

香蕉巧克力脆皮雪糕的工艺优化

刘俊围, 王维民*, 谌素华, 刘艳春, 钟赛意, 何金艳, 尚朝杰
(广东海洋大学食品科技学院, 广东湛江 524088)

摘要:以香蕉果心、巧克力为主要原料,制成香蕉巧克力脆皮雪糕。以单因素实验为基础,利用正交实验优化并确定了香蕉最佳复合护色剂和香蕉巧克力脆皮雪糕生产的最佳工艺条件。结果表明:复合护色剂最佳配方为L-半胱氨酸添加量0.1%,柠檬酸添加量0.35%,抗坏血酸添加量0.2%;香蕉巧克力脆皮雪糕生产的最佳工艺条件是护色时间为20min,100℃下最佳热烫时间为2.0min,冻结温度为-70℃,巧克力涂衣温度为55℃。

关键词:香蕉,复合护色剂,护色,热烫,巧克力涂衣

Process optimization of banana chocolate crispy ice cream bar

LIU Jun-wei, WANG Wei-min*, CHEN Su-hua, LIU Yan-chun, ZHONG Sai-yi, HE Jin-yan, SHANG Chao-jie

(College of Food Science and Technology, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China)

Abstract: Banana chocolate crispy ice cream bar was made with banana pulp and chocolate. On the basis of single factor experiment, the best composite color-protecting agents of banana and the optimum process conditions of banana crispy chocolate ice cream production were determined by orthogonal test. The results showed that the best composite color-protecting agents of banana was 0.1% L-cysteine, 0.35% citric acid, 0.2% ascorbic acid and the optimum process conditions of banana crispy chocolate ice cream production was protecting color for 20 minutes, heating under 100℃ for 2.0 minutes, freezing at -70℃, coating chocolate at 55℃.

Key words: bananas; compound color fixative; color-preserving; blanching; chocolate coating

中图分类号: TS201.1

文献标识码: B

文章编号: 1002-0306(2015)11-0227-07

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.11.038

传统雪糕是以饮用水、乳和/或乳制品、食糖、食用油脂等为主要原料,可添加适量食品添加剂,经混合、灭菌、均质或凝冻、冻结等工艺制成的冷冻饮品,其不仅脂肪含量高、总糖含量高,往往还缺乏蛋白质、维生素和矿物质等,且会添加一些色素、香精、增稠剂、乳化剂等食品添加剂^[1-3]。我国是香蕉的主要产地之一,主要分布在广东、广西、福建、台湾等地区。香蕉是典型的呼吸活跃型水果,不耐贮藏,产后损失十分严重,近年来我国香蕉产后损失率高达50%,远远高于我国果蔬采后的平均损耗率25%^[4]。香蕉不仅香甜细腻,风味独特,富含丰富的碳水化合物、氨基酸、无机盐和和维生素等营养物质,也具有一定的药用价值,可通便、降低血压,对心血管、消化系统等常见病有一定的辅助治疗效果,深受人们的喜爱^[5]。香蕉巧克力脆皮雪糕是以香蕉果块为雪糕主体,香蕉外涂布巧克力脆皮而成,保持了香蕉的营养及原汁原味,没有添加任何香精、色素、增稠剂、乳化剂等,其口感果味浓郁,具有香蕉的风味,巧克力的顺滑清脆,雪糕的清爽,作为营养丰富的夏日消暑的利器,不仅增强食欲,促进消化,也可提供一定的

保健功效,市场潜力巨大。目前以香蕉条为主体原料保持香蕉营养与原汁原味的雪糕,市场上基本没有,本研究不仅丰富了冷饮产品的市场,为香蕉的贮藏提供了新的内容,也可为香蕉的深加工提供一定的指导。

本研究选用湛江本地香蕉,经过前处理、护色、热烫、冷冻、巧克力涂衣等主要工艺,加工成香蕉巧克力脆皮雪糕,以褐变度抑制率为指标,用正交实验确定香蕉果心复合护色剂配方,以感官评定为指标鉴定其口感风味等,用正交实验优化香蕉巧克力脆皮雪糕的工艺条件。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

香蕉(八成熟,香蕉果心直径在2.5~3.0cm,香蕉条质量为180g左右,硬度2.0~2.5kg/cm²) 湛江市昌大昌超市;巧克力(阳江朱师傅银牌黑巧克力) 购于湛江昌大昌超市;D-异抗坏血酸钠 河北百味生物科技有限公司;L-半胱氨酸 河南金润食品添加剂有限公司;植酸 桐乡鑫洋食品添加剂有限公司;氯化钙 连云港冠苏实业有限公司;EDTA-2Na 广州

收稿日期:2014-09-17

作者简介:刘俊围(1988-),女,硕士在读,研究方向:食品加工与贮藏。

* 通讯作者:王维民(1958-),男,本科,教授,研究方向:食品加工与贮藏。

基金项目:广东省科技计划项目(2012B2130106050);广东海洋大学“创新强校工程”项目(GDOU2013041103)。

表1 感官评价标准

Table 1 The standards of sensory score

项目	评分标准	评分
色泽(2分)	香蕉果肉颜色发黑或发红,巧克力衣颜色霜变发白	0~0.6
	香蕉果肉呈白色,巧克力衣略有霜变发白	0.6~1.2
	香蕉果肉呈白色,巧克力衣纯黑无霜变	1.2~2
香味(2分)	香蕉风味较弱,没有巧克力的香味或香味混杂	0~1
	香蕉风味较浓,有巧克力淡淡的味	1~2
	完全没有香蕉本身和巧克力的味道,或者味道很淡	0~0.6
风味(2分)	有香蕉本身的味道恰到好处,巧克力的味道很淡(浓)	0.6~1.2
	或者巧克力的味道恰到好处,香蕉的味道很淡(浓)	
	香蕉与巧克力的风味组合令人愉悦,恰到好处	
组织状态(2分)	冰糕整体完整,巧克力衣略有粗糙或裂开	0~1
	冰糕整体完整,巧克力衣光滑无裂痕	1~2
	香蕉果肉甘甜,有轻微的沙砾感,轻微的冻害味	0~1
口感(2分)	香蕉果肉细腻甘甜,无冰品感,无冻害味	1~2

利源食品添加剂有限公司;柠檬酸 广州利源食品添加剂有限公司,以上原料均为食品级。

KK23V75T1 型电冰箱 西门子(中国)有限公司;AW120 型托盘电子天平 日本岛津公司;WYT-4 型手持糖量仪 泉州万达实验仪器设备有限公司;九阳 JYZ-C580 型打浆机 山东济南市九阳股份有限公司;GY-3 型手持水果硬度计 广州市铭睿电子科技有限公司;HHS 型电热恒温水浴锅 上海博迅实业有限公司医疗设备厂;TDZ5-WS 台式低速离心机 湖南赫西仪器装备有限公司;SIGMA3-18K 型高速冷冻离心机 北京博励行仪器;TMS-PRO 型物性分析质构仪 美国 FTC 公司;722S 可见分光光度计 上海精密科学仪器有限公司;ULTRA-TURRAX 型高速分散机 太原市亿剥实验技术有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 工艺流程

香蕉前处理(挑选、清洗、去皮、经络、切分)→护色→
融巧克力
热烫→冷却→插棍→冷冻→涂巧克力糖衣
贮藏→包装→检验→冷冻

1.2.2 操作要点 香蕉预处理:选取无虫害、无机械损伤,饱满、八成熟的香蕉。用流动水清洗,借助水力去除香蕉皮表面的泥沙和部分微生物。手工去皮后,轻轻将经络去掉,横向切半。

护色:为保持香蕉原有的色泽,将切半的香蕉浸入护色液中浸泡。

热烫:采用 75~100℃ 的热水热烫,热烫程度影响产品在冻藏过程中的稳定性。

冷却:采用流水冷却。

冷冻:将香蕉放到-70℃ 超低温下速冻使其中心温度到达-14℃ 左右。

巧克力涂衣:将融化好的巧克力均匀涂到香蕉上,巧克力厚度大概 2mm 左右。

检验:对产品进行微生物检验。

包装:用塑料袋密封包装。

贮藏:将产品-18℃ 下贮藏。

1.2.3 感官评定 采用分级实验中的直接评分法。香蕉果心冰糕的感官评分由 10 名品评员(5 位男性,5 位女性,年龄 18~30 岁)从香蕉果心冰糕的色、香、味、形 4 个方面进行感官评定,感官评价标准见表 1。

1.2.4 指标测定

1.2.4.1 硬度测定 剥去香蕉皮,在香蕉果肉表面选取 20 个点,用 GY-3 型手持水果硬度计测其硬度,计算其平均数,平行重复三次,确定香蕉的硬度。

1.2.4.2 褐变度指数 在庄远红等^[6]的基础上进行了一些改进,将新鲜香蕉切半,放入护色液中浸泡 20min 后捞出,取 20g 加入 25mL 95% 的乙醇打浆,常温放置 90min,经 4000r/min 离心 10min,用分光光度计于 420nm 处测上层清液的吸光度 A,以吸光度 A 值来衡量褐变度的大小。

1.2.4.3 褐变度抑制率

$$R(\%) = (A_0 - A_m) / A_0 \times 100$$

式中:R-褐变度抑制率;A₀-为空白实验所测褐变度;A_m-护色剂处理褐变度^[7]。

1.2.4.4 酶液提取 将漂烫好的香蕉放入冰中冷却,待其到常温时,取出。取 20g 样品并加入 10mL 10% PVPP 的磷酸缓冲液(0.2mol/L, pH6.8, 在 4℃ 冰箱内保存),均质机冰浴均质捣碎,放置于 4℃ 的冰箱内提取 20min,在冷冻离心机 5000r/min 下离心 10min,上清液为酶液,放入 4℃ 的冰箱内保存待用^[4]。

1.2.4.5 PPO 酶活测定 0.8mL 邻苯二酚(0.2mol/L) + 2mL 磷酸缓冲液(0.2mol/L, pH6.8),混匀,然后加入 0.2mL 酶提取液。于 412nm 下可见分光光度计测其吸光度,30s 记录一次,记录 3min。重复平行 3 次,一个酶活性单位为在此条件下每分钟 A 值改变 0.001 所需要的酶量 units/(min·g)^[8]。

1.2.4.6 POD 酶活测定 0.5mL 愈创木酚(0.05mol/L) + 0.5mL H₂O₂(2%) + 1.8mL 磷酸缓冲液,混匀,然后加入 0.2mL 酶液。于 470nm 下可见分光光度计测其吸光度,30s 记录一次,记录 3min。重复平行 3 次,

一个酶活性单位为在此条件下每分钟 A 值改变 0.001 所需要的酶量 units/(min·g)^[8]。

1.2.4.7 质构测定 将样品热烫冷却后用钢刀横向均切成 2.0cm 长圆柱体,选取 P50 圆柱形探头,设定形变量为 50%,测试速度和返回速度均为 1mm/s,触发力为 0.1N,将样品放置在操作台上,每个样品取 12 个点进行,平行测定三次,选择弹性和咀嚼性为考察指标。

1.2.4.8 可溶性固形物含量 采用折光法^[9]。

1.2.4.9 pH 测定 将产品打浆,用 pH 计直接进行测定,平行测定三次。

1.2.4.10 蛋白质测定 凯氏定氮法^[10]。

1.2.4.11 水分含量测定 直接测定法^[11]。

1.2.4.12 灰分含量测定 干法灰化法^[12]。

1.2.4.13 脂肪含量测定 索氏抽提法^[13]。

1.3 实验设计

1.3.1 单一护色剂的选择 以质量分数分别为 0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%、0.6% 的 L-半胱氨酸、柠檬酸、抗坏血酸、异-抗坏血酸、植酸为护色液,护色 20min,测其褐变度抑制率,以香蕉褐变度抑制率为指标判定护色剂的护色效果。

1.3.2 复合护色剂的确定 以香蕉褐变抑制率为指标,选取护色效果好的三个单一护色剂进行复合,进行正交实验,正交实验因素及水平设计见表 2。

表 2 护色剂正交实验因素及水平设计
Table 2 The factors and levels of color-protecting

水平	因素		
	A L-半胱氨酸 (%)	B 柠檬酸 (%)	C 抗坏血酸 (%)
1	0.05	0.35	0.15
2	0.10	0.40	0.20
3	0.15	0.45	0.25

1.3.3 护色时间的确定 用正交实验确定的复合护色剂配方配制护色液,分别以 10、15、20、25、30min 为香蕉的护色时间,测其褐变度(方法同上),以褐变度抑制率为指标,确定最佳的护色时间。

1.3.4 热烫温度的确定 漂烫温度对冷冻产品的稳定性有着关键性影响,分别以 75、80、85、90、95、100℃ 漂烫已经护色好的香蕉,漂烫时间为 1min。通过多酚氧化酶(PPO)和过氧化物酶(POD)两种酶活力的大小结合实验感官选出最佳的漂烫温度。

1.3.5 热烫时间的确定 用以上确定的热烫温度,分别漂烫 0.5、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0min,测其多酚氧化酶(PPO)、过氧化物酶(POD)的酶活力,方法与确定漂烫温度相同,并结合香蕉质构的性质确定漂烫时间。

1.3.6 香蕉果心的冻结温度曲线 利用复合护色剂配方,护色 20min,在 100℃ 下热烫 1.5min,在 -18℃ 冰箱中预冷到中心温度达到 10℃ 左右,置于 -28、-40、-70℃ 三个温度下进行冷冻,并用多路温度计纵向插入香蕉果心中心,测其温度,绘制冻结曲线,确定可以达到速冻的冻结温度。

1.3.7 巧克力涂衣温度的确定 巧克力涂衣温度对香蕉果心脆皮雪糕的表现有很大影响,因此采用感官评分标准表 3,确定巧克力涂衣温度。

表 3 产品涂衣感官评分标准

Table 3 The standards of product sensory score

评分标准	分数
巧克力能光滑的附着于香蕉表面,薄厚适宜	8~10
巧克力附着于香蕉表面但有很大气孔,厚度较大	6~8
巧克力不能附着于香蕉表面	0~5

1.3.8 最佳工艺条件的确定 以单因素实验为基础,由于热烫温度与热烫时间对香蕉果心酶活的影响成此消彼长关系:如果在灭酶程度一致的情况下,热烫温度越低,灭酶需要的热烫时间越长;热烫温度越高,灭酶需要的热烫时间越短。但热烫的时间越长,对香蕉果心的质构影响越明显。因此选定对香蕉巧克力脆皮雪糕影响关键的因素:护色时间、热烫时间、巧克力涂衣温度,采用三因素三水平正交实验对其进行优化,见表 4。

表 4 最佳工艺条件的正交实验因素及水平设计

Table 4 The best factors and level of process conditions

水平	因素		
	A 护色时间 (min)	B 热烫时间 (min)	C 巧克力涂衣温度 (℃)
1	15	0.5	45
2	20	1.5	50
3	25	2.0	55

1.4 数据处理方法

采用 origin 8.5 软件作图,正交实验结果采用正交设计助手 3.1 进行分析处理。每个实验重复 3 次,数据用“平均数±标准差”表示。

2 结果与分析

2.1 单一护色剂护色效果

由图 1 可知,L-半胱氨酸抑制香蕉果心褐变的效果非常明显,但是 L-半胱氨酸随着浓度的增大护色效果下降,在浓度为 0.1%,褐变抑制率最高达到了 48.53%,护色效果最佳,浓度为 0.6% 时护色效果最差。如果以此为依据进行正交实验,需缩小浓度差,浓度为 0.1% 左右选取点,进行实验。

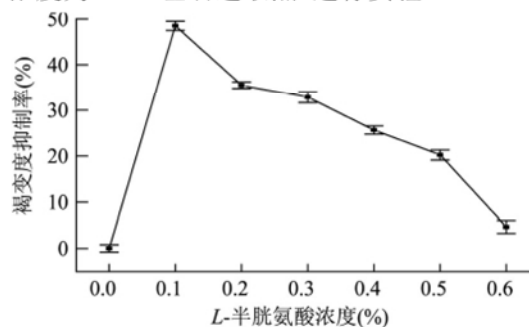


图 1 L-半胱氨酸护色效果

Fig.1 Effect of L-cysteine on banana color-protecting

由图2可知,柠檬酸的酸性较强,能提高护色液的pH,对香蕉果心的护色效果很明显,不论浓度高低对香蕉果心的褐变抑制率基本差别不大,随浓度的增高抑制率先升高随后降低,呈现缓慢变化趋势,在浓度到达0.4%时褐变抑制率达到最高点,褐变抑制率达到了42.58%。

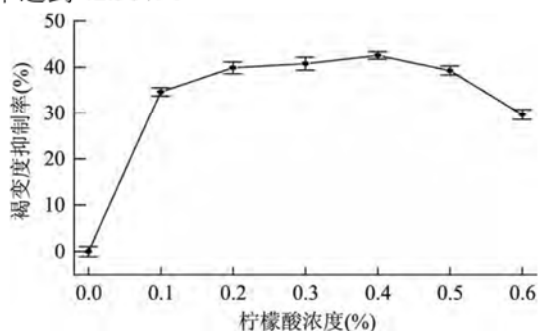


图2 柠檬酸护色效果

Fig.2 Effect of citric acid on banana color-protecting

抗坏血酸是人体必需的营养素,同时也是香蕉的成分之一,抗坏血酸是一种抗氧化剂,用作护色剂,既营养又健康。根据图3可知,抗坏血酸浓度为0.1%时,褐变抑制率几乎为零;浓度为0.2%时,褐变抑制率达到了最高点为46.62%,当浓度继续升高时,褐变抑制率反而下降,有可能是大量的脱氢抗坏血酸与食品中游离的氨基酸形成褪色物质,使得色泽变深^[14]。

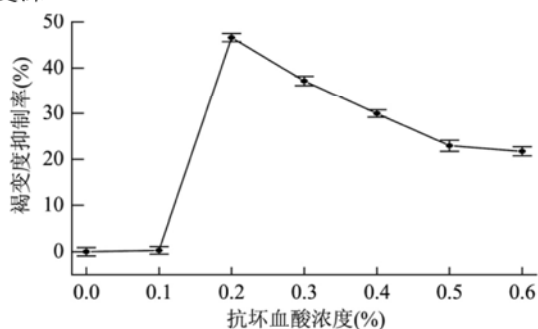


图3 抗坏血酸护色效果

Fig.3 Effect of ascorbic acid on banana color-protecting

D-异抗坏血酸钠是食品行业中重要的抗氧化保鲜剂,可保持食品的色泽,延长保质期,目前尚未发现任何毒副作用。图4显示,*D*-异抗坏血酸钠在0.5%时,对香蕉果心的护色效果最佳,褐变抑制率达到了40.72%,再随*D*-异抗坏血酸钠浓度的增加,褐变抑制率趋于平缓。

植酸是对人体有益的营养品,在人体内的水解产物为肌醇和磷脂,前者具有抗衰老作用,后者是人体细胞重要组成部分,同时用于食品工业中可以作为新鲜果蔬的护色剂。图5显示植酸浓度为0.4%时,对香蕉果心的护色效果最好。随着植酸浓度的增加,对香蕉果心的褐变抑制率呈上升趋势,当到达浓度为0.4%时,褐变抑制率达到最大,达到40.47%,浓度再继续增大,褐变抑制率急剧下降。

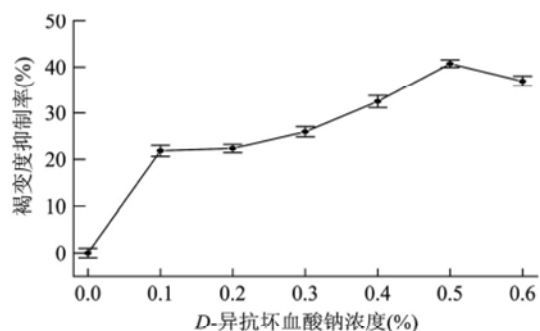


图4 *D*-异抗坏血酸钠护色效果

Fig.4 Effect of *D*-isoascorbate on banana color-protecting

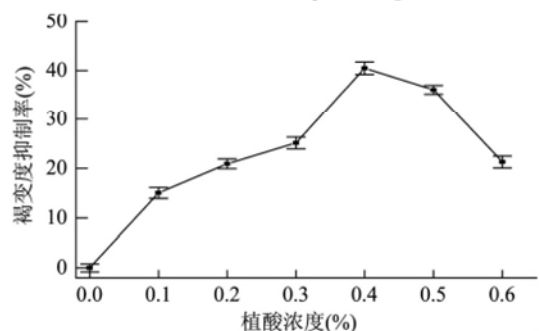


图5 植酸护色效果

Fig.5 Effect of phytic acid on banana color-protecting

根据图1~图5可知,*L*-半胱氨酸最佳护色浓度为0.1%,此时褐变抑制率为48.53%;柠檬酸最佳护色浓度为0.4%,此时褐变抑制率为42.58%;抗坏血酸最佳护色浓度为0.2%,褐变抑制率为46.62%;*D*-异抗坏血酸钠最佳护色浓度为0.5%,褐变抑制率为40.72%;植酸最佳护色浓度为0.4%,褐变抑制率为40.47%。由此可以得三种最佳单一护色剂是:*L*-半胱氨酸、柠檬酸、抗坏血酸,最佳浓度分别为0.1%、0.4%、0.2%。

2.2 复合护色剂配方的确定

以单一护色剂护色效果为基础,选定护色效果最好的*L*-半胱氨酸、柠檬酸、抗坏血酸三种单一护色剂进行复合,复合护色剂正交实验结果如表5。

正交实验极差分析可知,极差(R_i)越大,该因素对指标的影响越显著,由表5可知,所选取的三个因素中,对褐变抑制率影响的主次顺序是抗坏血酸>*L*-半胱氨酸>柠檬酸,由正交实验结果分析可知复合护色剂配方的最佳组合是 $A_2B_1C_2$,即*L*-半胱氨酸添加量为0.1%,柠檬酸添加量为0.35%,抗坏血酸添加量为0.2%,该组合是表5中实验4,褐变抑制率达48.25%,香蕉果心无褐变,果肉呈白色。

2.3 护色时间对褐变抑制率的影响

香蕉果心与护色剂反应时间的长短取决于护色时间的长短,对香蕉果心的护色也有很大的影响。图6显示护色时间为20min时,护色效果最好。在护色时间为10~20min时,护色效果非常明显,但是趋势相对来说比较平缓,护色时间为20min时,香蕉果心的褐变抑制率达到顶峰,随之在护色时间为

20~30min之间时,护色效果下降。

表5 复合护色剂正交实验结果
Table 5 Results of orthogonal experiment of compound stabilizer color-protecting

实验号	A	B	C	抑制率 (%)
1	1	1	1	35.75
2	1	2	2	38.60
3	1	3	3	39.91
4	2	1	2	48.25
5	2	2	3	41.89
6	2	3	1	35.97
7	3	1	3	37.72
8	3	2	1	19.30
9	3	3	2	40.58
k_1	38.087	40.573	30.340	
k_2	42.037	33.263	42.473	
k_3	32.530	38.817	39.840	
R_j	9.507	7.310	12.133	
主次因素	C > A > B			
优化水平	A_2	B_1	C_2	

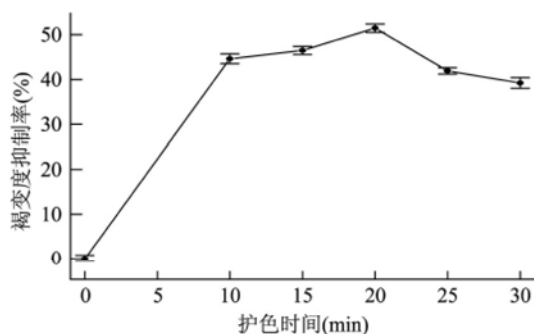


图6 不同护色时间的护色效果
Fig.6 Deferent effects of the deferent color-protecting times

2.4 热烫温度对酶活力的影响

从图7可以看出,随着热烫温度的增加,香蕉果心的多酚氧化酶(PPO)活性随之降低,且在温度为100℃时,酶活力达到最低。说明热烫温度越高,多酚氧化酶(PPO)活性越低。同时过氧化物酶(POD)活性随着热烫温度的升高,活性也随之下降,热烫温度在75~90℃时,活性下降比较缓慢,在95~100℃时,过氧化物酶(POD)活性下降变快。热烫温度75~90℃时,香蕉果心出现褐变,可能是热烫温度低,多酚氧化酶和过氧化物酶活性相对较高,不能抑制香蕉果心的褐变,热烫温度为100℃时,香蕉果心无褐变,果肉呈白色。

2.5 热烫时间对酶活力和质构的影响

从图8可以看出,热烫温度为100℃时,随着热烫时间的增加,香蕉果心的多酚氧化酶(PPO)活性随之降低。热烫时间0.5~2min之间时,多酚氧化酶(PPO)活性下降比较缓慢;2.0~3.0min时香蕉多酚氧化酶(PPO)活性下降很快,说明热烫时间越长,多酚

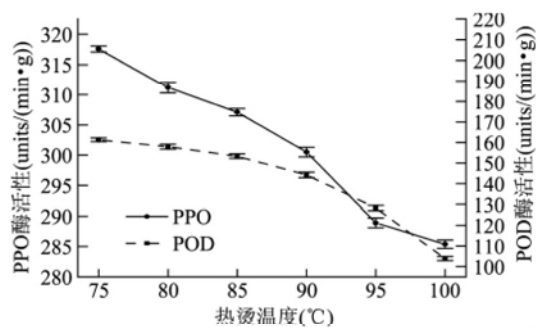


图7 不同热烫温度对酶活性的影响

Fig.7 The enzyme activity of different blanching temperature
氧化酶活性越低。同时过氧化物酶(POD)活性随着热烫时间的延长,活性也随之下降,热烫时间在0.5~1.5min之间时,活性下降比较缓慢,在1.5~3.0min时,过氧化物酶(POD)活性下降变快,热烫时间为3min时,过氧化物酶(POD)活性最低。

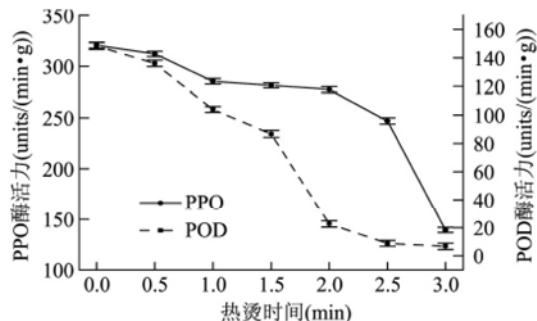


图8 热烫时间对酶活力的影响

Fig.8 The enzyme activity of different blanching time

热烫时间对香蕉果心的风味和质构影响很大,本着尽量保持香蕉果心的风味质构的前提下,进行了质构考察,通过图9可知,香蕉果心的弹性和咀嚼性的变化趋势是一致的,在热烫时间0.5~1.5min时,香蕉果心的弹性和咀嚼性几乎没有变化;在1.5~2.0min时,香蕉果心的弹性和咀嚼性急剧下降,严重影响了香蕉果心的质构。

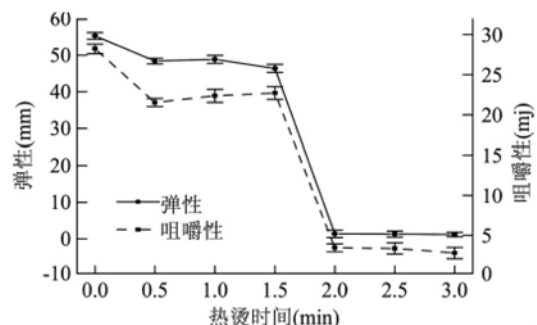


图9 热烫时间对香蕉果心弹性和咀嚼性的影响
Fig.9 The resilience and chewiness of different blanching time

2.6 香蕉果心的冻结温度曲线

典型的冻结温度曲线一般分为三个阶段:初阶段、中阶段和终阶段^[15]。从图10可以看出,香蕉果心的冻结温度曲线也属于典型的冻结温度曲线,且得到香蕉果心的最大冰晶生成区在-5.0~-1.0℃之

间。在 -28°C 冻结,通过其最大冰晶生成区需要120min左右,不属于快速冻结;在 -40°C 冻结,通过其最大冰晶生成区需要35min左右,也达不到快速冻结;在 -70°C 冻结,通过最大冰晶生成区,只需要20min,属于速冻的范畴。由于香蕉本身比较容易产生冻害,如果采用冻结速率相对低的方式不仅影响其营养价值、风味及组织结构,也会影响其色泽。因此冻结温度选用可以达到速冻的 -70°C 作为产品的冻结温度。

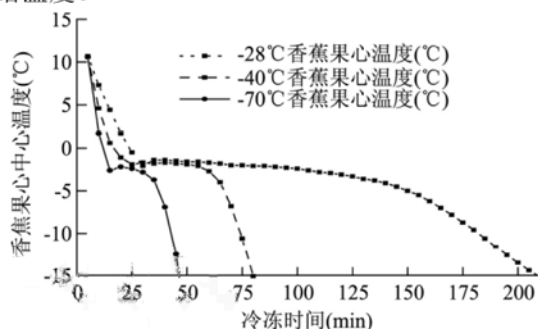


图10 香蕉果心冻结曲线

Fig.10 Frozen temperature curve of banana

2.7 巧克力涂衣温度对涂衣感官评分的影响

巧克力外衣是产品的表皮,直接影响产品的质量。据图11可知,涂衣温度在 $40\sim 50^{\circ}\text{C}$,感官评分与涂衣温度几乎成线性关系,在涂衣温度为 50°C 时,涂衣效果最好,随后随着涂衣温度的继续上升,感官评分随之下降。说明涂衣温度过高或过低都会影响感官品质,涂衣温度过高,巧克力不能附着于香蕉表皮,涂衣温度过低,涂衣温度太厚而且还有气泡不光滑。只有涂衣温度为 50°C 时,巧克力表皮光滑的附着与香蕉果心的表面,且厚度适宜。

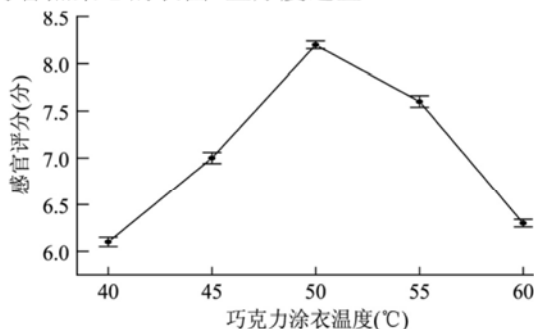


图11 巧克力涂衣温度对产品涂衣感官评分的影响

Fig.11 The products sensory score of different chocolate melt temperature

2.8 香蕉巧克力脆皮雪糕最佳工艺条件的确定

根据护色时间、热烫温度、热烫时间、巧克力涂衣温度的单因素实验,本着香蕉果心与新鲜香蕉基本上一致的原则,选取对香蕉巧克力脆皮雪糕工艺影响最大工艺条件进行了正交实验,正交实验结果如表6。

由表6中的极差(R_j)可知:在选取的三个因素护色时间、热烫时间、巧克力涂衣温度中,对香蕉巧克力脆皮雪糕影响的主次顺序依次是:热烫时间、护色时间、巧克力涂衣温度,即 $B > A > C$ 。由表6分析

可知,最佳工艺条件组合是 $A_2B_3C_3$,护色时间为20min,热烫时间为2.0min,巧克力涂衣温度为 55°C ,表中并没有此组合,按照该组合做三次平行验证实验,综合评分为经验证性实验得到综合评分 9.7 ± 0.2 ,此时香蕉果肉呈白色,巧克力衣纯黑无霜变,有巧克力淡淡的味道,既有香蕉本身的清甜味道又有巧克力的清香,冰糕整体完整,巧克力衣光滑无裂痕。

表6 优化香蕉巧克力脆皮雪糕工艺正交实验结果

Table 6 Chocolate banana fruit ice cream heart process optimization orthogonal experiment results

实验号	A	B	C	感官评分
1	1	1	1	6.8
2	1	2	2	7.9
3	1	3	3	8.4
4	2	1	2	7.6
5	2	2	3	9.3
6	2	3	1	8.5
7	3	1	3	7.1
8	3	2	1	8.1
9	3	3	2	8.7
k_1	7.7	7.17	7.8	
k_2	8.47	8.43	8.01	
k_3	7.97	8.53	8.27	
R_j	0.77	1.36	0.47	
主次因素	B > A > C			
优化水平	A_2	B_3	C_3	

2.9 香蕉巧克力脆皮雪糕的理化指标及微生物指标

表7 理化指标

Table 7 Physicochemical indexes

水分含量 (%)	总固形物 (%)	蛋白质 (%)	脂肪 (%)	灰分 (%)	pH
69.43	24.51	2.08	1.37	1.01	5.25

表8 微生物指标

Table 8 Microbiological indicator

菌落总数 (CFU/mL)	大肠菌群 (CFU/mL)	致病菌 (CFU/mL)
92	2.5	未检出

3 结论

结合单因素实验确定了对香蕉果心护色效果最好单一护色剂(抗坏血酸、L-半胱氨酸、柠檬酸)和护色时间(20min)、对香蕉果心灭酶效果好的热烫温度(100°C)和热烫时间(1.5min),香蕉果心最佳冻结温度(-70°C),产品最佳巧克力涂衣温度(50°C)。通过正交实验和感官评分,确定了香蕉巧克力脆皮雪糕的护色剂最佳配方为L-半胱氨酸添加量0.1%,柠檬酸添加量0.35%,抗坏血酸添加量0.2%;最佳护色时间为20min, 100°C 下最佳热烫时间为2.0min,最佳巧克力涂衣温度为 55°C 。

(下转第238页)

件为 pH7.94, 酶解温度 60℃, 底物质量浓度 30g/L, 酶与底物质量比 3.69:100, 酶解 3h 得到抑制率为 76.58% 的 ACE 抑制肽, 包怡红等^[17] 用碱性蛋白酶酶解山核桃蛋白在酶解工艺条件为 pH8.2, 酶解温度 56℃, 加酶量 5800U/g, 酶解 4h 得到抑制率为 72.48% 的 ACE 抑制肽, 对比研究工艺条件和研究结果表明, 本研究中所用方法得到的 ACE 抑制肽的抑制率接近同领域研究者研究的鲜核桃制备 ACE 抑制肽的抑制率。

3 结论

本研究分别用碱性蛋白酶、中性蛋白酶、木瓜蛋白酶和风味蛋白酶酶解核桃蛋白制备核桃降压肽, 以 ACE 抑制率和水解度为指标, 对比结果筛选碱性蛋白酶为最适酶。

在单因素实验的基础上进行响应面实验, 以 ACE 抑制率为指标, 确定了碱性蛋白酶水解工艺的最佳参数为底物质量浓度 30g/L、酶添加量 8000U/g、pH8.6、酶解温度 57℃, 得到的酶解液的水解度为 21.57%, 实际抑制率可达到 64.32%。本研究得到了较高的 ACE 抑制率结果为核桃粕的深加工提供了一定的指导方向, 从而为进一步拓宽核桃产业提供思路 and 理论指导奠定了基础。

参考文献

- [1] 孙广辉. 高血压研究新进展 [J]. 镇江医学院学报, 2000, 10 (3): 597-599.
- [2] 陈元荣. 血管紧张素转化酶抑制剂的临床应用 [J]. 实用医技杂志, 2005, 12 (1A): 127-128.
- [3] Abraham T Girgih, Chibuike C Udenigwe, Huan Li, et al. Kinetics of Enzyme Hydrolysis and Antihypertensive Effects of Hemp seed (*Cannabis sativa* L.) Protein Hydrolysis [J]. Journal of the America Oil Chemists Society, 2011, 88 (11): 1767-1774.
- [4] Yu ZP, Liu BQ, Zhao WZ, et al. Primary and structure of novel ACE-inhibitory peptides from egg white protein [J]. Food Chemistry, 2012, 133 (2): 315-322.
- [5] 宋亮, 曹龙奎, 刁静静, 等. 玉米 ACE 抑制肽水解酶的筛选

及酶解条件的优化 [J]. 食品工业科技, 2012, 33 (16): 204-208.

[6] 于婷婷, 韩飞, 陈光. 大豆降压肽研究进展 [J]. 粮油食品科技, 2008, 16 (2): 27-29.

[7] 孔令明, 劳斐, 李芳, 等. 响应面法优化杏仁 ACE 抑制肽的酶解工艺研究 [J]. 中国食品添加剂, 2013 (1): 130-136.

[8] Wenjuan Qu, Haile Ma, Zhongli Pan, et al. Preparation and antihypertensive activity of peptides from *Porphyra yezoensis* [J]. Food Chemistry, 2010, 123 (1): 14-20.

[9] Maria Rubi Segura-Campos, Luis Antonio Chel-Guerrero, David Abram Betancur-Ancona. Purification of angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptides from a cowpea (*Vigna unguiculata*) enzymatic hydrolysis [J]. Process Biochemistry, 2011, 46 (4): 864-872.

[10] 毛晓英. 核桃蛋白质的结构表征及其制品的改性研究 [D]. 无锡: 江南大学, 2012.

[11] Adler-Nissen Jens. Enzymatic Hydrolysis of Food Protein [M]. Essex: Elsevier Applied Science Publishers LTD, 1986: 122-144.

[12] 刘志国, 吴琼, 吕玲肖, 等. 酶解米糠蛋白分离提取 ACE 抑制肽及其结构研究 [J]. 食品科学, 2007, 28 (3): 223-228.

[13] 张丰香, 李清华, 王霞, 等. 鱼鳞血管紧张素转化酶 (ACE) 抑制肽的制备工艺研究 [J]. 食品工业科技, 2013, 34 (24): 199-204, 224.

[14] Saito Y, Wanezaki K, Kawato A, et al. Structure and activity of angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptides from sake lees [J]. Bioscience Biotechnology Biochemistry, 1994, 58 (10): 1767-1771.

[15] P Gonzalez-Teilo, F Camacho, E Jurado, et al. Enzymatic hydrolysis of whey protein: I kinetic models [J]. Biotechnology and bioengineering, 1994, 44 (4): 523-528.

[16] 朱振宝, 周慧江, 易建华. Alcalase 2.4L 酶解核桃分离蛋白制备 ACE 抑制肽的工艺研究 [J]. 中国油脂, 2013, 38 (2): 40-44.

[17] 包怡红, 于阳阳, 赵若诗. 酶解山核桃蛋白制备降压肽的工艺 [J]. 食品科学, 2013, 34 (1): 220-224.

(上接第 232 页)

参考文献

- [1] 闫丽华. 冷冻饮品清凉诱惑的背后 [J]. 大众标准化, 2012, 6: 13.
- [2] 马志英. 细数冷饮添加剂 [J]. 食品与生活, 2013 (8): 23.
- [3] 莫言, 念浩, 春雨. 吃雪糕每天不要超过 3 支 [N]. 中国质量报, 2011-07-29
- [4] 李健, 杨昌鹏, 景艳艳. 南宁市香蕉产业发展存在的问题及对策 [J]. 现代农业科技, 2011 (15): 381-382.
- [5] 张静, 刘菊华, 徐碧玉, 等. 香蕉的价值 [J]. 热带农业科学, 2012, 31 (12): 95-98.
- [6] 庄远红, 吴桂花, 黄育辉. 不同护色剂对冻藏香蕉片护色效果及品质的影响 [J]. 漳州师范学院学报: 自然科学版, 2010, 23 (1): 110-114.
- [7] 蒋萌蒙, 田呈瑞, 孙俊. 不同食品添加剂抑制双孢菇褐变的研究 [J]. 安徽农业科学, 2007, 35 (18): 5553-5555.

[8] 庄远红, 刘静娜, 林娇芬, 等. 护色处理对冻藏香蕉片多酚氧化酶活性的影响 [J]. 食品工业科技, 2012, 33 (3): 77-80.

[9] 柳素洁. 香蕉多酚氧化酶性质及在果酒发酵中褐变控制的研究 [D]. 泰安: 山东农业大学, 2012.

[10] 陈亚静, 王维民, 李杰灵. 低糖马尾藻果酱加工工艺的研究 [J]. 食品工业科技, 2013, 34 (5): 239-244.

[11] 王启军. 食品分析实验 [M]. 第二版, 北京: 化学工业出版社, 2012.

[12] 王启军, 吴晓萍. 食品分析实验 [M]. 第二版, 北京: 化学工业出版社, 2010

[13] 吴谋成. 食品分析与感官评定 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2002.

[14] 谢绍萍, 欧阳学智. 香蕉加工过程酶促褐变控制的研究 [J]. 电子科技大学学报, 2004, 32 (6): 641-644.

[15] 卫学青. 薯条的速冻工艺研究 [D]. 郑州: 河南农业大学, 2011.