

文章编号:1673-1689(2010)06-0829-07

莲藕汁防褐变预处理工艺的研究

刘军波¹, 张 慤^{*1}, 任志灿²

(1. 食品科学与技术国家重点实验室, 江南大学, 江苏 无锡 214122; 2. 杭州天堂食品有限公司, 浙江 杭州 310014)

摘 要: 针对藕汁易褐变的特性, 重点研究了莲藕汁预处理过程中的护色剂热烫工艺, 筛选得到并优化了复合护色剂添加配比: 0.3% 乙酸锌、0.18% 乙二胺四乙酸二钠(EDTA-2Na)和 0.02% 抗坏血酸。采用模糊数学综合评定法对莲藕汁的调配进行感官评判, 确定了莲藕清汁 90%、白砂糖 8%、柠檬酸 0.10% 和蜂蜜 0.10% 的最优配方。

关键词: 褐变; 护色剂; 热烫; 模糊数学; 综合评判

中图分类号: TS 205

文献标识码: A

Study of Pretreatment Technology Against Browning in Lotus Root Juice

LIU Jun-bo¹, ZHANG Min^{*1}, REN Zhi-can²

(1. State Key Laboratory of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. Hangzhou Tiantang Food Company, Hangzhou 310014, China)

Abstract: This study is to develop an efficient process for the lotus root juice by blanching with Color fixation. And the optimum color fixation compositions was determined and listed as follows: 0.3% zinc acetate, 0.18% disodium ethylenediamine tetraacetic acid and 0.02% ascorbic acid. Then the optimum formulation of lotus root juice was identified by the fuzzy mathematics Integrated Evaluation: lotus root purified juice 90%, White granulated sugar 8%, Citric acid 0.10% and Honey 0.10%.

Key words: browning, color fixative, blanching, fuzzy mathematics, integrated evaluation

莲藕是一种生长于我国南方的重要水生蔬菜,栽培历史悠久,早在南北朝时代,莲藕的种植就已相当普遍了。其鲜食微甜而脆,营养物质丰富,药用价值极高。是开发上乘果蔬保健食品的重要原料,也是现今推崇药食同源的最好植物之一^[1]。近年来,我国莲藕的栽培面积迅速扩大,产量也迅速增加,但莲藕暴露于空气中极易变色、腐烂,不耐贮

藏,原料浪费严重。所以开发莲藕深加工产品可以间接解决原料浪费问题,提升莲藕的产品价值,带来可观的经济收益。

莲藕汁饮料四季皆宜,具有清心润肺,凉血滋阴,解暑止渴、补肾益精的保健作用,深受消费者青睐。由于莲藕栽培地域、气候的限制(主要在东南亚地区种植),藕汁的国际市场前景广阔。

收稿日期:2009-02-10

基金项目:国家自然科学基金项目(20776062)。

* 通信作者: 张慤(1962—),男,浙江平湖人,教授,博士生导师,主要从事农产品加工及贮藏工程方面的研究。

Email: min@jiangnan.edu.cn

1 材料与方法

1.1 原料与试剂

新鲜莲藕:购于无锡市雪浪镇农贸市场;真菌淀粉酶:山东杰诺酶制剂有限公司产品,液状试剂,适宜 pH 5.0~6.0,温度 50~60 °C,酶活 20 000 U;试验所用其它分析试剂均为分析纯。

1.2 仪器设备

SQ2130D 多功能食品加工机:上海帅佳电子科技有限公司生产;组织捣碎机:上海标本模型厂生产;TDL-60 台式离心机:上海安亭科学仪器厂生产;管式膜超滤设备:无锡超滤设备厂生产;pHS-2C 酸度计:上海分析仪器厂生产;752 紫外可见分光光度计:上海精密科学仪器有限公司生产;阿贝折光仪:上海物理光学仪器厂生产;浊度仪:无锡光明浊度仪厂生产;离心沉淀机:上海医用分析仪器厂生产;恒温水浴锅:郑州长城科工贸有限公司生产。

1.3 工艺流程

鲜藕→清洗→修整、去皮、去节→切片→护色→热烫→打浆→酶解→脱涩→粗滤→调配→超滤→杀菌→真空灌装→成品。

1.4 试验方法

1.4.1 莲藕主要营养成分的测定 水分和总固形物的含量:用 AOAC 真空烘箱法(用微波炉在 650 W 烘干 25 min)测定莲藕中水分和总固形物质量^[2];可溶性固形物的含量:采用阿贝折光仪的测定方法,用 Brix 来表示;蛋白质含量:采用考马斯亮蓝方法测定;维生素 C 含量的测定:采用 2,6-二氯酚方法测定;脂肪的测定:采用索氏抽提法^[3];淀粉的含量的测定:采用 3,5-二硝基水杨酸(DNS)显色法^[4];多酚物质的测定:以没食子酸为标样,采用 Folin-酚法测定^[5]。

1.4.2 莲藕护色剂热烫工艺研究

1) 护色剂的筛选:将清洗后的新鲜莲藕用不锈钢刀去皮、去节,再切成厚度为 3 mm 的藕片,分别采用不同添加水平的柠檬酸、抗坏血酸、乙二胺四乙酸二钠(EDTA-2Na)、氯化钙、乙酸锌护色剂在 100 °C 热烫 3 min,以料液比 1:9 打浆 2 min,然后放入离心管,3 000 r/min 离心 4 min,取上清液 5 mL 加 20 mL 蒸馏水稀释后,在 420 nm 波长下用 1×1 cm 比色皿测其吸光值,以其作为褐变度评价指标。每个处理重复 3 次,并作空白对照试验。

2) 复合护色剂热烫的优化:从单一护色液中选择 3 种护色效果较好的护色剂,分别以其较优水平

为基准选取 3 个水平进行 $L_9(3^4)$ 正交试验。每个处理试验过程及褐变指标同上。

3) 护色液热烫灭酶效果测定:热烫过程不仅在灭酶的同时还可将藕中的淀粉糊化以利于下一步酶解工艺的进行,藕淀粉的糊化温度为 68.0~81.5 °C^[6],综合考虑多酚氧化酶 PPO 及过氧化物酶 POD 的酶学特性,热烫对营养物质的损失以及工业化生产操作的简便可行性,最终选取热烫温度为 100 °C。

在优化的复合护色剂中,100 °C 热烫藕片,每隔 0、30、60、90、120 s 取出测定 PPO 和 POD 酶活。

酶液的制备:称取新鲜莲藕 10 g 按 1:4(w/v) 加入 pH 6.8 的磷酸缓冲液,加入质量分数为 10% 的聚乙烯吡咯烷酮溶液 2 mL,组织匀浆机匀浆 2 min 后冰浴研磨 10 min,用 200 目的绢布过滤,将滤液在 4 °C、8 000 r/min 的冷冻离心机中离心 10 min,其上清液即为提取酶液。

多酚氧化酶(PPO)的测定:采用吸光值法,过氧化物酶(POD)的测定:采用吸光值法;一个活力单位(U)定义为在测定条件下每分钟引起吸光值改变 0.001 所需的酶量^[7]。相对残余酶活=处理样品酶活/未处理样品酶活×100%^[8]。

1.4.3 莲藕汁的调配 将鲜藕按前面预处理试验中优化的护色剂热烫工艺灭酶,然后以莲藕与水 1:2 的料液比打浆,在莲藕浆的自然 pH 5.0 下加入 0.1% 真菌淀粉酶 50 °C 酶解 1 h 后,加入 0.05% 明胶脱涩,在离心沉淀机中 4 000 r/min 离心 10 min,取上层清汁作为调配中的莲藕清汁进行添加。

经过预实验分别确定莲藕清汁、白砂糖、柠檬酸、蜂蜜的 3 个较优添加量(见表 1)。最为下一步配方优化的 $L_9(3^4)$ 正交试验的原辅料添加水平。

表 1 原辅料用量因素水平表

Tab. 1 Levels of ingredient content

水平	因素			
	A 莲藕清汁/%	B 白砂糖/%	C 柠檬酸/%	D 蜂蜜/%
1	80	6	0.05	0.10
2	85	7	0.10	0.15
3	90	8	0.15	0.20

由具有感官评价知识背景的 10 人组成评价小组进行感官评价。评价方法采用模糊数学中的七度标度法对评分值进行分析。评语论域 V 见表 2,因素域即感官质量指标域 U 定为<色泽、香气、酸味、甜味、形态>。根据环比法^[9]确定各指标的权重集为 X:<0.15(x_1)、0.15(x_2)、0.25(x_3)、0.25

$(x_4), 0.20(x_5) >$, R 为从 U 映射到 V 的一个评判模糊矩阵。 R :

$$\begin{Bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} & a_{16} & a_{17} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} & a_{25} & a_{26} & a_{27} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} & a_{35} & a_{36} & a_{37} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} & a_{45} & a_{46} & a_{47} \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & a_{55} & a_{56} & a_{57} \end{Bmatrix}$$

其中 a_{ij} 为第 i 个感官质量指标评定等级为 j 的人数比例。

评判结果集 $Y = X \cdot R$, 最后将 Y 集进行归一化处理得到 Y' 集 $\langle y'_1, y'_2, y'_3, y'_4, y'_5, y'_6, y'_7 \rangle$ 其中 y'_i 表示第 i 个评定等级的评分比例, 以最高值作为峰值。

表 2 评语论域(7 度标度法)
Tab. 2 Evaluation universes (seven degree)

评定等级	1	2	3	4	5	6	7
评语	最难接受	较难接受	稍难接受	一般接受	稍易接受	较易接受	最易接受

1.4.4 超滤与杀菌工艺 将调配好的莲藕汁在 0.1 Mpa 跨膜压力、室温 25 ℃ 下超滤(截留相对分子质量 MWCO 为 100 000 的聚丙烯腈(PAN)管式膜)得到莲藕超滤汁。

由于所配制的饮料含酸量较高,属于酸性食品,采用 100℃ 杀菌 3 min, 冷却至室温,经过 7d 保温贮存试验,检查感官、理化和微生物指标。

2 结果与讨论

2.1 莲藕的主要营养成分

由莲藕的主要营养成分(表 3)可知,莲藕营养物质丰富,且淀粉含量较高,所以藕汁中淀粉的脱除工艺尤为重要,若产品中淀粉未去除完全,在产品后期贮藏及销售过程中会老化絮凝产生沉淀,严重影响藕汁的产品质量。莲藕中多酚物质含量也比较高,莲藕多酚虽具有清除自由基的抗氧化作用^[10],但多酚物质的酶促褐变是莲藕褐变的一个重要原因^[11],所以在藕汁预处理过程中要对多酚氧化酶灭活才能有效控制藕汁的褐变。

2.2 护色剂热烫效果

热烫对于一般的果蔬制汁工艺必不可少,一方面它使新鲜果蔬的多酚氧化酶和过氧化物酶失活,抑制酶促褐变的发生,另一方面也促进果蔬组织软化提高果蔬出汁率,但是对于莲藕,许多研究者^[12-14]在莲藕制汁过程中都将热烫这一有利于通常果蔬制汁的工艺去掉,原因在于莲藕热烫过程中,

表 3 鲜藕的主要营养成分
Tab. 3 Main nutrient content of fresh lotus root

成分	含量
水分/%	86.7±4.3
总固形物/%	13.4±0.5
可溶性固形物/Brix	6.6±0.5
脂肪/%	1.73±0.05
淀粉/%	13.6±0.8
粗蛋白/%	2.153±0.05
维生素 C/(mg/100g)	30.77±0.05
多酚物质/(mg/100g)	364

高温灭酶的同时也加速了酶促褐变,与预期目标大相径庭。作者通过预实验发现,热烫会促进莲藕可溶性物质、风味物质的溶出,未热烫制得的藕汁远不及热烫的藕香浓郁,这与潘思轶的结论一致^[15]。采用护色剂热烫,既灭活多酚氧化酶,保证产品后期质量,同时也抑制了酚类物质在热烫过程中的褐变,有效减轻了藕汁在预处理过程中的色泽变化,并且热烫也使藕中的淀粉糊化,为后续的酶解工艺提供了预处理。抑制效果的感官接受程度与鲜藕未处理前的色泽无显著区别。

2.2.1 单一护色剂试验中不同添加水平的 5 种护色剂的热烫效果 多酚氧化酶的 pH 在 4~7 之间,在其作用下邻位的酚氧化为醌,醌很快聚合成为褐色素而引起组织褐变。柠檬酸的作用机理是调节反应体系的 pH 值,此外柠檬酸还有螯合铜离子的作用^[16],但单因素试验中单独使用柠檬酸的护色效果并不是很好,这与王相等^[17]的研究一致,其机理有待进一步研究。乙酸锌的 Zn^{2+} 具有络合能力,它同多酚底物结合后产生的新型物质不受多酚氧化酶的催化来达到抑制褐变效果。EDTA-2Na 作为一种金属螯合剂能够螯合多酚氧化酶中的 Cu^{2+} ,破坏酶的活力,从而抑制褐变。氯化钙的 Ca^{2+} 能与细胞壁上的果胶酸作用形成果胶酸钙,增加组织的硬度,从而阻止液泡中的组织液外泄到细胞质中与酶类接触,降低褐变程度^[18],但氯化钙的单独使用效果也不明显,可能是在热烫条件下,细胞壁已经严重破坏不能再有效防止组织液外渗造成的。抗坏血酸除降低反应体系的 pH 值外,还可作为醌类的还原剂,将体系中醌类物质及其衍生物还原成酚,并通过氧化来降低体系中氧气的含量,同时可作为多酚氧化酶分子中铜离子的螯合剂,起到竞争性抑制剂的作用。

表 4 单一护色剂不同添加水平的热烫效果

Tab. 4 Blanching effect of adding a single color protection agent at different levels

水 平	护色剂/吸光值		水 平	护色剂/吸光值		水 平	护色剂/吸光值
	柠檬酸	乙酸锌		EDTA-2Na	氯化钙		抗坏血酸
0.1%	0.291±0.004	0.246±0.007	0.05%	0.252±0.005	0.360±0.004	0.02%	0.236±0.006
0.2%	0.250±0.006	0.260±0.005	0.10%	0.279±0.004	0.279±0.004	0.04%	0.253±0.006
0.3%	0.315±0.006	0.235±0.005	0.15%	0.255±0.006	0.266±0.008	0.06%	0.254±0.005
0.4%	0.309±0.005	0.265±0.004	0.20%	0.245±0.007	0.295±0.006	0.08%	0.245±0.006

注:空白对照的吸光值为 0.350,以吸光值大小作为褐变度评价指标。

单一护色剂不同添加水平的热烫效果见表 4,结果表 4 表明,乙酸锌、EDTA-2Na 和抗坏血酸的整体热烫护色效果要优于柠檬酸和氯化钙。这 3 种护色剂的试验较优水平分别为 0.3%、0.2%和 0.02%。分别以乙酸锌、EDTA-2Na、抗坏血酸的较优水平为基准再选取 3 个水平,作为正交试验的试验水平结果见表 5。

表 5 复合护色剂因素水平表

Tab. 5 Levels of compound compound color fixatives

水平	A 乙酸锌/%	B EDTA-2Na/%	C 抗坏血酸/%
1	0.25	0.18	0.01
2	0.30	0.20	0.02
3	0.35	0.22	0.03

2.2.2 复合护色剂热烫 L₉(3⁴)正交试验结果 护色剂配比正交试验结果见表 6。对试验结果进行方差分析及差异显著性检验(DPS 软件,Ducan 新复极差法)。表 6 结果表明,A 因素(乙酸锌)在 0.01 水平下差异极显著,B 因素(EDTA-2Na)在 0.05 水平下差异显著,而 C 因素(抗坏血酸)在 0.05 与 0.01 水平下差异都不显著。由表 6 中的 R 值可知:主次顺序为 A>B>C。同时由表 6 中的 k_{1j}、k_{2j}、k_{3j} 值可确定各因素的最优水平为 A₂B₁C₂,即在乙酸锌 3.0%、EDTA0.18%、抗坏血酸 0.02%水平下热烫效果最好,该组合为最优处理。

表 6 护色剂配比正交试验结果

Tab. 6 Result of orthogonal examination on color fixatives

处理 号	因 素			空列	吸光 值/OD
	A(乙酸锌/%)	B (EDTA-2Na/%)	C (抗坏血酸/%)		
1	1(0.25)	1(0.18)	1(0.01)	1	0.191±0.003
2	1	2(0.20)	2(0.02)	2	0.248±0.007
3	1	3(0.22)	3(0.03)	3	0.235±0.009
4	2(0.30)	1	2	3	0.174±0.007
5	2	2	3	1	0.179±0.008
6	2	3	1	2	0.231±0.007
7	3(0.35)	1	3	2	0.244±0.004
8	3	2	1	3	0.201±0.008
9	3	3	2	1	0.211±0.005
k _{1j}	0.225	0.203	0.208	0.194	
k _{2j}	0.195	0.209	0.211	0.241	
k _{3j}	0.219	0.226	0.219	0.203	
R	0.030	0.023	0.011	0.047	

注:吸光值为三次重复测定的平均值。数据分析的源数据为所有测定数据。

表 7 正交设计各因素方差分析表(完全随机模型)
Tab. 7 Orthogonal factors analysis of variance (completely random model)

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	Fa	显著性
A 因素	0.004 55	2	0.002 27	7.983 49	$F_{0.05}=3.49$	* *
B 因素	0.002 49	2	0.001 25	4.379 27	$F_{0.01}=5.85$	*
C 因素	0.000 63	2	0.000 32	1.112 08		—
模型误差	0.011 31	2	0.005 66			
试验误差	0.005 13	18				
误差	0.016 44	20	0.000 28			
总和	0.024 11					

注: * 表示在 0.05 水平下差异显著, * * 表示在 0.01 水平下差异极显著。-表示差异不显著

各因素之间的交互作用见图 1,(a)、(b)、(c)中的 3 条曲线形状趋势都不相同,这说明 A 与 B、B 与 C、A 与 C 两两因素之间的交互作用不可忽略^[19],存在显著的联合抑制效果,且由复合护色剂正交试验的吸光值可知复合护色剂的整体效果要比单一护色剂效果显著。

2.2.3 在 100℃ 条件下,热烫时间对莲藕 PPO 和 POD 的酶活影响 由图 2(a)可知,莲藕多酚氧化酶 PPO 在护色剂热烫过程中 60s 就已经完全失活,而过氧化物酶 POD 完全失活所需的时间为 90s,失活时间要比 PPO 长,且由图 2(b)中的相对残余酶活变化可知,莲藕在护色剂热烫中 PPO 与 POD 对比,PPO 酶活下降快,热敏性高。综合考虑 PPO 和 POD 的酶活变化,选定热烫时间为 100℃,90s。

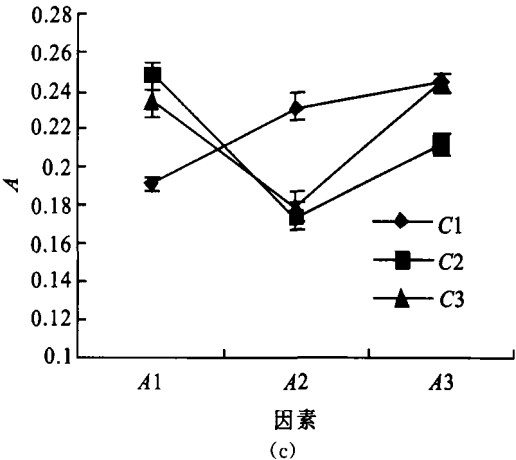


图 1 各因素间的交互作用

Fig. 1 Correlation of different factors

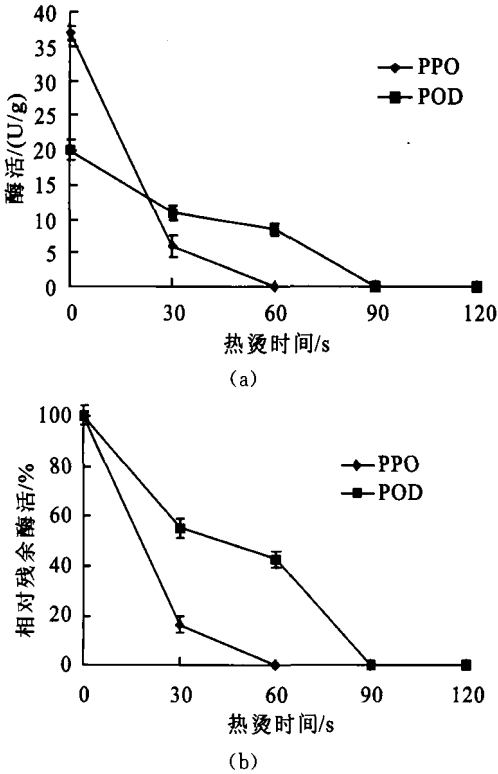


图 2 100℃ 热烫过程中莲藕多酚氧化酶和过氧化物酶酶活的变化

Fig. 2 Polyphenoloxidase and the peroxide activity of lotus root in the process of blanching at 100℃

2.3 调配试验感官评定结果

蜂蜜作为辅助甜味剂,适量的添加会使饮料的口感、香气和体态都有所提高,醇厚、丰满、延长藕汁的后味,使得藕汁的风味更加浓郁,同时还可增加饮料的营养价值,但要严格控制用量,否则会遮掩藕汁特有的清香。

在饮料配方研究和市场饮料抽检中,感官质量评分的离散度往往较大,很难获得比较一致的结果,因此,仅用一个平均数很难准确地表示某一指标应得的分值,这样使结果出现误差。其次,如果评定的样品在两个或两个以上,最后的加权平均数出现相同,而又需要排出它们的名次时,现行的加权记分又很难解决。采用模糊数学的方法,就可以解决以上问题,并且可以获得一个综合而比较客观的结果^[20]。

表 8 感官评定的结果
Tab. 8 Evaluation results by sense

试验号	藕汁含量	白砂糖	柠檬酸	蜂蜜	等级	峰值
1	1	1	1	1	4	0.487
2	1	2	2	2	3	0.365
3	1	3	3	3	6	0.293
4	2	1	2	3	4	0.330
5	2	2	3	1	3	0.245
6	2	3	1	2	5	0.275
7	3	1	3	2	4	0.310
8	3	2	1	3	5	0.345
9	3	3	2	1	6	0.415

由 $L_9(3^4)$ 的正交试验评定结果(表 8)可知,所有试验方案的评定等级都介于 4~6 之间,这说明各原辅料的添加水平选择较好,其中试验配方 3 和 9 的评定等级都为 6,隶属于较易接受评定域,为较优配方,但试验配方 9 的峰值 0.415 明显高于配方 3 的峰值 0.293,说明评定小组中对 9 号评定等级为 6 的认同人数比例为 0.415,而配方 3 为 0.293。此外,由配方 9 和配方 3 的模糊关系曲线(图 3)可知,

配方 9 的评定域主要集中分布于评定等级 4~6,而配方 3 的评定域则分散在评定等级 3~7 之间,显然,配方 9 优于配方 3。故由模糊数学综合评判法得到的优化配方为莲藕清汁 90%、白砂糖 8%、柠檬酸 0.10%和蜂蜜 0.10%。

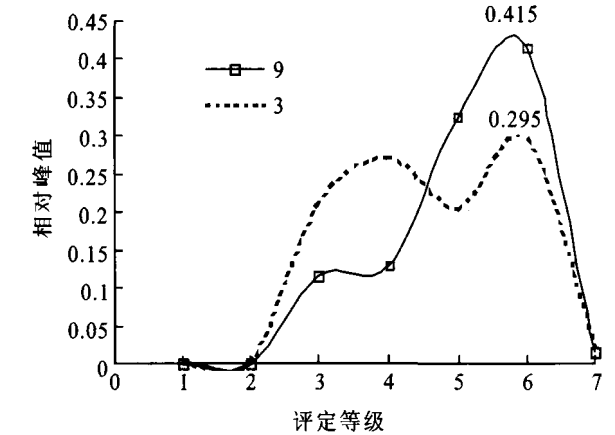


图 3 3 号和 9 号试验的模糊关系曲线

Fig. 3 No 3 and 9 experimental fuzzy relationship curve

2.3 产品质量的检测

2.3.1 感官指标 色泽:乳白色略显淡黄;组织状态:澄清透明的液体;滋味:具有莲藕特有的芳香,清凉柔和、细腻可口。

2.3.2 理化指标 可溶性固形物:11.5Brix, pH 3.68,浊度 2.46 ,透光率:95%,重金属含量符合国家标准。

2.3.3 微生物指标 采用 GB4789^[15] 检验方法,细菌总数 ≤ 30 cfu/100mL ;大肠杆菌 ≤ 1 cfu/100mL;致病菌没有检出,微生物指标符合国家标准。

3 结 语

莲藕制汁预处理过程中,复合护色剂的热烫效果优于单一护色剂,本试验中得到的优化护色剂添加方案为 0.3% 乙酸锌、0.18% EDTA-2Na 和 0.2%抗坏血酸。

本试验得到的莲藕汁配方为莲藕清汁 90%、白砂糖 8%、柠檬酸 0.10%和蜂蜜 0.10%,口感爽滑,藕香清新。

参考文献(References):

[1] 樊成亮. 莲藕汁饮料的研制[J]. 中国食品学报,1999,3(2):37—40.
FAN Cheng-liang. The development of lotus root juice[J]. Journal of CIFST, 1999, 3(2): 37—40. (in Chinese)
[2] AOAC. Official methods of analysis of the association of official analytical chemist, 14thed. ; Washington, DC: AOAC. 1984.
[3] 张水华. 食品分析[M]. 北京:中国轻工业出版社,2004.

- [4] 陆国权,李秀玲,丁守. 盐酸水解 DNS 比色法快速测定甘薯淀粉含量的标准方法研究[J]. 中国粮油学报,2002,17(1):25-29.
- LU Guo-quan, LI Xiu-ling. Quick analysis of starch content of sweetpotato by HCl hydrolysis - DNS method[J]. **Journal of the Chinese Cereals and Oils Association**, 2002, 17 (1) :25-29. (in Chinese)
- [5] 孙敏,岳田利,袁亚宏. 猕猴桃果汁多酚类物质的提取工艺[J]. 研究农产品加工·学刊,2007,3(3):40-43.
- SUN Min, YUE Tian-li, YUAN Ya-hong. Academic periodical of farm products processing[J]. **Academic Periodical of Farm Products Processing**, 2007, 3(3):40-43. (in Chinese)
- [6] 秦志荣,许荣年,汪庆旗,等. 藕淀粉颗粒性质的研究及藕粉产品的鉴定[J]. 食品与发酵工业,2005,30(1):136-138.
- QIN Zhi-rong, XU Rong-nian, WANG Qing-qi, et al. Study on properties of lotus root starch granule and identification of oufen products[J]. **FOOD AND FERMENTATION INDUSTRIES**, 2005, 30(1):136-138. (in Chinese)
- [7] Francesco Pizzocaro, Danila Torreggiani, Gianluca Gilardi. Inhibition of apple polyphenoloxidase (PPO) by ascorbic acid, citric acid and sodium chloride[J]. **Journal of Food Processing and Preservation**, 1993, 17:21-30.
- [8] 姚芳,夏文水. 米邦塔仙人掌汁饮料的热烫护绿工艺[J]. 食品研究与开发,2006, 27(1):72-75.
- YAO Fang, XIA Wen-shui. Study on blanching and green-protecting of opuntia milpa alta juice[J]. **Food research and development**, 2006, 27(1):72-75. (in Chinese)
- [9] 姬长英. 感官模糊综合评价中权重分配的正确制定[J]食品科学, 1993,3:9-11.
- QI Chang-ying. The correct proportion in sense organ quality fuzzy synthetic evaluation[J]. **Food science**, 1993, 3:9-11. (in Chinese)
- [10] MIN Hu, LEIF H. Skibsted. Antioxidative capacity of rhizome extract and rhizome knot extract of edible lotus (*Nelumbo nuficera*) [J]. **Food Chemistry**, 2002, 76:327-333.
- [11] Jinhua Du, Yucheng Fu, Niya Wang. Effects of aqueous chlorine dioxide treatment on browning of fresh-cut lotus root[J]. **LWT-Food Science and Technology**, 2009, 42: 654-659.
- [12] 董英,陈庶来,陆道礼. 藕汁饮料的开发研制[J]. 江苏理工大学学报,1994,15(6): 21-24.
- DONG Ying, CHEN Shu-lai, CHEN Dao-lai. Development of lotus root juice[J]. **Journal of Jiangsu University of Science and Technology**, 1994, 15(6): 21-24. (in Chinese)
- [13] 张家骊,夏文水. 莲藕汁饮料[J]. 冷饮与速冻食品工业,2000,4:22-24.
- ZHANG Jia-li, XIA Wen-shui. Lotus root juice[J]. **Cold drink and frozen food industry**, 2000 ,4:22-24. (in Chinese)
- [14] 樊爱萍,吴荣书,杨成锦. 浑浊型藕饮料的研制[J]. 食品科技,2006,10:196-198.
- FAN Ai-ping, WU Rong-shu, YANG Chen-jin. Preparation of muddy lotus root juice drink[J]. **Food Science and Technology**, 2006, 10:196-198. (in Chinese)
- [15] 潘思轶,王可兴,李言郡. 莲藕爽汁饮料护色方法及风味调配试验研究[J]. 食品科学,1995,16(5):30-36.
- PAN Si-yi, WANG Ke-xing, LI Ke-jun. The study of protecting the color method and mixing savors in lotus root crisp juice[J]. **Food science**, 1995, 16(5):30-36. (in Chinese)
- [16] 吴振先,韩冬梅,季作梁,等. SO₂对贮藏龙眼果皮酶促褐变的影响[J]. 园艺学报, 1999,26(2): 91-95.
- WU Zhen-xian, HAN Dong-mei, JI Zuo-liang, et al. Effect of sulphur dioxide treatment on enzymatic browning of longyan pericarp during storage[J]. **Acta Horticulturae Sinica**, 1999, 26 (2): 91-95. (in Chinese)
- [17] 王相友,石启龙,王娟,等. 双孢蘑菇护色保鲜技术研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(6):205-208
- WANG Xiang-you, SHI Qi-long, WANG Juan, et. al. Color protection and freshness-keeping technology of *Agaricus bisporus* during modified atmosphere storage[J]. **Transactions of the CSA E**, 2004, 20(6):205-208. (in Chinese)
- [18] 韩涛,李丽萍,赵佳. 切割山药片在贮存期间的色泽变化及护色工艺研究[J]. 食品工业科技,2005,1175-177.
- HAN Tao, LI Li-ping, ZHAO Jia. The technical study of luster change and protecting color for the cutting Chinese yam in the storing period[J]. **Science and Technology of Food Industry**, 2005, 1175-177. (in Chinese)
- [19] 秦颖. 正交实验设计法在造纸实验中的应用[J]. 黑龙江造纸,2006,(1):42-43.
- QIN Ying. The application of orthogonal experimental design in papermaking experiments[J]. **Heilongjiang papermaking**, 2006,(1):42-43. (in Chinese)
- [20] 罗仓学,陈雪峰,刘爱香. 模糊数学在果汁饮料质量评比中的应用[J]饮料工业,2001,4(4):12-14.
- LUO Cang-xue, CHEN Xue-feng, LIU Ai-xiang. Application of fuzzy mathematics to quality evaluation of juice drinks[J]. **Beverage Industry**, 2001, 4 (4):12-14. (in Chinese)

(责任编辑:杨萌)