

红提葡萄 V_C 含量的可见/近红外检测模型

Determination of vitamin C in red globe grape based on visible/near-infrared diffuse reflectance spectroscopy

陈 辰^{1,2} 鲁晓翔^{1,2} 张 鹏^{3,4} 陈绍慧^{3,4} 李江阔^{3,4}

CHEN Chen^{1,2} LU Xiao-xiang^{1,2} ZHANG Peng^{3,4} CHEN Shao-hui^{3,4} LI Jiang-kuo^{3,4}

(1. 天津商业大学生物技术与食品科学学院, 天津 300134; 2. 天津市食品生物技术重点实验室, 天津 300134;
3. 国家农产品保鲜工程技术研究中心, 天津 300134; 4. 天津市农产品采后生理与贮藏保鲜重点实验室, 天津 300384)

(1. College of Biotechnology and Food Science, Tianjin University of Commerce Tianjin, Tianjin 300134, China; 2. Key Laboratory of Food Biotechnology, Tianjin 300134, China; 3. Tianjin Key Laboratory of Postharvest Physiology and Storage of Agricultural Products, Tianjin 300134, China; 4. National Engineering and Technology Research Center for Preservation of Agricultural Products, Tianjin 300384, China)

摘要:为了建立红提葡萄 V_C 含量的可见/近红外漫反射光谱检测模型,并评价其应用价值,应用不同的化学计量学建模方法和光谱预处理方法,在不同特征波长区间内建立定标模型,讨论建模效果,并通过预测集样品验证最优模型的精度。结果显示:在全光谱范围内,应用改进偏最小二乘法(MPLS)结合一阶导数、5点平滑、加权多元离散校正(WMSC)处理得到的定标模型效果最优,交互验证标准差 SECV 为 0.054 3, 定标决定系数 R_{cv}^2 为 0.920 2, 预测决定系数 R_p^2 为 0.931 8, 预测标准差 SEP 为 0.050 0, 残差平方和 PRESS 为 0.188 0, 预测相对分析误差 RPD 为 3.640 0。故应用可见/近红外漫反射技术对红提葡萄果实 V_C 含量进行快速无损检测是可行的,模型稳定且精度较高。

关键词:可见/近红外漫反射光谱;红提葡萄; V_C ;检测模型

Abstract: For establishing the determination model of vitamin C content of Red Globe Grape using visible / near infrared diffuse reflectance spectroscopy, and evaluating its application value, effects on scaling model results of different chemometry modeling methods, different spectra pretreatment methods and different effective wavelength intervals were discussed, and the samples in prediction set were used to verified the accuracy of the optimal model. The results showed that in the whole spectral range, application of modified partial least squares (MPLS) combined with first derivative, 5 points

smoothing, weighted multivariate discrete correction (WMSC) could obtain the optimal calibration models, the cross validation error (SECV) was 0.054 3, the calibration determination coefficient (R_{cv}^2) was 0.920 2, the prediction determination coefficient (R_p^2) was 0.931 8 and the standard error of prediction (SEP) was 0.050 0, the sum of squared residuals (PRESS) was 0.188 0, the relative analysis of the forecast error (RPD) was 3.640 0. Therefore, applying visible / near infrared diffuse reflectance technique to quick and non-destructive detection of vitamin C in Red Globe grape is feasible, the model is stable and with high precision.

Keywords: visible/near infrared diffuse reflectance spectroscopy; red globe grape; vitamin C; detection model

葡萄(grapes)为葡萄科(vitaceae)、葡萄属(*Vitis*)落叶藤本植物,是世界范围内栽培广泛、产量较大、市场占有率高的水果之一。红提葡萄又名红地球、晚红等,欧亚种,原产美国,1987年引入中国,在长江流域以北各地均有广泛栽培,含有丰富的糖、有机酸、蛋白质、维生素、矿物质等营养物质,平均单粒重约 10 g,红色或紫红色,甜酸适口、质地坚实较脆,硬度大^[1]。由于葡萄果皮薄多汁,含水量、含糖量均高,采后生命力仍比较活跃,贮藏、运输、销售期间很容易发生硬度衰减、腐烂变质、落粒、干梗等现象,大大降低了商品价值^[2]。随着消费市场对鲜食葡萄品质要求的逐渐提高及葡萄保鲜技术的迅速发展,针对葡萄在采后贮、运、销物流过程中品质的快速、无损检测技术研究已成为果蔬产业领域的重要课题。

V_C 是广泛存在于果蔬中的一种水溶性维生素,它既是人体必需的营养素,又是反映果蔬品质的重要指标之一。传

基金项目:“十二五”国家科技支撑计划项目(编号:2012BAD38B01);天津市高等学校创新团队培养计划项目(编号:TD12-5049)

作者简介:陈辰(1989—),女,天津商业大学在读硕士研究生。
E-mail: sxdtec_cool@163.com

通讯作者:鲁晓翔

收稿日期:2015-03-15

统的 V_c 测定方法如 2,6-二氯酚酚滴定法、钼蓝比色法、2,4-二硝基苯肼法等,存在浪费资源,且耗时长、消耗试剂多、准确性低等缺点^[3]。近红外无损检测是利用样品对光的特定吸收、反射、透射而进行定量、定性分析的高新检测技术,具有简便快速、无破坏性、绿色无污染等优点^[4,5]。近红外光谱同时涵盖样品多种组分信息,利用该技术对果蔬可溶性固形物、总酸、 V_c 含量、质地品质等的检测在国内外已有广泛研究^[6-9]。刘燕德等^[10]利用可见/近红外漫反射技术,对南丰蜜桔的 V_c 含量进行检测,结果表明检测具有可行性;夏俊芳等^[11]应用小波变换将柑橘的近红外光谱进行除噪,并利用消噪后的重构光谱对柑橘 V_c 含量进行了偏最小二乘法交互验证(PLC-CV),结果表明小波除噪后建立的近红外光谱检测模型可以准确地对柑橘 V_c 含量进行定量预测。现有的近红外光谱技术在葡萄品质检测中的应用主要集中在品种鉴别、可溶性固形物、总酸等的定量预测,而针对葡萄 V_c 含量的研究未见报道^[12-15]。本试验拟以红提葡萄为试材,采集葡萄果粒的可见/近红外漫反射光谱,探讨在不同特征波长区间内,以 MPLS、PLS 两种化学计量学方法结合不同光谱预处理,建立红提葡萄 V_c 含量检测模型,在以上相关研究^[6-15]的基础上考察近红外光谱对葡萄果实品质检测的适用性、拓宽波长范围、丰富处理方法、提高检测性能,以期对红提葡萄物流中品质的快速检测提供新的方法。

1 材料与方法

1.1 试验材料、主要试剂及仪器设备

葡萄:红提,河北省张家口市涿鹿县葡萄基地;

草酸、乙二醇四乙酸、偏磷酸、钼酸铵:分析纯,天津市风船化学试剂科技有限公司;

近红外漫反射光谱仪:NIRS DS2500 型,丹麦 FOSS 公司;

紫外可见分光光度计:TU-1810 型,北京普析通用仪器有限责任公司。

1.2 试材处理

红提葡萄于 2014 年 9 月 19 日采收于河北省张家口市涿鹿县,成熟度约八成,采收时整穗剪下,尽量避免机械伤害,当天运回实验室,挑拣去病虫害果、坏果、落粒,预冷 24 h 后称重、标记、分装入厚度 0.02 mm 的葡萄专用膜包装袋内,于 $(10 \pm 1)^\circ\text{C}$ 冷库贮藏 15 d,期间每间隔 3 d 取样测定一次。建模共选取 400 颗果粒,每 2 颗为一组,扫描光谱后测定 V_c 含量并将 2 颗果粒的光谱求平均,以 3:1 随机分为定标集和预测集。

1.3 光谱采集

使用近红外漫反射光谱仪采集光谱。配备全息光栅分光系统和硅(400~1 100 nm)和硫化铅(1 100~2 500 nm)两种检测器。扫描方式为单波长、快速扫描,扫描次数 32 次,全光谱范围为 400~2 500 nm。内置 Nova 分析软件及 WinISI4 定标软件。试验前,将葡萄果粒在常温下平衡 8 h 后,在每颗果实一侧取光滑部位避开表面缺陷(如伤疤、污点等)

画出直径约 1 cm 的圆圈作为采光部位,标记排序后于近红外漫反射光谱仪 Slurry Cup 上采集光谱。

1.4 V_c 含量测定

将采集光谱后的葡萄果粒每 2 颗一组,制成匀浆,采用钼蓝比色法^[16]测定 V_c 含量,单位为 mg/100 g。

1.5 建模及验证方法

将外部因素造成的异常光谱和测定值显著异常样品剔除后,将样品以 3:1 随机分成定标集和预测集两部分。定标集样品应用不同化学计量学方法结合不同的光谱预处理建立光谱图和数据测定值之间的对应映射关系,即定标模型;预测集样品用于验证和评价定标模型的预测性能^[17]。定标模型的评价指标为交互验证相关系数(R_{cv}^2)和交互验证标准差(SECV),相关系数越高,误差越小,表明近红外光谱分析值与实测值的相关性越高,即模型质量较高。确定最优建模方法后,应用其建立红提葡萄 V_c 含量定标模型,利用预测集验证模型,预测标准差(SEP)越小、预测值与化学值相关系数(R_p^2)越高,残差分布均匀、预测残差平方和(PRESS)越小,预测效果越好。同时,预测相对分析误差 RPD($\text{RPD} = \text{SD}/\text{SEP}$,SD 为预测集测定值标准差)在 2.0~2.5,可进行粗略的定量分析,但精度有待提高,当 RPD 值在 3.0 以上时,说明模型稳定性较高、预测效果好^[18]。

2 结果与分析

2.1 V_c 含量测定值的分布情况

葡萄果实定标集和预测集样品的 V_c 含量分布特征见表 1。

表 1 定标集和预测集样品的 V_c 含量测定值分布

Table 1 Distribution of V_c content in calibration set and prediction set

样本集	样本数	最大值	最小值	平均值	标准偏差
定标集	145	7.94	6.79	7.37	0.192
预测集	49	7.65	6.95	7.34	0.182

由表 1 可知,本试验所选样品的 V_c 含量梯度均匀、分布范围较广,可以代表整个贮藏期内 V_c 含量变化,且预测集样品的 V_c 含量变化未超过定标集的含量范围。所选样品用于建立模型具有一定的代表性。

2.2 红提葡萄果实近红外扫描原始光谱

图 1 为贮藏 15 d 期间红提葡萄的可见/近红外漫反射原始光谱图,剔除 6 条明显异常的光谱后,各条光谱变化趋势基本一致,谱带宽度适中。在波长 672,988,1 186,1 435,1 903,2 213 nm 处均有明显吸收峰。根据 Nova 软件分析及文献^[19-22],低于 700 nm 主要是可见光吸收;988 nm 及 1 186 nm 属于分子振动的三级倍频吸收带;1 435 nm 是二级倍频吸收带,吸收峰主要是水分引起的;1 903 nm 属于一级倍频吸收带,主要为 C—H、—CH₂ 键的伸缩、卷曲、折叠等变化;高于 2 000 nm 为合频吸收带。

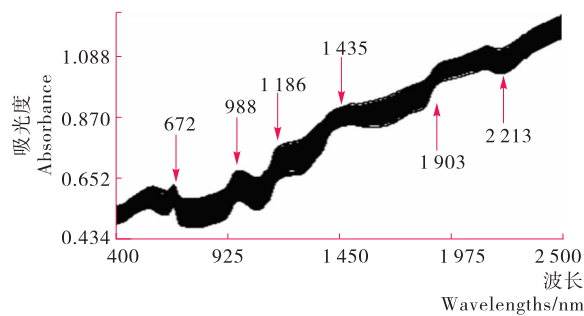


图 1 红提葡萄原始吸收光谱图
Figure 1 Original absorption spectrogram of red globe grape

2.3 化学计量学建模方法的选择

本试验应用偏最小二乘法 (partial least squares, PLS)、改进偏最小二乘法 (MPLS) 分别在全光谱范围内建立 V_c 含量的定标模型, 结果见表 2。

表 2 MPLS、PLS 方法定标结果
Table 2 Calibrating results of MPLS, PLS

方法	SECV	R^2_{cv}
MPLS	0.065 4	0.885 4
PLS	0.062 0	0.879 3

由表 2 可知, MPLS 的 R^2_{cv} 为 0.885 4, 高于 PLS 的值。MPLS 是在 PLS 法的基础上进行窗口平移等处理, 其提取有效光谱信息的能力较强, 对因变量的解释性强^[23-25], 在本试验中较为适用。

2.4 光谱预处理方法的选择

以 MPLS 法为基础, 探讨选择结合不同光谱预处理方法建立定标模型的 SECV 和 R^2_{cv} , 以得到最适宜的建模方案。试验比较了原始光谱 [$\lg(1/R)$]、一阶导数处理光谱 [$1_{st}D \lg(1/R)$]、二阶导数处理光谱 [$2_{nd}D \lg(1/R)$]、结合标准正常化处理 (SNV only)、去线性分量处理 (detrend only)、标准正常化加去线性分量处理 (SNV + detrend)、标准多元离散校正处理 (standard MSC, SMSC)、加权多元离散校正处理 (weighted MSC, WMSC)、反相多元离散校正 (invert MSC, IMSC) 的定标效果^[26], 结果见表 3。用于建模的样本数为经预处理后进行 T 值检验, 剔除光谱预测值与化学测定值差异大于定标误差 2.5 倍的异常样品后的剩余样品。

由表 3 可知, 在 MPLS 的基础上, 采用一阶导数的光谱预处理方法效果最优, 其 SECV、 R^2_{cv} 分别为 0.056 7、0.912 5; 其次是一阶导数结合加权多元离散校正 (WMSC)、一阶导数结合标准正常化 (SNV only)、标准多元离散校正 (SMSC)。

图 2 为预处理后的光谱图。由图 2 可知, 导数处理可以减小峰宽, 提高肩峰及精细结构的分辨率, 消减基线偏移, 而过多的处理可能使谱图失真, 丢失信息, 因而一阶导数相比二阶导数更为适宜, 有效避免了光谱的过拟合和失拟合, 提高了定标精度。

表 3 不同预处理定标结果

Table 3 Calibrating results of different pretreatments

处理方法	MPLS+	样本数	SECV	R^2_{cv}
原始光谱		139	0.065 4	0.885 4
原始光谱 + SNV and Detrend		140	0.061 0	0.899 4
原始光谱 + SNV only		141	0.061 0	0.892 5
原始光谱 + Detrend only		138	0.060 9	0.898 7
原始光谱 + SMSC		141	0.066 2	0.880 8
原始光谱 + WMSC		140	0.060 6	0.901 5
原始光谱 + IMSC		140	0.063 6	0.888 3
1 _{st} D lg (1/R)		138	0.056 7	0.912 5
1 _{st} D lg (1/R) + SNV and Detrend		141	0.060 2	0.899 9
1 _{st} D lg (1/R) + SNV only		140	0.059 2	0.903 8
1 _{st} D lg (1/R) + Detrend only		141	0.061 3	0.896 4
1 _{st} D lg (1/R) + SMSC		141	0.059 6	0.902 0
1 _{st} D lg (1/R) + WMSC		139	0.057 2	0.910 9
1 _{st} D lg (1/R) + IMSC		139	0.060 6	0.899 8
2 _{nd} D lg (1/R)		138	0.061 7	0.896 5
2 _{nd} D lg (1/R) + SNV and Detrend		141	0.063 5	0.889 0
2 _{nd} D lg (1/R) + SNV only		141	0.062 1	0.893 5
2 _{nd} D lg (1/R) + Detrend only		139	0.062 1	0.894 5
2 _{nd} D lg (1/R) + SMSC		141	0.067 8	0.887 8
2 _{nd} D lg (1/R) + WMSC		141	0.063 0	0.890 4
2 _{nd} D lg (1/R) + IMSC		142	0.068 7	0.869 0

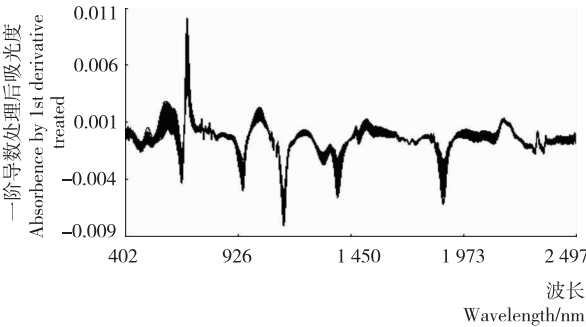


图 2 经一阶导数处理后的光谱图
Figure 2 1st Derivative treated spectrogram

2.5 平滑算法的选择

采取导数、去散射等预处理的同时, 进行光谱平滑处理也可以消减高频随机噪声对光谱的影响。本试验通过采用 WinISI4 软件进行 Savitzky-Golay 平滑, 选取不同平滑点数 (smooth) 及处理间隔点数 (gap), 建模效果随之变化, 平滑过少拟合度可能不高, 平滑过多可能使谱图失真, 丢失信息, 造成过拟合, 且平滑点数不得超过间隔点数^[27]。因一阶导数处理建模效果较好, 故以 R^2_{cv} 大于 0.9 的一阶导数结合不同预处理为基础, 讨论不同平滑算法建立定标模型, 结果见表 4。综合考虑以较少的平滑点数得到较高的相关系数以及方法的稳定性, 选取一阶导数结合加权多元离散校正 (WMSC) 为最优处理。

表 4 不同平滑算法定标结果
Table 4 Calibrating results of different smooth

预处理方法	间隔 5 点 5 点平滑		间隔 9 点 9 点平滑		间隔 13 点 13 点平滑		间隔 16 点 16 点平滑		间隔 20 点 20 点平滑	
	SECV	R^2_{cv}	SECV	R^2_{cv}	SECV	R^2_{cv}	SECV	R^2_{cv}	SECV	R^2_{cv}
1 _{st} D	0.059 0	0.905 7	0.061 1	0.897 6	0.060 8	0.898 6	0.056 7	0.912 5	0.065 5	0.912 6
1 _{st} D + SNV only	0.058 5	0.906 9	0.057 1	0.911 8	0.056 9	0.912 5	0.061 0	0.892 5	0.059 2	0.904 0
1 _{st} D+ SMSC	0.060 7	0.898 6	0.060 2	0.900 0	0.059 8	0.901 4	0.059 6	0.902 0	0.061 4	0.897 5
1 _{st} D+ WMSC	0.054 3	0.920 2	0.058 0	0.909 9	0.057 5	0.911 2	0.057 2	0.910 9	0.055 9	0.915 0

2.6 特征波长区间的选择

在获得最优化学计量学方法和光谱预处理组合后,根据吸收光谱吸收峰的分布,将全波长光谱分为不同区,每个区间分别用 MPLS+1_{st}D lg (1/R)+ Gap5,Smooth5 + WM-SC 法建立定标模型,SECV 和 R^2_{cv} 见表 5。

表 5 不同特征波长区间定标结果
Table 5 Calibrating results of different effective wavelength intervals

波长/nm	SECV	R^2_{cv}
408.0~1 092.8	0.074 2	0.849 5
1 108.0~1 472.8	0.064 8	0.885 8
1 508.0~2 072.8	0.069 8	0.856 6
2 108.0~2 492.8	0.068 7	0.872 2
1 108.0~2 072.8	0.056 9	0.912 9
408.0~2 492.8	0.054 3	0.920 2

由表 5 可知,全波长范围内模型效果最好,1 108.0~2 072.8 nm 相关性仅次于全波长,1 108.0~1 472.8 nm 较好,而 408.0~1 092.8 nm 最差,说明 V_c 含量与二级倍频、一级倍频的近红外漫反射有较强相关性,但范围太窄,影响建模效果,全波长范围增加了波数,可以提供更为全面的信息,因此选择全波长光谱范围 408.0~2 492.8 nm 作为有效建模波长区域。

2.7 最优定标模型及其预测评价

经过上述讨论,得到最优建模方法为 MPLS + 1_{st}D lg (1/R)+ Gap5,Smooth5 + WMSC 法,波长选择全光谱范围。定标集测定值和最优近红外模型分析值的相关性见图 3。

为了验证定标模型的可靠性和准确性,用最优定标模型对预测集果实 V_c 含量进行分析,比较预测值和实测值的相关性,结果见图 4。

预测结果表明:预测决定系数 R^2_p 为 0.931 8,预测标准差 SEP 为 0.050 0,预测相对分析误差 RPD 为 3.640 0,可见,模型预测标准差较低、预测值和实测值相关性较好。预测集残差分布图见图 5,残差平方和 PRESS 为 0.188 0,残差分布均匀,均未超过±0.15,模型较稳定,可以得到很好的预测分析效果。

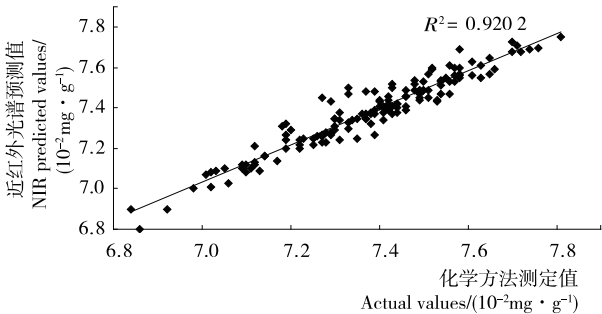


图 3 定标集化学方法测定值与近红外光谱预测值的相关性
Figure 3 Correlation between actual values and NIR predicted values of calibration set

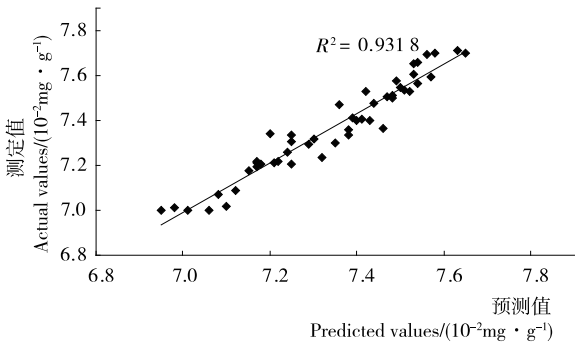


图 4 预测集预测值与测定值的相关性
Figure 4 Correlation between predicted values and actual values of prediction set

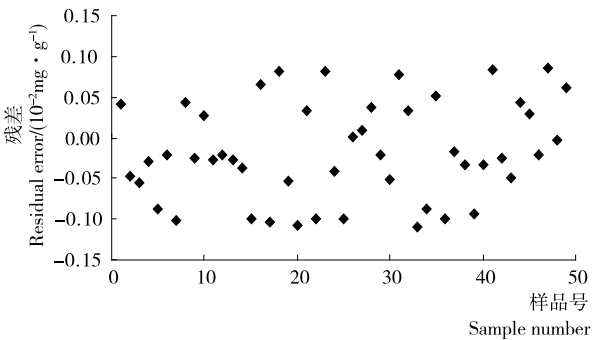


图 5 预测集残差分布
Figure 5 Residual distribution of prediction set

3 结论

V_C 含量是判断葡萄成熟度、营养价值、品质质量的重要指标。本研究应用可见/近红外漫反射光谱技术对红提葡萄果实 V_C 进行检测,较为全面地讨论了影响建模效果的不同方法组合,确定了建立模型的最适宜化学计量学方法为 MPLS 法,光谱预处理方法适用于间隔 5 点、5 点平滑、一阶导数结合加权多元离散校正处理,在全波长范围内建模效果优于其他分段波长。最优模型的验证结果显示预测值与定标分析值相关性高, R^2_0 达 0.931 8,预测标准差 SEP 为 0.050 0,残差分布均匀。因此,建立红提葡萄果实 V_C 的近红外检测模型是可行的,精度较高,此法将极大提高葡萄 V_C 含量检测、判别的准确性,具有一定应用价值,在生产中仍需针对实际情况对模型进行修正,因此建立通用性强的检测模型需要进一步研究与试验。

参考文献

- 1 梁丽雅,郝利平,闫师杰,等. 红地球、巨峰葡萄采后果实品质变化的研究[J]. 食品科学,2002,23(11):143~146.
- 2 李宁,关文强,段双科. 葡萄采后致腐病原菌鉴定及侵染规律[J]. 保鲜与加工,2005,5(3):37~39.
- 3 何保山,张长辉,左春艳,等. 食品中维生素 C 含量检测研究进展[J]. 江西农业学报,2010,22(10):111~114,117.
- 4 黄连玉,陈崇莉,罗宝芳,等. 桂西地区 7 种常见水果维生素 C 含量的测定[J]. 右江民族医学院学报,2012,34(1):14~15.
- 5 安泉鑫,陈莉,庞林江,等. 近红外光谱技术在食品中的应用进展[J]. 食品与机械,2012,28(5):239~242.
- 6 王敏,付蓉,赵秋蓉,等. 近红外光谱技术在果蔬品质无损检测中的应用[J]. 中国农学通报,2010,26(5):174~178.
- 7 Alamar M C, Bobelyn E, Lammertyn J, et al. Calibration transfer between NIR diode array and FT-NIR spectrophotometers for measuring soluble solids contents of apple[J]. Postharvest Biology and Technology,2007,45(1):38~45.
- 8 Kawano S. Present condition of nondestructive quality evaluation of fruits and vegetables in Japan[J]. Japan Agricultural Research Quarterly,1992(28):212~216.
- 9 吴晨,何建国,刘贵珊,等. 基于近红外高光谱成像技术的马铃薯干物质含量无损检测[J]. 食品与机械,2014,30(4):133~136,150.
- 10 刘燕德,陈兴苗,孙旭东. 可见/近红外漫反射光谱无损检测南丰蜜桔维生素 C 的研究[J]. 光谱学与光谱分析,2008,28(10):2 318~2 320.
- 11 夏俊芳,李小昱,李培武,等. 基于小波变换的柑橘维生素 C 含量近红外光谱无损检测方法[J]. 农业工程学报,2007,23(6):170~174.
- 12 刘燕德,周延睿,潘圆媛. 基于最小二乘支持向量机的辣椒可溶性固形物和维生素 C 含量近红外光谱检测[J]. 光学精密工程,2014,22(2):281~288.
- 13 徐洪宇,张京芳,侯力璇,等. 基于 FT-NIR 光谱技术检测酿酒葡萄中可溶性固形物含量[J]. 中国食品学报,2013,13(11):153~159.
- 14 鲁伟奇,郭永洪. 一种识别不同种类葡萄的无损检测方法[J]. 中国计量学院学报,2012,23(1):20~24.
- 15 吴桂芳,黄凌霞,何勇. 葡萄浆果糖度可见/近红外光谱检测的研究[J]. 光谱学与光谱分析,2008,28(9):2 090~2 093.
- 16 李军. 钼蓝比色法测定还原型维生素 C[J]. 食品科学,2000,21(8):42~45.
- 17 Fernando A Mendoza, Karen Cichy, Lu Ren-fu, et al. Evaluation of canning quality traits in black beans (*Phaseolus vulgaris* L.) by visible/near-infrared spectroscopy[J]. Food and Bioprocess Technology, 2014,7(9): 2 666~2 678.
- 18 祝诗平,王一鸣,张小超,等. 近红外光谱建模异常样品剔除准则与方法[J]. 农业机械学报,2004,35(4):115~119.
- 19 Abdullah Iqbal, Sun Da-wen, Paul Allen. Prediction of moisture, color and pH in cooked, pre-sliced turkey hams by NIR hyperspectral imaging system[J]. Journal of Food Engineering, 2013, 117(1): 42~51.
- 20 王丹,鲁晓翔,张鹏,等. 近红外光谱检测不同贮藏期磨盘柿的内部品质[J]. 光谱实验室,2013,30(6):2 769~2 774.
- 21 庞滂. 近红外定性定量模型的建立与应用[D]. 西安:西北大学,2008.
- 22 李振庆,黄梅珍,倪一,等. 改进偏最小二乘法在近红外牛奶成分测量中的应用[J]. 光学技术,2009,35(1):70~73.
- 23 Dolores Pérez-Marín, María-Teresa Sánchez, Patricia Paz, et al. Postharvest shelf-life discrimination of nectarines produced under different irrigation strategies using NIR-spectroscopy[J]. LWT-Food Science and Technology,2011,44(6):1 405~1 414.
- 24 童莉,王欣,雯茜姆,等. 葡萄贮藏过程中含糖量、维生素 C、呼吸、膜透性的变化和耐贮性的关系[J]. 种子,2008(10):23~25.
- 25 Bureau S, Ruiz D, Reich M, et al. Rapid and non-destructive analysis of apricot fruit quality using FT-near-infrared spectroscopy[J]. Food Chemistry,2009,113(4):1 323~1 328.
- 26 王丹,鲁晓翔,张鹏,等. 近红外无损检测甜柿果实质地和品质[J]. 食品工业科技,2013,34(24):53~56.
- 27 郭婷婷,邹文锦,苏谦,等. 近红外玉米品种鉴别系统预处理和波长选择方法[J]. 农业机械学报,2009,40(S1):87~92.

敬 告

《食品与机械》网站(<http://www.ifoodmm.com/>)将于 2016 年 1 月正式开通。开通后,我刊唯一的投稿方式为:<http://www.ifoodmm.com/>投稿通道(原来的投稿邮箱:foodmm@vip.sina.com 不再接受投稿)。

从 2016 年 1 月起,《食品与机械》由双月刊改为月刊,欢迎广大作者踊跃投稿。

本刊从未对外设立其他编辑部或采编部,本刊联系电话:0731-85258200,85258201。

《食品与机械》编辑部