

DOI:10.13652/j.issn.1003-5788.2020.07.010

# 不同产地生熟板栗品质分析

Study on the quality of raw and cooked chestnut from different growing regions

周葵<sup>1,2</sup>张雅媛<sup>1,2</sup>黄会玲<sup>1,2</sup>游向荣<sup>1,2</sup>ZHOU Kui<sup>1,2</sup>ZHANG Ya-yuan<sup>1,2</sup>HUANG Hui-ling<sup>1,2</sup>YOU Xiang-rong<sup>1,2</sup>王颖<sup>1,2</sup>李明娟<sup>1,2</sup>卫萍<sup>1,2</sup>WANG Ying<sup>1,2</sup> LI Ming-juan<sup>1,2</sup> WEI Ping<sup>1,2</sup>

(1. 广西农业科学院农产品加工研究所, 广西南宁 530001;

2. 广西果蔬贮藏与加工新技术重点实验室, 广西南宁 530007)

(1. Agro-food Science and Technology Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning, Guangxi 530007, China; 2. Guangxi Key Laboratory of Fruits and Vegetables Storage-processing Technology, Nanning, Guangxi 530007, China)

**摘要:**以天峨县、隆林县、隆安县 3 个产地板栗为研究对象,比较分析生熟板栗的营养物质、抗氧化成分及加工特性。结果表明:板栗品质因产地和生熟状态不同而不同。熟板栗色泽更深,脂肪、氨基酸含量及持水性更高,但生板栗中可溶性蛋白、V<sub>C</sub> 含量更高,清除自由基能力与持油性更强。天峨生板栗更亮黄,可溶性糖、脂肪、V<sub>C</sub>、氨基酸及必需氨基酸总量最高;天峨熟板栗氨基酸、必需氨基酸总量最高。聚类分析结果表明,天峨生板栗、天峨熟板栗聚为一类,天峨板栗各营养成分含量较高,品质较好。3 个产地生板栗可能更适合应用于曲奇、桃酥、膨化等食品,熟板栗更适合应用于板栗糊、面包等产品。

**关键词:**板栗;品质;抗氧化;加工特性

**Abstract:** In order to understand the comprehensive nutritional value of Guangxi chestnut growing in Counties Tiane, Longlin and Longan, the nutritional components, antioxidant components and processing characteristics of raw and cooked chestnut were compared and analyzed. The results showed that the quality of chestnut varies with the place of production and the state of ripeness. The cooked chestnut had a darker color, higher fat, amino acid content and water holding capacity, while the raw chestnut

had higher soluble protein and vitamin C (V<sub>C</sub>) content, and stronger ability of scavenging free-radical and oil-holding capacity. However, the raw chestnut exhibited the higher content of the soluble protein and V<sub>C</sub>, stronger oil-absorbing capacity and DPPH free-radical scavenging ability. Comparing with other regions, the raw chestnut from Tiane had brighter and yellower color. It exhibited the higher content of the soluble sugar, fat, amino acids, essential amino acids and V<sub>C</sub>. The cooked chestnut from Tiane exhibited the higher content of amino acids and essential amino acids. The results of cluster analysis showed that the raw and cooked chestnut from Tiane were clustered into one group. All the above results suggested the quality of chestnut from Tiane was better. The raw chestnuts from the three places may be more suitable for foods such as cookies, peach crisps, puffing, etc., while cooked chestnuts are more suitable for products such as chestnut paste and bread.

**Keywords:** chestnut; quality; antioxidant; processing property

板栗(*Castanea mollissima* Blume),别名栗子、毛栗,壳斗科栗属植物,是中国最古老的栽培果树之一,被广泛种植于山东、河南、北京、广西等地。板栗是一种以碳水化合物为主的坚果,其中淀粉含量高达 70%<sup>[1]</sup>,还富含多糖、蛋白质、V<sub>C</sub>、酚类等多种营养成分。此外,板栗还具有一定的药用价值,如板栗多糖具有抗动脉血栓形成的作用<sup>[2]</sup>和良好的抗疲劳作用<sup>[3]</sup>。

生熟板栗均可作为一种辅料用于制作糕点馅料、蛋糕和冰淇淋等食品。彭毅秦等<sup>[4]</sup>以高筋粉和板栗粉为原

**基金项目:**广西重点研发计划(编号:桂科 AB19245001);广西科技重大专项(编号:桂科 AA17204058-20)

**作者简介:**周葵,女,广西农业科学院农产品加工研究所助理研究员,硕士。

**通信作者:**张雅媛(1981—),女,广西农业科学院农产品加工研究所副研究员,博士。

E-mail: yayuanzhang325@hotmail.com

**收稿日期:**2020-03-02

料制作了板栗面皮;李瑶琪等<sup>[5]</sup>制备了含有板栗粉的营养馒头。将生熟板栗粉碎可制备板栗生粉和熟粉,两者间的成分和性质差异较大,适用于不同的产品,生板栗粉与糙米粉混合可制作无麸质油炸零食;熟板栗粉用于制作月饼馅料。不同地区的板栗品质受土壤、环境、品种等因素影响。Yang 等<sup>[6]</sup>发现河南、湖南、广东等地的板栗营养成分含量差异大;张乐等<sup>[7]</sup>对比 6 种板栗发现大板红品质比较优良;Morrone 等<sup>[8]</sup>分析发现 9 种板栗中脂肪酸、氨基酸等指标差异显著。

目前,尚未见有关广西板栗品质的研究分析。试验拟对市售的天峨、隆林、隆安 3 个产地的板栗进行蒸煮熟化,对比分析熟化前后板栗色泽、基础营养成分(可溶性蛋白、脂肪、可溶性糖、氨基酸)、抗氧化成分(多酚、V<sub>C</sub>)、DPPH 自由基清除率及加工特性(吸油性、吸水性)等,为广西不同地区的板栗深加工提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

板栗:自然成熟,种植于广西天峨县、隆林县、隆安县;

福林酚:分析纯,北京索莱宝科技有限公司;

1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH):分析纯,美国 Sigma 公司;

玉米油:市售;

电热鼓风干燥箱:BG2-140 型,上海博迅实业有限公司医疗设备厂;

高速中药粉碎机:WND-200 型,浙江省兰溪市伟能达电器有限公司;

便携式色差仪:NH300 型,深圳市三恩时科技有限公司;

紫外分光光度计:TU-1810 型,北京普析通用仪器有限责任公司;

全自动氨基酸分析仪:A300 型,德国曼默博尔公司;

冷冻离心机:3-18KS 型,美国 Signa 公司;

水分测定仪:HTY-Y1 型,泰州市衡鑫仪器设备有限公司。

### 1.2 试验方法

1.2.1 板栗预处理 新鲜板栗手工剥去外壳,切成约 1.5 mm 薄片,随机分成两份。一份蒸煮完全熟化后再烘

干,另一份直接烘干。粉碎,用自封袋包装,于 0~4 °C 贮藏备用。烘干条件:50 °C 鼓风干燥箱干燥至水分<10%。

1.2.2 色泽 采用色差计测定,并记录  $L$ 、 $a$ 、 $b$  值,按式(1)计算色差值。

$$\Delta E = \sqrt{(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2}, \quad (1)$$

式中:

$L$ 、 $a$ 、 $b$ ——相同产地熟粉的色值;

$L_0$ 、 $a_0$ 、 $b_0$ ——相同产地生粉的色值。

### 1.2.3 营养特性分析

(1) 水分:采用快速水分测定仪进行测定。

(2) 脂肪含量:按 GB 5009.6—2016 执行。

(3) 可溶性蛋白质含量:采用考马斯亮蓝 G-250 法。

(4) 可溶性糖含量:采用蒽酮比色法。

(5) 氨基酸含量:采用全自动氨基酸分析仪。

### 1.2.4 抗氧化成分及清除 DPPH 自由基能力测定

(1) V<sub>C</sub> 含量:采用 2,6-二氯酚酚滴定法。

(2) 多酚含量:采用 Folin-Ciocalteus 法。

(3) DPPH 自由基清除率:参照裘纪莹等<sup>[9]</sup>的方法。

### 1.2.5 持水性、持油性的测定 参照周葵等<sup>[10]</sup>的方法。

### 1.3 数据处理

采用 Excel 软件进行数据处理,结果以平均值±标准差表示;采用 IBM SPSS Statistics 23.0 软件进行数据差异性显著分析( $P < 0.05$ ),采用欧氏距离平方进行聚类分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 色泽比较

$L$  值主要反映白度和亮度的综合值,其值越大,表明样品越白亮; $a$  值、 $b$  值反映彩度指数, $a$  值越大表示样品颜色偏红, $b$  值越大表示样品颜色偏黄。由表 1 可知,不同产地生板栗的  $L$  值、 $a$  值和  $b$  值差异显著( $P < 0.05$ ),其中天峨生板栗的  $L$  值最高、 $a$  值最低、 $b$  值最高,表明天峨生板栗更亮更黄。不同产地熟板栗的  $L$  值、 $a$  值和  $b$  值部分差异显著,其中天峨熟板栗的  $L$  值最高、 $a$  值最低、 $b$  值无显著性差异( $P > 0.05$ ),表明天峨熟板栗更加亮黄。不同产地熟板栗的  $L$  值均显著低于生板栗的( $P < 0.05$ ),

表 1 3 个产地生熟板栗的色泽<sup>†</sup>

Table 1 Color analysis of three varieties of chestnut

产地	$L$		$a$		$b$		$\Delta E$
	生	熟	生	熟	生	熟	
天峨	92.91±0.26 <sup>e</sup>	88.86±0.35 <sup>b</sup>	0.59±0.06 <sup>a</sup>	1.52±0.15 <sup>d</sup>	12.35±0.54 <sup>c</sup>	17.86±0.11 <sup>d</sup>	6.91±0.30 <sup>a</sup>
隆安	91.16±0.29 <sup>c</sup>	85.31±0.95 <sup>a</sup>	1.10±0.09 <sup>c</sup>	2.82±0.10 <sup>f</sup>	11.46±0.64 <sup>b</sup>	18.09±0.22 <sup>d</sup>	9.03±0.74 <sup>b</sup>
隆林	92.23±0.22 <sup>d</sup>	85.23±0.29 <sup>a</sup>	0.75±0.05 <sup>b</sup>	2.57±0.06 <sup>e</sup>	10.64±0.39 <sup>a</sup>	17.83±0.16 <sup>d</sup>	10.20±0.23 <sup>c</sup>

<sup>†</sup> 同列字母不同表示差异显著( $P < 0.05$ )。

$a$  值、 $b$  值均显著高于生板栗的 ( $P < 0.05$ ), 表明熟板栗颜色较深, 其中天峨熟板栗的  $\Delta E$  最低。綦菁华等<sup>[11]</sup> 研究发现, 由于美拉德反应和抗坏血酸氧化反应, 板栗熟化过程发生非酶褐变, 颜色变深。

## 2.2 营养特性比较

2.2.1 基本营养成分 由表 2 可知, 生板栗的可溶性蛋白质、脂肪、可溶性糖含量分别为 1.49~1.56 mg/g、1.88~2.56 g/100 g、0.28~0.34 mg/g, 其脂肪含量与中国其他 38 个不同产地板栗的 (0.85%~5.44%) 一致<sup>[12]</sup>。不同产地生板栗的基本营养成分不同, 其中隆安生板栗的可溶性蛋白质含量最高, 比天峨生板栗的高 0.07 mg/g; 天峨生板栗的可溶性糖、脂肪含量最高, 分别比隆安生板栗的高 0.05 mg/g、0.68 g/100 g, 且隆安、隆林板栗的可溶性糖、脂肪含量均无显著性差异 ( $P >$

0.05)。不同产地熟板栗的可溶性蛋白质、可溶性糖含量均差异显著 ( $P < 0.05$ )。蒸煮熟化后, 3 个产地板栗中可溶性蛋白含量均显著降低 ( $P < 0.05$ )、脂肪含量升高、可溶性糖含量均无显著性变化 ( $P > 0.05$ ), 可能是蒸煮时, 板栗发生了蛋白质、脂类降解、淀粉-脂复合物解体等多种反应<sup>[13]</sup>。

2.2.2 氨基酸含量 由表 3 可知, 生板栗中, 天峨、隆林的天冬氨酸含量最高, 分别为 1.26、1.00 g/100 g; 隆安的谷氨酸含量最高, 为 0.82 g/100 g; 天峨的氨基酸、必需氨基酸总量最高, 分别为 6.79、2.18 g/100 g, 隆安的必需氨基酸占比最高 (34.69%)。熟板栗中, 天峨、隆林的天冬氨酸含量最高, 分别为 1.45、1.13 g/100 g, 隆安的谷氨酸含量最高, 为 0.91 g/100 g; 天峨的氨基酸、必需氨基酸总量最高, 分别为 6.84、2.12 g/100 g, 隆林的必需氨基酸占比

表 2 3 个产地生熟板栗的基本营养成分<sup>†</sup>

Table 2 Basic nutritional components of three varieties of chestnut mg/g · DW

产地	可溶性蛋白		脂肪		可溶性糖	
	生	熟	生	熟	生	熟
天峨	1.49±0.06 <sup>d</sup>	1.10±0.02 <sup>b</sup>	2.56±0.12 <sup>bc</sup>	2.74±0.09 <sup>c</sup>	0.34±0.00 <sup>c</sup>	0.32±0.01 <sup>c</sup>
隆安	1.56±0.01 <sup>e</sup>	0.94±0.05 <sup>a</sup>	1.88±0.26 <sup>a</sup>	2.42±0.09 <sup>b</sup>	0.29±0.01 <sup>ab</sup>	0.30±0.00 <sup>b</sup>
隆林	1.54±0.01 <sup>de</sup>	1.26±0.03 <sup>c</sup>	1.98±0.07 <sup>a</sup>	2.74±0.14 <sup>c</sup>	0.28±0.01 <sup>a</sup>	0.27±0.01 <sup>a</sup>

† 同列字母不同表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

表 3 3 个产地生熟板栗的氨基酸含量<sup>†</sup>

Table 3 Amino acids analysis of three varieties of chestnut g/100 g

名称	天峨		隆安		隆林	
	生	熟	生	熟	生	熟
天冬氨酸	1.26	1.45	0.71	0.90	1.00	1.13
苏氨酸*	0.26	0.25	0.20	0.21	0.24	0.23
丝氨酸	0.28	0.28	0.22	0.22	0.26	0.25
谷氨酸	1.16	1.25	0.82	0.91	0.96	0.96
脯氨酸	0.23	0.19	0.17	0.20	0.22	0.17
甘氨酸	0.34	0.34	0.26	0.26	0.30	0.30
丙氨酸	0.44	0.33	0.34	0.27	0.44	0.30
缬氨酸*	0.34	0.33	0.26	0.28	0.31	0.31
甲硫氨酸(蛋氨酸)*	0.09	0.06	0.06	0.07	0.09	0.09
异亮氨酸*	0.29	0.27	0.22	0.23	0.26	0.26
亮氨酸*	0.49	0.48	0.38	0.40	0.45	0.46
酪氨酸	0.26	0.20	0.22	0.19	0.24	0.21
苯丙氨酸*	0.30	0.31	0.24	0.26	0.29	0.29
赖氨酸*	0.41	0.42	0.34	0.35	0.38	0.41
组氨酸	0.18	0.18	0.14	0.15	0.17	0.17
精氨酸	0.46	0.50	0.32	0.33	0.38	0.35
总氨基酸	6.79	6.84	4.90	5.23	5.99	5.89
必需氨基酸	2.18	2.12	1.70	1.80	2.02	2.05
必需氨基酸/总氨基酸	32.11%	30.99%	34.69%	34.42%	33.72%	34.80%

† \* 为人体必需氨基酸。

最高(34.80%)。6组样品中必需氨基酸含量最高的均为亮氨酸,其次为赖氨酸。蒸煮过程中,氨基酸发生不同程度的裂解,而且高温引起蛋白质的伸展、解旋等一些反应,产生一部分氨基酸,从而引起氨基酸含量的改变<sup>[14]</sup>。

2.3 抗氧化成分及清除 DPPH 自由基能力比较

由表 4 可知,生板栗中,多酚含量依次为天峨>隆

安>隆林;V<sub>C</sub> 含量依次为天峨>隆林>隆安;DPPH 自由基清除率无显著性差异(P>0.05),可能是板栗中含有类胡萝卜素、多酚、黄酮、V<sub>C</sub> 等多种活性成分,其共同决定了 DPPH 自由基的清除作用<sup>[15]</sup>,也有可能是不同板栗酚类物质存在差异,而每种酚类物质又对抗氧化能力贡献不同<sup>[16]</sup>。

表 4 3 个产地生熟板栗的抗氧化成分及清除 DPPH 自由基能力<sup>†</sup>

Table 4 The antioxidants and free radical scavenging ability of three varieties of chestnut

产地	多酚含量/(10 <sup>-2</sup> mg GAE · g <sup>-1</sup> )		V <sub>C</sub> 含量/(10 <sup>-2</sup> mg · g <sup>-1</sup> )		DPPH 自由基清除率/%	
	生	熟	生	熟	生	熟
天峨	151.37±5.80 <sup>f</sup>	137.53±8.24 <sup>e</sup>	38.08±1.58 <sup>e</sup>	34.51±0.35 <sup>d</sup>	87.64±0.12 <sup>d</sup>	79.73±0.20 <sup>c</sup>
隆安	89.10±3.52 <sup>e</sup>	111.91±12.74 <sup>d</sup>	19.09±0.01 <sup>b</sup>	16.31±0.21 <sup>a</sup>	87.55±0.53 <sup>d</sup>	73.91±0.77 <sup>b</sup>
隆林	71.07±4.43 <sup>b</sup>	56.18±5.09 <sup>a</sup>	23.65±1.52 <sup>c</sup>	20.00±0.29 <sup>b</sup>	87.57±0.90 <sup>d</sup>	70.65±0.68 <sup>a</sup>

† 字母不同表示差异显著(P<0.05)。

蒸煮熟制后,3个产地板栗的 V<sub>C</sub> 含量以及 DPPH 自由基清除率均显著降低(P<0.05);天峨、隆林的多酚含量均显著降低(P<0.05),隆安的多酚含量显著增加(P<0.05),可能是蒸煮过程中多酚含量发生了不同程度的提高或降低。蒸煮过程中,一方面多酚物质发生热降解,导致多酚含量降低;另一方面板栗富含没食子酸、鞣花酸等,蒸煮过程中由于单宁分解、内源性鞣花碱水解等反应,导致没食子酸、鞣花酸增加,从而使多酚含量增加,与 Goncalves 等<sup>[17]</sup>的研究结果类似。

2.4 加工特性的比较

由表 5 可知,生板栗的持水性、持油性分别为 0.88~1.07,0.71~0.74 g/g,且均无显著差异(P>0.05)。生板栗的持水性均显著低于熟板栗的(P<0.05),持油性均显著高于熟板栗的(P<0.05)。不同产地熟板栗的持油性无显著差异(P>0.05),隆林的持水性最高,为 2.19 g/g。

2.5 品质的聚类分析

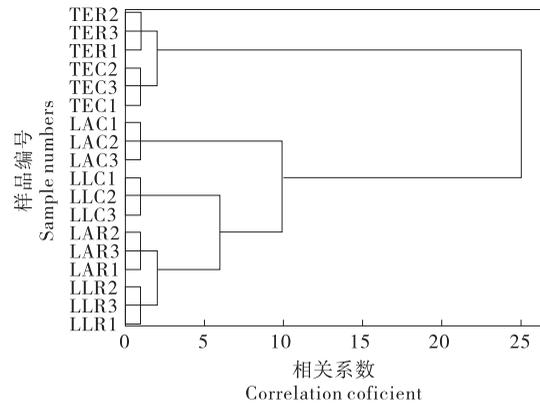
由图 1、表 6 可知,3个产地不同生熟板栗品质可以聚为两类,其中天峨生板栗、天峨熟板栗为一类,此类群板栗色泽更亮黄(L 值、b 值大)、多酚、V<sub>C</sub>、DPPH 自由基清除率高;隆林生板栗、隆林熟板栗、隆安生板栗、隆安熟

表 5 3 个产地生熟板栗的加工特性<sup>†</sup>

Table 5 The processing characteristics of three varieties of chestnut

产地	持水性		持油性	
	生	熟	生	熟
天峨	0.88±0.03 <sup>a</sup>	1.70±0.08 <sup>b</sup>	0.74±0.07 <sup>b</sup>	0.52±0.03 <sup>a</sup>
隆安	0.94±0.01 <sup>a</sup>	1.76±0.16 <sup>b</sup>	0.74±0.01 <sup>b</sup>	0.49±0.05 <sup>a</sup>
隆林	1.07±0.14 <sup>a</sup>	2.19±0.15 <sup>c</sup>	0.71±0.03 <sup>b</sup>	0.49±0.02 <sup>a</sup>

† 字母不同表示差异显著(P<0.05)。



TER. 天峨生板栗 TEC. 天峨熟板栗 LAR. 隆安生板栗  
LAC. 隆安熟板栗 LLR. 隆林生板栗 LLC. 隆林熟板栗

图 1 板栗的品质聚类分析

Figure 1 Cluster analysis of chestnut

表 6 各聚类群的品质分析

Table 6 Quality analysis of each cluster group

指标	单位	天峨生、天峨熟	隆安生、隆林生、隆林熟、隆林熟
L		90.89	88.48
A		1.10	1.81
B		15.10	14.50
可溶性蛋白含量	mg/g	1.29	1.32
脂肪含量	g/100 g	2.65	2.25
可溶性糖含量	mg/g	0.33	0.28
多酚含量	mg GAE/100 g	144.45	82.06
V <sub>C</sub> 含量	mg /100 g	36.29	19.76
DPPH 自由基清除率	%	83.69	79.92
持水性	g/g	1.29	1.49
持油性	g/g	0.63	0.61

板栗聚为一类,此类群板栗可溶性蛋白含量高、持水性强,脂肪含量低。

### 3 结论

以广西天峨、隆安、隆林 3 个产地的生熟板栗为原料,分析其色泽、营养成分、功能成分以及加工特点,并对其品质进行了评价。结果表明,板栗品质因产地和生熟状态而不同;熟板栗的色泽更深,脂肪含量、氨基酸含量和持水量更高,生板栗的可溶性蛋白和  $V_C$  含量更高、抗氧化能力更强;生板栗中,天峨的更亮黄、可溶性糖、脂肪含量、 $V_C$ 、氨基酸含量和必需氨基酸总量最高;熟板栗中,天峨的氨基酸和必需氨基酸总量最高,隆林的持水性最高。聚类分析显示,天峨生板栗与熟板栗聚为一类,其色泽更亮黄,多酚、 $V_C$ 、DPPH 自由基清除率高。综上,天峨板栗的各营养成分含量较高,品质较好。3 个产地的生板栗持水性均显著低于熟板栗( $P < 0.05$ ),持油性均显著高于熟板栗( $P < 0.05$ ),表明生板栗更适合应用于曲奇、桃酥、膨化等食品,熟板栗更适合应用于板栗糊、面包等产品。后续可将不同的板栗粉进行深加工,丰富市场上的板栗产品。

### 参考文献

- [1] 高海生, 常学东, 蔡金星, 等. 我国板栗加工产业的现状与发展趋势[J]. 中国食品学报, 2006, 6(1): 429-436.
- [2] 聂牧, 王云, 郭守东, 等. 板栗多糖抗动脉血栓形成的作用[J]. 食品科学, 2015, 36(11): 187-190.
- [3] 李清宇, 杨颖, 贾琳斐, 等. 板栗多糖的分离纯化、结构分析及抗疲劳作用的研究[J]. 食品与生物技术学报, 2013, 32(7): 767-772.
- [4] 彭毅秦, 肖猛, 何江红, 等. 板栗粉面皮工艺及品质研究[J]. 食品与发酵科技, 2019, 55(1): 53-58.
- [5] 李瑶琪, 张慧, 孔繁东, 等. 板栗馒头开发研究[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(11): 135-139.
- [6] YANG Fang, HUANG Xing-jian, ZHANG Cong-lan, et al. Amino acid composition and nutritional value evaluation of Chinese chestnut (*Castanea mollissima* Blume) and its protein subunit[J]. RSC Advances, 2018, 8(5): 2 653-2 659.
- [7] 张乐, 王赵改, 杨慧, 等. 不同板栗品种营养成分及风味物质分析[J]. 食品科学, 2016, 37(10): 164-169.
- [8] MORRONE L, DALLI'ASTA C, SILVANINI A, et al. The influence of seasonality on total fat and fatty acids profile, protein and amino acid, and antioxidant properties of traditional Italian flours from different chestnut cultivars[J]. Scientia Horticulturae, 2015, 192: 132-140.
- [9] 裘纪莹, 庞婷婷, 周庆新, 等. 银杏花粉抗氧化成分的提取工艺优化[J]. 核农学报, 2016, 30(7): 1 365-1 372.
- [10] 周葵, 张雅媛, 黄会玲, 等. 不同熟化过程中板栗品质的变化研究[J]. 食品科技, 2019, 44(11): 103-108.
- [11] 綦菁华, 王芳, 庞美霞, 等. 影响熟化板栗褐变的因素研究[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(10): 103-106.
- [12] 阚黎娜, 李倩, 谢爽爽, 等. 我国板栗种质资源分布及营养成分比较[J]. 食品工业科技, 2016, 37(20): 396-400.
- [13] 张瑞霞, 熊善柏, 赵思明, 等. 蒸煮工艺对米饭脂质及感官品质的影响[J]. 中国粮油学报, 2008, 23(5): 4-7.
- [14] 宋慧敏. 热处理对牛乳风味及保藏品质的影响[D]. 黑龙江: 东北农业大学, 2015: 34-35.
- [15] 张建军, 谢丽源, 赵树海, 等. 不同产地银耳抗氧化活性物质及抗氧化能力分析[J]. 西南农业学报, 2015, 28(1): 333-338.
- [16] 李晓丽, 王成, 陶永霞, 等. 干燥方式对无核紫葡萄品质及抗氧化活性的影响[J]. 食品与机械, 2017, 33(11): 143-146, 211.
- [17] GONCALVES B, BORGES O, COSTA H S, et al. Metabolite composition of chestnut (*Castanea sativa* Mill.) upon cooking: Proximate analysis, fibre, organic acids and phenolics[J]. Food Chemistry, 2010, 122(1): 154-160.
- [18] KOHYAMA K, IIDA H, NISHINARI K. A mixed system composed of different molecular weights konjac glucomannan and kappa carrageenan: Large deformation and dynamic viscoelastic study[J]. Food Hydrocolloids, 1993, 7(3): 213-226.
- [19] MITCHELL J R. The rheology of gels[J]. Journal of Texture Study, 1980(11): 315-337.
- [20] LI Bin, XIE Bi-jun, KENNEDY John F. Study on the molecular chain morphology of konjac glucomannan[J]. Carbohydrate Polymers, 2006, 64(4): 510-515.
- [21] 余思敏. 不同脱乙酰度魔芋胶/ $\kappa$ -卡拉胶共混体系溶液行为及凝胶特性研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2016: 18-24.
- [22] 王晓园, 杨晓泉, 朱建华. 大豆蛋白组分与  $\kappa$ -卡拉胶混合凝胶的流变学研究[J]. 现代食品科技, 2008(6): 9-13.
- [23] LIU Si-jun, LI Lin. Thermoreversible gelation and scaling behavior of  $Ca^{2+}$ -induced  $\kappa$ -carrageenan hydrogels[J]. Food Hydrocolloids, 2016, 61: 793-800.

(上接第 22 页)

- [16] 李斌, 汪超. 国外魔芋葡甘聚糖结构及其溶液行为研究进展[J]. 包装与食品机械, 2003(5): 23-26.
- [17] 王元兰, 黄寿恩, 魏玉.  $\kappa$ -卡拉胶与魔芋胶复配胶的流变性能及其微观结构研究[J]. 中国食品学报, 2012, 12(7): 49-54.
- [18] KOHYAMA K, IIDA H, NISHINARI K. A mixed system composed of different molecular weights konjac glucomannan and kappa carrageenan: Large deformation and dynamic viscoelastic study[J]. Food Hydrocolloids, 1993, 7(3): 213-226.
- [19] MITCHELL J R. The rheology of gels[J]. Journal of Tex-