

文章编号:1673-1689(2011)02-0228-06

以全藕粉为原料加工藕汁的稳定性及风味

刘军波¹, 张愨^{*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: 对全藕粉加工莲藕汁的工艺进行了研究, 重点研究了其稳定特性, 筛选并优化了复合稳定剂的质量添加配比, 即: 卡拉胶 0.02 g/dL、 β -环状糊精 0.08 g/dL、海藻酸钠 0.10 g/dL。借助电子鼻对全藕粉加工的莲藕汁与鲜藕汁进行了风味的对比, 结果发现两者的挥发性风味物质种类保持了协调一致, 但藕粉汁的响应值略低于鲜藕汁。

关键词: 鲜藕; 藕粉; 制汁; 稳定; 电子鼻

中图分类号: S 377

文献标识码: A

Stability and Flavor on Juice Made of Full Lotus Root Powder

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

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

Abstract: This manuscript study the process parameters for juice made from full lotus root powder. The optimum composite levels were achieved; carrageenan 0.02%, β -cyclodextrine 0.08%, sodium alginate 0.05%. The juice flavor of full lotus root powder and fresh lotus root were both conducted with the aid of the electronic nose, it was found that both of them has the same flavor material type, but the flavor threshold value full lotus root powder juice was inferior to the fresh lotus root juice.

Key words: fresh lotus root, full lotus root powder, juice, stable, electronic nose

莲藕在我国南北各地都有种植, 长江流域以南栽培较多, 是一种含水量高、组织脆嫩的水生蔬菜^[1]。莲藕不仅营养物质丰富, 还具有抗氧化的功效, 是一种药食兼用食品, 具有清除自由基功能^[2]。开发莲藕深加工产品, 能够提高莲藕的经济产值。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), 藕汁的欧美国际市场前景广阔。莲藕富含多酚类物质, 易发生酶促褐变, 难于贮藏, 且受采收季节限制, 原料浪费严重。所以许多企业藕汁的生产只局限集中在莲藕收获的一小段时间, 地域性和季节性限制明显。

全藕粉一般是加工固体藕粉产品的前加工原料, 是将鲜藕磨浆、干燥制得的超微藕粉, 粒度在 200 目以上, 未经过脱除蛋白质、脂肪等营养物质的

收稿日期: 2010-03-30

基金项目: 国家自然科学基金项目(20776062); 江苏省“333 高层次人才培养工程”资助项目。

* 通信作者: 张愨(1962-), 男, 浙江平湖人, 工学博士, 教授, 博士研究生导师, 主要从事农副产品加工与贮藏方面的研究。Email: min@jiangnan.edu.cn

工艺处理,最大限度保留了鲜藕的风味及营养成分,而且含水量极低,能够保存两年以上,但在制取的干燥工艺中也丧失了一些热敏性的风味物质。全藕粉加工制汁具有一些明显的优点,一方面它不易贮存的鲜藕在收获季节间接地保存下来,并且贮藏时间长,突破藕汁生产的季节性限制;另一方面由于鲜藕成熟度、品种、原料差异难控制,但现在有关于生产全藕粉的统一标准,能够减小产品原料上的差异。此外一部分企业在鲜藕汁生产中采用的是物理方式脱除淀粉工艺,再将富含淀粉的藕渣用于藕粉生产,而对全藕粉采用酶解工艺将其中的淀粉酶解为糖类物质,相对于采用物理方式脱除淀粉生产的藕汁,多糖类物质含量增加。全藕粉生产藕汁饮料,最大程度上还原了鲜藕汁的成分,延长了藕汁企业的生产时间,带来巨大的经济效益,这也是针对莲藕这种特定原料而采取的一种新加工思路。

1 材料与方 法

1.1 原料与试剂

全藕粉:由杭州天堂食品有限公司提供;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生产,液状试剂,适宜 pH 5.0~6.0,温度 50~60 ℃,酶活 20 000 U/mL;试验所用其它分析试剂均为分析纯。

1.2 仪器设备

PEN3 电子鼻系统:德国 AIRSENSE 公司制造;SQ2130D 多功能食品加工机:上海帅佳电子科技有限公司;组织捣碎机:上海标本模型厂;TDL-60 台式离心机:上海安亭科学仪器厂;NDJ-79 型旋转式粘度计:上海同济大学机械电厂;pHS-2C 酸度计:上海分析仪器厂;752 紫外可见分光光度计:上海精密科学仪器有限公司;阿贝折光仪:上海物理光学仪器厂;浊度仪:无锡光明浊度仪厂;离心沉淀机:上海医用分析仪器厂;恒温水浴锅:郑州长城科工贸有限公司;实验室常规玻璃仪器等。

1.3 工艺流程

全藕粉→糊化→酶解→粗滤→离心→调配→均质→杀菌→真空灌装→成品

1.4 试验方法

1.4.1 藕粉制取藕汁的工艺

1) 糊化:将全藕粉以 1:20 的料液质量比边搅拌边加热,温度升高到 70 ℃,全藕粉变为胶状粘稠液体后停止加热。

2) 酶解:将糊化的全藕粉浆液加入 0.2% 的真

菌淀粉酶,在 55 ℃ 下,酶解 90 min,以碘液试剂作为酶解终点的检测。

3) 过滤:将酶解后的液体先过 200 目的筛网粗滤,再放到离心沉淀机中,在 4 000 r/min 下离心 20 min,取上层的清液作为调配的藕初汁。以浊度作为酶解、过滤效果的评价指标,浊度是指水中悬浮物对光线透过时所发生的阻碍程度。水中的悬浮物一般是泥土、砂粒、微细的有机物和无机物、浮游生物、微生物和胶体物质等。本试验采用的浊度仪依据光散射原理,测试皿规格为 2.5 cm×5 cm×7.5 cm,浊度单位为 NTU。

4) 调配:以 90 g/dL 的藕初汁,8 g/dL 的白砂糖,0.1 g/dL 的蜂蜜的质量配比进行调配,制得莲藕汁(以下称作藕粉汁)。

1.4.2 藕粉汁稳定性的研究

1) 复配稳定剂的筛选:将调配好的藕粉汁分别加入同一水平 0.1 g/dL 的卡拉胶、阿拉伯胶、果胶、海藻酸钠、β-环状糊精、羧甲基纤维素钠(CMC-Na) 6 种稳定剂,进行了稳定性检验。

2) 复合稳定剂的正交优化试验:由单因素试验选取稳定效果较好的前 3 种稳定剂,然后再选取 3 个水平进行 $L_9(3^1)$ 正交试验^[3]。每个处理重复 3 次,对试验结果进行方差分析,并确定最优添加配比。分析软件采用 DPS 数据处理软件。

3) 稳定性评价指标:粘度值采用旋转粘度计的第三套单元测试工具对体系的绝对粘度进行测定,测试温度为 25 ℃,粘度单位为毫帕斯卡·秒(mPa·s);悬浮性是将添加有稳定剂的莲藕汁在分光光度计中 660 nm 波长下测定体系的透光率 T_a ,将测试的液体在 6 000 r/min 下离心 10 min,同样在 660 nm 波长下测定离心后液体的透光率 T_c ,以透光率 T_c 与 T_a 的差值 ΔT 作为悬浮性的评价指标,比色皿规格为 1 cm×1 cm;浊度测试指标同 1.4.1;稳定性是对粘度值、悬浮性、浊度 3 个指标的综合评判,采用评价函数法将指标转化为单目标优化问题。悬浮性、浊度在优化时尽量取最小值,粘度在优化时尽量取最大值来平衡各指标的量级和量纲,先采用线性型功效系数法^[4]进行规范化,再用线性加权法,构造评价函数,即

$$\omega[F(Y)] = \omega_1 \times \left(1 - \frac{Y_1 - Y_{1\min}}{Y_{1\max} - Y_{1\min}}\right) + \omega_2 \times \left(1 - \frac{Y_2 - Y_{2\min}}{Y_{2\max} - Y_{2\min}}\right) + \omega_3 \times \left(1 - \frac{Y_3 - Y_{3\min}}{Y_{3\max} - Y_{3\min}}\right)$$

式中 Y_1 、 Y_2 和 Y_3 分别代表每次试验中测定的粘度、

浊度和悬浮性; $Y_{i,max}$ 、 $Y_{i,min}$ ($i = 1, 2, 3$) 分别代表本组试验中测定的粘度、浊度和悬浮性的最大值和最小值; ω_1 、 ω_2 和 ω_3 根据模糊数学环比法^[5] 分别确定为 0.3、0.3 和 0.4。综合评价值 $\omega[F(Y)]$ 越小稳定性越高。

1.4.3 均质、杀菌 将确定的最优添加配比的饮料在 20 MPa 下均质两次,然后再在 95 °C 杀菌 15 min 后,真空罐装得到莲藕汁饮料。

1.4.4 电子鼻对其挥发性风味的定性检测 将鲜藕按照鲜藕→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→成品的工艺来制取莲藕汁(下文统一将其称作鲜藕汁)。

具体工艺参数为:将鲜藕清洗、修整后,在添加 0.3 g/dL 乙酸锌、0.18 g/dL 乙二胺四乙酸二钠(EDTA-2Na)和 0.02 g/dL 抗坏血酸护色液中 100 °C 热烫 90 s,将多酚氧化酶灭活后,以 1:2 的料液质量比打浆,加入 0.2 g/dL 的真菌淀粉酶在 55 °C 下酶解 90 min,经 200 目筛网粗滤后再在 4 000 r/min 下离心 20 min,取上清液作为莲藕藕初汁,以 90 g/dL 的藕初汁,8 g/dL 的白砂糖,0.1 g/dL 的蜂蜜的质量配比进行调配,制得莲藕汁饮料。经 95 °C 杀菌 15 min 罐装后得到的饮料用于电子鼻测试中的鲜藕汁。

利用电子鼻对藕粉汁、鲜藕汁以及市场产品(怡味莲牌藕汁)进行挥发性风味测试。测试取电子鼻吸气稳定后 41~50 s 之间的各传感器的电阻比值的平均值。

1.4.5 感官、理化和微生物指标检验 经过 7 d 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 制汁工艺

全藕粉中含有的主要成分是藕淀粉,严守雷等^[6] 研究了全藕粉的成分,其中主要是淀粉。莲藕淀粉呈圆形和椭圆形颗粒,而直链淀粉占到 24.76%,为 V 型,支链淀粉无明显晶体结构。藕淀粉的糊化温度为 68.0~81.5 °C^[7],所以在藕淀粉与水加热至 70 °C 时,便已经完全糊化。藕淀粉吸水膨胀为胶状流体,加入真菌淀粉酶后搅拌立即由胶状转化为流体状态,原因在于支链淀粉间的空间结构立即被淀粉酶断开,在酶解过程中藕淀粉在酶的作用下进一步转化为低分子寡聚糖和少量的麦芽糖等。再经粗滤、离心后经碘液检验,淀粉基本脱除干净。酶解的效果通过酶解前后的浊度对比见图

1。藕中的淀粉含量占了至少 75% 以上,酶解效果明显,酶解后的浊度主要由一些杂质和非水溶性的纤维物质造成。经过酶解后,溶液的可溶性固形物含量上升至 4.0 Brix 左右。

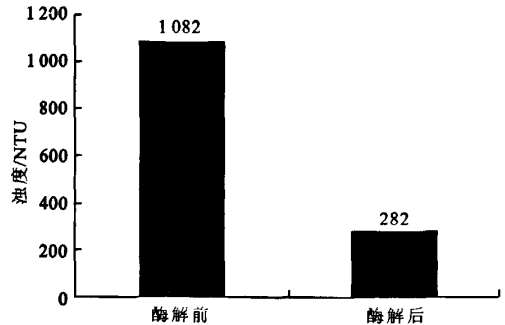


图1 酶解前后体系的浊度

Fig. 1 Turbidity of enzymolysis system

2.2 稳定性分析

2.2.1 单一稳定剂的添加效果 6种稳定剂在同一添加水平(0.1 g/dL)下的稳定效果见表1。海藻酸钠是从海带等褐藻类海藻中提取制得的,为淡黄色粉末,几乎无臭、无味、溶于水呈粘稠状胶状液体。它的凝胶性优于一般的稳定剂^[8],所以对于莲藕汁的稳定,浊度、粘度和悬浮性都表现出较优的效果,而果胶是食品工业中应用最普遍的一种稳定剂和乳化剂^[9],但对于莲藕汁的稳定体系并没有起到较好的效果。可能与莲藕的特定成分有关,机理尚不清楚。卡拉胶稳定效果较好,原因在于卡拉胶带有的强阴离子基团——硫酸酯,能直接或通过金属离子“架桥”与带正电荷的蛋白质、类脂、葡聚糖相结合,稳定性强^[10]。 β 环状糊精的浊度与粘度虽然较差,但由于 β 环状糊精分子具有中间圆筒立体结构,没有还原端和非还原端,即没有还原性。这种结构很稳定,不易受酶、酸碱、热等条件的作用而分解,故 β 环状糊精的主要特征是疏水性空洞内可嵌入各种有机化合物,从而形成稳定的络合物^[11],导致 β 环状糊精的悬浮性在6种稳定剂中最优,使其的稳定性综合评判较好。阿拉伯胶是目前国际上最为廉价而又广泛应用的亲水胶体之一,是工业上用途最广的水溶性胶体之一^[12]。在所有一般的商品胶(未水解的)中,由于其高度的分支结构和球状(不易伸展)形态,阿拉伯胶水溶液的粘度是最低的^[13],致使它的在本试验综合评判稳定性中表现较差。羧甲基纤维素钠(CMC-Na)也是一种广泛应用的增稠剂、黏合剂、稳定剂^[9]。它在酸性环境中也能够使得产品中蛋白质稳定,但易受到添加量、pH值和调酸温度等因素的影响^[14],对莲藕汁稳定性效

果一般。所以根据单因素试验,根据综合浊度、粘度和悬浮性 3 个指标建立的稳定性评价选定海藻酸钠、卡拉胶和 β -环状糊精 3 种稳定剂作为复配种类,并确定三者正在正交试验中的添加水平,见表 2。

表 1 单一稳定剂稳定效果

Tab. 1 Results of different kinds of stabilizing agents

稳定剂	浊度/ NTU	粘度/ mPa·s	悬浮性/ ΔT	稳定性
海藻酸钠	118	2.9	11.0	0.285
果胶	147	1.5	13.0	0.950
卡拉胶	112	3.0	11.9	0.304
β -环状糊精	122	1.2	8.8	0.392
阿拉伯胶	124	1.2	12.2	0.732
CMC-Na	111	1.9	11.2	0.412

表 2 复合稳定剂因素水平表

Tab. 2 Levels of compound stabilizing agents

水平	A(卡拉胶 质量浓度)/ (g/dL)	B(β -环状糊精 质量浓度)/ (g/dL)	C(海藻酸钠 质量浓度)/ (g/dL)
1	0.02	0.04	0.08
2	0.04	0.06	0.10
3	0.06	0.08	0.12

2.2.2 复合稳定剂 $L_9(3^4)$ 正交试验结果 两种或两种以上的稳定剂混合使用时往往具有协同作用,可以提高稳定效果,其协同效应的共同特点是混合溶液经过一段时间后,体系的黏度大于体系各组分黏度的总和或者再形成凝胶以后生成高强度的凝胶^[8]。稳定剂配比正交试验结果见表 3。

表 3 稳定剂配比正交试验结果

Tab. 3 Result of orthogonal examination on stabilizing agents

处理号	因素			D 空列	评价指标				综合评价
	A(卡拉胶 质量浓度)/ (g/dL)	B(β -环状糊精 质量浓度)/ (g/dL)	C(海藻酸钠 质量浓度)/ (g/dL)		浊度	粘度	悬浮性	稳定性	
1	1(0.02)	1(0.04)	1(0.08)	1	133	3.1	4.9	0.275	
2	1	2(0.06)	2(0.10)	2	168	3.2	5.1	0.467	
3	1	3(0.08)	3(0.12)	3	169	3.4	5.3	0.420	
4	2(0.04)	1	2	3	185	3.1	5.8	0.748	
5	2	2	3	1	192	3.5	6.0	0.704	
6	2	3	1	2	193	3.23	6.1	0.774	
7	3(0.06)	1	3	2	179	3.7	6.2	0.580	
8	3	2	1	3	197	3.0	6.2	0.950	
9	3	3	2	1	161	3.7	5.3	0.254	
k_{1j}	0.387	0.534	0.666	0.411					
k_{2j}	0.742	0.707	0.490	0.607					
k_{3j}	0.595	0.483	0.568	0.706					
R	0.355	0.224	0.176	0.295					

注: k_{ij} 为各列均值,R为极差值,评价指标与综合评价均为 3 次重复测定的平均值,数据分析的源数据为所有测定数据。

对试验结果进行方差分析及差异显著性检验(DPS 软件,Duncan 新复极差法)。方差分析结果见表 4。A 因素(卡拉胶)在 0.01 水平下差异极显著,B 因素(β -环状糊精)在 0.05 水平下差异显著,而 C 因素(海藻酸钠)在 0.05 与 0.01 水平下差异都不显

著。由表 3 中的 R 值可知:主次顺序为 $A > B > C$ 。同时由表 3 中的 k_{1j} 、 k_{2j} 、 k_{3j} 值可确定各因素的最优水平为 $A_1 B_3 C_2$,即在卡拉胶 0.02 g/dL、 β -环状糊精 0.08 g/dL、海藻酸钠 0.10 g/dL 水平下添加质量配比效果最好,该组合为最优处理。

表 4 正交设计各因素方差分析表(完全随机模型)

Tab. 4 Orthogonal factors analysis of variance (completely random model)

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	F_{α}	显著性
A 因素	0.570 19	2	0.285 09	9.533 93	$F_{0.05} = 3.4$	**
B 因素	0.248 51	2	0.124 25	4.155 19	$F_{0.01} = 5.85$	*
C 因素	0.140 97	2	0.070 49	2.357 19		—
模型误差	0.406 40	2	0.203 20			
试验误差	0.191 66	18				
误差	0.598 06	20	0.010 65 总和	1.557 73		

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

2.3 电子鼻的测定结果

2.3.1 电子鼻对挥发性风味物质的响应 德国 AIRSENSE 公司 PEN3 的便携式电子鼻系统, 包含有 10 个金属氧化物传感器组成的阵列。传感器对不同的化学成分有不同的响应值。响应信号为传感器接触到样品挥发物后的电导率 G 与传感器在经过标准活性碳过滤气体的电导率 G_0 的比值。仪器组成主要包含: 传感器通道、采样通道、计算机。该电子鼻具有自动调整、自动校准及系统自动富集的功能^[15]。

2.3.2 藕粉汁与鲜藕汁、市场产品挥发性风味对比研究 利用 PEN3 电子鼻系统, 对市场产品(怡味莲品牌)、鲜藕汁和藕粉汁进行电子鼻检测分析, 测量挥发性风味物质特征时, 获得电子鼻 10 个传感器的响应值(图 2~4)。通过图 2 和图 3 的对比可知, 藕粉汁与鲜藕汁的均是 8 号、6 号和 2 号传感器的电阻率值明显, 但藕粉汁的电阻率值整体低于鲜藕汁。说明藕粉汁与鲜藕汁主要风味物质比例协调一致, 但挥发性风味物质含量整体低于鲜藕汁, 风味协调、清淡。其中 2 号传感器对藕汁中的氮氧化物类物质敏感, 8 号传感器对藕汁中的醇类、芳香类物质, 酚类物质敏感。6 号传感器对应藕汁中的烷烃类物质敏感。

将图 2~4 对比分析, 可知市场产品与本试验所做的藕粉汁还是有区别的, 藕粉汁各挥发性风味电阻值整体偏低且比例不一致, 差异很大, 而市场产品中 8 号、6 号、2 号和 4 号传感器对应的挥发性风味物质突出, 尤其是 6 号突出, 并且 4 号传感器显著高于藕粉汁与鲜藕汁。这说明本研究制得的鲜藕汁、藕粉藕汁同市场上的产品挥发性风味不同, 可能与原料、生产工艺, 配方有关。

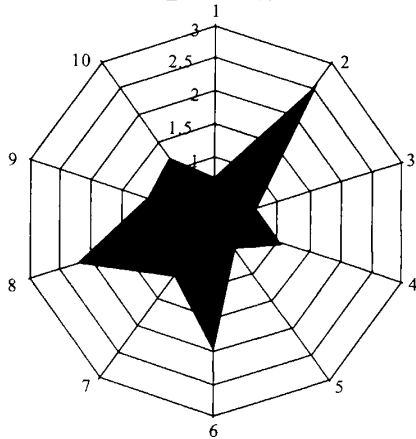


图 2 藕粉汁电子鼻检测挥发性风味物质雷达图

Fig. 2 Juice flavor of lotus root starch by electronic nose

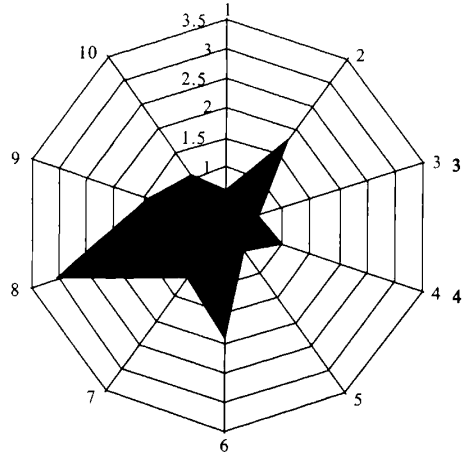


图 3 鲜藕汁电子鼻检测挥发性风味物质雷达图

Fig. 3 Flavor juice of fresh lotus root by electronic nose

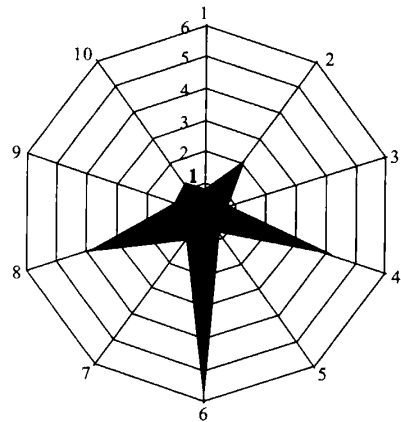


图 4 市场藕汁电子鼻检测挥发性风味物质雷达图

Fig. 4 Flavor juice from market by electronic nose

本试验的藕粉汁与鲜藕汁的挥发性风味物质组成及协调度相一致, 只不过全藕粉在干燥制取工艺中丧失了热敏性的挥发性风味物质, 致使其含量降低, 但协调度还是和鲜藕汁保持了一致, 所以, 采用藕粉制取藕汁具备了切实的可行性, 这种藕汁的加工新思路也具有重要意义。

2.4 产品质量的检测

2.4.1 感观指标 色泽, 淡黄, 组织状态是稳定、均一的液体, 滋味具有清淡的莲藕香气, 清凉柔和, 细腻可口。

2.4.2 理化指标 可溶性固形物: 12.5 Brix, pH 3.68, 重金属含量符合国家标准。

2.4.3 微生物指标 采用 GB4789^[16] 检验方法, 细菌总数 ≤ 100 cfu/mL; 大肠杆菌 ≤ 3 MPN/dL; 致病菌没有检出, 微生物指标符合国家标准。

3 结 语

由藕粉制汁工艺中,复合稳定剂效果优于单一稳定剂,本试验中得到的优化稳定剂添加质量配比

为卡拉胶 0.02 g/dL、 β -环状糊精 0.08 g/dL、海藻酸钠 0.10 g/dL。

本试验得到的藕粉汁与鲜藕汁挥发性风味物质协调一致,只是响应值略低于鲜藕汁。

参考文献(References):

- [1] Po-Yuan Chiang, Yue-Yu Luo. Effects of pressurized cooking on the relationship between the chemical compositions and texture changes of lotus root[J]. *Food Chemistry*, 2007, 105:480-484.
- [2] Min Hu, Leif H. Skibsted. Antioxidative capacity of rhizome extract and rhizome knot extract of edible lotus (*Nelumbo nucifera*) [J]. *Food Chemistry*, 2002, 76:327-333. (in Chinese)
- [3] 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,2003.
- [4] 叶盛英,李远志,罗树灿. 热泵除湿与热风联合干燥金针菇的研究[J]. 华南农业大学学报,1999,20(3):104-107.
YE Sheng-ying, LI Yuan-zhi, LUO Shu-can. Study on the heat pump dehumidifying and thermal airflow drying *Flammulina velutipes*[J]. *J South China Agric Univ*, 1999, 20(3):104-107. (in Chinese)
- [5] 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)
- [6] 田翠华. 莲藕淀粉的颗粒特性研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(10):4062-4064.
TIAN Cui-hua. Study on the granule properties of lotus root starch[J]. *Journal of Anhui Agri Sci*, 2008, 36(10):4062-4064. (in Chinese)
- [7] 秦志荣,许荣年,汪国旗,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)
- [8] 田呈瑞,徐建国. 软饮料工艺学[M]. 北京:中国计量出版社,2005.
- [9] Hamed Mirhosseini. Influence of pectin and CMC on physical stability, turbidity loss rate, cloudiness and flavor release of orange beverage emulsion during storage[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2008, 73:83-91.
- [10] 浮吟梅,王林山,苏海燕. 卡拉胶在食品工业中的应用[J]. 农产品加工, 2009, 8:56-58.
FU Yin-mei, WANG Lin-shan, SU Hai-yan. Application of carrageenan in food industry[J]. *Academic Periodical of Farm Products Processing*, 2009, 8:56-58. (in Chinese)
- [11] 刘海燕. 环状糊精的性质和应用[J]. 中国食品添加剂, 2004, 15:67-69.
LIU Hai-yan. The characteristic and application of cyclodextrin[J]. *China Food Additives*, 2004, 15:67-69. (in Chinese)
- [12] 张建荣. 阿拉伯胶的性质研究[J]. 农产品加工, 2009, 168:62-63.
ZHANG Jian-rong. Studies on characteristic of the arabic gum[J]. *Academic Periodical of Farm Products Processing*, 2009, 168:62-63. (in Chinese)
- [13] 胡国华. 阿拉伯胶在食品工业中的应用[J]. 粮油食品科技, 2003, 11(2):7-8.
HU Guo-hua. The characteristic and application of cyclodextrin[J]. *Food Science and Technology on Grain and Oil*, 2003, 11(2):7-8. (in Chinese)
- [14] 姚晶,孟祥晨. 羧甲基纤维素钠及酸性乳饮料加工工艺对其稳定性及粒径分布的影响[J]. 中国乳品工业, 2008, 36(7):40-43.
YAO Jing, MENG Xiang-chen. Effect of CMC and processing technology of acid milk drink on its stability and particle size distribution[J]. *Chinadairy*, 2008, 36(7):40-43. (in Chinese)
- [15] 董捷,张红城,李春阳. 电子鼻对不同地域的蜂胶气味测定的初步研究[J]. 食品科学, 2008, 29(10):468-470.
DONG Jie, ZHANG Hong-cheng, LI Chun-yang. Pilot study on determination of odor differences among bee propolis samples from different areas by electronic nose[J]. *Food Science*, 2008, 29(10):468-470. (in Chinese)
- [16] 章银良. 食品检验教程[M]. 北京:化学工业出版社,2006.