

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2019.04.002

即食菱角加工工艺优化及其贮藏过程色泽稳定性研究

孟秀梅, 李明华, 张 兰, 万国福, 李西腾

(1. 江苏食品药品职业技术学院, 江苏 淮安 223003;
2. 江苏食品加工工程技术研究开发中心, 江苏 淮安 223003)

摘要:以新鲜菱角为原料,以质量评分和脱水率为指标优化即食菱角的工艺参数。结果表明,浸渍液中蔗糖浓度15%,菱角与浸渍液之比为1:12(g/mL),浸渍9h,60℃干燥2h,所制备的即食菱角表面浅黄色,甘甜适口,质地脆,品质评分为95.6分,脱水率为10.5%。贮藏60d的色差值 ΔE^* 变化在2.5以内,亮度值 L^* 为81.05,即食菱角的色泽基本稳定。

关键词:菱角;即食;脱水率;色泽;稳定性

中图分类号:TS219 文献标识码:A 文章编号:1007-7561(2019)04-0007-05

Study on optimization of processing technology of instant water chestnut and color stability during storage

MENG Xiu-mei, LI Ming-hua, ZHANG Lan, WAN Guo-fu, LI Xi-teng

(1. Jiangsu Food and Pharmaceutical Science College, Huaian Jiangsu 223003; 2. Jiangsu Engineering Research and Department Center for Food Processing, Huaian Jiangsu 223003)

Abstract: The parameters of processing instant water chestnut was optimized with quality score and dehydration rate as indexes. The results showed that the sucrose concentration in impregnating solution was 15%, the ratio of water chestnut to impregnating solution was 1:12 g/mL, impregnated for 9 h, dried at 60℃ for 2 h. The products instant water chestnut tasted sweet and crisp with light yellow surface, the quality score was 95.6 and dehydration rate was 10.5%. The floating range of the color difference was less than 2.5 and lustre value was 81.05 after storage for 60 days, the color and lustre of instant water chestnut was basically stable.

Key words: water chestnut; instant food; dehydration rate; color and lustre; stability

菱角 (*Trapa bispinosa* Roxb.) 为一年生草本水生植物菱的果实,在我国已经有2000多年的栽培历史^[1]。鲜菱角含水分69.2 g、蛋白质3.6 g、脂肪0.5 g、碳水化合物24.0 g、粗纤维1.0 g、钙9 mg、磷49 mg、铁0.7 mg、胡萝卜素0.01 g、硫胺素0.23 mg、核黄素0.05 mg、尼克酸1.9 mg、抗坏血酸5 mg^[2]。菱角在每年9~10月成熟,具有

尖角,不便远运,多在当地集中上市销售,主要以鲜食为主^[3],而其保鲜期短,贮藏困难^[4]。随着人们生活节奏的加快,亟需休闲方便类食品,而即食菱角营养价值高,食用方便,但在加工和后期贮藏过程中,菱角的色泽逐渐加深,严重影响其产品品质。为了获得色泽稳定,感官品质更好的即食菱角,采用浸渍、刷蜂蜜、鼓风脱除部分水分的方式处理菱角,并对放置一定时间即食菱角的色泽指标进行测定,获得稳定性好的菱角产品,增加了菱角产品的附加值,促进菱角产业的可持续发展。

收稿日期:2018-06-22

基金项目:江苏食品药品职业技术学院研究项目(JSSPMS2017204);
江苏省高校大学生创新训练计划项目(201613104017X)

作者简介:孟秀梅,1980年出生,女,副研究员,硕士。

1 材料与方法

1.1 材料

新鲜菱角：购自菜市场；蔗糖、蜂蜜、柠檬酸、抗坏血酸、异抗坏血酸钠、氯化钙、乳酸钙、海藻酸钠：市售，均为食品级。

1.2 主要设备与仪器

HH-2 数显恒温水浴锅：江苏金坛市荣华仪器制造有限公司；BSA224S-CW 电子分析天平：赛多利斯科学仪器有限公司；LDZX-50KBS 立式压力蒸汽灭菌器：上海申安医疗器械厂；DHG-9030 鼓风干燥箱：上海精宏实验设备有限公司；CS-580A 色差仪：杭州彩谱科技有限公司。

1.3 实验方法

1.3.1 工艺流程

新鲜菱角 清洗 去壳 去内皮 护色 保脆 浸渍 干燥 包装 灭菌 成品。

1.3.2 即食菱角制作

选择七至八成熟的鲜嫩菱角，取两角间端相距 6~7 cm，弯牛角形，高 2~3 cm 的菱角，用去皮刀剥去硬壳，获得菱角肉，将新鲜的菱角肉置于沸水中热烫 30 s，趁热去除表层的涩皮。采用柠檬酸浓度为 0.08%，抗坏血酸和异抗坏血酸钠（1:1）混合溶液浓度为 0.05% 的混合液常温护色 40 min^[5-7]。然后置于氯化钙浓度为 0.15%，乳酸钙浓度为 0.5%，海藻酸钠浓度为 0.3% 的混合液中常温保脆 30 min 后，置于一定浓度的蔗糖溶液中煮制，菱角细胞之间的蒸汽冷凝后，形成真空，糖液就受到外部大气压作用渗入菱角中，至菱角肉完全熟化，然后用相应浓度糖液进行浸渍，0~4 h 浸渍完毕后取出，沥干糖液，表面刷蜂蜜，然后用鼓风干燥箱进行干燥，排除菱角肉表面的自由水分^[8]，干燥完毕后将装入包装袋中，抽真空后封口采用巴氏杀菌^[9]，95℃ 杀菌 15 min，梯度冷却后即得成品。

1.3.3 单因素实验

1.3.3.1 蔗糖浓度对即食菱角品质的影响 浸渍液中蔗糖浓度对即食菱角感官指标及脱水率均影响较大，浓度高口感甜，脱水率越低，嫩度脆度

好；浓度低滋味淡，脱水率高，硬度大；选择一定浓度的蔗糖溶液对菱角肉进行浸渍，通过感官指标和脱水率确定蔗糖溶液的浓度。

1.3.3.2 菱角肉与浸渍液料液比对即食菱角品质的影响 将菱角肉置于 1.3.3.1 确定的蔗糖浸渍液中，菱角肉与糖液的比例越高，菱角肉的浸渍效果越好，但糖液消耗量较大，通过感官指标和脱水率确定菱角肉与浸渍液的比例。

1.3.3.3 浸渍时间对即食菱角品质的影响 将菱角肉置于 1.3.3.1 确定的蔗糖溶液中，菱角肉与浸渍液的比例按照 1.3.3.2 的比例，浸渍时间短，浸渍液主要在表层，浸渍时间长糖液分布均匀，但能耗较高，选择一定的浸渍时间对菱角肉进行浸渍，通过感官指标和脱水率确定浸渍时间。

1.3.3.4 干燥温度对即食菱角品质的影响 将菱角肉置于 1.3.3.1 确定的蔗糖溶液中，菱角肉与浸渍液的比例按照 1.3.3.2 的比例，浸渍 1.3.3.3 确定的时间，沥干糖液，表面刷蜂蜜，鼓风干燥箱中去除部分水分。干燥温度越高，菱角肉与外界热空气的温度差和湿度差越大，越有利于水分的迁移，菱角表面硬化越快，能耗越高；干燥温度越低，表面硬化越慢，不利于水分迁移^[10]，脱水率越低脆度越好，选择一定的干燥温度进行干燥，通过感官指标和脱水率确定干燥温度。

1.3.3.5 干燥时间对即食菱角品质的影响 将菱角肉置于 1.3.3.1 确定的蔗糖溶液中，菱角肉与浸渍液的比例按照 1.3.3.2 的比例，浸渍 1.3.3.3 确定的时间，置于 1.3.3.4 确定的干燥温度下，通过感官指标和脱水率确定干燥时间。

1.3.4 正交优化实验

为了进一步探讨蔗糖浓度、料液比、浸渍时间、干燥温度与干燥时间对产品品质的影响，在单因素实验的基础上选取对应的四个水平进行 $L_{16}(4^5)$ 正交实验，结果采用正交设计助手 II 专业版 3.1 进行分析。正交实验因素水平表见表 1。

1.3.5 评价指标

1.3.5.1 脱水率测定 准确称取干燥前的菱角质量和每次干燥后的质量，依据公式(1)计算其脱水率^[7]。

表 1 正交实验因素水平

水平	因素				
	A 蔗糖浓度/%	B 料液比/(g/mL)	C 浸渍时间/h	D 干燥温度/	E 干燥时间/h
1	10	1 3	6	50	1
2	15	1 6	9	60	2
3	20	1 9	12	70	3
4	25	1 12	15	80	4

$$R = \frac{G_0 - G_1}{G_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中： R 为脱水率，%； G_0 为干燥前样品的质量，g； G_1 为干燥后样品的质量，g。

表 2 即食菱角品质评分标准

等级项目	色泽 (20 分)	气味 (15 分)	滋味 (35 分)	组织状态 (30 分)
优	表面浅黄色，切面米白色 (18~20 分)	菱角香气，无异味 (13~15 分)	甘甜适口 (31~35 分)	质地脆，表面无裂纹，均匀完整 (26~30 分)
良	表面黄色，切面米白色 (14~17 分)	菱角香气较弱，无异味 (10~12 分)	甜度较弱或较甜 (25~30 分)	质嫩，表面有少量裂纹 (20~25 分)
一般	表面黄褐色，切面米色 (<14 分)	淡淡的菱角香气，无异味 (<10 分)	甜度低或过甜 (<25 分)	质硬，表面裂纹较多 (<20 分)

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

式中： L^* —表示亮暗，+表示偏亮，-表示偏暗； $\Delta L^* = L^*_{\text{样}} - L^*_{\text{CK}}$ ； a^* —表示红绿，+表示偏红，-表示偏绿； $\Delta a^* = a^*_{\text{样}} - a^*_{\text{CK}}$ ； b^* —表示黄蓝，+表示偏黄，-表示偏蓝； $\Delta b^* = b^*_{\text{样}} - b^*_{\text{CK}}$ ； ΔL^* —如果是正值，说明样品比标准板偏亮；如果是负值，说明偏暗； Δa^* —如果仪器显示是正值，说明样板比标准偏红，如果负值，说明偏绿； Δb^* —如果是正值，说明样板比标准偏黄，如果负值，说明偏蓝； ΔE^* —色差值， ΔE^* 变化越小，色泽变化越小^[11-12]，即食菱角的褐变程度越低，说明即食菱角在贮藏过程中色泽稳定性越好。

2 结果与分析

2.1 蔗糖浓度对即食菱角品质的影响

由图 1 可见，随着蔗糖浓度的增加，即食菱角的评分呈现先高后低的趋势，而脱水率呈现逐渐下降的趋势。糖度越高，糖越容易在菱角表面形成糖结晶，阻碍热量传递和内部水分向外迁移^[13]，从而导致脱水率下降。蔗糖 15% 时，脱水率达到 10.6%，评分最高，此时菱角口感甘甜适口、质地脆嫩，综合考虑品质评分与脱水率关系，

1.3.5.2 即食菱角品质评定 从色泽、气味、口感及组织状态四个方面对即食菱角进行全方位评价，评分标准见表 2。

1.3.5.3 贮藏色泽稳定性测定 横向切掉即食菱角表面凹凸不平的部分，使表面平整。沿横断面将即食菱角产品切成厚度 3 mm 的片状，选择中间切片待测。经黑板和白板校准后在光源 D65，角度 10° 的色差仪测定即食菱角切片的 L^* 、 a^* 、 b^* 值，以刚做好的即食菱角切片为对照 (CK)。

选择 10%、15%、20% 和 25% 的蔗糖浓度进行正交实验优化。

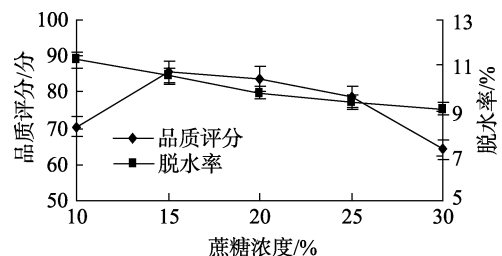


图 1 蔗糖浓度对即食菱角品质的影响

2.2 料液比对即食菱角品质的影响

由图 2 可见，随着料液比的增大，浸渍液量越大浸渍效果越充分，糖液分布越均匀，品质评价越好。即食菱角的评分呈现逐渐上升的趋势，料液比高于 1 6 以后，评分上升趋势趋于平缓；而脱水率呈现缓慢下降的趋势。浸渍越充分，菱

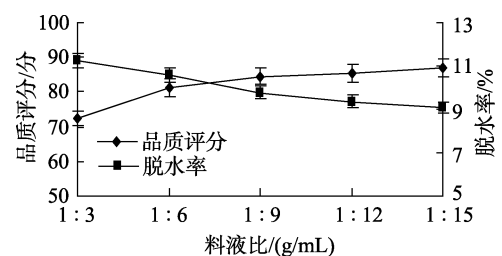


图 2 料液比对即食菱角品质的影响

角肉内部的糖液能抑制水分的散失，使得菱角质地脆嫩，表面不容易出现裂纹和皱缩现象，但使用高料液比的糖液成本较高。综合考虑选择 1:3、1:6、1:9 和 1:12 的料液比进行正交实验优化。

2.3 浸渍时间对即食菱角品质的影响

由图 3 可见，随着浸渍时间的不断延长，即食菱角的评分呈现逐渐上升的趋势，当浸渍时间高于 12 h 后，即食菱角的评分增加缓慢，浸渍时间越长，浸渍液分布越均匀，即食菱角更为甘甜适口。脱水率随浸渍时间延长呈现逐渐下降趋势，浸渍时间越长糖液浸入组织结构内部，水分活度降低，抑制水分蒸发，干燥时间延长，消耗热能增大，表面易产生裂纹影响产品质量，综合考虑选择 6、9、12 和 15 h 进行正交实验优化。

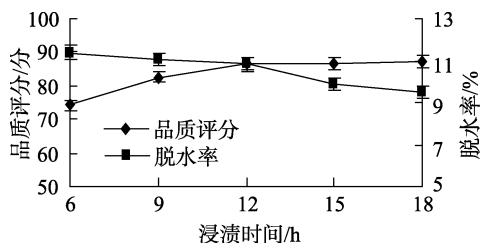


图 3 浸渍时间对即食菱角品质的影响

2.4 干燥温度对即食菱角品质的影响

由图 4 可见，随着鼓风干燥箱温度的升高，即食菱角的评分呈现先上升后下降的趋势，而脱水率呈现逐渐升高的趋势。脱水率太高，组织变硬，即食菱角表面容易产生裂纹，影响产品质量；脱水率太低，即食菱角的水分活度过大，容易变质。当脱水率在 9%~11% 范围内，即食菱角甘甜适口，质地脆嫩，表面无裂纹，水分活度适中，易贮藏。干燥温度越高，即食菱角的脱水量越大，颜色加深，硬度变大不脆嫩，表面产生裂纹，导致质量下降，综合考虑后选择 50、60、70 和 80 进行正交实验优化。

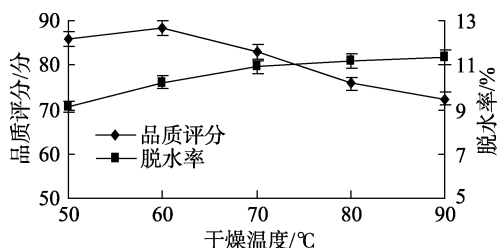


图 4 干燥温度对即食菱角品质的影响

2.5 干燥时间对即食菱角品质的影响

由图 5 可见，随着鼓风干燥时间的不断延长，即食菱角的质量评分呈现先上升后迅速下降的趋势。干燥 2 h 时，菱角的各项质量指标达到最佳；脱水率逐渐增加，即食菱角的色泽加深，硬度变大，韧性增加脆度下降，同时能耗也随干燥时间增加而增大，综合考虑后选择 1、2、3 和 4 h 进行正交进行优化。

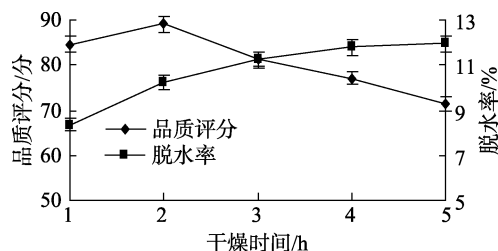


图 5 干燥时间对即食菱角品质的影响

2.6 正交实验

根据单因素实验结果，选择蔗糖浓度、料液比、浸渍时间、干燥温度及干燥时间为考察因素，以即食菱角的感官评价作为考察指标，实验结果见 3。

表 3 正交实验结果表

实验号	因素					脱水率/%	评分/分
	A	B	C	D	E		
1	1	1	1	1	1	9.798	78.2
2	1	2	2	2	2	10.338	84.5
3	1	3	3	3	3	10.355	83.3
4	1	4	4	4	4	10.013	79.2
5	2	1	2	3	4	10.531	84.3
6	2	2	1	4	3	10.458	83.8
7	2	3	4	1	2	10.437	92.2
8	2	4	3	2	1	10.496	93.5
9	3	1	3	4	2	10.172	81.7
10	3	2	4	3	1	9.957	85.6
11	3	3	1	2	4	10.399	86.0
12	3	4	2	1	3	10.314	88.4
13	4	1	4	2	3	9.911	79.2
14	4	2	3	1	4	10.031	82.3
15	4	3	2	4	1	9.974	84.5
16	4	4	1	3	2	10.375	88.6
k1	81.300	80.850	84.150	85.275	85.450		
k2	88.450	84.050	85.425	85.800	86.750		
k3	85.425	86.500	85.200	85.450	83.675		
k4	83.650	87.425	84.050	82.300	82.950		
R	7.150	6.575	1.375	3.500	3.800		

由表 3 和表 4 可见,最佳组合为 $A_2B_4C_2D_2E_2$, 即蔗糖浓度 15%, 料液比 1:12, 浸渍时间 9 h, 干燥温度 60 ℃ 和干燥时间 2 h。从极差值 $R_A > R_B > R_E > R_D > R_C$ 和方差分析可见,浸渍液中蔗糖浓度和料液比影响显著,其次干燥时间和干燥温度,浸渍时间对品质评分的影响较小。由于 $A_2B_4C_2D_2E_2$ 不在正交表内,开展验证实验,按照 $A_2B_4C_2D_2E_2$ 进行即食菱角制备,成品表面光洁无裂纹呈浅黄色,切面米白色,具有菱角香气,甘甜适口,质地脆,平均评分为 95.6,脱水率达 10.5%,含水量为 55.4%。

表 4 方差分析

方差来源	偏差平方和 s	自由度 f	F 比	F 值	显著性
A	108.167	3	21.106	9.280	*
B	100.779	3	19.664	9.280	*
C	5.125	3	1	9.280	
D	29.286	3	5.714	9.280	
E	33.690	3	6.574	9.280	
误差	5.13	3			

2.7 贮藏色泽稳定性的测定

即食菱角贮藏过程中的色泽加深会导致商品价值下降,为了研究即食菱角在贮藏过程中的色泽稳定性,对其亮度值进行测定,比较贮藏过程中色差值的变化是否显著。

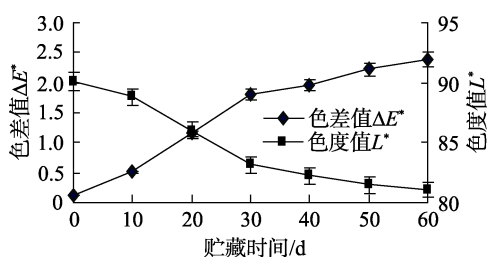


图 6 贮藏时间对即食菱角品质的影响

由图 6 可见,随着即食菱角贮藏时间的延长,即食菱角的色差值呈现逐渐变大的趋势,前 10 d 与 30 d 之后色差值变化缓慢,中间变化趋势较大。亮度值 L^* 呈现下降的趋势,亮度减小,10 d 至 30 d 之间下降较迅速。菱角在贮藏过程中易褐变的物质不断发生化学反应,在 10 d 至 30 d 反应最为迅速,随后逐渐变缓。即食菱角的色差值变化范围在 2.5 以内,亮度值 L^* 为 81.05,而即食菱角外观基本无变化,色差值 ΔE^* 变化越小,亮度值 L^* 越大说明样品的色泽越浅,贮藏 60 d 的菱角色泽基

本稳定。

3 结论

经护色保脆的菱角肉蔗糖浓度为 15% 的溶液煮制完全熟化后,按照菱角肉 12 倍量补足糖液,置于冷藏室浸渍 9 h,然后置于鼓风干燥箱中 60 ℃ 干燥 2 h,获得的即食菱角评分为 95.6,脱水率达 10.5%,表面呈浅黄色,切面米白色,具有菱角的香气,甘甜适口,质地脆。放置 60 d 的色差值变化在 2.5 以内,亮度值 L^* 为 81.05,即食菱角色泽基本稳定。但随着时间的推移,脆度嫩度会出现一些变化,需要进行产品的稳定性研究。

参考文献:

- [1] 林健. 菱角多糖口服液制剂的研究[D]. 吉林大学, 2011.
- [2] 彭静, 柯卫东, 刘义满, 等. 菱角的营养成分及医药保健作用[J]. 长江蔬菜, 2009(16): 17-19.
- [3] 梁锦丽. 菱角的营养保健功能及其产品开发进展[J]. 农产品加工(学刊), 2009(11): 78-80+96.
- [4] 孟秀梅, 李明华. 菱角淀粉的闪式提取工艺优化[J]. 粮食与饲料工业, 2018(5): 13-17+24.
- [5] 张钟, 冯丽娇. 鲜切淮山片护色工艺与无硫护色剂的研究[J]. 包装与食品机械, 2015(6): 12-16+21.
- [6] 刘帅, 邓洁红, 敬小波, 等. 鲜切雪莲果护色保脆效果的研究[J]. 包装与食品机械, 2014(2): 24-28+18.
- [7] GILSON HIDEKI NABECHIMA, JO GUSTAVO PROVESI, MARCIA BARBOSA HENRIQUEZ MANTELLI, et al. Effect of the mild temperature and traditional treatments on residual peroxidase activity, color, and chlorophyll content on storage of mate (*Ilex paraguariensis*) tea[J]. Journal of Food Science, 2014, 79(2): 163-170.
- [8] 傅锋, 刘绍军, 许高升, 等. 红糖生姜果脯微波干燥工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2013, 34(24): 169-174.
- [9] 李长城, 贾真, 白伟娟, 等. 罐装三文鱼鱼籽巴氏杀菌过程单增李斯特菌失活数值模拟[J]. 中国食品学报, 2018, 18(1): 184-192.
- [10] 关志强, 王秀芝, 李敏, 等. 荔枝果肉热风干燥薄层模型[J]. 农业机械学报, 2012, 43(2): 151-158+191.
- [11] 彭梦瑶, 高畅, 迟原龙, 等. 胡萝卜泡菜的无硫护色条件研究[J]. 食品科技, 2017, 42(9): 34-38.
- [12] PARK J, KIM S, MOON B. Changes in carotenoids, ascorbic acids, and quality characteristics by the pickling of paprika (*Capsicum annum* L.) cultivated in Korea[J]. Journal of Food Science, 2011, 76(7): C1075-C1080.
- [13] 王君, 房升, 陈杰, 等. 糖渍甘薯热风干燥特性及数学模型研究[J]. 食品科学, 2012, 33(7): 105-109.