

莲藕汁的酶解和橙味莲藕饮料的研究

刘子鹏, 孙辰凯, 赵玉涵, 吕耀萱, 胡诗婷, 贾素欣, 牟建楼*

河北农业大学食品科技学院, 河北 保定

收稿日期: 2022年1月10日; 录用日期: 2022年2月7日; 发布日期: 2022年2月16日

摘要

以莲藕为原料, 以可溶性固形物含量为指标, 采用单因素试验和正交试验研究高温淀粉酶对莲藕淀粉的酶解作用, 得出适宜的酶解条件; 以酶解后的莲藕汁为主要原料, 制作橙味莲藕饮料, 通过单因素和正交试验研究橙汁、白糖和水添加量对饮料的影响。研究结果如下: 高温 α -淀粉酶作用温度为95℃, 时间为60 min, 酶的添加量0.75%, 在此条件下, 酶解后的莲藕汁可溶性固形物含量为11.6%; 10 ml的莲藕汁, 添加5 ml的橙汁, 1 g的白糖, 5 ml的纯净水, 饮料感官评分为75分。

关键词

莲藕, α -淀粉酶, 可溶性固形物, 饮料

Study on Enzymatic Hydrolysis of Lotus Root Juice and Orange-Flavored Lotus Root Beverage

Zipeng Liu, Chenkai Sun, Yuhan Zhao, Yaoxuan Lyv, Shiting Hu, Suxin Jia, Jianlou Mu*

College of Food Science and Technology, Hebei Agricultural University, Baoding Hebei

Received: Jan. 10th, 2022; accepted: Feb. 7th, 2022; published: Feb. 16th, 2022

Abstract

Lotus root was used as raw material and soluble solid content as an index, the enzymatic hydrolysis of starch by high temperature amylase was studied by single factor and orthogonal test, and the suitable enzymatic hydrolysis conditions were determined. The enzymolized lotus root juice was used as the main raw material to make orange flavor-lotus root beverage, the effects of orange

*通讯作者。

juice, sugar and water on the beverage were studied by single factor and orthogonal test. The results were as follows: the temperature of α -amylase was 95°C for 60 min, and the amount of α -amylase was 0.75‰, under these conditions, the soluble solid content of lotus root juice was 11.6%; 10 ml lotus root juice, 5 ml orange juice, 1 g white sugar, 5 ml water, the sensory score of the beverage was 75 points.

Keywords

Lotus Root, α -Amylase, Soluble Solids, Beverage

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

莲藕(*Nelumbo nucifera Gaertn.*), 又名藕、荷藕等, 是重要的水生蔬菜[1], 在我国广泛种植[2]。莲藕富含淀粉、膳食纤维和蛋白质等营养成分[3] [4] [5], 此外, 还含有类黄酮、多酚药用成份[6], 具有抗氧化和降血糖等功效[7] [8]。

莲藕制汁时往往存在着破碎后浆液粘度高、出汁率低、产品不易澄清等问题。高温 α -淀粉酶可在 60°C [9]以上的条件下水解淀粉、糖原及其降解物内部的 α -1.4 葡萄糖苷键, 使得淀粉溶液的粘度迅速下降[10]。本研究以九孔莲藕为原料, 用高温淀粉酶处理莲藕浆液, 运用单因素和正交试验优化淀粉酶酶解工艺参数, 复配橙汁研制橙味莲藕饮料, 旨在莲藕的深加工提供理论指导和技术支持。

2. 材料与amp;方法

2.1. 材料与试剂

莲藕: 九孔莲藕, 采自河北保定市望都县莲藕种植园;

高温 α -淀粉酶(酶活力为 25,000 U/mL): 江苏锐阳生物科技有限公司;

鲜橙: 超市所售普通甜橙;

白糖: 市售袋装白糖。

2.2. 仪器与设备

DZKW-C 电子恒温水浴锅: 北京光明医疗仪器厂;

九阳榨汁机 Z8-V82: 九阳股份有限公司;

阿贝折光仪: 上海物理光学仪器厂。

2.3. 试验方法

2.3.1. 莲藕汁加工工艺流程

莲藕→清洗→去皮→切片破碎→榨汁→护色→酶处理→过滤→莲藕汁

2.3.2. 耐高温淀粉酶酶解莲藕汁工艺优化

1) 温度对酶解效果的影响

取护色后的莲藕浆液 100 mL, 添加耐高温 α -淀粉酶 0.5‰ (v/v), 酶的作用时间, 固定的条件下, 分

别在 80℃、85℃、90℃、95℃、100℃ 下保温 1 h，然后过滤测定汁液可溶性固形物含量。试验重复 3 次，取平均值。

2) 酶的添加量对酶解效果的影响

取护色后的莲藕浆液 100 mL，分别添加耐高温 α -淀粉酶 0.25‰、0.5‰、0.75‰、1‰ (v/v)，95℃ 下保温 1 h，然后过滤测定汁液可溶性固形物含量。试验重复 3 次，取平均值。

3) 时间对酶解效果的影响

取护色后的莲藕浆液 100 mL，添加耐高温 α -淀粉酶 0.5‰ (v/v)，95℃ 下分别保温 30 min、60 min、90 min、120 min，然后过滤测定汁液可溶性固形物含量。试验重复 3 次，取平均值。

4) 正交试验优化酶解参数

在单因素试验的基础上，选取酶解温度、酶的添加量和作用时间三个因素，设计 $L_9(3^4)$ 正交试验表，以可溶性固形物含量为指标，确定适宜的酶解的条件。

2.3.3. 橙味莲藕饮料配方优化

为了让橙味莲藕性饮料更加适合大众的口味，赢得市场，调配复合型莲藕饮料，选用白糖、橙汁、水调配橙味型饮料。每一种物质的添加量都影响着橙味饮料的感官、口感和组织状态。

1) 白糖对橙味莲藕饮料的影响

取 10 ml 的莲藕汁、10 ml 的橙汁、10 ml 的纯净水，白糖以 1 g、2 g、4 g、6 g 分别进行复配，以感官评分为指标，确定适宜的白糖添加量。试验重复 3 次，取平均值。

2) 橙汁的添加量对橙味莲藕饮料的影响

取 10 ml 的莲藕汁、10 ml 的纯净水、白糖含量为 2 g，橙汁的添加量梯度为 5 ml、10 ml、15 ml 20 ml，分别进行复配，以感官评分为指标，确定适宜的橙汁添加量。试验重复 3 次，取平均值。

3) 纯净水的添加量对于橙味莲藕饮料的影响

取 10 ml 的莲藕汁、橙汁 10 ml、白糖含量 2 g，纯净水添加量为 5 ml、10 ml、15 ml、20 ml 分别进行复配，以感官评分为指标，确定适宜的水添加量。试验重复 3 次，取平均值。

4) 正交试验优化饮料配方

在单因素试验的基础上，选取橙汁的添加量、白糖的添加量以及纯净水的添加量三个因素，设计 $L_9(3^4)$ 正交试验表，以感官评分为指标，确定适宜的配方。

2.3.4. 感官评定方法

由 10 人组成评价小组，每个人根据产品的色泽，组织状态，香气和口感的评分标准进行评分，满分 100 分，最后取平均分[11]。橙味莲藕饮料感官评定方法见表 1。

Table 1. Sensory evaluation method of orange-flavored lotus root beverage

表 1. 橙味莲藕饮料感官评定方法

指标	评价标准	得分
色泽(20 分)	莲藕色略带黄色	16~20
	浅黄色	12~16
	深黄色	12 以下
香气(30 分)	浓郁藕香和橙香	25~30
	具有橙香和藕香	21~25
	无	21 以下

Continued

口感(30分)	酸甜适中均匀细腻	25~30
	酸度、甜度、稍大	21~25
	酸味、甜味过重有颗粒感	21以下
形态(20分)	透明、无混浊	16~20
	微混浊、略带沉淀	12~16
	混浊、较明显	12以下

3. 结果与分析

3.1. 耐高温 α -淀粉酶酶解温度对莲藕汁可溶性固形物含量的影响

温度对耐高温 α -淀粉酶酶解效果的影响结果见图 1。由图 1 可知, 随酶解温度升高, 莲藕汁中可溶物固形物的含量逐渐增大, 95℃时, 可溶性固形物含量达到最大值, 100℃时可溶性固形物含量又下降。不同温度处理之间差异显著($P < 0.5$)。这是因为温度过高或过低均会影响淀粉酶的活性。因此本研究确定高温淀粉酶的适宜反应温度为 95℃。

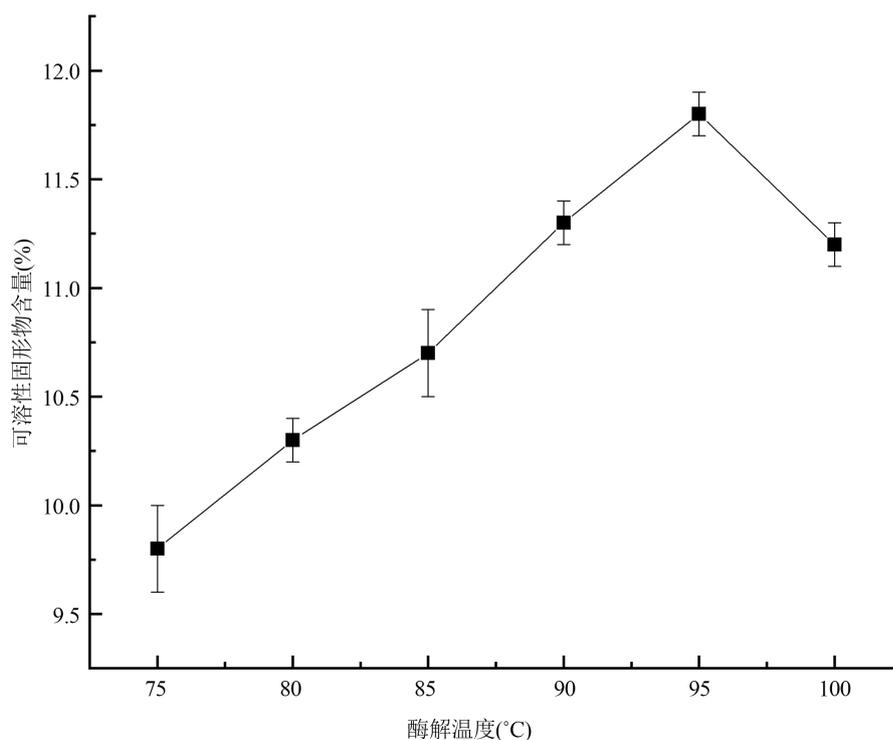


Figure 1. Effect of enzymolysis temperature on soluble solid content of lotus root juice
图 1. 酶解温度对莲藕汁可溶性固形物含量的影响

3.2. 耐高温 α -淀粉酶用量对莲藕汁可溶性固形物含量的影响

耐高温 α -淀粉酶添加量对酶解效果的影响结果见图 2。由图 2 可知, 随酶添加量增加, 反应速度增大, 可溶性固形物含量增加。添加量为 0.5‰时, 可溶性固形物含量达到 11.0%, 随着酶添加量继续增多, 可溶性固形物含量变化差异不显著。因此本研究确定 α -淀粉酶适宜添加量为 0.5‰。

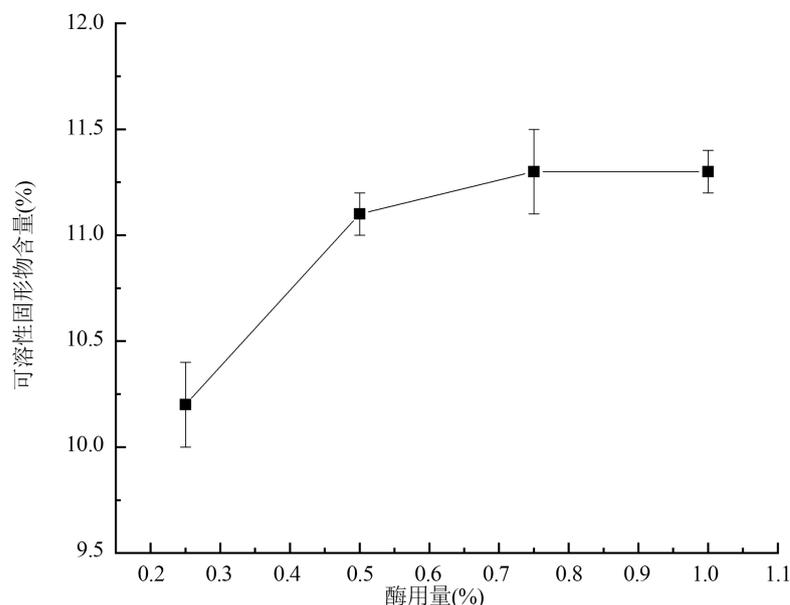


Figure 2. Effect of enzyme addition level on soluble solid content of lotus root juice
图 2. 酶用量对莲藕汁可溶性固形物含量的影响

3.3. 耐高温 α -淀粉酶酶解时间对莲藕汁可溶性固形物含量的影响

酶解时间对酶解效果的影响结果见图 3。由图 3 可知，随着酶解时间的增加，莲藕汁可溶性固形物含量逐渐增大，60 min 时达到 11.3%，当酶解时间超过 60 min 以后，可溶性固形物含量无显著变化。分析其原因，随着水解程度增加，可作用位点减少，酶解产物浓度增加也抑制水解进行[12]。王玉洁[13]认为由于酶反应速度取决于酶和底物的浓度，反应初始阶段酶反应速度呈线性变化，产物含量迅速增加，当反应达到平衡时，酶反应速度不再变化，还产物含量不再增加。本研究选择莲藕汁适宜的酶解时间为 60 min。

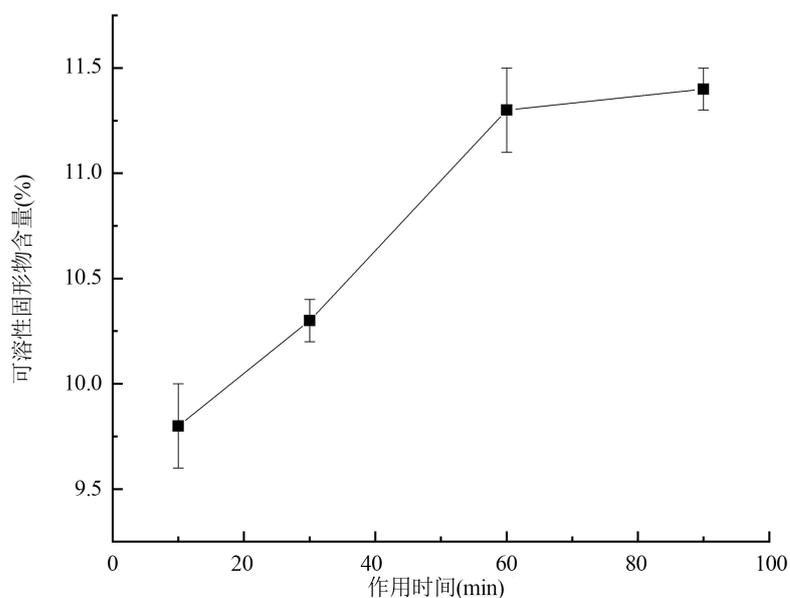


Figure 3. Effect of enzymatic hydrolysis time on soluble solid content of lotus root juice
图 3. 酶解时间对莲藕汁可溶性固形物含量的影响

3.4. 酶解条件的正交试验结果

耐高温 α -淀粉酶酶解条件优化结果见表 2。

Table 2. Orthogonal test factors and results

表 2. 正交试验因素与结果

试验序号	因素			可溶性固形物含量(%)
	A 温度(°C)	B 酶解时间(min)	C 酶的添加量(‰)	
1	1 (90)	1 (30)	1 (0.25)	10.1
2	1	2 (60)	2 (0.5)	10.2
3	1	3 (90)	3 (0.75)	11.4
4	2 (95)	1	2	11.7
5	2	2	3	11.6
6	2	3	1	10.5
7	3 (100)	1	3	10.7
8	3	2	1	11.4
9	3	3	2	11.6
K ₁	10.5	10.8	10.6	
K ₂	11.3	11.2	11.1	
K ₃	11.2	11	11.3	
R	0.8	0.4	0.7	
主次顺序		A > C > B		
优水平	A2	B2	C3	

由表 2 可知, 在酶处理温度、时间和酶的添加量三个因素中, 以可溶性固形物为指标, 对酶处理影响的主次顺序为 A > C > B, 即影响最大的因素是酶解温度, 其次是酶的添加量, 酶解时间的影响是最小的。淀粉酶酶解优化条件为 A2B2C3, 即温度为 95 °C, 时间为 60 min, 酶的添加量 0.75‰, 在此条件下, 酶解后的莲藕汁可溶性固形物含量为 11.6%。

3.5. 橙味莲藕饮料的配方优化

3.5.1. 白砂糖对橙味莲藕饮料的影响

白砂糖对橙味莲藕饮料影响的感官评分结果见表 3。

Table 3. Sensory score of the influence of white sugar on orange-flavored lotus root beverage

表 3. 白砂糖对橙味莲藕饮料影响的感官评分结果

白糖(g)	1	2	4	6
评分	74 ± 3	83 ± 2	79 ± 3	72 ± 4

由表 3 可知, 白糖添加量为 2 g 时, 感官评定分数最高, 然后随着添加量的增大, 感官评分逐渐下降, 出现此结果的原因是白糖添加量过大和过小, 都会使口感发生变化, 影响口感, 因此在 2 g 时口感正好。

3.5.2. 橙汁的添加量对橙味莲藕饮料的影响

橙汁添加量对橙味莲藕饮料影响的感官评分结果见表 4。

Table 4. Sensory scores of orange juice on the effect of orange-flavored lotus root beverage

表 4. 橙汁对橙味莲藕饮料影响的感官评分结果

添加量(ml)	5	10	15	20
评分	72 ± 5	78 ± 2	75 ± 4	69 ± 3

由表 4 可知, 饮料感官评分随着橙汁的添加量先增大, 后减小, 在橙汁添加量为 10 ml 时口感达到最高。橙汁过量的添加会使饮料酸味大, 影响莲藕饮料口感, 橙汁量太少饮料太淡, 因此在峰值最高时口感最好。

3.5.3. 纯净水的添加量对橙味莲藕饮料的影响

纯净水的添加量对于橙味莲藕饮料的感官评分影响见表 5。

Table 5. Sensory score of water on the effect of orange-flavored Lotus root beverage

表 5. 纯净水添加量对橙味型藕饮料影响的感官评分结果

添加量(ml)	5	10	15	20
评分	70 ± 5	78 ± 3	73 ± 6	70 ± 1

由表 5 可知, 随着纯净水添加量的增大, 感官评分也随着变大, 在添加量为 10 ml 时达到评分最大, 继续添加纯净水, 感官评分开始逐渐下降, 因此选择纯净水为 10 ml。

3.5.4. 正交试验优化配方

橙味莲藕饮料的配方正交试验表与结果见表 6。

Table 6. Formula orthogonal test table and results of orange-flavored Lotus root beverage

表 6. 橙味莲藕饮料的配方正交试验表与结果

试验序号	因素			感官评分
	橙汁添加量(ml)	白糖(g)	纯净水添加量(ml)	
1	1 (5)	1 (1)	1 (5)	75
2	1	2 (2)	2 (10)	69
3	1	3 (4)	3 (15)	67
4	2 (10)	1	2	63
5	2	2	3	71
6	2	3	1	69
7	3 (15)	1	3	63
8	3	2	1	63
9	3	3	2	56
K ₁	70	68	69	
K ₂	68	67	63	
K ₃	59	64	64	
R	11	4	5	
主次顺序		A > C > B		
优水平	A1	B1	C1	

由表 6 可以看出, 在橙汁添加量、纯净水添加量和白糖添加量三个因素中, 对橙味莲藕型饮料的影响的主次顺序为 A > C > B, 即影响最大的因素是橙汁添加量, 其次是纯净水添加量, 白糖含量的影响是最小的。橙味莲藕饮料配方的优化组合为 A1B1C1, 即 10 ml 的莲藕汁, 添加 5 ml 的橙汁, 1 g 的白糖, 5 ml 的纯净水, 感官评分为 75 分。

4. 讨论

α -淀粉酶的作用与酶的种类、添加量、pH 值、作用温度和时间有一定的关系。吕艳[12]研究得出 α -淀粉酶添加量 10 U/g, 70℃处理 60 min, 酶作用 pH 6.2, 莲藕出汁率为 57.8%。周静茹[14]得到 α -淀粉酶添加量 10 U/g, 75℃下作用 50 min, pH 值 6.0, 莲藕的出汁率为 78.53%。以上研究均采用中温淀粉酶酶解淀粉, 并且都进行了 pH 调整, 以出汁率为指标。

本文采用高温淀粉酶酶解莲藕汁, 保持自然 pH, 以可溶性固形物为指标衡量酶解效果, 此过程高温酶解的同时能抑制莲藕汁的褐变, 并且衡量指标易得。

复合型果蔬汁饮料形式多样, 可以实现营养互补, 口感与风味丰富, 成为近年来研发的热点。周静茹[14]以感官评分(口感、气味和颜色)为指标, 确定了复合饮料的配方为: 莲藕汁添加 70%, 白砂糖 3%, 梨浓缩汁 2%, 苹果浓缩汁 2%, 哈密瓜浓缩汁 2%。宁宛芝[15]以感官评分(气味、色泽、组织形态和口感)为指标, 研制了一种具有清凉解渴作用的莲藕饮料, 配方为: 藕汁 50%, 贡菊汁 25%, 蜂蜜 4%以及木糖醇 12%。

本文以感官评分(色泽、香气、口感和形态)为指标, 研发了橙味莲藕型饮料, 经正交试验优化, 得出适宜配方为: 10 ml 的莲藕汁, 添加 5 ml 的橙汁, 1 g 的白糖, 5 ml 的纯净水。

基金项目

河北省农产品加工工程技术研究中心运行绩效后补经费(199676183H)。

本研究受河北农业大学食品加工学科群经费资助(项目编号: 2022-03)。

参考文献

- [1] 张翰卿, 刘瑞玲, 吴伟杰, 等. 苹果多酚对鲜切莲藕品质及褐变的影响[J]. 浙江农业学报, 2019, 31(9): 1549-1554.
- [2] 王清章, 邱承光, 彭光华, 等. 莲藕粉糊的流变特性实验研究[J]. 农业工程学报, 2002, 18(4): 116-119.
- [3] 顾晓敏, 童川, 韩延超, 等. 不同品种莲藕游离氨基酸多样性分析[EB/OL]. 食品科学, 2021-05-25.
- [4] 肖南, 银秋玲, 刘艳珍, 等. 贺州市 2 种水生类蔬菜营养成分比较[J]. 安徽农业科学, 2019, 47(4): 191-193.
- [5] 张壹钦, 郜海燕, 韩延超, 等. 莲藕杭白菊复合茶饮工艺及护色条件优化研究[J]. 保鲜与加工, 2020, 20(2): 113-118.
- [6] Chiang, P. and Luo, Y. (2007) Effects of Pressurized Cooking on the Relationship between the Chemical Compositions and Texture Changes of Lotus Root (*Nelumbo nucifera Gaertn.*). *Food Chemistry*, **105**, 480-484. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.04.003>
- [7] Tu, J., Zhang, M., Xu, B., et al. (2015) Effects of Different Freezing Methods on the Quality and Microstructure of Lotus (*Nelumbo nucifera*) Root. *International Journal of Refrigeration*, **52**, 59-65. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2014.12.015>
- [8] Ting, M., Li, F.N., Xiang, Y.F., et al. (2021) The Effects of Different Temperatures on the Storage Characteristics of Lotus (*Nelumbo nucifera G.*) Root. *Food Chemistry*, **348**, 129109. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129109>
- [9] 尹伊, 屈建航, 李海峰, 等. 耐酸耐高温 α -淀粉酶及其菌种选育研究进展[J]. 粮油食品科技, 2015, 23(5): 101-105.
- [10] 蒋若天, 宋航, 陈松, 等. 一株产 α -高温淀粉酶的地衣芽孢杆菌的分离和筛选[J]. 工业微生物, 2007, 37(3): 37-41.

- [11] 孟秀梅, 李明华, 顾立众, 等. 莲子山药饮料的研制[J]. 食品工业, 2017, 38(2): 107-111.
- [12] 吕艳, 王辰. 莲藕汁的酶法水解与稳定性研究[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(16): 82-85.
- [13] 王玉洁, 白光月. 微胶囊化 α -淀粉酶催化动力学研究[J]. 东北师大学报: 自然科学版, 1994(2): 123-126.
- [14] 周静茹, 高胜寒, 张左勇, 等. 一种莲藕复合果蔬饮料的工艺研究[J]. 农产品加工, 2019(2): 30-34.
- [15] 宁宛芝, 唐明明, 朱勇生, 等. 一种具有清凉解渴作用的莲藕饮料的工艺研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(3): 491-497.