

# Folin-Ciocalteu 比色法测定沙棘酒中 总多酚含量的工艺优化

Optimization on determination of total polyphenol content in sea buckthorn wine by Folin-Ciocalteu colorimetric method

牛广财<sup>1</sup> 闫公昕<sup>1</sup> 朱丹<sup>2</sup> 魏文毅<sup>1</sup> 李世燕<sup>1</sup> 刘志明<sup>1</sup>

NIU Guang-cai<sup>1</sup> YAN Gong-xin<sup>1</sup> ZHU Dan<sup>2</sup> WEI Wen-yi<sup>1</sup> LI Shi-yan<sup>1</sup> LIU Zhi-ming<sup>1</sup>

(1. 黑龙江八一农垦大学食品学院, 黑龙江 大庆 163319;

2. 黑龙江八一农垦大学生命科学技术学院, 黑龙江 大庆 163319)

(1. College of Food Science, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing, Heilongjiang 163319, China;

2. College of Life Science and Technology, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing, Heilongjiang 163319, China)

**摘要:**以没食子酸作为对照品,通过单因素和正交试验,对 Folin-Ciocalteu 比色法测定沙棘酒中总多酚含量的条件进行优化。结果表明,Folin-Ciocalteu 比色法测定沙棘酒中总多酚含量的最优条件为:Folin-Ciocalteu 试剂 1 mL,蒸馏水 5 mL,7.5% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>溶液 3 mL,在 30 °C 下避光反应 1 h 后,测定其在 735 nm 处的吸光度,总多酚含量在 0~20 μg/mL 范围内与吸光度值有良好的线性关系。该测定方法的平均加标回收率为 100.64%,精密度,稳定性以及回收率的相对标准偏差(RSD)分别为 1.46%,0.22%和 2.63%。该方法简便、快速,精密度高,稳定性和重复性好,可用于沙棘酒中总多酚含量的测定。

**关键词:**沙棘酒;总多酚;Folin-Ciocalteu 法

**Abstract:** Optimized the optimal conditions of Folin-Ciocalteu colorimetry, which was used to determine the total polyphenols content in sea buckthorn wine, and the sea buckthorn wine were investigated by orthogonal experiments combined with single factor experiments by using gallic acid as the standard. The results indicated that the total phenol contents of sea buckthorn wine could be well calculated according to their colorimetric absorption at 735 nm by applying Folin-Ciocalteu reagent 1.0 mL and 5 mL distilled water, 7.5% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 3 mL, at 30 °C for colorimetric reaction, and there was a good linearity between content of phenol and absorbance in the range of 0~20 μg/mL. With this method, the stability, precision and average

recovery rate were 1.46%, 0.22% and 2.63% by RSD (relative standard deviation), respectively. And the average recovery rate was 100.64%. This method is convenient and fast to determine the total polyphenols of sea buckthorn wine with the advantages of high precision, stability and good repetition.

**Keywords:** sea buckthorn wine; total polyphenols; Folin-Ciocalteu colorimetry

沙棘(*Hippophaerhamnoides L.*)又名沙枣、醋柳、酸棘、黑刺等,是胡颓子科沙棘属落叶灌木或小乔木。沙棘果含有多种微量元素、维生素、黄酮、酚类等营养成分<sup>[1-3]</sup>,具有强烈的酸涩味,是由于其中含有许多有机酸和酚类物质的缘故。其中的多酚类化合物主要包括乌索酸、β-香豆素、酚酸等,具有抗氧化功能,可用于医药、食品、饮料、化妆品等领域<sup>[4-5]</sup>。随着沙棘功能食品的开发,将沙棘果加工成沙棘酒也具有一定的保健功能<sup>[6]</sup>,但目前对沙棘酒中总多酚含量的测定还未见文献报道。

目前,总多酚的测定方法有高锰酸钾滴定法、香草醛法、Folin-Ciocalteu 法、Folin-Denis 法和铁氰化钾分光光度法,以及气相色谱法和液相色谱法等<sup>[7-9]</sup>。其中高锰酸钾法易被待测液中物质氧化,选择性低;气相色谱法操作较麻烦,液相色谱法成本较高,不适于大量的定量分析;而 Folin-Ciocalteu 法是 Folin-Denis 的改进方法,操作简便,是植物总多酚类化合物常用的测定方法<sup>[10-11]</sup>。虽然目前 Folin-Ciocalteu 比色法测定多酚的研究较多,报道均不一致,原因是原料、Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>用量、Folin-Ciocalteu 试剂用量,以及显色时间和温度等条件都各不相同<sup>[12-13]</sup>。本试验拟采用 Folin-Ciocalteu

**基金项目:**黑龙江省农垦总局科学技术研究项目(编号:HNK16KF-08)

**作者简介:**牛广财(1971—),男,黑龙江八一农垦大学教授,博士。

E-mail: geniu@126.com

**收稿日期:**2015-05-20

比色法测定沙棘酒中的总多酚含量,通过正交试验优化试剂用量,为建立更加快速准确的沙棘酒中总多酚含量的测定方法提供参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与试剂

沙棘酒:酒精度 10.5% Vol,自制,果浆来自黑龙江省浆果研究所;

没食子酸:分析纯,美国 Sigma 公司;

Folin-Ciocalteu 试剂:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;

$\text{Na}_2\text{CO}_3$ :分析纯,天津市大茂化学试剂厂。

### 1.2 仪器与设备

紫外—可见分光光度计:UV-1100 型,上海美谱达仪器仪器;

分析天平,EX324 型,奥豪斯仪器上海有限公司。

### 1.3 试验方法

1.3.1 没食子酸标准溶液的制备 精确称取没食子酸标准品 50 mg,用 100 mL 容量瓶定容,得到 500  $\mu\text{g}/\text{mL}$  没食子酸标准溶液,取 10 mL 没食子酸标准溶液定容到 50 mL 容量瓶中,得到 100  $\mu\text{g}/\text{mL}$  没食子酸标准液。

1.3.2 波长的选择 取 500  $\mu\text{g}/\text{mL}$  的没食子酸标准溶液 0.3 mL 与沙棘酒 0.1 mL 于 10 mL 容量瓶中,分别加入 5 mL 蒸馏水,1 mL 的 Folin-Ciocalteu 试剂,反应 30 s 后 8 min 内加入 3 mL 7.5%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液,蒸馏水定容至 10 mL,在 25  $^{\circ}\text{C}$  下避光反应 2 h。以不加试剂为空白,用紫外—可见分光光度计在 400~1 000 nm 波长范围扫描,确定测定波长。

#### 1.3.3 沙棘酒总多酚含量测定的单因素试验

(1)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液用量的确定:取 5 份 0.1 mL 沙棘酒,加入 5 mL 蒸馏水,再加入 1 mL Folin-Ciocalteu 试剂,于 30 s 后 8 min 内分别加入 7.5%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液 1.0,1.5,2.0,2.5,3.0 mL,用蒸馏水定容至 10 mL,于 25  $^{\circ}\text{C}$  下避光显色 2 h,在最佳检测波长处测定其吸光度值。

(2) Folin-Ciocalteu 试剂用量的确定:取 0.1 mL 沙棘酒 5 份,加入 5 mL 蒸馏水,再分别加入 0.25,0.5,1.0,1.5,2.0 mL Folin-Ciocalteu 试剂,于 30 s 后 8 min 内分别加入 7.5%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液 3 mL,用蒸馏水定容至 10 mL,于 25  $^{\circ}\text{C}$  下避光显色 2 h,在最佳检测波长处测定其吸光度。

(3) 显色时间的确定:取 0.1 mL 沙棘酒 5 份,加入 5 mL 蒸馏水,1 mL 的 Folin-Ciocalteu 试剂,反应 30 s 后 8 min 内加入 3 mL 7.5%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液,蒸馏水定容至 10 mL,分别在 25  $^{\circ}\text{C}$  下避光放置 0.5,1.0,1.5,2.0,2.5 h,在最佳检测波长处测定吸光度。

(4) 显色温度的确定:取 5 份 0.1 mL 沙棘酒,分别加入 5 mL 蒸馏水,1 mL 的 Folin-Ciocalteu 试剂,反应 30 s 后 8 min 内加入 3 mL 7.5%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液,蒸馏水定容至 10 mL,分别在 20,25,30,35,40  $^{\circ}\text{C}$  下显色 2 h,在最佳检测波长处测定其吸光度。

1.3.4 沙棘酒总多酚含量测定的正交试验 根据单因素试验的结果,以 Folin-Ciocalteu 用量、7.5%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  用量、反应温度、反应时间作为影响因素,考察其对沙棘酒总多酚含量的影响,选出较优水平进行正交试验。

1.3.5 标准曲线的绘制 分别精密吸取 100  $\mu\text{g}/\text{mL}$  没食子酸溶液 0.00,0.25,0.50,1.00,1.50,2.00 mL 于 10 mL 容量瓶中,用蒸馏水定容至 10 mL。在最佳测定条件下,以没食子酸浓度为横坐标,735 nm 下吸光度值为纵坐标,绘制标准曲线。

### 1.4 精密度试验

精确移取 6 份 0.1 mL 的沙棘酒,在最佳条件下测定其吸光值,计算结果的相对标准偏差,评价该方法的精密度。

### 1.5 稳定性试验

沙棘酒总多酚含量测定时,按照最佳条件完全反应后,分别放置 0.0,1.0,2.0,3.0,4.0 h 后测定其吸光度,评价该测定方法在一段时间内的稳定性。

### 1.6 回收试验

取 6 份 0.1 mL 沙棘酒于 10 mL 容量瓶中,分别加入 0.00,0.25,0.50,1.00,1.50,2.00 mL 100  $\mu\text{g}/\text{mL}$  没食子酸标准溶液,用蒸馏水定容至 10 mL,按照最佳条件测定其总多酚的含量,计算平均回收率和相对标准偏差,评价分析方法的可靠性。

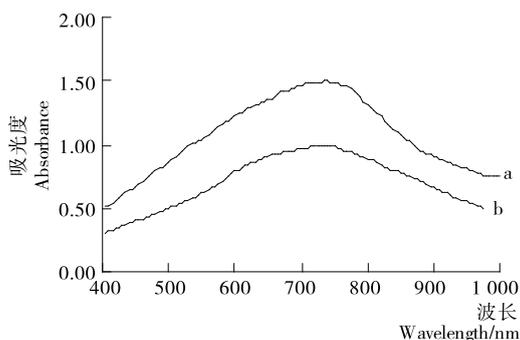
## 2 结果与讨论

### 2.1 检测波长的确定

由图 1 可知,没食子酸及沙棘酒样品溶液均在 735 nm 处有最大吸收峰值,故选择 735 nm 作为检测波长。

### 2.2 单因素试验结果

2.2.1  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  用量 选择显色剂与酚类化合物反应后只有在碱性条件下才能将多酚类物质进行定量氧化,使溶液显蓝色。因此  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液用量不足会显色不完全;用量过多又会导致显色体系不稳定,也会造成吸光度的降低。由图 2 可知,随着  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  用量的增加,吸光度上升,当  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  用量达到 2.5 mL 时,吸光度达到最大,之后又稍有下降。这与



a. 没食子酸标准溶液 b. 沙棘酒

图 1 没食子酸标准溶液和沙棘酒显色后扫描光谱图  
Figure 1 Scanning spectra of standard gallic solution and sea buckthorn wine after reaction with Folin-Ciocalteu reagent

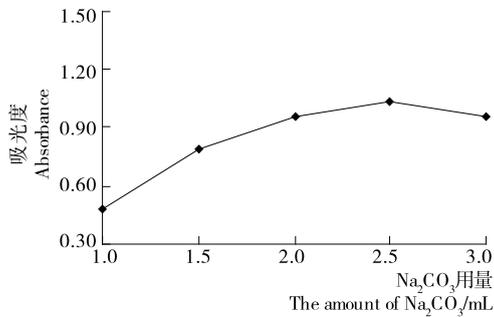


图 2  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  加入量对总多酚含量测定的影响  
Figure 2 Effect of sodium carbonate amount on the total polyphenols

朱霞等<sup>[14]</sup>在测定核桃青皮中总多酚含量,以及田桂芝等<sup>[15]</sup>测定板栗总苞提取液总多酚含量中  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  用量的结果相一致。表明显色反应对  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  用量有一定的要求,用量达到 2.5 mL 时,显色反应较完全。

2.2.2 Folin-Ciocalteu 用量 Folin-Ciocalteu 的用量是否足够,直接影响底物的显色是否完全。由图 3 可知,随着 Folin-Ciocalteu 含量的增加,吸光度逐渐增大,当 Folin-Ciocalteu 用量为 1.5 mL 时,吸光度达到最大值;当 Folin-Ciocalteu 用量大于 2 mL 时,吸光度显著下降,这一变化趋势与李颖畅等<sup>[16]</sup>测定不同蓝莓叶中多酚的结果相一致。当 Folin-Ciocalteu 用量为 1.0~1.5 mL 时,此时显色剂与多酚物质反应基本完成。

2.2.3 显色时间 由图 4 可知,在 25 °C 显色时,0.5 h 后吸光度增大迅速,1 h 时显色比较完全,在此之后,随着显色时

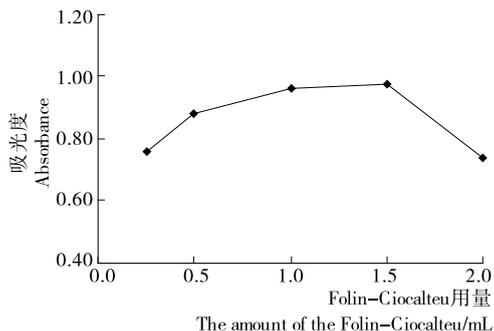


图 3 Folin-Ciocalteu 用量对总多酚含量测定的影响  
Figure 3 Effect of Folin-Ciocalteu reagent amount on the total polyphenols

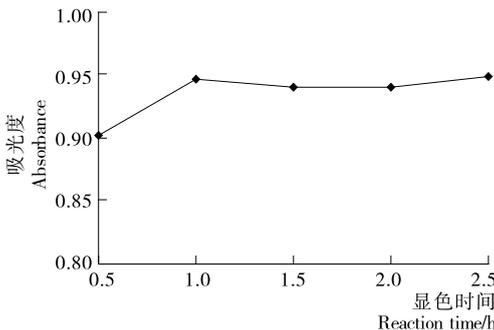


图 4 显色时间对总多酚含量测定的影响

Figure 4 Effect of reaction time on the total polyphenols

间的增长,吸光度变化不大,说明在 25 °C 下显色 1 h 后,显色时间对反应影响不大,稳定性良好。

2.2.4 显色温度 由图 5 可知,随着温度的升高,吸光度升高,在 30 °C 时吸光度达到最大,高于 30 °C,吸光度降低。说明显色温度对显色效果也有影响,温度过高或者过低都不利于多酚显色,这与范琼等<sup>[17]</sup>测定树仔菜中总多酚的结果相一致。这可能是低温条件下,显色反应缓慢,而高温条件下生成蓝色物质不稳定,容易褪色,所以 30 °C 时吸光度最高。

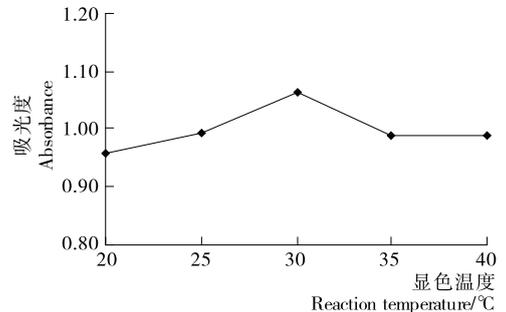


图 5 显色温度对总多酚含量测定的影响  
Figure 5 Effect of reaction temperature on the total polyphenols

### 2.3 测定方法的优化

根据单因素试验结果,选择各单因素试验显色效果最佳 3 种水平,显色时间选择用时少且显色效果佳的 3 种水平,采用  $L_9(3^4)$  正交试验,正交因素水平设计表见表 1。由表 2 可知,各因素对测定结果影响的主次顺序为  $A > B > D > C$ ,最佳显色条件为  $A_2 B_3 C_2 D_1$ 。即对样品加入 5 mL 蒸馏水, Folin-Ciocalteu 1 mL, 7.5%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  3 mL,用蒸馏水定容至 10 mL,在 30 °C 下显色 1 h。在此条件下进行验证实验,平行测定 3 次取其平均值,得到沙棘酒总多酚溶液吸光度为 0.996。在此条件下沙棘酒总多酚溶液的显色非常充分、稳定。

### 2.4 标准曲线的制作

根据不同浓度的没食子酸在最佳条件下测定 735 nm 处的吸光度值,绘制标准曲线(见图 6),得到线性回归方程为:  $y = 0.0084x + 0.0192$ ,  $R^2 = 0.9996$ ,没食子酸标准溶液在 0~20  $\mu\text{g/mL}$  范围内与吸光度值有良好的线性关系。

### 2.5 精密度试验

由表 3 可知,测定结果相对标准偏差为  $\text{RSD} = 1.46\%$ ,说明该方法精密度良好。

表 1 沙棘酒总多酚含量测定的正交试验因素水平

Table 1 Factors and levels of orthogonal design on the determination of polyphenols in sea buckthorn wine

水平	A Folin-Ciocalteu 用量/mL	B 7.5% $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 用量/mL	C 显色 温度/°C	D 显色 时间/h
1	0.5	2.0	25	1.0
2	1.0	2.5	30	1.5
3	1.5	3.0	35	2.0

表2 沙棘酒总多酚含量测定的正交试验结果

Table 2 Result of orthogonal test of total polyphenols in sea buckthorn wine

试验号	A	B	C	D	吸光度
1	1	1	1	1	0.897
2	1	2	2	2	0.923
3	1	3	3	3	0.895
4	2	1	2	3	0.930
5	2	2	3	1	0.992
6	2	3	1	2	0.977
7	3	1	3	2	0.669
8	3	2	1	3	0.801
9	3	3	2	1	0.907
-----					
$k_1$	0.905	0.832	0.892	0.932	
$k_2$	0.966	0.905	0.920	0.856	
$k_3$	0.792	0.926	0.852	0.875	
R	0.174	0.094	0.068	0.076	

表4 稳定性试验结果

Table 4 Result of stability test (n=5)

样品号	吸光度	平均值	RSD/%
1	0.988		
2	0.986		
3	0.988	0.989	0.22
4	0.989		
5	0.992		

表5 加标回收试验结果

Table 5 Recovery test results

样品号	加标量/ $\mu\text{g}$	总检出量/ $\mu\text{g}$	回收率/ %	平均收率/ %	RSD/ %
1	0	108.55			
2	25	132.71	96.67		
3	50	158.19	99.29		
4	100	211.29	102.74	100.64	2.63
5	150	260.93	101.59		
6	200	314.38	102.92		

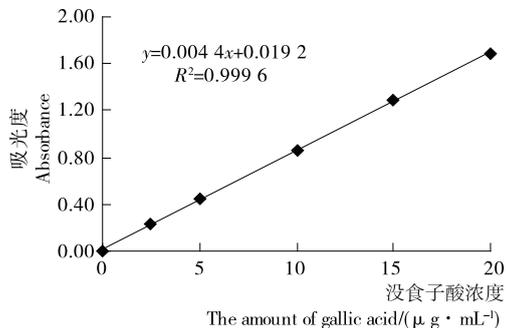


图6 没食子酸标准液浓度与吸光度的标准曲线

Figure 6 Standard curve of gallic acid concentration and absorbance

表3 精密度试验结果

Table 3 Result of precision test (n=6)

样品号	吸光度	平均值	RSD/%
1	0.963		
2	0.944		
3	0.962	0.954	1.46
4	0.931		
5	0.956		
6	0.968		

相对标准偏差为2.63%。结果表明该分析方法的准确度较高,可用于沙棘酒总多酚含量的测定。

### 3 讨论与结论

本研究结果表明,Folin-Ciocalteu 比色法测定沙棘酒总多酚的最佳条件为:依次加入蒸馏水 5 mL,Folin-Ciocalteu 试剂 1 mL,7.5%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  3 mL,用蒸馏水定容至 10 mL,在 30 °C 下显色 1 h。以该方法测定没食子酸标准溶液得到的线性回归方程为  $y=0.0084x+0.0192$ ,  $R^2=0.9996$ ,具有良好的线性关系。用该方法测定沙棘酒总多酚具有良好的精确度与稳定性,平均回收率为 100.64%,相对标准偏差为 2.63%,在此方法下测定的沙棘酒总多酚的含量为 108.55~116.52 mg/L。该方法对反应温度、时间、用量进行了优化,在 30 °C 显色 1 h 即可。与王皎等<sup>[13]</sup>测定苹果皮中多酚  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  浓度为 20% 显色 2 h 相比,该方法在  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  低浓度下即可达同样效果;与李静等<sup>[12]</sup>测定葡萄酒中多酚显色时间 2 h 相比,该方法选择显色温度 30 °C,1 h 即可显色充分,大大缩短了显色时间,无需现配置 Folin-Ciocalteu 试剂,回收率在 96%~103%,有较好的准确性,可用于沙棘酒中总多酚含量的测定。

### 参考文献

[1] 李淑珍,武飞,陈月林,等. 沙棘活性成分及功效研究进展[J]. 中国民族民间医药, 2015, 23(1): 51-53.  
 [2] 鲁长征,山永凯,杨莉华,等. 沙棘的研究及其开发应用[J]. 中国食物与营养, 2010, 20(3): 26-28.  
 [3] 李琼,陈恺,陈燕勤,等. 大孔吸附树脂分离纯化核桃青皮总多酚[J]. 食品与机械, 2015, 31(1): 175-180.  
 [4] 赵二劳,韩永花. 沙棘的营养保健功能与开发利用[J]. 食品研究与开发, 2005, 26(4): 182-184.

### 2.6 稳定性试验

由表 4 可知,吸光度值在 0.986~0.992,RSD 值为 0.22%。说明在显色后的 4 h 内,随着时间的增加,吸光度没有明显变化,该方法分析沙棘酒中总多酚具有很高的稳定性。

### 2.7 回收率试验

表 5 数据表明,用该方法测定沙棘酒中总多酚含量时,没食子酸的加标回收率在 96%~103%,平均回收率为 100.64%,

(下转第 142 页)

## 参考文献

- [1] 黄成洲, 谢如鹤. 我国食品冷链物流的发展与对策[J]. 商品储运与养护, 2007, 29(4): 37-39.
- [2] 张连军. 浅析我国食品冷链物流的现状与对策[J]. 物流技术, 2006(1): 102-104.
- [3] 周俊. 我国铁路冷藏集装箱运输发展及运营问题研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2009: 3-4.
- [4] 陈焕新, 蔡敏, 张春安. 冷板冷藏车运输过程中冷冻货物的温度分布[J]. 流体机械, 2005, 33(4): 65-68.
- [5] 汤毅, 谢晶, 王金锋, 等. 计算流体力学在冷库优化中的应用研究进展[J]. 食品与机械, 2011, 27(5): 186-189.
- [6] Zertal-Menia N, Moureh J, Flick D. Simplified modelling of air flows in refrigerated vehicles[J]. International Journal of Refrigeration, 2002, 25(5): 660-672.
- [7] Rodriguez-Bermejoa J, Barreiro P, Roblaa J I, et al. Thermal study of a transport container[J]. Journal of Food Engineering, 2007, 80(2): 517-527.
- [8] Ersin Alptekin, Mehmet Akif Eazn. Flow and heat transfer characteristics an empty refrigerated container[J]. Progress in Energy and the Environment, 2014, 62(1): 641-652.
- [9] 汤毅, 谢晶, 王金锋, 等. CFD 预测风机摆设形式对冷库的影响[J]. 食品与机械, 2012, 28(1): 124-128.
- [10] Moureh J, Tapsoba S, Derens E, et al. Air velocity characteristics within vented pallets loaded in a refrigerated vehicle with and without air ducts[J]. International Journal of Refrigeration, 2009(32): 220-234.
- [11] 郭嘉明, 吕恩利. 冷藏运输箱体结构对流场影响的数值模拟[J]. 农业工程学报, 2012, 28(增刊): 74-78.
- [12] 孟华, 杨培志. 冷板冷藏车内冷冻板冻结过程数学模型的建立[J]. 制冷与空调, 2004(4): 8-11.
- [13] 王以忠, 胡春园, 陈绍慧, 等. 冷藏车内温度场和湿度场的数值模拟研究[J]. 保鲜与加工, 2010, 10(3): 26-28.
- [14] 杨磊, 汪小昆. 冷藏库预冷降温过程中温度场的数值模拟与试验研究[J]. 西北农林科技大学学报, 2008, 36(9): 219-223.
- [15] 孙海亭, 周轲, 杨艳青, 等. 利用 CFD 模型研究苹果冷藏库内的空气流动[J]. 保鲜与加工, 2014, 14(4): 27-33.
- [16] 申江, 李超, 苗惠, 等. 冷藏运输车车内气体流场的数值模拟及分析[J]. 低温与超导, 2010, 38(11): 46-52.
- [17] 陶文铨. 数值传热学[M]. 2 版. 西安: 西安交通大学出版社, 2002: 33-34.
- [18] 杨世铭, 陶文铨. 传热学[M]. 3 版. 北京: 高等教育出版社, 1998: 88-89.
- [19] 季阿敏. 果蔬气调贮藏冷却阶段温度变化的数值模拟及验证[J]. 农业工程学报, 2006, 22(5): 24-27.
- [20] 张哲, 郭永刚, 田津津, 等. 冷板冷藏汽车箱体温度场的数值模拟及试验[J]. 农业工程学报, 2013, 29(4): 18-24.
- (上接第 79 页)
- [10] 张宗绵, 刘睿, 徐敦明, 等. Au@SiO<sub>2</sub> 核壳结构—表面增强拉曼光谱原位检测食品中的酸性橙 II [J]. 化学学报, 2012, 70(16): 1 686-1 689.
- [11] 杨昌彪, 宋光林, 包娜, 等. 近红外光谱与表面增强拉曼光谱对红酒中非法添加剂苋菜红的分析研究[J]. 食品科技, 2014, 39(6): 294-298.
- [12] 李言, 谢云飞, 钱和, 等. 表面增强拉曼光谱快速检测赤藓红[J]. 食品工业科技, 2013, 34(11): 307-309.
- [13] Haughey S A, Galvin-King P, Ho Y C, et al. The feasibility of using near infrared and Raman spectroscopic techniques to detect fraudulent adulteration of chili powders with Sudan dye [J]. Food Control, 2015, 48: 75-83.
- [14] Vlastimil P, Martin J. Quantitative SERS analysis of azorubine (E 122) in sweet drinks [J]. Analytical Chemistry, 2015, 87(5): 2 840-2 844.
- [15] 续欣欣. 敢问糖果业的未来在何方[J]. 中外食品, 2007(1): 28-31.
- [16] 廖萍坚, 翁小红, 吴文君, 等. 分光光度法测定硬质糖果中诱惑红、柠檬黄、亮蓝的含量[J]. 湛江师范学院学报, 2013, 34(6): 64-68.
- [17] 朱自莹, 顾仁敖, 陆天虹. 拉曼光谱在化学中的应用[M]. 沈阳: 东北大学出版社, 1998: 71-158.
- [18] Dollish F R, Fateley W G, Bentley F F. 有机化合物的特征拉曼频率[M]. 朱自莹, 译. 北京: 中国化学会, 1980: 40-145.
- (上接第 83 页)
- [5] 李峰, 刘浩, 钟媛, 等. 沙棘叶中总多酚和总黄酮的提取工艺[J]. 食品与机械, 2012, 28(4): 128-130.
- [6] 牛广财, 朱丹, 王军, 等. 沙棘酒清除自由基作用的研究[J]. 中国食品学报, 2010, 10(1): 36-41.
- [7] 李春阳, 许时婴, 王璋. 低浓度香草醛—盐酸法测定葡萄籽中原花青素含量的研究[J]. 食品工业科技, 2004, 25(6): 128-130.
- [8] 肖纯, 张凯农, 阳长敏, 等. 铁氰化钾分光光度法测定单宁的适用性[J]. 华北农学报, 1996, 11(2): 127-130.
- [9] Silvina B L, Balz F. Relevance of apple polyphenols as antioxidants in human plasma: Contrasting in vitro and in vivo effects [J]. Free Radical Biology & Medicine, 2004, 36(2): 201-211.
- [10] Neuza Paixao, Rosa Perestrelo, Jose C Marques, et al. Relationship between antioxidant capacity and total phenolic content of red, rose and white wines[J]. Food Chemistry, 2007, 101(1): 204-214.
- [11] 徐佳, 辛立方, 张瑞廷, 等. 改良的 Folin-Ciocalteu 比色法测定核桃外果皮中总多酚含量[J]. 食品工业科技, 2012, 33(6): 60-63.
- [12] 李静, 聂继云, 王孝娣, 等. Folin-Ciocalteu 法测定葡萄酒中的总多酚[J]. 中国南方果树, 2007, 36(6): 86-87.
- [13] 王皎, 高颖, 赵艳敏, 等. 测定不同品种苹果果皮和果肉中总多酚的含量[J]. 食品研究与开发, 2013, 34(20): 87-89.
- [14] 朱霞, 李焕荣, 罗游. Folin-Ciocalteu 比色法测定核桃青皮中多酚含量条件的优化[J]. 食品与机械, 2014, 30(4): 122-125.
- [15] 田桂芝, 李绍明, 王大超, 等. Folin-Ciocalteu 比色法测定板栗总苞提取液中总多酚的含量[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(6): 289-291, 370.
- [16] 李颖畅, 吕艳芳, 励建荣. Folin-Ciocalteu 法测定不同品种蓝莓叶中多酚含量[J]. 中国食品学报, 2014, 14(1): 273-278.
- [17] 范琼, 周聪, 赵敏, 等. Folin-Ciocalteu 比色法测定仔芥菜总多酚[J]. 南方农业学报, 2014, 45(12): 2 230-2 235.