

# 菠萝丁果酱加工技术的研究

徐荣雄<sup>1</sup>, 邓瑞君<sup>2</sup>

(1. 华南理工大学轻工与食品学院, 广东广州 510641;

2. 华南农业大学食品学院, 广东广州 510640)

**摘要:**以罐头菠萝丁为原料,通过测定和比较菠萝丁果酱的耐烤性、脱水率和感官品质多项指标,对菠萝丁果酱的加工技术进行了研究。结果表明:当菠萝丁和砂糖的比例为2:1,变性淀粉用量4.5%,煮制温度在90℃保持10 min,结合真空浓缩,最终的可溶性固形物控制在40%±1%,所得果酱酸甜适宜、菠萝味浓郁、色泽金黄、涂抹性好、菠萝丁完整且分布均匀,感官评分为95.3。

**关键词:**菠萝丁,果酱,加工

## Study on the processing of diced pineapple jam

XU Rong-xiong<sup>1</sup>, DENG Rui-jun<sup>2</sup>

(1. College of Light Industrial and Food, South China University of Science and Technology, Guangzhou 510641, China;

2. College of Food, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

**Abstract:** The processing technology of diced pineapple jam was studied by measuring and comparing the baking stability, dehydration rate and sensory quality of jam using canned diced pineapple as material. The results showed when the ratio of diced pineapple to sugar was 2:1, dosage of modified starch was 4.5%, cooking conditions were 90℃ for 10 min, combined with vacuum concentration, and total soluble solid of finished jam was 40%±1%, the diced pineapple jam had suitable sour and sweet, full-bodied fruit flavor, with golden yellow color, good workability, pineapple dices completed and uniform distributed, the score was 95.3.

**Key words:** diced pineapple; jam; processing

中图分类号: TS255.1

文献标识码: B

文章编号: 1002-0306(2015)23-0252-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.23.043

菠萝原名凤梨,原产美洲热带和亚热带,是一种粗生的热带水果,具有风味独特、香气浓郁、颜色鲜艳、价格低廉等特点,除鲜食外,非常适合进行深加工<sup>[1]</sup>。中国是世界五大菠萝生产国之一,2012年的产量约140万t,其中广东的菠萝产量占全国的50%以上,主要加工产品有糖水菠萝罐头、还有部分菠萝汁<sup>[2-3]</sup>,菠萝果酱的加工比例较少,此外对鲜切菠萝<sup>[4]</sup>、菠萝粒<sup>[5]</sup>、菠萝酒<sup>[6-8]</sup>进行了一定的研究。传统果酱是以水果、果汁或果浆和白砂糖为主要原料,经预处理、打浆或破碎、配料、煮制、浓缩、包装等工序制成的酱状产品<sup>[9]</sup>。本研究选用菠萝制品为原料,探讨新的果酱生产工艺以及影响因素,使制成的果酱布满水果粒,与传统果酱相比,视觉效果好,可食感强,风味佳,可以作为原料类果酱供应给面包房、冷饮和乳品企业生产焙烤制品和冷饮、乳制品使用。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料与仪器

罐头菠萝丁和速冻菠萝丁(10 mm×10 mm×10 mm) 广东省雷州英利罐头饮料厂提供;变性淀

粉 美国国民淀粉化学公司;白砂糖、柠檬酸等 市售食品级。

PB-10/C型pH计 赛多利斯科学仪器北京有限公司; ATAGO型手持折光计 日本 ATAGO Co., LTD.; Olympus Vanox BHS-2型多功能光学显微镜 日本 Olympus 公司; ELEM-80型电热烤炉 广州恒威厨房设备有限公司; Eppendorf AG 5702型离心机 德国 Eppendorf 艾本德股份公司; KQSV-6EL真空蒸煮锅 日本梶原工业株式会社。

### 1.2 实验方法

1.2.1 果酱生产工艺流程 白砂糖、菠萝丁、变性淀粉、水→混合搅拌→加热煮制→浓缩→加柠檬酸和山梨酸钾→趁热灌装→封盖→自然冷却→成品

#### 1.2.2 操作要点

1.2.2.1 原料的选择 用新鲜原料制备菠萝丁一般有五、六成的得率,如果工厂建在菠萝产地附近,具有加工方便、成本低的优势,但多数工厂都远离菠萝产地,根据实际情况,本研究选择罐头菠萝丁和速冻菠萝丁为原料。

1.2.2.2 果酱煮制 变性淀粉预先用水分散后再与

收稿日期:2015-01-15

作者简介:徐荣雄(1965-),男,硕士,讲师,研究方向:食品加工,E-mail:846971984@qq.com。

表2 菠萝丁果酱的感官评分标准

Table 2 Sensory evaluation standards of diced pineapple jam

色泽(25分)	组织形态(25分)	滋味和气味(25分)	操作性(25分)
金黄色(20~25分)	粘稠适宜,菠萝丁基本不收缩 (18~25分)	浓郁的菠萝香,酸甜适宜 (18~25分)	易涂抹,保型好,糊丝短 (18~25分)
棕黄色(15~19分)	粘稠适宜,菠萝丁轻微收缩 (12~17分)	菠萝清香,酸甜适宜 (12~17分)	较难涂抹或易涂抹但保型稍差 (12~17)
黄褐色(14分以下)	粘稠适宜,菠萝丁收缩明显 (6~11分)	菠萝香气淡,偏酸或偏甜 (6~11分)	难涂抹或保型差 (6~11分)

其余原料一起投入真空蒸煮锅加热煮制,同时以30 r/min的转速搅拌;当煮制温度达到90℃时,保持10 min,待淀粉完全糊化后,启动真空泵,使真空度达到0.07 MPa进行真空浓缩,直至果酱可溶性固形物达到要求,根据需要加入溶解的柠檬酸和山梨酸钾,待混合均匀后立即趁热灌装封盖,自然冷却,利用果酱余热杀菌、添加适量山梨酸钾配合密封包装达到保藏的目的。

1.2.2.3 浓缩方法的选择 经过对常压浓缩和真空浓缩加工的果酱比较,用真空浓缩得到的果酱颜色较浅、菠萝丁外形完整、口感爽脆,渗糖效果好。

1.2.3 工艺参数的确定 在单因素实验时,先用罐头菠萝丁和速冻菠萝丁进行果酱加工,确定菠萝丁果酱的加工原料,再依次改变果酱的可溶性固形物含量(30%、35%、40%、45%、50%)、菠萝丁与白砂糖的比例为(3:1、2.5:1、2:1、1.5:1、1:1)、变性淀粉的添加量为(2.5%、3.5%、4.5%、5.5%、6.5%)、煮制温度(80、85、90、95、100℃)和煮制时间(5、10、15、20、25 min),以果酱的耐烤性、脱水率、色泽、组织形态、风味、pH为指标进行分析与评价,确定正交实验的因素和水平。正交实验的因素和水平如表1。

表1 正交实验因素水平表

Table 1 Factors and levels of orthogonal

水平	实验因素			
	A 菠萝丁/白砂糖	B 变性淀粉 (%)	C 煮制温度 (°C)	D 煮制时间 (min)
1	2.5:1	4.0	85	10
2	2:1	4.5	90	15
3	1.5:1	5.0	95	20

1.2.4 感官评定 根据果酱的国家标准<sup>[11]</sup>结合菠萝丁果酱的特点及用途制定评分标准如表2。感官评定小组由12名经过培训的人员组成,每人根据表2的标准单独进行评分,最终结果取12人的评分

表4 不同可溶性固形物含量的菠萝丁果酱比较

Table 4 Comparison of diced pineapple jam with different soluble solid content

可溶性固形物 (%)	30	35	40	45	50
颜色	金黄色	金黄色	金黄色	浅黄褐色	黄褐色
风味	甜味淡,有菠萝的涩味	甜味合适,有愉快菠萝味	甜味合适,有愉快菠萝味	甜味强,菠萝味淡	甜腻,菠萝味淡
组织形态	粘稠,果粒基本无收缩	粘稠,果粒基本无收缩	粘稠,果粒轻微收缩	粘稠,果粒收缩	粘稠,果粒收缩严重

均值。

### 1.3 数据统计分析

用 excel 进行差异显著性和方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 原料的选择

将罐头菠萝丁和速冻菠萝丁为原料加工的果酱进行比较,结果如表3。

表3 罐头菠萝丁果酱和速冻菠萝丁果酱的比较

Table 3 Comparison of canned diced pineapple jam and frozen diced pineapple jam

项目	罐头菠萝丁果酱	速冻菠萝丁果酱
颜色	金黄	浅黄
口感	果粒柔软爽口,无渣,味道好	果粒纤维感重,有渣,味不足
组织形态	粘稠,果粒柔软,透亮	粘稠,果粒较硬,光泽性稍差

从表3可以看出,用罐头菠萝丁制作的果酱在色泽、口感、组织形态三方面的品质均优于速冻菠萝丁果酱,产生这种现象的原因与罐头菠萝丁和速冻菠萝丁的加工工艺有关。罐头菠萝丁的加工必须经过热力杀菌,使菠萝纤维变得较柔软,再经过约20%的糖水浸泡,得到的菠萝丁颜色金黄,果粒饱满透亮,甜味较足;速冻菠萝丁是由鲜切菠萝丁速冻而成<sup>[12]</sup>,加工时为了得到较高的得率,一般选择成熟度不太高的菠萝为原料,粗纤维较多,口感相对较硬。经过综合比较,选择罐头菠萝丁为果酱加工的原料。

### 2.2 果酱可溶性固形物含量的确定

可溶性固形物含量是果酱生产的一个重要质量指标,可溶性固形物含量与果酱品质的关系如表4。

从表4可看出,可溶性固形物含量高低对果酱的色泽、风味、外观均有影响,过高或过低的可溶性固形物含量都会降低果酱的品质。果酱的可溶性固

表5 菠萝丁/白砂糖的比例对果酱的影响

Table 5 Effect of the ratio of diced pineapple to sugar on jam

菠萝丁:白砂糖	3:1	2.5:1	2:1	1.5:1	1:1
pH	3.0	3.2	3.5	3.8	4.0
颜色	金黄色	金黄色	金黄色	浅黄褐色	黄褐色
风味	很酸,甜味淡,菠萝味浓	偏酸,甜味合适,有较愉快菠萝味	酸甜适宜,有愉快菠萝味	甜味浓,菠萝味淡	甜腻,水果味很淡

表6 交联淀粉用量对菠萝丁果酱的影响

Table 6 Effect of cross linking starch amount on diced pineapple jam

交联淀粉(%)	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5
耐烤度(%)	31.5	62.0	85.5	89.0	96.0
脱水率(%)	1.5	0.5	0	0	0
操作性	涂抹后酱体流散,不成型	易涂抹,抹后有少量酱体流离,保型尚好,糊丝短	易涂抹,抹后酱体光滑均匀,保型好,糊丝短	易涂抹,抹后酱体光滑均匀,保型好,糊丝稍长	难涂抹,抹后酱体欠均匀,糊丝长而不断
感官品质	无糊口感,酱体易流淌,基本无汁液析出,果粒部分上浮	无糊口感,酱体软,基本无汁液析出,果粒分布不均匀	无糊口感,酱体软硬合适,无汁液析出,果粒分布均匀	有轻微糊口感,酱体软硬合适,无汁液析出,果粒分布均匀	有糊口感,酱体有弹性,无汁液析出,果粒分布均匀

表7 煮制温度对菠萝丁果酱的影响

Table 7 Effect of cooking temperature on diced pineapple jam

温度(℃)	80	85	90	95	100
颜色	金黄	金黄	金黄	深黄	深黄
口感	菠萝丁稍硬,味淡	菠萝丁软硬适宜	菠萝丁软硬适宜	菠萝丁稍绵软	菠萝丁较绵软
组织形态	半透明,菠萝丁完整	透明,菠萝丁完整	透明,有光泽,菠萝丁完整	透明,有光泽,菠萝丁少部分煮烂	透明,有光泽,较多菠萝丁煮烂
淀粉颗粒	淀粉颗粒半透明,不饱满	淀粉颗粒半透明,基本饱满	淀粉颗粒透明,饱满	淀粉颗粒透明,少部分破碎	淀粉颗粒透明,破碎量增加

形物含量过高,一是需要的浓缩时间长,导致颜色深,生产上的能耗高,二是渗透压高,菠萝丁脱水收缩严重;过低的可溶性固形物含量影响果酱的风味和保藏,综合果酱的感官品质,确定菠萝丁果酱的可溶性固形物含量为40%。

### 2.3 菠萝丁/白砂糖的比例对果酱的影响

菠萝丁/白砂糖的比例与果酱品质的关系如表5。两者之间的比例对菠萝丁果酱的色泽和风味均有较大影响。加工罐头的菠萝成熟度一般为七成左右,酸味较强、有些菠萝还有点涩味,必须添加适量的食糖才能满足果酱的要求,在本研究中,适宜的菠萝丁/白砂糖的比例为2:1。

### 2.4 变性淀粉用量的确定

果酱加工常用的增稠剂有各种亲水胶体<sup>[13-15]</sup>和变性淀粉,用亲水胶体制作的果酱口感清爽,但亲水胶体价格较贵,导致成本增加,溶解也比较麻烦<sup>[16-17]</sup>,变性淀粉相对便宜,使用方便,制成的果酱稳定性好。经过前期实验比较,选择稳定性好的交联淀粉作为菠萝丁果酱的增稠剂,变性淀粉的用量对果酱的影响见表6。

由表6可见,随着变性淀粉的用量增加,果酱的耐烤性、保型性、粘稠度和菠萝丁分布的均匀性提高。蜡质玉米淀粉通过交联形成的化学键强度远高于原来的氢键,使淀粉颗粒结构的强度提高,淀粉糊

粘度的热稳定性大大增加,交联度越高,粘度越稳定<sup>[18]</sup>。当变性淀粉用量为4.5%,所得果酱的耐烤度为85.5%,耐烤性好,为适宜的添加量;用量达到或超过5.5%,果酱耐烤度继续增加,但增幅较小,经显著性分析,对果酱耐烤性的影响显著降低;果酱的弹性增大,难于进行涂抹操作,糊口感强,口感变差;用变性淀粉制作的果酱,一般都有较好的保水性。

### 2.5 煮制温度和时间的确定

将煮制时间保持在15 min,改变煮制温度,结果如表7所示。由表7可知,同样的煮制时间,随温度升高,菠萝丁硬度降低,菠萝丁和变性淀粉的透明性增加,但会造成果酱颜色加深,菠萝丁煮烂和淀粉颗粒的破碎,综合果酱的各项品质,适宜的煮制温度为90℃,在这个温度下煮制得到的果酱颜色金黄有光泽、菠萝丁完整、软硬适宜,淀粉充分糊化,淀粉颗粒透明、饱满无破碎。

将温度保持在90℃,改变煮制时间,结果如表8所示。同一煮制温度下,随着加热时间延长,果酱颜色加深,菠萝丁破碎量增加。煮制要达到使变性淀粉充分糊化但不破损、菠萝丁适当软化的目的,一般交联淀粉在80℃以上就可以糊化,理论上煮制温度在80℃以上配合适当的时间都能满足要求,但煮制温度过高,容易导致果酱色泽加深,过高的加热温度或过长的加热时间对变性淀粉都不利。

表8 不同煮制时间对菠萝丁果酱的影响  
Table 8 Effect of cooking time on diced pineapple jam

时间(min)	5	10	15	20	25
颜色	金黄	金黄	金黄	深黄	深黄
口感	菠萝稍硬,味淡	菠萝爽口,甜酸可口	菠萝爽口,甜酸可口	菠萝少部分绵软,甜酸可口	菠萝部分绵软,甜酸可口
组织形态	菠萝丁半透明、完整	菠萝丁透明、完整	菠萝丁透明、有光泽、完整	菠萝丁透明、有光泽、少部分破碎	菠萝丁透明、有光泽、破碎菠萝较多
淀粉颗粒	半透明,不饱满	透明,基本饱满	透明,饱满	透明,饱满	透明,少部分破损

表10 正交实验结果方差分析表  
Table 10 Variance analysis of the experimental results of orthogonal array design

方差来源	自由度 df	SS	S <sup>2</sup>	F	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>	显著性
A	2	264.6096	132.3048	47.64244	3.55	6.01	**
B	2	156.5563	78.27815	28.18765	3.55	6.01	**
C	2	145.0674	72.5337	26.1191	3.55	6.01	**
D	2	25.01407	12.50704	4.503734	3.55	6.01	*
实验误差 e	18	49.98667	2.777037				
总和	26						

## 2.6 正交实验

综合分析单因素实验的结果,选取对菠萝丁果酱影响显著的菠萝丁/白砂糖、变性淀粉用量、煮制温度、煮制时间为四个因素,设计四因素三水平的正交实验,结果如表9,经用 Excel 对实验数据进行处理得到方差分析结果如表10。

表9 L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>)正交实验结果与分析

Table 9 Results and analysis of L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>) orthogonal test

实验号	A	B	C	D	感官评分(分)
1	1	1	1	1	86.1
2	1	2	2	2	88.6
3	1	3	3	3	78.3
4	2	1	2	3	94.5
5	2	2	3	1	91.8
6	2	3	1	2	87.4
7	3	1	3	2	81.2
8	3	2	1	3	86.2
9	3	3	2	1	84.5
k <sub>1</sub>	84.3	87.3	86.6	87.5	
k <sub>2</sub>	91.2	88.9	90.2	85.7	
k <sub>3</sub>	84.0	83.4	89.2	86.3	
R	7.2	5.5	3.6	1.8	

由表9可知,极差 R<sub>A</sub> > R<sub>B</sub> > R<sub>C</sub> > R<sub>D</sub>,各因素对果酱品质影响的相对大小是菠萝丁/白砂糖 > 变性淀粉添加量 > 煮制温度 > 煮制时间,结合方差分析表, F<sub>A</sub> > F<sub>B</sub> > F<sub>C</sub> 且均大于 F<sub>0.01</sub>,对菠萝丁果酱的影响极显著, F<sub>0.05</sub> < F<sub>D</sub> < F<sub>0.01</sub>,对菠萝丁果酱影响显著,与极差分析结果一致,根据各因素的影响大小得到加工菠萝丁果酱的最优工艺参数组合是 A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>D<sub>1</sub>,经验证实验,所得到的果酱色泽、风味、粘稠度、菠萝丁的外形及分布良好,感官评分 95.3,高于 4 号果酱的得分。由此得到菠萝丁果酱的最佳生产方案为:菠

萝丁/白砂糖为 2:1、变性淀粉 4.5%、90 °C 煮制 10 min。

## 3 结论

以罐头菠萝丁为原料,当菠萝丁和砂糖的比例为 2:1,添加 4.5% 交联变性淀粉作为果酱的增稠剂,在 90 °C 煮制 10 min,在真空度 0.07 MPa 下浓缩至可溶性固形物浓度为 40% ± 1%,得到的果酱颜色亮丽,果粒完整,分布均匀,口感好,耐焙烤,适合于多种焙烤制品的顶部装饰。

### 参考文献

- [1]董定超,李玉萍,梁伟红等.中国菠萝产业发展现状[J].热带农业工程,2009,33(4):13-17.
- [2]刘海清,李光辉,黄媛媛.世界菠萝生产及贸易状况分析[J].世界农业,2012,(6):47-52.
- [3]金球,刘海清,侯媛媛.中国菠萝生产与贸易影响力演变分析[J].热带农业科学,2014,34(7):93-97.
- [4]胡雪琼,夏杏洲,梁婉妮.鲜切菠萝片加工工艺的研究[J].食品工业科技,2007,28(10):157-161.
- [5]刘功德,苏艳兰,韦茂新.菠萝果粒加工工艺的研制[J].食品科技,2012,37(1):65-68.
- [6]吴惠婵,王秀杏,宁正祥,等.发酵菠萝酒的风味及其稳定性研究[J].现代食品科技,2012,28(2):191-194.
- [7]叶光斌,罗惠波,王毅,等.菠萝果酒澄清及稳定性的研究[J].酿酒科技,2013,(6):80-83.
- [8]刘畅,刘绍军,刘素稳.菠萝果酒发酵工艺条件的优化[J].食品研究与开发,2012,33(2):61-64.
- [9]中华人民共和国国家标准 GB/T 22474-2008[S],北京:中国标准出版社,2008,1-5.
- [10]徐荣雄,邓瑞君.耐烘焙果酱的研究[J].食品科技,2013,263(9):72-75.
- [11]中华人民共和国国家标准 GB/T 10786-2006[S],北京:中国标准出版社,2006,1-6.

(下转第 260 页)

根据多元回归方程结果,构建两因素交互作用的响应面图(图7),可以看出, $X_1X_2$ 、 $X_1X_3$ 和 $X_2X_3$ 交互影响极为显著, $X_2$ 曲线最陡,说明 $X_2$ 对EPS-P II产量的影响最显著,其次是 $X_1$ 和 $X_3$ ,这与表7的分析结果一致<sup>[16]</sup>。

由该软件分析得到最佳发酵条件为:培养时间33.78 h,接种量8.79%,摇床转速171 r/min, EPS-P II最高产量预测值为2.7836 g/L。

## 2.5 验证实验

为了实验的可操作性,将发酵条件修改为培养时间33.8 h,接种量8.8%,摇床转速170 r/min,采用该条件进行三次平行实验,得到EPS-P II产量平均值为2.62 g/L,预测值与真实值偏差为6.24%,两者具有良好拟合性。

## 3 结论

本实验采用单因素实验对胞外多糖EPS-P II的发酵培养基进行了优化,获得培养基最佳配比为:30 g/L葡萄糖,4.5 g/L酵母浸膏,35 g/L海盐;并采用Plackett-Burman 联用 Box-Behnken 设计确定了最佳发酵条件为:培养时间33.8 h,接种量8.8%,摇床转速170 r/min,装液量40%,pH8,温度25℃。经最优条件发酵后, EPS-P II最高产量可达2.62 g/L,接近预测值,与优化前平均产量1.21 g/L相比,提高了116.5%,说明了该实验方法的有效性,为EPS-P II的进一步扩大发酵和应用提供了一定的参考数据。

## 参考文献

- [1]孙海红,毛文君,钱叶苗.海洋微生物活性胞外多糖的研究进展[J].海洋科学,2011,35(11):134-138.
- [2]张姗姗,王长云,魏晓蕾.海洋微生物胞外多糖结构与生物活性研究进展[J].微生物学通报,2007,34(1):153-156
- [3]刘凤,叶淑红,王际辉.海洋假单胞菌pf-6胞外多糖吸湿保湿和抗氧化性研究[J].食品工业科技,2011,32(11):68-71.

(上接第251页)

- [J].医学工程,2002,15(3):227-230.
- [14]吴泽柱,曹龙奎.微生物发酵玉米蛋白粉生产玉米肽的研究[D].大庆:黑龙江八一农垦大学,2009.
- [15]徐艳阳,黄胜男,郑丽.大豆玉米复配肽的固态发酵工艺优化[J].食品科技,2015,40(4):118-127.
- [16]明强强.微生物固态发酵花生粕制备抗氧化肽的研究[D].山东师范大学,2014.
- [17]盖梦.液态发酵法制备燕麦ACE抑制肽的研究[D].内蒙古

(上接第255页)

- [12]覃海元,陈怀庆.速冻菠萝丁加工技术[J].广西园艺,2005,16(1):50-52.
- [13]杜琨.不同增稠剂对低糖番茄果酱凝胶效果的研究[J].食品研究与开发,2011,32(11):11-13.
- [14]苗燕,董晓静.芒果低糖果酱的研制[J].现代食品科技,2012,28(3):332-334.
- [15]E.Durán,E.Costell,L.Izquierdo.Low sugar bakery jams with gellan gum-guar gum mixtures.Influence of composition on texture

[4]Maria Filomena de Jesus Raposo,Rui Manuel Santos Costa de Morais,Alcina Maria Miranda Bernardo de Morais.Bioactivity and Applications of Sulphated Polysaccharides from Marine Microalgae [J].Mar.Drugs,2013,11:233-252.

[5]崔艳红,黄现清.微生物胞外多糖研究进展[J].生物技术通报2006,2:25-29.

[6]王淑军,刘红飞,李华钟.海洋细菌 Pseudoalteromonas sp.G23 产低温淀粉酶发酵条件的研究[J].中国酿造,2008,23:9-12.

[7]李会,高金卉,窦文芳.大肠杆菌 K5 多糖生物合成条件的优化[J].南京工业大学学报(自然科学版),2012,34(6):69-73.

[8]刘天华,乔梦,李乐乐.海洋细菌 0417 产胞外多糖发酵条件的优化[J].中国酿造,2011,6:107-109.

[9]董满良,董小萍,李鸿翔.Plackett-Burman 联用 Box-Behnken 效应面与正交实验优化棘茎穗木总皂苷提取工艺及其比较研究[J].中国药房,2013,24(3):227-230.

[10]冯美琴,邢家深,张琦,等.植物乳杆菌胞外多糖发酵条件的优化[J].食品科学,2011,32(23):215-219.

[11]吴燕,盛尊来,高凌飞,等.响应面法优化丁香叶总酚酸提取工艺[J].食品工业科技,2015,36(02):286-290.

[12]张惟杰.糖复合物生化研究技术[M].杭州:浙江大学出版社,2006:11-12.

[13]张晓飞,郝鲁江.海洋细菌多糖 EPS-1 发酵培养基的正交优化及多糖发酵过程的研究[J].食品工业,2012,33(11):41-43.

[14] Stacy A Kimmel, Robert F Roberts, Gregory R Ziegler.Optimization of Exopolysaccharide Production by Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus RR Grown in a Semidefined Medium [J].Applied and Environmental Microbiology,1998,64(2):659-664.

[15]董红敏,牛小勇,沈丽雯,等.响应面设计优化川明参蛋白提取工艺[J].食品工业科技,2015,36(02):276-281.

[16]朱素英.基于响应曲面法优化天麻多酚的提取工艺[J].食品工业科技,2015,36(01):268-271.

古农业大学,2014.

[18]杜晶娜,王新宇.摇床转速对 VB12 发酵的影响[J].河北化工,2009,32(2):47-48.

[19]姚小飞,叶璐,赵世敏.枯草芽孢杆菌的选育及其发酵豆粕的工艺条件研究[J].安徽农业科学,2010,38(16):8476-8478.

[20]尤新.玉米深加工技术[M].北京:中国轻工业出版社,2008.

[J].Food Hydrocolloids,1994,(8):373-381.

[16]王晓园,杨晓泉.低糖黄皮果酱的研制[J].食品工业科技,2009,(4):270-272.

[17]仲山民,林海萍.常山胡柚果酱的加工研制[J].食品科学,2003,24(2):99-102.

[18]扶雄,黄强,罗发兴,等.交联和羟丙基改性对玉米淀粉糊稳定性的影响[J].华南理工大学学报(自然科学版),2007,35(11):91-94.