

用于面包制作的葡萄天然酵母发酵工艺优化

Optimization on training process of grapes natural yeast for bread making

张莉莉 姚鑫淼 谢学军 赵蕊 李哲滨 高扬

ZHANG Li-li YAO Xin-miao XIE Xue-jun ZHAO Rui LI Zhe-bin GAO Yang

(黑龙江省农业科学院食品加工研究所, 黑龙江 哈尔滨 150086)

(Food Processing Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086, China)

摘要:以葡萄干为发酵原料,研究不同发酵工艺参数对葡萄天然酵母发酵力的影响,为用于面包中的天然酵母发酵优化工艺提供一定的试验数据。以单因素试验为基础,采用响应面分析法对发酵工艺参数进行优化,结果表明:最优发酵条件为培养温度 26 ℃,培养时间 4 d,葡萄干与白砂糖配比 10:1。该条件下,天然酵母发酵力为 0.077 9,与市售的即发干酵母的发酵力较为接近,可代替其用于面包的制作中。

关键词:葡萄干;天然酵母;发酵;发酵力

Abstract: Taking raisins as the raw materials, the effects of different fermentation parameters impact on natural yeast fermentation of the grapes were studied. The single factor experiment and response surface analysis were used to optimize the fermentation technological conditions. Results: The optimum condition was obtained by response surface optimization as follows: the temperature of 26 ℃, train number 4 days, ratio of raisins and granulated sugar 10:1. Under this conditions, the natural yeast fermentation of the grapes reached 0.077 9, closed to the fermentation of dry yeast, and can be used in the production of bread.

Keywords: raisins; natural yeast; fermentation process; fermenting force

天然酵母是以附着在果实、谷物、植物的花和叶等上面的酵母为原料,自然繁殖而成,含有 100 多种酵母及乳酸菌等微生物,是一种复合酵母^[1-3]。根据发酵原料的不同,天然酵母主要分为谷物发酵天然酵母和水果发酵天然酵母。目前,水果发酵天然酵母由于其风味独特、健康天然的特点,逐渐成为研究和开发的热点。国外对水果发酵酵母的制备方法和产业化已有一定的研究^[4-6],意大利及日本已经较好地将天然酵母运用于烘焙行业中。中国对这方面的研究和

报道较少,少数市售的水果天然发酵的面包类制品多为作坊生产。由于天然酵母发酵工艺的不稳定性,导致面包品质也不稳定,因此获得稳定的培养工艺是天然酵母产业化的基础^[7-9]。

葡萄作为世界上最重要的水果之一,产量高且营养丰富^[10],在其发酵过程中大部分营养成分能够保留下来,具有极好的保健作用^[11-12],葡萄酒就是利用葡萄酿造而成的。目前,将葡萄干作为原料用于发酵中的研究也有相关报道,赵金海等^[13]应用葡萄干代替葡萄,酿造出风味良好、品质优良的白葡萄酒。然而,将葡萄干作为原料制备天然酵母用于面包制作中的研究较少。涂雅俊等^[14]将发酵的葡萄干添加到面包中,研究其对面包烘焙特性及风味的影响。发酵力决定了酵母在面包烘焙制作中的不同结果,不同类型以及品种的酵母具有不同的发酵力,从酵母的发酵力能够预测到面包的发酵和烘焙性能,并预知烘焙后的面包品质特性,因此发酵力是决定酵母品质的重要指标。

发酵力是衡量酵母品质的重要指标,本研究拟采用葡萄干作为发酵原料,以响应面试验优化工艺,并通过测定其发酵力来确定得到天然酵母发酵液的最佳因素组合^[15]。旨在得到一种能够用于面包中的、具有独特风味、可以规模化生产的天然发酵产物,也为天然酵母面包的工业化生产提供一定的试验依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料

葡萄干:吐鲁番市鄯善葡萄产业园区;
标准粉:沈阳香雪面粉股份有限公司;
白砂糖、食盐:市售。

1.1.2 仪器与设备

恒温水浴锅:SHHW21.600AII 型,天津市泰斯特仪器有限公司;

基金项目:黑龙江省农业科学院青年基金项目(编号:QN016)

作者简介:张莉莉(1982—),女,黑龙江省农业科学院研究实习员,硕士。E-mail:42490359@qq.com

收稿日期:2015-11-23

电子天平:XS204 型,Mettler Toledo 分析仪器制造有限公司;

智能恒温培养箱:ZWY-240 型,上海市智城分析仪器制造有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 葡萄天然酵母液的发酵方法 将容器消毒后晾干,把清洗过的葡萄干和白砂糖按试验要求放入容器中,倒入冷水(覆盖过固体物质)搅匀后密封,放在设定温度下培养,定期排气,开始时产生一些小气泡并越来越多,略有酒精味,待气泡变少,可闻到葡萄的香气,酒精味道消失,则酵母液培养完成。

1.2.2 CO₂ 失重法测定天然酵母发酵力 称取标准粉 50 g,30 ℃ 恒温备用,白砂糖 2 g,NaCl 0.35 g,放入三角瓶中,加入葡萄天然酵母液,混合均匀,制成面糊,并将发酵栓盖上。用电子天平将一系列装有面糊的三角瓶进行称重后,将其静置于恒温箱中,并在 30 ℃ 的条件下进行发酵,开始计时,每隔 30 min 对其进行称重,相邻称重的数值差即为 30 min 内失去的重量。直至失重量趋于稳定,取变化量最大的时段的 CO₂ 失重量的总和,即代表酵母的发酵力^[16]。

1.2.3 单因素试验

(1) 培养温度对葡萄天然酵母发酵力的影响:分别取不同的培养温度(24,26,28,30,32 ℃),在葡萄干与白砂糖配比为 10:1 条件下培养 5 d,用 CO₂ 失重法测定天然酵母发酵力。

(2) 培养时间对葡萄天然酵母发酵力的影响:分别取不同的培养时间(3,4,5,6,7 d),在培养温度为 28 ℃,葡萄干与白砂糖配比为 10:1 条件下培养,用 CO₂ 失重法测定天然酵母发酵力。

(3) 葡萄干与白砂糖配比对葡萄天然酵母发酵力的影响:分别取不同的葡萄干与白砂糖配比(6:1,8:1,10:1,12:1,14:1),在培养温度为 28 ℃ 条件下培养 5 d,用 CO₂ 失重法测定天然酵母发酵力。

1.2.4 响应面试验 以单因素试验的结果为基础,选取培养温度、培养时间以及葡萄干与白砂糖配比为葡萄天然酵母发酵力的影响因素,采用 SAS 9.1 数据分析软件中的 ADX 模块程序,根据 Box-Behnken 中心组合试验的设计原则,以葡萄天然酵母发酵力为该试验设计的响应值,设计 3 因素 3 水平的响应曲面分析试验,对葡萄天然酵母的培养工艺参数进行进一步优化^[17]。

2 结果与分析

2.1 培养温度对葡萄天然酵母发酵力的影响

由图 1 可知,葡萄天然酵母发酵力随着培养温度的增加呈现出先增加后下降的趋势。此结果表明,合适的发酵温度可以有效提高天然酵母的发酵力,其原因是酵母菌的最适繁殖温度是 25~28 ℃,低于这个温度酵母菌生长受到抑制,高于这个温度其它杂菌大量繁殖与酵母菌形成竞争抑制,不利于酵母菌的生长繁殖^[18]。因此,选择培养温度在 26 ℃ 左右为宜。

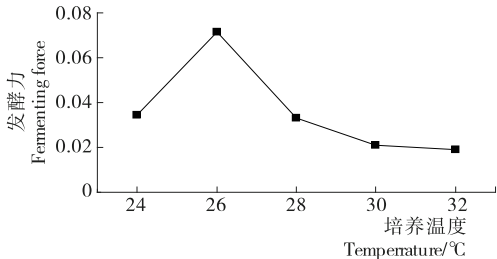


图 1 温度对发酵力的影响

Figure 1 Effect of temperature on fermenting force

2.2 培养时间对葡萄天然酵母发酵力的影响

由图 2 可知,葡萄天然酵母发酵力随着培养时间的增加呈现出先增大后降低的趋势,其原因可能是酵母菌在无氧条件下把葡萄糖分解成二氧化碳、酒精和一些酶等抑制自身生长的产物,所以繁殖到一定时间其生长受到抑制,发酵力自然降低^[19]。因此,选择酵母菌的培养时间为 4 d 左右。

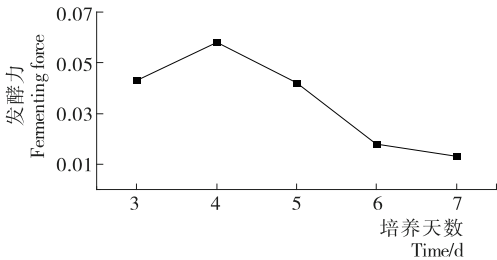


图 2 时间对发酵力的影响

Figure 2 Effect of time on fermenting force

2.3 葡萄干与白砂糖配比对葡萄天然酵母发酵力的影响

由图 3 可知,随着葡萄干与白砂糖配比中葡萄干含量的增加,发酵力呈现出先增大后降低的趋势。此结果表明,葡萄干和白砂糖合适的配比有助于酵母菌的繁殖,提高天然酵母的发酵力,其原因可能是糖类是酵母菌繁殖的必须营养物质,但是超过一定的浓度,糖液的渗透压会增大,进而使酵母细胞内的水分脱出,造成酵母细胞萎缩,抑制酵母的生长繁殖^[20],也会影响其发酵力。因此,选择葡萄干与白砂糖配比为 10:1 左右。

2.4 响应面法优化葡萄天然酵母培养工艺

2.4.1 响应面设计与结果分析 根据 Box-Behnken 试验设计,以单因素试验结果为基础,将葡萄天然酵母发酵力作为响

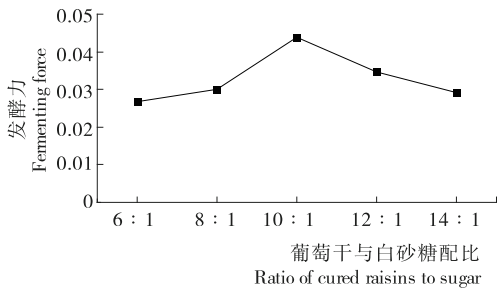


图 3 葡萄干与白砂糖配比对发酵力的影响

Figure 3 Effect of ratio of cured raisins to sugar on fermenting force

应值,选取培养温度、培养时间和葡萄干与白砂糖配比为自变量设计 3 因素 3 水平试验,试验因素与水平设计见表 1,试验结果见表 2。

表 1 因素水平表			
Table 1 Variables and levels			
水平	x ₁ 培养温度/℃	x ₂ 培养时间/d	x ₃ 葡萄干与白砂糖配比
—1	24	3	8∶1
0	26	4	10∶1
1	28	5	12∶1

表 2 中心组合试验方案及试验结果				
Table 2 Central composite design matrix and corresponding results				
试验号	x ₁	x ₂	x ₃	y 发酵力
1	—1	—1	0	0.012 5
2	—1	1	0	0.042 1
3	1	—1	0	0.055 2
4	1	1	0	0.049 1
5	0	—1	—1	0.039 6
6	0	—1	1	0.047 1
7	0	1	—1	0.056 7
8	0	1	1	0.059 8
9	—1	0	—1	0.033 9
10	1	0	—1	0.038 1
11	—1	0	1	0.043 5
12	1	0	1	0.061 1
13	0	0	0	0.079 5
14	0	0	0	0.073 2
15	0	0	0	0.081 1

根据表 2 中的试验结果,通过 SAS 9.1 软件进行数据分析,建立二次响应曲面回归模型为:

$$y = 0.077\ 9 + 0.008\ 9x_1 + 0.006\ 7x_2 + 0.005\ 4x_3 - 0.022\ 4x_1^2 - 0.008\ 9x_1x_2 + 0.003\ 4x_1x_3 - 0.015\ 8x_2^2 - 0.001\ 1x_2x_3 - 0.011\ 4x_3^2。$$

(1)

由表 3 还可以看出:失拟项不显著,回归项显著,且模型 $R^2 = 93.76\%$, $R^2_{\text{adj}} = 88.13\%$,说明所得回归方程与试验结果能够较好地拟合,自变量与响应值之间线性关系较为显著。方差分析结果中, x_1^2 、 x_2^2 对试验结果影响极显著($P < 0.01$), x_1 、 x_2 、 x_3^2 、 x_1x_2 对试验结果影响显著($P < 0.05$),其他项不显著。各因素对发酵力的影响程度的主次关系为培养温度>培养时间>葡萄干与白砂糖配比。

2.4.2 各因素交互作用对发酵力的影响 经 SAS 9.1 软件处理,得到培养温度、培养时间、葡萄干与白砂糖配比的交互作用的响应面及等高线图,见图 4~6。由图 4 可知,当葡萄干与白砂糖配比为 10∶1 时,发酵力随着培养温度和培养时间的增加而增大,当培养温度和培养时间达到中间值时,发酵力的取值较大。由图 5 可知,当培养时间为 4 d 时,发酵力

表 3 回归模型方差分析结果					
Table 3 Variance analysis for regression equation					
变量	自由度	平方和	均方	F 值	Pr>F
x ₁	1	0.000 639	0.000 639	16.165 8	0.010 1*
x ₂	1	0.000 355	0.000 355	8.983 3	0.030 2*
x ₃	1	0.000 233	0.000 233	5.901 3	0.059 4
x ₁ ²	1	0.001 857	0.001 857	46.989 3	0.001 1**
x ₁ x ₂	1	0.000 319	0.000 319	8.060 3	0.036 3*
x ₁ x ₃	1	0.000 045	0.000 045	1.135 6	0.335 3
x ₂ ²	1	0.000 919	0.000 919	23.256 3	0.004 9**
x ₂ x ₃	1	0.000 001	0.000 001	0.122 4	0.740 7
x ₃ ²	1	0.000 476	0.000 476	12.041 5	0.017 8*
回归	9	0.004 465	0.000 496	12.549 1	0.006 2**
剩余	5	0.000 198	0.000 041		
失拟	3	0.000 163	0.000 054	3.110 3	0.252 7
误差	2	0.000 035	0.000 017		
总和	14	0.004 662			

† “*”表示差异显著($P < 0.05$);“**”表示差异极显著($P < 0.01$)。

随着培养温度和葡萄干与白砂糖配比的增加呈现出先增大后减小的趋势,当培养温度和葡萄干与白砂糖配比达到中间值时,发酵力的取值较大。由图 6 可知,当培养温度为 26 ℃ 时,发酵力随着培养温度和葡萄干与白砂糖配比的增加呈现出先增大后减小的趋势,当培养时间和葡萄干与白砂糖配比达到中间值时,发酵力的取值较大。通过 SAS 9.1 软件处理得到回归统计分析结果,即培养温度和培养时间的交互项对发酵力的影响较为显著。

2.4.3 验证实验结果 根据模型,经 SAS 9.1 软件处理得到的最优工艺条件为培养温度 26.4 ℃、培养时间 4.3 d、葡萄干与白砂糖配比为 9.76∶1。该条件下,发酵力的预测值为 0.078 7。考虑到实际操作的可性,将葡萄干与白砂糖配比修正为 10∶1。即最优工艺条件为培养温度 26 ℃、培养时间 4 d、葡萄干与白砂糖配比 10∶1。根据最优条件,进行 3 组平行验证性实验,结果分别为 0.078 2,0.071 5,0.084 1,求其平均值为 0.077 9,与预测值较为接近,表明数学模型对优化发酵力的条件可行。

鲜酵母和即发干酵母的发酵力根据用量的不同差别很大,它们之间的用量关系为:鲜酵母的用量为即发干酵母用量的 2.5 倍。本试验采用 CO₂ 失重法对 3 种市售的即发干酵母的发酵力进行测定,并与葡萄干天然酵母的发酵力进行比较。3 种即发干酵母测定的发酵力分别为:法国燕牌干酵母 0.073 9、中国安琪牌干酵母 0.107 3、中国梅山牌干酵母 0.082 1。试验测得的优化后葡萄干天然酵母的发酵力与市售的即发干酵母的发酵力较为接近,可代替即发干酵母用于面包的制作中。

3 结论

本试验以培养温度、培养时间、葡萄干与白砂糖配比为自变量,发酵力为响应值,通过 SAS 9.1 软件,运用响应面试

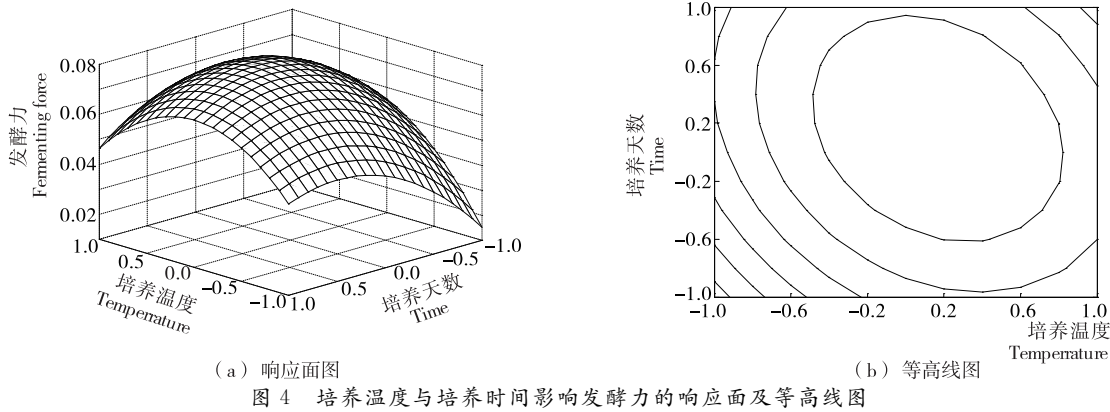


Figure 4 The response surface and contour of the interaction with temperature and time

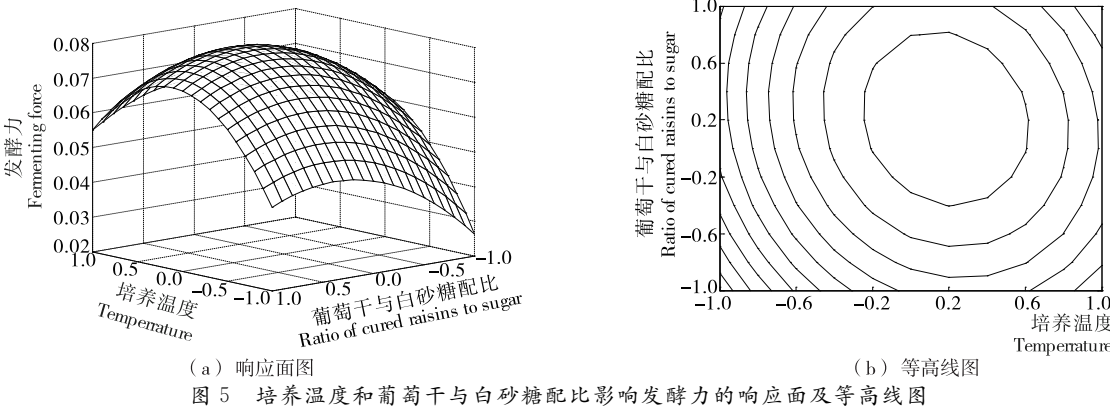


Figure 5 The response surface and contour of the interaction with temperature and ratio of cured raisins to sugar

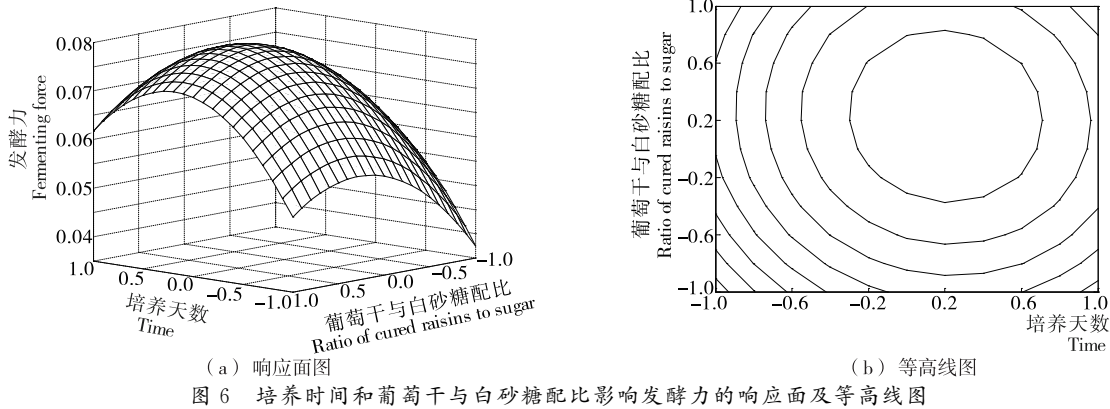


Figure 6 The response surface and contour of the interaction with time and ratio of cured raisins to sugar

验设计对试验结果进行分析,得到的回归模型与试验结果能够较好地进行拟合,自变量与响应值之间线性关系较为显著,有一定的应用价值。优化验证后得到的最优工艺条件为培养温度 26 ℃、培养时间 4 d、葡萄干与白砂糖配比为 10 : 1,天然酵母发酵力为 0.077 9。

通过与市售的 3 种即发干酵母的发酵力进行对比,发现其可以代替即发干酵母用于面包的制作中,其制作的面包风味更为独特,且天然健康。但是面包的制作工艺中除了酵母对面包品质有影响外,面包配方中的盐、糖、乳在制作过程中也会影响面包的品质。在今后的研究中,可考虑以上这些因素与酵母发酵力之间交互作用的影响,为工艺的进一步优化

提供理论依据。

参考文献

[1] 张薇,程晓燕,黄卫宁,等. 含天然酵母粉发酵面包的营养与老化特性及风味化合物特征[J]. 食品科学, 2014, 35(23): 33-38.

[2] Paterson Alistair, Piggott John R. Flavour in sourdough breads: a review[J]. Trends in Food Science & Technology, 2006, 17 (10): 557-566.

[3] 涂雅俊. 葡萄干发酵汁的性质及其对面包烘焙特性的影响[D]: 无锡: 江南大学, 2013: 3-4.

[4] 何宏. 黄豆面包、杂粮面包的制作[J]. 食品与机械, 1990(2): 29.

(下转第 230 页)

春: 吉林农业大学, 2007: 1-2.

[6] 曹静, 刘高强, 王晓玲, 等. 可食真菌 β -葡聚糖的生物功能及检测技术[J]. 食品与机械, 2014, 30(2): 247-268.

[7] 王伟娟, 冯翠萍, 常明昌, 等. 姬松茸多糖对铅中毒雄性大鼠的抗氧化作用[J]. 中国食品学报, 2013, 13(6): 16-19.

[8] 王斌, 连宾. 食药用真菌多糖的研究与应用[J]. 食品与机械, 2005, 21(6): 96-100.

[9] 郑亚凤, 黄志伟, 陈瑞庆, 等. 姬松茸多糖的抗肿瘤活性[J]. 福建农林大学学报: 自然科学版, 2010, 39(4): 409-412.

[10] 樊廷俊, 钱冠兰, 杜玉堂, 等. 姬松茸提取物组分体外抗病毒感染活性的研究[J]. 中国海洋大学学报: 自然科学版, 2008, 38(5): 775-780.

[11] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 一部[S]. 北京: 化学工业出版社, 2010.

[12] 胡中慧, 胡晓青. 泡腾片的研究进展[J]. 中华临床医药, 2004, 5(9): 109-110.

[13] 王晓丽, 杨永建, 陈勇, 等. 异叶青兰总黄酮片剂制备及处方优化[J]. 时珍国医国药, 2014, 25(8): 1 878-1 880.

[14] 谢向阳, 邢传峰, 李银科, 等. 琥珀酸美托洛尔缓释微丸型片剂的制备与体外释放度考察[J]. 解放军药科学学报, 2014, 30(4): 299-302.

[15] 程新德. 复合辅料用于阿司匹林分散片制备的研究[D]. 山东: 山东大学, 2013: 17-18.

[16] 卢小凤. 凯乐泡腾片的制备工艺及质量标准研究[D]. 广东: 广州中医药大学, 2012: 5.

[17] 周小雅, 黄欣碧, 陈华海, 等. 苦丁茶泡腾片制备工艺的研究[J]. 西北药学杂志, 2012, 27(5): 452-454.

[18] 宿迷菊, 毛志方, 施海根, 等. 食用泡腾片的制备及研究概况[J]. 中国茶叶加工, 2008(2): 20-23.

[19] 郭勤涛, 张令弥, 费庆国. 用于确定性计算仿真的响应面法及其试验设计研究[J]. 航空学报, 2005, 27(1): 55-61.

[20] 廖红强, 邱勇, 杨侠, 等. 对应用层次分析法确定权重系数的探讨[J]. 机械工程师, 2012(6): 22-25.

[21] 王淑华, 林永强. 泡腾片的常用辅料及制备方法[J]. 食品与药品, 2006, 8(3): 70-72.

[22] 乐龙, 覃艳, 王志祥. 响应曲面法优化超声提取辣椒中辣椒红色素的工艺研究[J]. 中国药科大学学报, 2011, 42(6): 573-577.

[23] 张泽志, 韩春亮, 李成未. 响应面法在试验设计与优化中的应用[J]. 河南教育学院学报: 自然科学版, 2011, 20(4): 34-37.

(上接第 218 页)

[2] 王育红, 赵雨, 张长付, 等. 低糖颗粒型草莓酱的研制与工业化生产的探讨[J]. 农产品加工: 学刊, 2009(12): 70-72.

[3] 祝战斌. 果酱类产品加工技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008: 123-126.

[4] 王中风, 韦田, 张敏, 等. 真空处理对酥梨渗透脱水率和固形物增加率的影响[J]. 食品与机械, 2014, 30(2): 53-56.

[5] Shi X Q, Fito P, Chiralt A. Influence of vacuum treatment on mass transfer during osmotic dehydration of fruits[J]. Food Research International, 1995, 28(5): 445-454.

[6] Yadav KA, Singh SV. Osmotic dehydration of fruits and vegetables: a review[J]. Journal of Food Science and Technology, 2012, 22(1): 1-20.

[7] Azarpazhooh E, Ramaswamy H S. Microwave-osmotic dehydration of apples under continuous flow medium spray conditions: comparison with other methods[J]. Drying Technology, 2009, 28(1): 49-56.

[8] Silva KS, Fernandes M A, Mauro M A. Osmotic dehydration of pineapple with Impregnation of sucrose, calcium, and ascorbic acid[J]. Food and Bioprocess Technology, 2014, 7(2): 385-397.

[9] 李辉, 吴巧梅, 林福兴, 等. 响应面法优化番木瓜渗透脱水工艺[J]. 热带作物学报, 2015, 36(3): 611-616

[10] 赵金红, 胡锐, 刘冰, 等. 渗透脱水前处理对芒果冻结速率和品质的影响[J]. 农业机械学报, 2014, 45(2): 220-227.

[11] 黄宗海, 何新益, 王佳蕊, 等. 预处理方式对胡萝卜变温压差膨化干燥品质的影响[J]. 食品与机械, 2011, 27(1): 124-126.

[12] 何金兰, 肖开恩, 张艳红, 等. 低糖南瓜果脯加工工艺研究[J]. 食品与机械, 2007, 23(4): 143-147.

(上接第 222 页)

[5] 张守文, 富校秩. 面粉酵母添加剂在面包加工过程中相互关系的研究[J]. 中国粮油学报, 2006, 15(3): 22-27.

[6] 杨秀琴, 邹奇波, 黄卫宁. 酵母菌对自然发酵面团面包中风味物质影响的研究[J]. 食品与机械, 2006, 22(3): 37, 40-43.

[7] Gänzle Michael G, Loponen Jussi, Gobbetti Marco. Proteolysis in sourdough fermentations: mechanisms and potential for improved bread quality[J]. Trends in Food Science & Technology, 2008, 19(10): 513-521.

[8] Scanlon M G, Zghal M C. Bread properties and crumb structure[J]. Food research international, 2001, 34(10): 841-864.

[9] 孙国娟, 崔泰花, 王禹, 等. 乳酸菌发酵面包工艺研究[J]. 食品与机械, 2011, 27(1): 143-145.

[10] 周伟轩, 葛银行. 水果明珠—葡萄[J]. 福建农业, 2007(8): 38.

[11] 王晨, 房经贵, 刘洪, 等. 葡萄与葡萄酒的营养成分[J]. 江苏林业科技, 2009, 36(4): 38-40.

[12] 王小华. 葡萄与葡萄酒[J]. 葡萄栽培与酿酒, 1998(2): 53-56.

[13] 赵金海. 葡萄干酿制白葡萄酒生产工艺研究[J]. 农产品加工, 2011(6): 76-78.

[14] 涂雅俊, 黄田苗, 赵宝, 等. 发酵葡萄干对面包烘焙特性及风味的影响[J]. 食品工业科技, 2013(5): 80-84.

[15] 宋一恒, 谢定, 钟海雁. 响应面法优化酵母富硒优化条件[J]. 食品与机械, 2009, 25(6): 125-130.

[16] 肖冬光, 刘青, 李静. 面包酵母发酵力测定方法的研究[J]. 食品工业科技, 2004(11): 61-63.

[17] 王钦德, 杨坚. 食品试验设计与统计分析[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2002: 227-232.

[18] 陈维. 探究温度对酵母菌种群数量的影响[J]. 生物学通报, 2008, 43(12): 46-48.

[19] 杨秀炯, 李晨. 影响酵母菌发酵因素[J]. 中国酿造, 2008(11): 76-77.

[20] 赵硕. 耐高渗(高糖)酵母菌株的选育[D]. 安徽: 安徽农业大学, 2010: 1-3.