尤金’(超市购买)；稳定剂黄原胶、单甘脂等(哈尔滨市亿人食品添加剂技术部)；白砂糖(博城北方糖业有限公司)。

1.2 主要仪器

激光粒度仪，美国麦克仪器公司；恒温水浴锅，郑州长城科工贸有限公司；高压灭菌锅，上海基汇科技有限公司；电磁炉，佛山富市宝电器科技股份有限公司；搅拌机，美国Omega公司；试验用高压均质机，上海融合机械设备有限公司；低温高速离心机，日本日立公司；实验胶体磨，廊坊廊通机械有限公司；pH计，Mettler Toledo公司。

1.3 试验方法

1.3.1 马铃薯饮料加工工艺流程

马铃薯→清洗→去皮→预煮→调配→搅拌→糊化→打浆→均质→高压高温灭菌→成品。

1.3.2 检测项目及方法

感官评价：将产品随机编码，然后邀请10名有品尝经验的专业人员进行品尝，按照感官评价标准(参考邓放明等^[4]的感官评价标准，略作改动，见表1)进行评定，然后统计色泽(30%)、形态(20%)、风味(30%)、香气(20%)的总分，即为感官指标得分。

稳定性的测定：在离心管中，准确加入配置好的饮料样品10 mL，然后在3 000 r/min离心机中离心15 min，测定顶部浮层厚度；再弃去上部溶液，称量底部沉淀重量，利用下式计算沉淀物含量^[6]。

$$\text{沉淀率}(\%) = \frac{\text{沉淀物重量}(\text{g})}{10 \text{ mL料重量}(\text{g})} \times 100\%$$

1.3.3 试验设计

马铃薯饮料加工工艺单因素试验：前期加工工艺摸索中预煮时间、糊化时间和打浆次数3个因素对马铃薯饮料品质影响较大。因此，采用上述工艺流程，固定马铃薯与水的比例1:9，白砂糖量5%，稳定剂量0.3%，均质时间10 min等其他条件，以沉淀率、粒径和pH为评价指标，分别考察预煮时间(10，20，30，40和50 min)，糊化时间(30，45，60，75和90 min)，打浆次数(1，3，5，7和9次)对马铃薯饮料稳定性的影响。预煮时间单因素试验固定糊化时间为45 min和打浆次数5次；糊化时间试验固定预煮时间为30 min和打浆次数5次；打浆次数试验固定预煮时间为30 min和糊化时间30 min。

马铃薯饮料加工工艺正交优化试验：以单因素试验为基础，为增加饮料风味，降低马铃薯和水的比例为1:4，其他条件不变。根据预煮时间、糊化时间和打浆次数各因素对饮料品质的影响，综合考虑成本与工艺要求等问题，设计L₉(3⁴)正交试验，正交设计因素水平见表2，以感官评价为主要评价指标，沉淀率和pH为辅助评价指标，优化马铃薯饮料加工工艺。

表1 马铃薯饮料感官评价标准
Table 1 Standard of sensory evaluation for potato beverage

项目 Item	评分标准 Marking standard		
色泽(满分为30分) Color (full score 30 points)	乳白色 25~30	淡黄色 20~24	黄褐色 <20
香气(满分为20分) Aroma (full score 20 points)	具有香味 17~20	稍具有香味 14~16	无香味 <14
风味(满分为30分) Flavor (full score 30 points)	风味适当,无异味 25~30	稍具风味,无异味 20~24	味淡,无风味 <20
形态(满分为20分) Appearance (full score 20 points)	均匀稳定,无沉淀,流动性好 17~20	稍有沉淀,较均匀稳定,流动性差 14~16	有分层现象,流动性差 <14

表2 正交试验因素水平表

Table 2 Factors and levels graph of potato beverage

水平 Level	因素 Factor			
	A 预煮时间(min) Precook time	B 糊化时间(min) Pasting time	C 打浆次数(次) Grinding times (times)	D 均质时间(min) Homogeneity time
1	20	30	5	10
2	30	45	7	15
3	40	60	9	20

2 结果与分析

2.1 预煮时间对马铃薯饮料品质的影响

根据摸索试验, 固定糊化时间 45 min 和打浆次数 5 次, 考察不同的预煮时间对马铃薯饮料品质(沉淀率、粒径和 pH)的影响, 结果见图 1、图 2 和图 3。

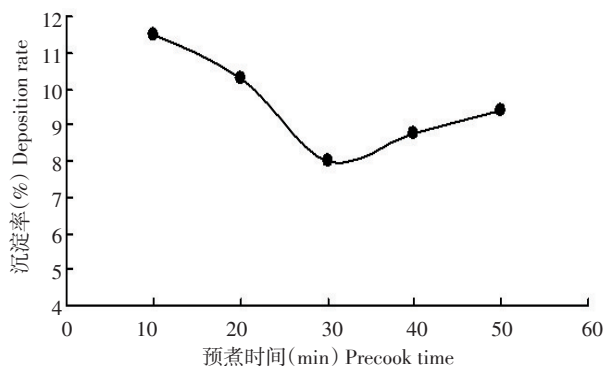


图1 预煮时间对沉淀率的影响

Figure 1 Effect of precook time on deposition rate

从图 1 可以看出, 随着预煮时间的延长, 马铃薯饮料沉淀率呈先逐渐下降, 后缓慢上升的趋势。马铃薯块茎在加热过程中逐渐软化, 30 min 时沉淀率达到最低为 8%, 而加热时间过长会影响饮料的稳定性, 可能由于颗粒间碰撞频率的增加, 造成沉淀率略微上升, 还增加了成本。因此, 选择马铃薯饮料预煮时间为 30 min。

由图 2 可知, 随着预煮时间的延长, 饮料中粒径呈逐渐下降的趋势。这是由于淀粉结构松散, 易降解成短链糖, 使得饮料中颗粒在加热过程中逐渐变小。在 30~50 min, 饮料中粒径波动趋于稳定, 30 min 时粒径为 98.55 μm , 50 min 时饮

料中颗粒最小为 94.88 μm , 二者仅差 3.67 μm , 但过长的加热会造成能源浪费和成本上升。

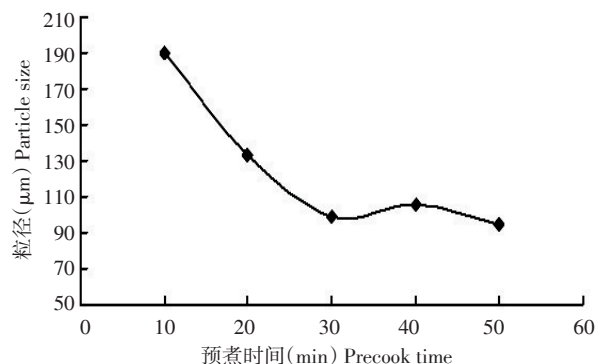


图2 预煮时间对粒径的影响

Figure 2 Effect of precook time on particle size

如图 3 所示, 饮料的 pH 随预煮时间的延长呈逐渐上升的趋势。在加热初期, 可能由于淀粉降解、蛋白变性等, 导致饮料 pH 升高。在加热 30 min 后, pH 维持在 7.2~7.4, 变化趋于平稳。pH>5 可以抑制马铃薯中的过氧化氢酶, 防治饮料褐变。

2.2 糊化时间对马铃薯饮料品质的影响

根据前期试验, 固定预煮时间 30 min 和打浆次数 5 次, 考察不同的糊化时间对马铃薯饮料品质(沉淀率、粒径和 pH)的影响, 结果见图 4、图 5 和图 6。

马铃薯块茎经高速搅拌机粉碎会释放出大量淀粉颗粒, 糊化主要是将 β 淀粉转化 α 淀粉, 并与稳定剂结合形成新的稳定体系。从图 4 可知, 由于稳定剂的添加导致饮料粘度提高和淀粉颗粒糊化, 使得饮料的沉淀率逐步上升。经过 60 min 的糊化, 饮料体系趋于稳定, 沉淀率逐步下降, 90 min 时沉淀率最低为 9.14%。考虑过长的糊化时间会影响饮料口感和风味, 造成成本上升, 因此选择

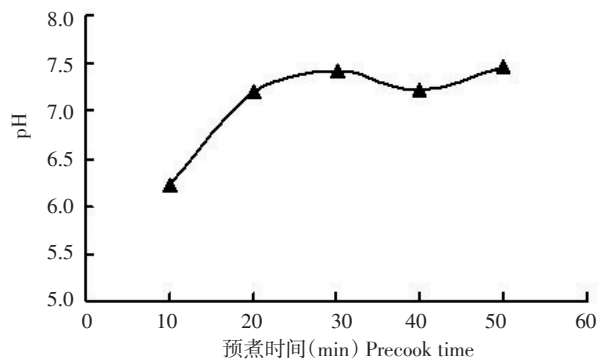


图3 预煮时间对pH的影响

Figure 3 Effect of precook time on pH

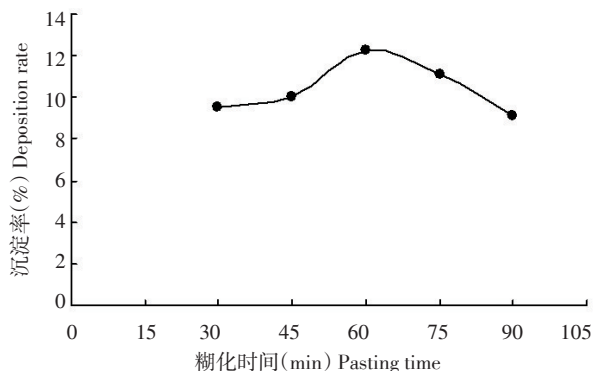


图4 糊化时间对沉淀率的影响

Figure 4 Effect of pasting time on deposition rate

糊化时间为30 min。

由图5可知, 饮料中颗粒在糊化过程中先变大后变小, 与沉淀率变化趋势一致。在糊化初期, 淀粉受热膨胀, 颗粒逐渐变大, 进去淀粉颗粒的溶剂越多, 分子间氢键断裂越多, 加速破坏颗粒的胶束结构。随着糊化时间的延长, 淀粉逐步降解为短链糖, 与稳定剂形成新的悬浮体系, 饮料颗粒又逐渐变小。与预煮阶段相比, 粒径变化幅度不大, 在96.04~116.63 μm 变化。

如图6所示, 糊化初期可能由于稳定剂的加入导致饮料pH的稍微下降, 60 min时pH最低为6.87, 随着糊化时间的延长, pH又缓慢上升。这表明糊化时间对马铃薯饮料pH的影响不大, 波动范围在6.87~7.16, 仅差0.29。

2.3 打浆次数对马铃薯饮料品质的影响

根据前期试验, 固定预煮时间30 min和糊化

时间30 min, 考察不同的打浆次数对马铃薯饮料品质(沉淀率、粒径和pH)的影响, 结果见图7、图8和图9。

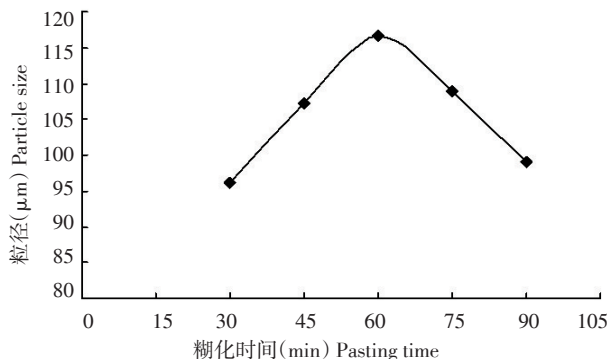


图5 糊化时间对粒径的影响

Figure 5 Effect of pasting time on particle size

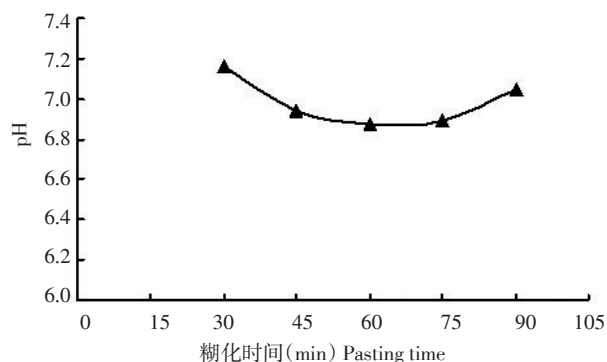


图6 糊化时间对pH的影响

Figure 6 Effect of pasting time on pH

打浆主要是利用胶体磨的机械力, 有效地乳化、分散和粉碎马铃薯饮料中的颗粒。如图7所示, 打浆次数太少, 饮料中颗粒受机械力不充分, 沉淀率较高。随着打浆次数的增加, 马铃薯饮料沉淀率呈下降趋势, 打浆7次时沉淀率最低为10.97%。打浆次数过多, 沉淀率并无太大变化, 还造成能量的浪费。

从图8可知, 打浆1~3次, 可能是由于挤压不完全, 导致部分颗粒聚集, 使得粒径逐渐变大; 随着打浆次数的增加, 饮料受到强大的剪切力、摩擦力、高频振动、高速旋涡等物理作用, 颗粒被有效地磨碎, 粒径逐渐变小, 打浆9次时最小为110.80 μm 。

胶体磨主要是通过机械力等物理方式来磨碎

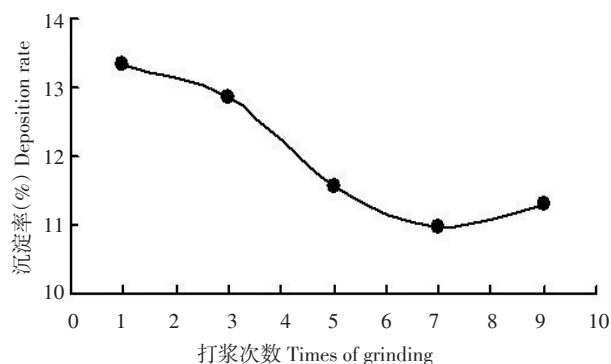


图7 打浆次数对沉淀率的影响

Figure 7 Effect of times of grinding on deposition rate

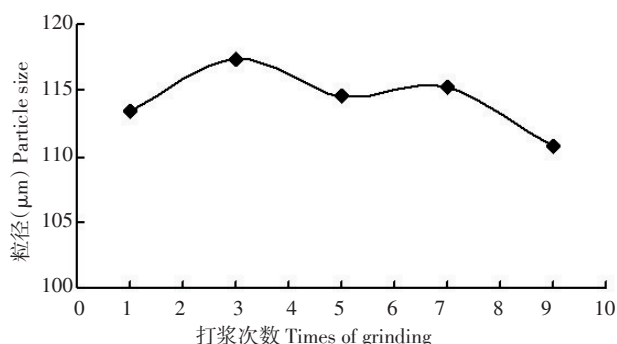


图8 打浆次数对粒径的影响

Figure 8 Effect of times of grinding on particle size

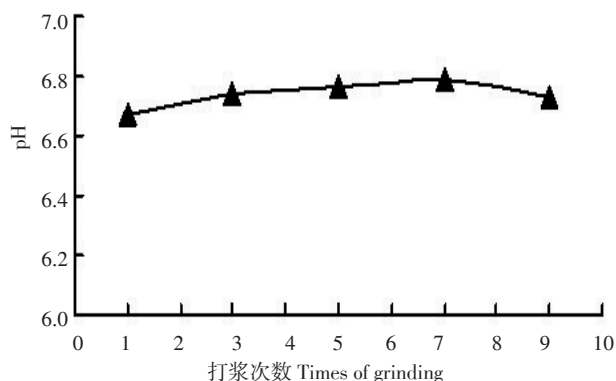


图9 打浆次数对pH的影响

Figure 9 Effect of times of grinding on pH

物料,使得饮料更均匀稳定。从图9可以看出,饮料的pH比较稳定,在6.67~6.79变化。这说明打浆次数对饮料中pH无明显影响,但目前消费者更青睐偏中性的饮料,因此考虑饮料稳定性、口味等因素,选择打浆次数为7次。

2.4 马铃薯饮料工艺的优化试验及结果

由表3的极差分析可知,各因素对马铃薯饮料沉淀率的影响顺序为: $C > B > A > D$,对于饮料稳定性,沉淀率越低越好,所以较佳条件为 $A_3B_1C_1D_2$ 。各因素对马铃薯饮料感官评价的影响顺序为: $D > B > C > A$,由于口感越好评分越高,所以较佳条件为 $A_2B_3C_1D_1$;各因素对马铃薯饮料pH的影响顺序为: $A > C > D > B$,较佳条件为 $A_1B_3C_2D_3$ 。综合考虑各因素对指标的影响及成本,选择适宜的马铃薯饮料加工工艺为: $A_2B_3C_1D_1$ 。

3 讨论

通过单因素及正交试验确定了各主要工艺对马铃薯饮料品质的影响及变化趋势,各因素对马铃薯沉淀率的影响顺序为打浆次数>糊化时间>预煮时间>均质时间,即打浆次数对饮料的稳定性影响最大,说明机械力可以更直接地降低饮料颗粒大小;对马铃薯饮料感官评价的影响顺序为均质时间>糊化时间>打浆次数>预煮时间,表明均质时间对饮料的口感更重要,使饮料各组分更均匀稳定地悬浮,让饮料更适口;各因素对马铃薯饮料pH的影响顺序为预煮时间>打浆次数>均质时间>糊化时间,这说明预煮时间对饮料的酸度起更重要作用,预煮时间越长饮料越酸,而消费者更青睐弱酸性饮料。因此综合考虑各因素对饮料品质的影响,确定马铃薯饮料加工工艺为预煮时间30 min、糊化时间60 min、打浆5次和均质时间10 min。

马铃薯中淀粉含量是影响马铃薯饮料稳定性的主要因素,本研究通过双重加热模式和物理手段使得淀粉等大分子逐步降解,最终稳定地悬浮在饮料当中,并通过观察饮料中物料粒径变化揭示了饮料颗粒在各加工环节中变化过程,如颗粒间碰撞聚集、淀粉降解过程中胶束的变化^[7],为解决饮料的沉淀问题提供了新方法,但饮料的沉淀率仍然在25%左右,缩短了饮料的保质期,影响了饮料的品质。与陈日春^[8]研制的纯奶果汁饮料和陈朋引^[9]的马铃薯固态饮料相比,双重加热模式可有效降解淀粉,提高饮料稳定性,但双重

表3 正交试验设计与结果
Table 3 Design and result of orthogonal experiment

序号 No.	因素 Factor				指标 Index		
	A 预煮时间(min) Precook time	B 糊化时间(min) Pasting time	C 打浆次数 Grinding times	D 均质时间(min) Homogeneity time	沉淀率(%) Deposition rate	感官评价 Sensory evaluation	pH
1	20	30	5	10	25.55	90.0	6.00
2	20	45	7	15	29.25	68.3	6.17
3	20	60	9	20	41.06	96.7	6.08
4	30	30	7	20	31.80	87.5	6.02
5	30	45	9	10	38.60	91.7	5.83
6	30	60	5	15	33.71	88.3	5.86
7	40	30	9	15	33.03	73.3	5.82
8	40	45	5	20	28.36	90.0	5.84
9	40	60	7	10	32.55	92.5	5.92
K _{DR1}	31.953	30.127	29.207	32.233	沉淀率 Deposition rate C > B > A > D A ₃ B ₁ C ₁ D ₂		
K _{DR2}	34.703	32.070	31.200	31.997			
K _{DR3}	31.313	35.773	37.563	33.740			
R ₁	3.390	5.646	8.356	1.743			
K _{SE1}	85.000	83.600	89.433	91.400	感官评价 Sensory evaluation D > B > C > A A ₂ B ₃ C ₁ D ₁		
K _{SE2}	89.167	83.333	82.767	76.633			
K _{SE3}	85.267	92.500	87.233	91.400			
R ₂	4.167	9.167	6.666	14.767			
K _{pH1}	6.083	5.947	5.900	5.917	pH A > C > D > B A ₁ B ₃ C ₂ D ₃		
K _{pH2}	5.903	5.947	6.037	5.950			
K _{pH3}	5.860	5.953	5.910	5.980			
R ₃	0.223	0.006	0.137	0.063			

加热需要对现有饮料生产线进行技术改造，从而导致生产成本上升，因此马铃薯饮料加工工艺还需要进一步完善，利用新技术来提高饮料的口味和品质，使马铃薯饮料这一健康饮品能真正出现在消费者的餐桌上。

[参 考 文 献]

[1] 杜连启. 薯类食品加工技术 [M]. 北京: 化学轻工业出版社, 2010: 5-6.
[2] 马莺. 马铃薯深加工技术 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2003: 5-10.
[3] 杨玉玲. 饮料型马铃薯酸奶的研究 [J]. 中国粮油学报, 1998(3):

49-51.
[4] 邓放明, 郑新宇, 尹华, 等. 马铃薯奶饮料生产工艺的研究 [J]. 饮料工业, 2000, 3(5): 37-39.
[5] 冯元春, 姚佳, 刘婷婷, 等. 马铃薯蛋白乳饮料的研究 [J]. 食品工业, 2013(12): 27-30.
[6] 韩占江, 王伟华, 李建宁. 马铃薯奶饮料制作条件优化研究 [J]. 广东农业科学, 2009(9): 133-135.
[7] 谢笔钧. 食品化学 [M]. 北京: 科学出版社, 2011: 96-107.
[8] 陈日春. 纯奶果汁复合饮料稳定技术的研究 [J]. 福建轻纺, 2006(6): 1-4.
[9] 陈朋引. 马铃薯固体饮料开发及工艺研究 [J]. 食品科技, 2002 (10): 47-49.