

# 不同烹饪加工豇豆在冷藏过程中亚硝酸盐含量及抗氧化性能的变化

Changes in nitrite contents and antioxidant properties of cowpeas processed by different cooking methods during refrigerated storage

刘丹文 黄师荣 戈 杜 刘 斌

LIU Dan-wen HUANG Shi-rong GE Du LIU Bin

(湘潭大学化工学院, 湖南 湘潭 411105)

(College of Chemical Engineering, Xiangtan University, Xiangtan, Hunan 411105, China)

**摘要:**研究了水煮、蒸和油炸 3 种烹饪加工豇豆在 4 °C 冷藏过程中亚硝酸盐含量及抗氧化性能的变化。采用福林酚法和 TEAC 法分别测定了不同烹饪加工豇豆提取物的多酚含量和抗氧化能力。结果表明:烹饪加工豇豆的亚硝酸盐含量显著高于新鲜豇豆;在冷藏过程中亚硝酸盐含量均先升后降,在贮藏第 3 天时,含量最高。在整个贮藏过程中,水煮豇豆的亚硝酸盐含量均显著高于其他组的。豇豆经烹饪加工后,其游离酚含量显著下降,其中油炸豇豆下降最显著,蒸豇豆下降最少。经蒸和油炸后豇豆的结合酚含量显著增加,其中油炸后增加的量更多,而水煮后结合酚含量则显著下降。随着贮藏时间的延长,不同烹饪加工豇豆的游离酚含量均显示出先增加后下降的趋势,而结合酚含量则显著下降。总抗氧化能力与多酚含量变化趋势比较相似,它们之间存在高度相关性。

**关键词:**豇豆;烹饪;冷藏;亚硝酸盐含量;抗氧化性能

**Abstract:** Changes in nitrite contents and antioxidant properties of cowpeas processed by three cooking methods (boiling, steaming and frying) during 4 °C storage were investigated. The polyphenol content and antioxidant activity of extracts from different treated cowpeas were determined by Folin-Ciocalteu assay and TEAC assay, respectively. Results showed that the different cooked cowpeas had significantly higher nitrite contents than the raw cowpeas. The nitrite contents in all the samples increased at first and then decreased during storage, with the highest contents being obtained at 3 days of storage. The boiled cowpeas had significantly higher nitrite content than the other processed cowpeas throughout the storage. The free phenolics content was significantly decreased in cooking processed

cowpeas. Steamed cowpea showed the highest phenolics content, whereas fried cowpea had the lowest. Increases in bound phenolics content were observed after steaming and frying, whereas a decrease was noted after boiling. During storage, the free phenolics content in cooked cowpeas increased at first and then decreased with the extension of storage time, while the bound phenolics content significantly reduced. Similar trend was observed in total antioxidant activity. A high correlation was observed between the total antioxidant activity and the polyphenol content.

**Keywords:** cowpea; cooking; refrigerated storage; nitrite content; antioxidant activity

蔬菜中含有一定量的硝酸盐,这些硝酸盐在贮藏、加工、运输、烹饪的过程中会在硝酸还原酶和微生物的作用下转变成亚硝酸盐。亚硝酸盐摄入过多会对人体造成危害,严重时会导致人体死亡<sup>[1]</sup>。

大多数蔬菜在食用前都要经过蒸、煮、微波、烘烤和煎炸等煮熟过程。在煮熟过程中蔬菜的化学成分会发生一系列变化<sup>[2]</sup>。Perla 等<sup>[3]</sup>研究了几种烹饪方法对成熟马铃薯中各种多酚和抗氧化物质的影响,发现烘烤和微波处理显著降低了成熟马铃薯的总酚、黄酮、黄酮醇、花青素、叶黄素的含量和抗氧化活性。家庭烹饪方法对人们的饮食和健康有很大影响。豇豆(*Vigna unguiculata* (Linn.) Walp)属于蝶形花科一年生缠绕草本植物,在中国大部分地区有栽培,是中国夏秋季节的大宗蔬菜<sup>[4]</sup>。虽然有文献<sup>[5]</sup>报道了水煮、微波和加压蒸煮对豇豆的水溶性酚含量和抗氧化活性的影响,但是有关豇豆蒸和油炸以及熟豇豆保存对其中的游离和结合酚含量、亚硝酸盐含量及其抗氧化活性影响的信息还鲜见报道。此外,现代快餐业也需要将蔬菜的半熟品或熟品较长时间保存。因此,本试验以豇豆为材料,用 3 种常见的烹饪方法进行加工,研究不同烹饪方法和熟豇豆保藏对豇豆游离和

**作者简介:**刘丹文,男,湘潭大学在读硕士研究生。

**通讯作者:**黄师荣(1974—),男,湘潭大学副教授,博士。

E-mail: hwangee@163.com

**收稿日期:**2016-04-25

结合酚含量、亚硝酸盐含量以及抗氧化性能的影响,旨在为科学烹饪根茎类蔬菜、合理保藏熟菜以及快餐业的健康发展提供一定参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与仪器

豇豆:采摘于湘潭市湘潭大学周边蔬菜基地;  
 ABTS<sup>+</sup>、水溶性维生素 E:分析纯,美国 Sigma 公司;  
 福林酚试剂:分析纯,合肥博美生物科技有限公司;  
 其他药品均为市售分析纯;  
 紫外分光光度计:Agilent Cary60 型,安捷伦科技有限公司;  
 高速冷冻离心机:GL21M 型,长沙英泰仪器有限公司;  
 高速万能粉碎机:FW100 型,天津市泰斯特仪器有限公司。

### 1.2 样品处理

将购买回的新鲜豇豆 6 kg,洗净,切成约 2 cm 长的小段,并分成 4 份,一份未经任何烹饪处理作为对照,一份进行水煮,一份进行蒸煮,一份进行油炸。由于各烹饪处理的温度不同,各处理所选用的时间也不同。水煮于沸水中煮 15 min,然后用漏勺捞出,冷却,沥干水分,放入聚苯乙烯塑料盒中备用。蒸煮于蒸锅中蒸 20 min,冷却后,放入聚苯乙烯塑料盒中备用。油炸于 180 ℃ 的食用菜子油中油炸 2 min,用漏勺捞出,冷却,沥干油,放入聚苯乙烯塑料盒中备用。将上述处理好的豇豆样品分别放入聚苯乙烯塑料盒中,并用保鲜膜包装,放置于 4 ℃ 冰箱贮藏,分别于贮藏第 1、3、5、7 天取样进行分析。

### 1.3 亚硝酸盐含量的测定

按 GB 5009.33—2010 执行。

### 1.4 游离酚与结合酚的提取

游离酚的提取根据文献[6]修改如下:分别把不同烹饪加工豇豆样品用组织搅碎机搅碎,然后冷冻干燥成干样,取冻干样品 4 g,与 40 mL 80%乙醇在避光超声下提取 20 min (100 W, 20 kHz)。4 ℃ 下 5 000×g 离心 10 min,取上清液,残余物再按上述方法提取一次,合并上清液,在 45 ℃ 下真空旋干,用蒸馏水定容于 50 mL 容量瓶中,备用。

结合酚的提取参考徐建国等[7]和刘天行等[8]的方法。向提取了游离酚的残渣中加入 40 mL 2 mol/L NaOH 溶液,室温下通氮气避光碱水解 1 h。用 6 mol/L HCl 溶液调节 pH 至中性,5 000×g 离心 10 min,得到结合酚提取液,用乙酸乙酯萃取 6 次,每次 10 mL,合并萃取液并在 45 ℃ 下真空旋干,用蒸馏水定容于 50 mL 容量瓶中,备用。

### 1.5 多酚含量的测定

根据文献[9]修改如下:分别取 0.5 mL 不同样品游离酚(结合酚)溶液于试管中,加入 2.5 mL 用蒸馏水稀释 10 倍的福林酚试剂和 2 mL 75 g/L 的 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 溶液,混合均匀后把试管置于 50 ℃ 的水浴中保温 5 min,取出并冷却至室温,以蒸馏水代替样品溶液做空白对照于 760 nm 处测吸光度。以不同浓度没食子酸溶液(0.02~0.10 mg/mL)代替样品溶液按上述方法测定吸光度,以浓度为横坐标,吸光度为纵坐标

作标准曲线,得回归方程为: $y = 9.123 8x + 0.033 1 (R^2 = 0.999 7)$ 。样品中的总酚以相当于没食子酸的含量表示,单位以每克提取物含有没食子酸的当量毫克数表示(mg GAE/g)。

### 1.6 总抗氧化能力的测定

根据文献[10]修改如下:7 mmol/L ABTS 2 mL 与 2.45 mmol/L 过硫酸钾 2 mL 混合,混合液于室温下暗处静置 12~16 h。用甲醇稀释该溶液至 734 nm 处的吸光度为 0.700±0.001,以形成 ABTS<sup>+</sup> 工作液。取 9 mL 的预先准备好的 ABTS<sup>+</sup> 工作液,加入 0.3 mL 适当稀释的样品溶液,振荡使其充分混合,室温下静置 6 min,在波长 734 nm 处测定吸光度。以 0.3 mL 甲醇代替样品液作为空白样,按式(1)计算清除率。再以 Trolox 标准液在反应体系中的摩尔浓度为横坐标,清除率为纵坐标作标准曲线,得回归方程为: $y = 144.8x - 0.431 (R^2 = 0.994 0)$ 。样品的总抗氧化能力以相当于 Trolox 试剂的含量表示,结果表示为每克样品的 Trolox 当量微摩尔数( $\mu\text{mol TE/g}$ )。

$$R = \frac{A_0 - A_x}{A_0} \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

R——清除率,%;

A<sub>0</sub>——空白样的吸光度;

A<sub>x</sub>——样品吸光度。

### 1.7 数据分析

采用 SPSS 19.0 统计软件包、Excel 2007 和 Origin 8.0 等进行数据分析和处理,结果表示为:平均值±标准差,显著性检验(P<0.05)以 Duncan's 检验方法进行。

## 2 结果与分析

### 2.1 亚硝酸盐含量的变化

新鲜蔬菜中含有一定量的硝酸盐和亚硝酸盐,贮藏过程中,在蔬菜组织和细菌体内的硝酸盐还原酶作用下,亚硝酸盐含量增加。亚硝酸盐是一种对人体有毒害的物质。由表 1 可知,不同烹饪加工豇豆在冷藏过程中亚硝酸盐的含量均呈现先上升后下降的趋势,在贮藏第 3 天时,含量最高;在整个贮藏过程中,水煮豇豆的亚硝酸盐含量均显著高于其他组的。出现此变化趋势的原因可能是随贮藏时间延长,引起杂菌生长,这些菌中的硝酸盐还原酶首先将豇豆中的硝酸盐还原成亚硝酸盐,再在亚硝酸盐还原酶的作用下,将亚硝酸盐还原成 NH<sub>3</sub>[11]。据报道[12-13],由于亚硝酸盐是水溶性物质,蔬菜在经蒸煮之后一部分亚硝酸盐会转移至水中,导致其含量有所下降。然而,本试验结果表明,豇豆经水煮、蒸和油炸后的亚硝酸盐含量却要显著高于新鲜豇豆,其原因还有待进一步探究。杨美玲等[14]也发现焖煮油菜和菠菜的亚硝酸盐含量明显提高了。

### 2.2 游离酚和结合酚含量的变化

由表 2 可知,豇豆经烹饪加工后,其游离酚含量显著下降,其中油炸豇豆下降最显著,其次为水煮豇豆,蒸豇豆下降最少。结果表明,在 3 种烹饪加工豇豆中,蒸豇豆的游离酚含量保持得更多,其原因可能是水蒸汽对游离酚的溶出作用

很低。Girgin 等<sup>[15]</sup>在烹饪加工花椰菜时也得到了类似的结果。由于酚类物质具有广泛的生理功能,如抗过敏、抗血管粥样化、抗炎、抗菌、抗氧化、抗血栓、心血管和血管舒张作用等,因此,就豇豆中酚类物质的生理功能而言,蒸豇豆要比水煮和油炸豇豆好。豇豆经蒸和水煮后游离酚含量下降,可能是游离酚在烹饪加工过程中从豇豆组织中溶出。而油炸后豇豆的游离酚含量下降,可能是游离酚参与了抗油脂氧化反应,或与其他物质反应转变成了结合酚。

从表 2 还可以看出,随着贮藏时间的延长,不同烹饪加工豇豆的游离酚含量均显示出先增加后下降的趋势。先增加的原因可能是在冷藏的过程中会有杂菌生长,这些菌破坏了豇豆细胞壁结构,导致了更多的游离酚释放;另一方面,有些结合酚会被杂菌释放的一些酶分解,释放出游离酚,导致游离酚含量的增加。而随着冷藏时间进一步延长,游离酚含量下降的原因可能是其参与了豇豆中脂肪抗氧化作用而被消耗掉<sup>[16]</sup>。Ali 等<sup>[17]</sup>和 Sun 等<sup>[2]</sup>关于蔬菜烹饪处理也得到了类似结果。而新鲜豇豆在冷藏过程中游离酚含量先增后降的原因可能是采摘时豇豆受到创伤,刺激了其中酚类物质的合成;同时,豇豆在冷藏初期细胞膜结构还处于较为完好状态,酚类物质与相关的氧化酶呈现区域化分布,多酚的合成占了主体趋势,故多酚含量呈现上升趋势;在经过一段

时间冷藏后,豇豆的生命活性下降,合成多酚的能力也随之降低,膜结构也逐渐被破坏,酚类物质与相关酶发生相互接触和相互作用,多酚氧化占了主体趋势,因而多酚含量呈现下降趋势<sup>[18]</sup>。杨颖等<sup>[18]</sup>在测定各贮藏温度下香椿的多酚含量随贮藏时间的变化情况时也得到相似结果。

由表 3 可知,豇豆经蒸和油炸后其结合酚含量显著增加,其中油炸后增加的量更多,而水煮后结合酚含量则显著下降。蒸和油炸豇豆的结合酚含量增加的原因可能是由于在高温下部分游离酚与其他成分反应转变成了结合酚;而水煮豇豆的结合酚含量下降则可能是由于部分结合酚被水解了,转化为游离酚而被溶出。随着冷藏时间的延长,不同烹饪加工豇豆中结合酚含量均显著下降,其原因可能是杂菌中的一些酶使其分解成游离酚。

### 2.3 总抗氧化能力的变化

由表 4 可知,豇豆经不同烹饪加工后,其游离酚抗氧化能力显著下降,其中油炸豇豆下降最显著,其次为水煮豇豆,蒸豇豆下降最少。蒸和油炸豇豆的结合酚抗氧化能力显著增加,其中油炸豇豆增加得更多,而水煮豇豆的结合酚抗氧化能力则显著下降。Ramírez-Anaya 等<sup>[19]</sup>和 Girgin 等<sup>[15]</sup>对茄子、南瓜和花椰菜等蔬菜进行烹饪加工也得到了类似的结果。不同烹饪加工豇豆在冷藏期间游离酚总抗氧化能力呈

表 1 不同烹饪加工豇豆在冷藏过程中亚硝酸盐含量的变化<sup>†</sup>

Table 1 Changes in nitrite contents of cowpeas processed by different cooking methods during refrigerated storage

冷藏时间/d	新鲜豇豆/ (mg · kg <sup>-1</sup> )	水煮豇豆/ (mg · kg <sup>-1</sup> )	蒸豇豆/ (mg · kg <sup>-1</sup> )	油炸豇豆/ (mg · kg <sup>-1</sup> )
1	0.950 ± 0.001 <sup>dC</sup>	3.548 ± 0.127 <sup>aD</sup>	2.562 ± 0.000 <sup>cB</sup>	2.831 ± 0.126 <sup>bB</sup>
3	4.534 ± 0.253 <sup>cA</sup>	7.581 ± 0.000 <sup>aA</sup>	6.595 ± 0.126 <sup>bA</sup>	4.713 ± 0.001 <sup>cA</sup>
5	2.921 ± 0.000 <sup>bB</sup>	3.907 ± 0.126 <sup>aB</sup>	1.577 ± 0.127 <sup>dC</sup>	2.473 ± 0.126 <sup>cC</sup>
7	2.921 ± 0.001 <sup>bB</sup>	3.728 ± 0.126 <sup>aBC</sup>	1.756 ± 0.127 <sup>cC</sup>	0.412 ± 0.001 <sup>dD</sup>

† 同行不同小写字母表示差异显著(P<0.05);同列不同大写字母表示差异显著(P<0.05)。

表 2 不同烹饪加工豇豆在冷藏过程中游离酚含量的变化<sup>†</sup>

Table 2 Changes in free phenolics contents of cowpeas processed by different cooking methods during refrigerated storage

冷藏时间/d	新鲜豇豆/ (mg GAE · g <sup>-1</sup> )	水煮豇豆/ (mg GAE · g <sup>-1</sup> )	蒸豇豆/ (mg GAE · g <sup>-1</sup> )	油炸豇豆/ (mg GAE · g <sup>-1</sup> )
1	3.816 ± 0.001 <sup>aB</sup>	3.242 ± 0.007 <sup>cB</sup>	3.491 ± 0.062 <sup>bC</sup>	2.427 ± 0.005 <sup>dB</sup>
3	4.267 ± 0.009 <sup>aA</sup>	3.411 ± 0.001 <sup>bA</sup>	3.690 ± 0.002 <sup>abB</sup>	3.371 ± 0.457 <sup>bA</sup>
5	3.545 ± 0.003 <sup>bD</sup>	2.517 ± 0.088 <sup>dC</sup>	3.933 ± 0.004 <sup>aA</sup>	2.901 ± 0.017 <sup>cAB</sup>
7	3.785 ± 0.011 <sup>aC</sup>	2.311 ± 0.008 <sup>dD</sup>	2.815 ± 0.048 <sup>bD</sup>	2.651 ± 0.001 <sup>cB</sup>

† 同行不同小写字母表示差异显著(P<0.05);同列不同大写字母表示差异显著(P<0.05)。

表 3 不同烹饪加工豇豆在冷藏过程中结合酚含量的变化<sup>†</sup>

Table 3 Changes in bound phenolics contents of cowpeas processed by different cooking methods during refrigerated storage

冷藏时间/d	新鲜豇豆/ (mg GAE · g <sup>-1</sup> )	水煮豇豆/ (mg GAE · g <sup>-1</sup> )	蒸豇豆/ (mg GAE · g <sup>-1</sup> )	油炸豇豆/ (mg GAE · g <sup>-1</sup> )
1	1.086 ± 0.001 <sup>cA</sup>	1.046 ± 0.001 <sup>dA</sup>	1.168 ± 0.001 <sup>bA</sup>	1.259 ± 0.013 <sup>aA</sup>
3	0.933 ± 0.004 <sup>cB</sup>	0.744 ± 0.004 <sup>dB</sup>	0.998 ± 0.001 <sup>aB</sup>	0.987 ± 0.002 <sup>bB</sup>
5	0.627 ± 0.005 <sup>cC</sup>	0.596 ± 0.000 <sup>dC</sup>	0.903 ± 0.001 <sup>aC</sup>	0.818 ± 0.001 <sup>bC</sup>
7	0.498 ± 0.002 <sup>dD</sup>	0.521 ± 0.002 <sup>cD</sup>	0.607 ± 0.002 <sup>aD</sup>	0.565 ± 0.000 <sup>bD</sup>

† 同行不同小写字母表示差异显著(P<0.05);同列不同大写字母表示差异显著(P<0.05)。

表4 不同烹饪加工豇豆的游离酚和结合酚提取物的总抗氧化能力的变化<sup>†</sup>

Table 4 Changes in antioxidant activity of extracts from cowpeas processed by different cooking methods

提取物	冷藏时 间/d	新鲜豇豆/ ( $\mu\text{mol TE} \cdot \text{g}^{-1}$ )	水煮豇豆/ ( $\mu\text{mol TE} \cdot \text{g}^{-1}$ )	蒸豇豆/ ( $\mu\text{mol TE} \cdot \text{g}^{-1}$ )	油炸豇豆/ ( $\mu\text{mol TE} \cdot \text{g}^{-1}$ )
游离酚	1	24.047±0.036 <sup>aB</sup>	18.067±0.005 <sup>cB</sup>	19.851±0.000 <sup>bC</sup>	13.464±0.015 <sup>dD</sup>
	3	26.938±0.046 <sup>aA</sup>	19.674±0.015 <sup>cA</sup>	23.399±0.010 <sup>bB</sup>	17.856±0.015 <sup>dA</sup>
	5	20.983±0.005 <sup>bD</sup>	15.049±0.010 <sup>dC</sup>	24.888±0.030 <sup>aA</sup>	17.521±0.015 <sup>cB</sup>
	7	23.467±0.203 <sup>aC</sup>	13.086±0.015 <sup>dD</sup>	16.690±0.005 <sup>bD</sup>	15.812±0.010 <sup>cC</sup>
结合酚	1	7.373±0.015 <sup>cA</sup>	6.796±0.015 <sup>dA</sup>	7.472±0.015 <sup>bA</sup>	7.742±0.031 <sup>aA</sup>
	3	6.758±0.005 <sup>aB</sup>	6.026±0.005 <sup>cB</sup>	6.752±0.005 <sup>aB</sup>	6.594±0.021 <sup>bB</sup>
	5	5.729±0.025 <sup>cC</sup>	5.124±0.010 <sup>dC</sup>	6.451±0.000 <sup>aC</sup>	6.271±0.020 <sup>bC</sup>
	7	4.063±0.041 <sup>cD</sup>	4.138±0.041 <sup>cD</sup>	5.499±0.025 <sup>aD</sup>	4.494±0.046 <sup>bD</sup>

<sup>†</sup> 同行不同小写字母表示差异显著(P<0.05);同列不同大写字母表示差异显著(P<0.05)。

先上升后下降的趋势,而结合酚总抗氧化能力则呈显著下降趋势(P<0.05)。总抗氧化能力与多酚含量变化趋势比较相似,多酚含量越高,总抗氧化能力越强。通过对不同烹饪加工豇豆的多酚含量和抗氧化能力进行相关性分析,发现游离酚和结合酚对其抗氧化能力有高度相关性,其相关系数分别为0.975和0.957(P<0.01)。由试验结果可以看出蒸豇豆更有利于保持豇豆中的抗氧化物质和抗氧化能力。

### 3 结论

煮、蒸和油炸加工会显著降低豇豆的游离酚含量及抗氧化能力。与水煮和油炸豇豆相比,蒸豇豆的亚硝酸盐含量最低,游离酚含量和抗氧化性能保持得最好。在冷藏过程中,不同烹饪加工豇豆的亚硝酸盐含量在第3天时最大,蒸豇豆的游离酚含量及总抗氧化能力显著高于水煮和油炸豇豆的。因此,蒸煮是一种保持豇豆抗氧化功能性的良好烹饪方法。但本试验中烹饪对豇豆酚类物质的含量及抗氧化活性影响的机制还没有阐明,下一步拟从烹饪过程中豇豆结构的改变及其与酚类物质释放之间的关系进行研究,以阐明其变化机制。

### 参考文献

[1] 陈利梅,李德茂,曾庆华,等.不同条件下蔬菜中亚硝酸盐含量的变化[J].食品与机械,2009,25(3):103-105.  
 [2] SUN Hong-nan, MU Tai-hua, XI Li-sha, et al. Effects of domestic cooking methods on polyphenols and antioxidant activity of sweet potato leaves [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2014, 62(36): 8 982-8 989.  
 [3] PERLA V, HOLM D G, JAYANTY S S. Effects of cooking methods on polyphenols, pigments and antioxidant activity in potato tubers [J]. LWT - Food Science and Technology, 2012, 45(2): 161-171.  
 [4] 谢晓娜,沈少芸,陈圆圆,等.热水处理对豇豆贮藏品质的影响[J].广东农业科学,2011,38(1):104-107.  
 [5] NG Zhi-xiang, CHAI Jen-wai, KUPPUSAMY U R. Customized cooking method improves total antioxidant activity in selected vegetables [J]. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 2011, 62(2): 158-163.

[6] GUTIERREZ-URIBE J A, ROMO-LOPEZ I, SERNA-SALDÍVAR S O. Phenolic composition and mammary cancer cell inhibition of extracts of whole cowpeas (*Vigna unguiculata*) and its anatomical parts [J]. Journal of Functional Foods, 2011, 3(4): 290-297.  
 [7] 徐建国.燕麦发芽过程中多酚含量及其抗氧化活性的变化[J].中国食品学报,2013,13(1):201-205.  
 [8] 刘天行,郭佳,王伟,等.小米中结合型酚类化合物的分离与鉴定[J].南京农业大学学报,2014,37(1):138-142.  
 [9] 刘硕谦,刘仲华,黄建安.紫外分光光度法检测水皂角总多酚的含量[J].食品工业科技,2003(6):76-77.  
 [10] 李巨秀,王仕钰,房红娟,等.石榴花色苷的微波辅助提取及抗氧化活性研究[J].食品科学,2010,31(18):165-169.  
 [11] 李增利.发酵方式及起始pH值对泡菜亚硝酸盐及硝酸盐含量的影响[J].食品研究与开发,2008,29(4):132-135.  
 [12] 潘静娴,张艳,毛洪斌,等.不同处理方式对几种根茎类蔬菜亚硝酸盐含量的影响[J].食品科学,2011,32(9):118-121.  
 [13] 黄建蓉,王志江,李淳宇,等.加工和贮存条件对蔬菜亚硝酸盐含量的影响[J].中国调味品,2014(8):82-84.  
 [14] 杨美玲,朱运德,崔东亚.不同方法处理后蔬菜中亚硝酸盐含量的测定[J].湖北农业科学,2010,49(10):2 533-2 534, 2 540.  
 [15] GIRGIN N, EL S N. Effects of cooking on in vitro sinigrin bio-accessibility, total phenols, antioxidant and antimutagenic activity of cauliflower (*Brassica oleraceae* L. var. *Botrytis*) [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2015, 37: 119-127.  
 [16] 李妍,苏倩清.巴戟天水提取物油脂抗氧化性和抗菌活性研究[J].食品与机械,2008,24(1):93-95.  
 [17] ALI M, MAHSA M, MEHRZAD B J. Effect of boiling cooking on antioxidant activities and phenolic content of selected Iranian vegetables [J]. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences, 2015, 6(3): 636-641.  
 [18] 杨颖,邢志恩,王军,等.贮藏期香椿中多酚类物质含量与相关酶活变化的关系[J].食品科技,2010(2):24-28.  
 [19] RAMÍREZ-ANAYA J D P, SAMANIEGO-SÁNCHEZ C, CASTAEDA-SAUCEDO M C, et al. Phenols and the antioxidant capacity of Mediterranean vegetables prepared with extra virgin olive oil using different domestic cooking techniques [J]. Food Chemistry, 2015, 188: 430-438.