

无硫低糖莲藕脯制作工艺优化

祝美云, 殷贺中

(河南农业大学食品科学技术学院, 河南 郑州 450002)

摘 要: 采用单因素和 $L_9(3^4)$ 正交试验研究不同因素对无硫莲藕脯护色及微波渗糖效果的影响, 通过测定处理后莲藕片的褐变度和含糖量的变化确定最佳护色和微波渗糖工艺条件。结果表明: L -半胱氨酸质量分数 0.40%、EDTA- Na_2 质量分数 0.15%、食盐质量分数 0.20% 组合成的复合护色剂对莲藕片护色效果最佳; 糖液质量分数 30%, 40% (320W) 微波火力渗糖 20min, 其效果最佳。

关键词: 无硫; 低糖; 莲藕脯; 工艺优化

Process Optimization for Sulfur-free and Low-Sugar Preserved Lotus Root Manufacturing

ZHU Mei-yun, YIN He-zhong

(College of Food Science and Technology, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: In order to optimize the manufacturing of sulfur-free and low-sugar preserved lotus root, one-factor-at-a-time method combined with an $L_9(3^4)$ orthogonal array design was employed to study the effects of browning inhibitors and sugar permeation by means of microwave radiation on browning degree and sugar content in preserved lotus root, respectively. The best results of color protection of lotus root chips were achieved using a compound browning inhibitor composed of 0.40% L -cystine, 0.15% EDTA- Na_2 and 0.20% salt. Sugar permeation for 20 min in 30% sugar solution under the radiation of 40% fire (320 W) microwave proved optimal.

Key words: sulfur-free and low-sugar preserved lotus root; process optimization; color fixation; microwave radiation; sugar permeation

中图分类号: TS255.36

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2011)22-0070-05

莲藕在切片后极易发生褐变, 影响果脯的品质, 传统的生产过程都经过硫处理, 产品含硫量高、不安全^[1]。研究发现采用单一护色剂护色效果并不理想, 如何确定较好的护色工艺是制作低糖莲藕脯的一个关键点, 本实验探讨复合护色剂的护色效果, 为提高莲藕脯的品质提供一定参考。低糖果脯由于糖度低, 存在渗糖速度慢、外形不饱满、贮藏期短等缺点, 使用传统渗糖方法已不利于糖液的渗入。而低糖果脯生产的关键是渗糖, 且果蔬组织的渗糖速度和效果与果蔬组织结构密切相关。目前已建立起微波三维加热模型, 也已发现微波时间短可最大程度保持果脯 VC 含量以及果脯原有风味和品质, 同时, 认为用微波渗糖促进液处理能改变细胞膜通透性可促进渗糖效果^[2]。但有关莲藕果脯微波渗糖工艺的研究并不多见, 本实验对低糖莲藕脯微波渗糖部分工艺进行优化, 以期在无硫低糖莲藕脯微波渗糖工艺研究及生产改进提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

新鲜莲藕(鄂莲 3 号)采自郑州市郊区; 白砂糖、食盐、明胶(均为食用级); L -半胱氨酸、EDTA- Na_2 、纯葡萄糖、乙酸锌、蒽酮(均为分析纯)。

1.2 仪器与设备

TGL-16G 型离心机 上海安亭科学仪器厂; 722S 型分光光度计 上海精密科学仪器有限公司; KD21C-C2 型微波炉(800W、2450MHz) 广东美的微波炉有限公司; DHG-9143BS-III 型电热恒温鼓风干燥箱 上海新苗医疗器械制造有限公司。

1.3 方法

1.3.1 护色工艺单因素试验

经预试验发现, L -半胱氨酸最佳护色范围在质量分数 0.80% 以下, EDTA- Na_2 最佳护色范围在质量分数

收稿日期: 2011-08-02

基金项目: 河南省教育厅科技攻关计划项目(2011A550012)

作者简介: 祝美云(1955—), 女, 副教授, 研究方向为果蔬贮藏与加工。E-mail: zmyfood@126.com

0.35% 以下, 食盐最佳护色范围在质量分数 0.80% 以下。为了确定护色剂最佳护色浓度, 设计护色剂用量的单因素试验, 其中 *L*-半胱氨酸分别以 0、0.10%、0.20%、0.30%、0.40%、0.50%, EDTA- Na_2 分别以 0、0.05%、0.10%、0.15%、0.20%、0.25%, 食盐分别以 0、0.10%、0.20%、0.30%、0.40%、0.50% 的质量分数配制护色液, 对果块护色 2h, 取出沥干后测褐变度。

1.3.2 无硫低糖莲藕脯护色工艺优化

以 *L*-半胱氨酸、EDTA- Na_2 和食盐为试验因素, 按 $L_9(3^4)$ 进行正交试验, 以样品褐变度为指标评价护色效果^[3], 通过方差分析确定最优护色工艺, 因素水平见表 1。

表 1 护色剂配方正交试验因素水平表

Table 1 Coded levels and corresponding actual levels of the ingredients in compound browning inhibitor for preserved lotus root

水平	因素		
	A <i>L</i> -半胱氨酸质量分数/%	B EDTA- Na_2 质量分数/%	C 食盐质量分数/%
1	0.20	0.05	0.20
2	0.30	0.10	0.30
3	0.40	0.15	0.40

1.3.3 微波渗糖的单因素试验

为了确定最佳微波渗糖效果, 设计了微波渗糖的单因素试验, 其中蔗糖分别以 20%、30%、40%、50%、60% 的质量分数, 微波时间分别以 10、15、20、25、30min, 微波火力分别以 20%、30%、40%、50%、60% 进行微波渗糖试验并测含糖量。

1.3.4 无硫低糖莲藕脯微波渗糖工艺优化

以糖液质量分数、微波时间及功率为试验因素, 按 $L_9(3^4)$ 进行正交试验, 以样品含糖量为指标对渗糖效果进行评价^[4], 通过极差与方差分析确定最优渗糖工艺。因素水平见表 2。

表 2 微波渗糖工艺正交试验因素水平表

Table 2 Coded levels and corresponding actual levels of the studied sugar permeation parameters

水平	因素		
	A 糖液质量分数/%	B 微波时间/min	C 微波火力/%
1	20	15	20
2	30	20	30
3	40	25	40

1.4 指标测定和数据处理

1.4.1 褐变度的测定

采用分光光度法, 在 420nm 波长处测定吸光度 A_{420} , 褐变度以 $A_{420} \times 10$ 表示^[5], 所有试验处理及指标测定均重复 3 次, 取平均值。

1.4.2 含糖量测定

采用蒽酮比色法^[6], 所有试验处理及指标测定均重复 3 次, 取平均值。

1.4.3 数据统计与分析

利用 Excel 2003 软件统计所有数据, 利用 SPSS 13.0 软件进行极差和方差分析。

2 结果与分析

2.1 护色工艺对无硫低糖莲藕脯品质的影响

2.1.1 *L*-半胱氨酸的影响

在处理时间 2h 的条件下研究不同质量分数 *L*-半胱氨酸对莲藕脯品质的影响, 结果见图 1。

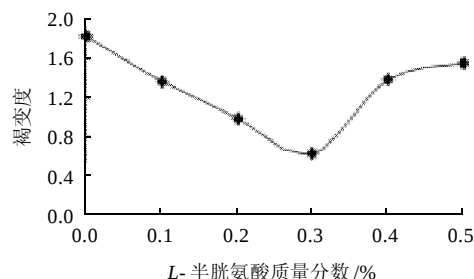


图 1 *L*-半胱氨酸用量对无硫低糖莲藕脯品质的影响

Fig.1 Effect of *L*-cystine on browning degree of lotus root chips

由图 1 可以看出, 在护色处理 2h 时不同质量分数 *L*-半胱氨酸有不同的护色效果, 与对照组相比褐变度从 1.83 降到 0.63, 降低了 65.57%; *L*-半胱氨酸质量分数 0.30% 时与其他处理间差异显著 ($P < 0.05$), 0.40% 和 0.50% 处理之间差异不显著 ($P > 0.05$), 0.30% 以后褐变度呈上升趋势, 原因可能是一定酸度 *L*-半胱氨酸保护了莲藕脯的组织, 从而使褐变度降低, 而随着酸度大幅度的改变, 莲藕脯的组织遭到破坏, 褐变度增加^[7]。综合考虑, 0.30% *L*-半胱氨酸护色效果最佳。

2.1.2 EDTA- Na_2 的影响

在处理时间 2h 的条件下研究不同质量分数 EDTA- Na_2 对莲藕脯品质的影响, 结果见图 2。

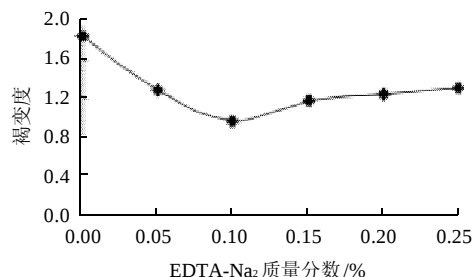


图 2 EDTA- Na_2 用量对无硫低糖莲藕脯品质的影响

Fig.2 Effect of EDTA- Na_2 on browning degree of lotus root chips

由图2可以看出,在护色处理2h时不同质量分数EDTA- Na_2 有不同的护色效果,与对照组相比褐变度从1.85降到0.97,降低了47.57%;EDTA- Na_2 质量分数为0.10%时与其他处理之间差异显著($P < 0.05$),0.15%与0.20%和0.25%处理之间差异不显著($P > 0.05$),0.10%以后褐变度呈上升趋势,原因可能是EDTA- Na_2 是一种金属离子络合物^[8],可稳定莲藕组织的金属离子,从而使褐变度降低^[9],而随着EDTA- Na_2 质量分数的增加,莲藕脯的组织会遭到破坏,褐变度增加。综合考虑,0.10% EDTA- Na_2 护色效果最佳。

2.1.3 食盐的影响

在处理时间2h的条件下研究不同质量分数食盐对莲藕脯品质的影响,结果见图3。

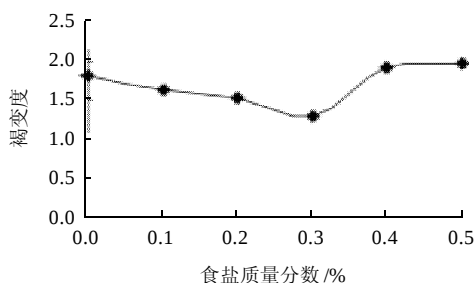


图3 食盐用量对无硫低糖莲藕脯品质的影响

Fig.3 Effect of salt on browning degree of lotus root chips

由图3可以看出,在护色处理2h时不同质量分数食盐有不同的护色效果,与对照组相比,褐变度从1.82降到1.29,降低了29.12%;0.30%时与其他处理之间差异显著($P < 0.05$),0.40%和0.50%之间处理差异不显著($P > 0.05$),0.30%以后褐变度呈上升趋势,原因可能是有一定质量分数的食盐有抑菌作用,从而使褐变度降低^[10],而随着其质量分数的提高,渗透压增加,莲藕脯的组织遭到破坏,褐变度增加^[11]。综合考虑,质量分数为0.30%食盐护色效果最佳。

2.1.4 无硫低糖莲藕脯护色正交试验

不同工艺对莲藕脯护色正交试验结果见表3,方差分析结果见表4。

由表3可知,影响无硫莲藕脯护色效果因素的主次顺序为 $A > B > C$,较优水平为 $A_3B_3C_1$ 。由表4可知, L -半胱氨酸对莲藕脯褐变的影响显著($P < 0.05$),而EDTA- Na_2 和食盐对莲藕脯褐变的影响不显著($P > 0.05$)。综合分析,因为因素 B 和 C 影响不显著,原则上可以任取,但由极差分析表可以看出 B 因素水平3和 C 因素水平1具有较高统计量,故较优条件为 $A_3B_3C_1$,即 L -半胱氨酸0.40%、EDTA- Na_2 0.15%、食盐0.20%。

表3 莲藕脯护色 $L_9(3^4)$ 正交试验设计及结果

Table 3 Orthogonal array layout and experimental results for optimization of compound browning inhibitor

试验号	A	B	C	D(空列)	褐变度
1	1	1	1	1	0.80
2	1	2	2	2	0.76
3	1	3	3	3	0.78
4	2	1	2	3	0.69
5	2	2	3	1	0.70
6	2	3	1	2	0.74
7	3	1	3	2	0.84
8	3	2	1	3	0.86
9	3	3	2	1	0.91
k_1	0.78	0.78	0.80	0.80	主次顺序: $A > B > C$ 优水平: $A_3B_3C_1$
k_2	0.71	0.77	0.79	0.78	
k_3	0.87	0.81	0.77	0.78	
R	0.16	0.04	0.03	0.03	

表4 莲藕脯护色方差分析表

Table 4 Analysis of variance for the experimental results shown in Table 3

方差来源	平方和	自由度	均方	F值	P值
校正模型	5.612	7	0.802	1265.805	0.001**
A	0.039	2	0.019	30.474	0.032*
B	0.002	2	0.001	1.947	0.339
C	0.001	2	0.001	0.842	0.543
残差	0.001	2	0.001		
总和	5.613	9			

注: *,差异显著($P < 0.05$); **,差异极显著($P < 0.01$)。下同。

2.2 微波工艺对无硫莲藕脯微波渗糖效果的影响

2.2.1 蔗糖质量分数影响

处理时间30min和微波功率240W条件下研究糖质量分数对无硫莲藕脯微波渗糖影响,结果见图4。

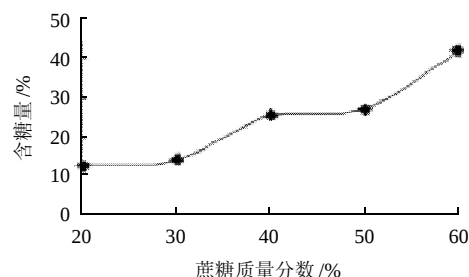


图4 蔗糖质量分数对无硫莲藕脯微波渗糖效果的影响

Fig.4 Effect of sugar concentration on sugar permeation of lotus root chips

由图4可以看出,随着蔗糖质量分数的提高,果坯含糖量急剧增加,糖液质量分数为30%时与其他处理之间达到显著水平($P < 0.05$),产品外观晶莹透明,品

质最佳; 40% 和 50% 处理之间差异不显著($P > 0.05$), 当糖液质量分数超过 40% 以后, 虽然果坯含糖量仍然增加, 但果坯颜色开始变暗, 组织松软, 外观品质明显下降且含糖量过高, 可能是由于果坯受到较高的渗透压而导致组织破坏^[12]。

2.2.2 微波时间的影响

微波功率 240W 和蔗糖质量分数 30% 条件下研究微波时间对无硫莲藕脯微波渗糖效果的影响, 结果见图 5。

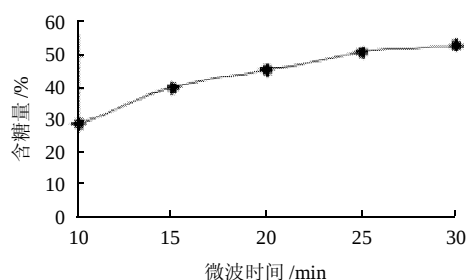


图 5 微波时间对无硫莲藕脯微波渗糖效果的影响

Fig.5 Effect of microwave radiation time on sugar permeation of lotus root chips

由图 5 可知, 随着微波时间的延长, 果坯含糖量持续增加, 除了 25min 和 30min 处理之间差异不显著($P > 0.05$), 其他处理之间均达到显著性水平($P < 0.05$), 当微波时间为 20min 时, 产品外观透明, 含糖量较低, 口感最佳; 随着微波时间的继续延长, 果坯颜色开始变暗, 组织松软, 外观品质明显下降且含糖量过高, 可能是果坯长期处在微波加热状态, 果肉组织遭到严重破坏^[13-14]。

2.2.3 微波火力的影响

处理时间 30min 和蔗糖质量分数 30% 条件下研究微波火力对无硫莲藕脯微波渗糖的影响, 结果见图 6。

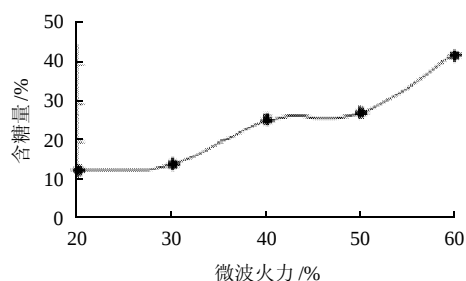


图 6 微波火力对无硫莲藕脯微波渗糖效果的影响

Fig.6 Effect of microwave power on sugar permeation of lotus root chips

由图 6 可知, 随着微波火力的增大, 果坯含糖量持续增加, 微波火力为 40% 和 50% 时, 处理之间差异

不显著($P > 0.05$)。当微波火力为 30% 处理时与其他差异显著($P < 0.05$), 产品不但外观透明, 且含糖量也低, 渗糖效果最佳; 随着微波火力的提高, 果坯颜色变深, 组织没有韧性, 质地破坏, 工艺效果明显下降, 可能是微波火力过大, 果肉组织遭到严重破坏^[15]。

2.2.4 无硫低糖莲藕脯微波渗糖正交试验

不同工艺对无硫莲藕脯微波渗糖正交试验结果见表 5, 方差分析结果见表 6。

表 5 无硫低糖莲藕脯微波渗糖正交试验设计及结果
Table 5 Orthogonal array layout and experimental results for optimization of sugar permeation

试验号	A	B	C	D(空列)	含糖量 /%
1	1	1	1	1	20.72
2	1	2	2	2	25.41
3	1	3	3	3	28.47
4	2	1	2	3	28.34
5	2	2	3	1	35.71
6	2	3	1	2	37.77
7	3	1	3	2	31.95
8	3	2	1	3	36.70
9	3	3	2	1	38.34
k_1	24.65	26.79	31.51	18.84	主次顺序: $C > A > B$
k_2	33.94	32.61	18.16	31.71	
k_3	23.13	22.33	32.04	31.17	优水平: $A_2B_2C_3$
R	10.81	10.28	13.88	12.87	

表 6 微波渗糖方差分析表

Table 6 Analysis of variance for the experimental results shown in Table 5

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
校正模型	9227.626	7	1318.232	5465.308	0.000**
A	201.863	2	100.932	418.456	0.002**
B	98.202	2	49.101	203.570	0.005**
C	2.979	2	1.490	6.176	0.139
残差	0.482	2	0.241		
总和	9228.108	9			

由表 5 可知, 影响无硫莲藕脯微波渗糖含糖量的因素的主次顺序为 $C > A > B$, 较优水平为 $A_2B_2C_3$ 。由表 6 可知, 糖液质量分数和微波时间对莲藕脯渗糖效果影响极显著($P < 0.01$), 微波火力影响不显著($P > 0.05$)。综合分析, 虽然因素 C 影响不显著, 原则上可以任选, 但有极差分析表可以看出 C 因素水平 3 具有较高的统计量, 且在试验的同时发现, 低糖果脯由于自身一些原因容易出现脯体渗糖不足导致在干燥的过程中失水严重, 影响其感官品质。所以本试验较优条件为 $A_2B_2C_3$, 即糖液质量分数 30%、微波渗糖时间 20min、微波火力为 40%, 可将果脯终产品的含糖量控制在较低范围且果脯色泽透明、品质上佳。

3 结 论

不同护色剂对莲藕脯起到不同的护色效果, 在实际生产中, 单一护色剂护色效果并不理想。本实验研究了无硫复合护色剂的护色效果, 从单因素试验可以看出, L -半胱氨酸、EDTA- Na_2 和食盐质量分数分别在 0.30%、0.10% 和 0.30% 时成品外观透明, 护色效果最佳; 正交试验分析结果表明, 所选因素护色效果的主次顺序为 $A > B > C$, L -半胱氨酸对护色效果影响显著, 综合分析 L -半胱氨酸质量分数 0.40%、EDTA- Na_2 质量分数 0.15%、食盐质量分数 0.20% 组合成的复合护色剂对莲藕脯护色效果最佳。研究了微波渗糖对莲藕脯渗糖效果的影响, 单因素试验结果表明, 蔗糖质量分数 30%、微波渗糖时间 20min 和微波火力 30% 时产品外观晶莹剔透、色感好渗糖效果佳; 有极差分析可知, 所选因素渗糖效果的主次顺序 $C > A > B$, 较优水平为 $A_2B_2C_3$, 方差分析结果表明, 蔗糖质量分数和微波渗糖时间对渗糖效果影响极显著, 综合分析糖液质量分数 30%, 在 40% 微波火力下渗糖 20min, 其含糖量较低, 口感佳, 效果最好。

参考文献:

- [1] 肖春玲, 李丽华. 低糖无硫草莓果脯生产工艺技术的研究[J]. 食品科学, 2006, 27(10): 261-265.
- [2] 吴竹青, 黄群, 傅伟昌. 低糖雪莲果果脯的生产工艺[J]. 食品科学, 2009, 30(18): 440-443.
- [3] 祝美云, 魏征, 陈广起. 低糖果脯生产工艺中护色与硬化效果的研究[J]. 食品科学, 2010, 31(4): 81-84.
- [4] 林木材, 李远志, 张慧敏. 菠萝蜜护色工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2007, 28(8): 114-117.
- [5] GOULA S A E. Combined effect of chill storage and modified atmosphere packaging on mussels (*Mytilus galloprovincialis*) preservation[J]. Packaging Technology and Science, 2008, 21(5): 247-255.
- [6] 张雁, 张瑞芬, 唐小俊. 利用芒果落果加工低糖果脯的研究[J]. 食品研究与开发, 2006, 27(8): 112-113.
- [7] YE Jing, ZHAO Lichao, LIU Xin, et al. The processing development of nutritional preserved sugar curing sweet potato[J]. Food Industry, 2009, 6(3): 62-64.
- [8] 祝美云, 魏征, 高峰. 不同微波渗糖工艺对低糖果脯维生素 C 保存性的影响[J]. 果树学报, 2010, 27(2): 298-301.
- [9] 祝美云, 魏征, 郭祥永. 可食性胶体添加对低糖果脯微波渗糖效果的影响[J]. 果树学报, 2011, 28(4): 635-640.
- [10] 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(7): 143-146.
- [11] CHANG Chaing, CHUN Yilin, WEN Shengteng, et al. Establishment of an internal transcribed spacer (ITS) sequence-based differentiation identification procedure for mei (*Prunus mume*) and plum (*Prunus salicina*) and its use to detect adulteration in preserved fruit[J]. Food Research International, 2005, 38(1): 95-101.
- [12] 张佰清. 樱桃番茄果脯加工工艺的试验研究[J]. 食品与机械, 2007, 23(2): 105-107.
- [13] 李斌, 孟宪军, 刘辉, 等. 低糖树莓果脯生产工艺的研究[J]. 食品研究与开发, 2009, 16(6): 125-127.
- [14] HUO Y, LI B Q. Boundary/finite element modeling of three dimensional electromagnetic heating during microwave food processing[J]. Journal of Heat Transfer, 2005, 27(10): 1159-1169.
- [15] 魏征, 祝美云, 邵建峰. 低糖苹果果脯微波渗糖工艺影响因素研究[J]. 食品科学, 2010, 31(18): 37-40.