

# 近红外光谱快速测定巧克力中掺假淀粉

刘嘉<sup>1</sup>, 赵秋爽<sup>1</sup>, 李明奇<sup>1</sup>, 陈嘉<sup>1</sup>, 赵国华<sup>1,2</sup>

(1. 西南大学食品科学学院, 重庆 400715) (2. 重庆市农产品加工技术重点实验室, 重庆 400715)

**摘要:** 巧克力作为一种休闲食品, 以其细腻的口感和独特的口味而广泛受到消费者的青睐。然而, 近几年来关于巧克力掺假的报道不断涌入人们的视野。其中, 以廉价淀粉掺假巧克力的手段最为常见。本研究利用近红外光谱快速检测巧克力中掺假红薯淀粉和马铃薯淀粉的方法, 采用主成分回归 (principal component regression, PCR) 和偏最小二乘法 (partial least squares regression, PLS) 建立校正模型, 并对比了光谱区间、光谱预处理方式以及主因子数对模型的影响。结果显示, 采用 PLS 建模, 光谱采用一阶导数处理 (7pts), 光谱区间选择在 7000~4200  $\text{cm}^{-1}$ , 主因子数为 8 时, 模型预测效果最佳。结果表明, 模型的预测误差均方根 RMSEP=1.7%, 实际值与预测值相关系数  $R_p^2=0.9426$ 。该模型对不同掺假比例样品的加样回收率为 94.2%~105.6%, 日内 RSD 为 4.7%~8.9%, 日间 RSD 为 5.1%~11.3%。结果表明, 近红外光谱技术可用于快速检测巧克力中掺假淀粉。

**关键词:** 巧克力; 淀粉掺假; 近红外光谱; 快速检测

文章编号: 1673-9078(2015)3-260-265

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.3.043

## Rapid Detection of Adulterate Starch in Chocolate by Near-infrared Spectroscopy

LIU Jia<sup>1</sup>, ZHAO Qiu-shuang<sup>1</sup>, LI Ming-qi<sup>1</sup>, CHEN Jia<sup>1</sup>, ZHAO Guo-hua<sup>1,2</sup>

(1. College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400715, China)

(2. Chongqing Key Laboratory of Agricultural Product Processing, Chongqing 400715, China)

**Abstract:** Chocolates are a popular snack due to their exquisite taste and unique flavor. Nevertheless, instances of chocolate adulteration are on the rise and have recently caught consumer attention, the most common being adulteration with low-cost starch. In this study, near-infrared (NIR) spectroscopy was used for the rapid detection of adulterate sweet potato or potato starch in chocolate. A correction model was established using principal component regression (PCR) and partial least squares (PLS). The effects of spectral range, spectral preprocessing method, and the number of parameters were studied. The result indicated that the highest prediction rate was achieved using PLS for modeling with eight parameters, within a spectral range of 7000 to 4200  $\text{cm}^{-1}$  and first derivative (7 pts) pretreatment. The values for root mean square error of prediction (RMSEP) and the coefficient of determination ( $R_p^2$ ) obtained with this model were 1.7% and 0.9426, respectively. The recovery rates, intraday RSD and interday RSD of samples with varied adulterated proportions were 94.2% to 105.6%, 4.7% to 8.9%, and 5.1% to 11.3%, respectively. The results indicate that NIR spectroscopy can be used as a method to rapidly detect adulterate starch in chocolate.

**Key words:** chocolate; starch adulteration; near-infrared spectroscopy; rapid detection

巧克力是以可可为主料的一种食品, 以其独特的香醇口味以及特定的文化内涵深受人们的喜爱<sup>[1]</sup>。巧克力的制作牵涉复杂的化学物理过程, 为了使最终产品达到合适的理化特性及诱人的口味及样式, 需要多个技术操作步骤以及不同配料的搭配。然而, 许多非法产商在巧克力中大量掺假淀粉以代替可可谋取利益。这种欺骗消费者的行为无疑对市场秩序的稳定造

收稿日期: 2014-07-28

基金项目: 乐山市科技计划项目 (13GZD072)

作者简介: 刘嘉 (1985-), 男, 博士, 研究方向: 食品化学与营养

通讯作者: 赵国华 (1971-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 食品化学与营养、食品质量快速检测

成了严重的影响。但国内外对于检测巧克力掺假的报道不多, Che Man 等曾利用中红外光谱结合化学计量方法鉴别巧克力中用动物油脂代替可可脂<sup>[2]</sup>。而对于鉴别巧克力中掺假淀粉的研究, 国内外仍未见报道。近几年, 频发的食品掺假及有害物质污染问题, 使人们开始格外关注食物成分及相关快速分析检测技术的研发。近红外光谱检测技术始于二十世纪八十年代, 具有分析速度快、效率高、低成本、无污染、无需要前处理和多组分同时测定等优点。化学计量学在各个学科中得到广泛的应用, 其中模式识别及多元线性回归是最为常用的数据分析手段。近红外光谱检测技术结合化学计量学方法已被成功应用于鉴别食品掺假

中,包括藕粉掺假<sup>[3]</sup>、可可豆掺假<sup>[4]</sup>、蜂蜜掺假<sup>[5]</sup>、焙烤制品中奶油掺假<sup>[6]</sup>等。因此,本文以巧克力及淀粉掺假巧克力为研究对象,应用近红外光谱技术结合化学计量学方法对掺假巧克力(红薯淀粉和马铃薯淀粉)进行快速检测,以期为加强市场监管提供有力支持。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

迪吉福可可液块,西诺迪斯食品(上海)有限公司;迪吉福可可脂,西诺迪斯食品(上海)有限公司;红薯淀粉,成都杨天食品有限责任公司与重庆佳仙食品有限公司;玉米淀粉,重庆佳仙食品有限公司与重庆市沁心食品有限公司;白砂糖,重庆市美都食品有限公司。

### 1.2 巧克力及掺假巧克力的制备

巧克力的制备工艺参考 Afoakwa 等的方法<sup>[7]</sup>。首先,按表 1、2 准确称取可可液块及淀粉。然后,将称量好的可可液块及可可脂预先在 40~50 °C 下融化。然后,将精确称量后的配料混合,于 45 °C 下搅拌均匀。将混合均匀的巧克力冷却到 29 °C 并维持 1 min,再冷却至 27 °C 并维持 1 min,再回升至 29~30 °C 并维持 3 min。通过调温,使巧克力便于脱模,并具有良好的光泽度。将调温后的巧克力冷却至室温后,至于 5 °C 左右条件下冷藏。将冷却后的巧克力从模具中取出,用锡箔纸包装后,分别放入透明塑料袋中密封,待测。共制备样品 84 个,51 个用于建模,33 个用于验证。校正集和验证集样品按照表 1 和 2 的配比添加可可液块和淀粉。每份样品中均添加白砂糖 3.0000 g 和可可脂 1.7500 g。在校正集和验证集中设置不同淀粉来源以及不同淀粉品牌的目的是在于提高样品检测的可靠性。

表 1 校正集中可可液块和淀粉的配比

Table 1 Corrected proportions of concentrated coco liquor and starch

淀粉 比例/%	可可液块含量	淀粉掺入种类及含量		
		样品 1	样品 2	样品 3
1	5.1975 g	0.0525 g YMS	0.0525 g HSS	0.0262 g YMS 和 0.0263 g HSS
2	5.1450 g	0.1050 g YMS	0.1050 g HSS	0.0525 g YMS 和 0.0525 g HSS
3	5.0925 g	0.1575 g YMS	0.1575 g HSS	0.0787 g YMS 和 0.0788 g HSS
4	5.0400 g	0.2100 g YMS	0.2100 g HSS	0.1050 g YMS 和 0.1050 g HSS
5	4.9875 g	0.2625 g YMS	0.2625 g HSS	0.1312 g YMS 和 0.1313 g HSS
6	4.9350 g	0.3150 g YMS	0.3150 g HSS	0.1575 g YMS 和 0.1575 g HSS
7	4.8825 g	0.3675 g YMS	0.3675 g HSS	0.1837 g YMS 和 0.1838 g HSS
8	4.8300 g	0.4200 g YMS	0.4200 g HSS	0.2100 g YMS 和 0.2100 g HSS
9	4.7775 g	0.4725 g YMS	0.4725 g HSS	0.2362 g YMS 和 0.2363 g HSS
10	4.7250 g	0.5250 g YMS	0.5250 g HSS	0.2625 g YMS 和 0.2625 g HSS
12	4.6200 g	0.6300 g YMS	0.6300 g HSS	0.3150 g YMS 和 0.3150 g HSS
14	4.5150 g	0.7350 g YMS	0.7350 g HSS	0.3675 g YMS 和 0.3675 g HSS
16	4.4100 g	0.8400 g YMS	0.8400 g HSS	0.4200 g YMS 和 0.8400 g HSS
18	4.3050 g	0.9450 g YMS	0.9450 g HSS	0.4725 g YMS 和 0.4725 g HSS
20	4.2000 g	1.0500 g YMS	1.0500 g HSS	0.5250 g YMS 和 0.5250 g HSS
22	4.0950 g	1.1550 g YMS	1.1550 g HSS	0.5775 g YMS 和 0.5775 g HSS
24	3.9900 g	1.2600 g YMS	1.2600 g HSS	0.6300 g YMS 和 0.6300 g HSS

注: YMS为玉米淀粉, HSS为红薯淀粉。校正集所用淀粉: 沁心玉米粉和佳仙红薯淀粉。

### 1.3 光谱测定

采用布鲁克公司(BRUKER)MPA 近红外光谱仪,扫描范围 12000~3500  $\text{cm}^{-1}$ ,分辨率 4  $\text{cm}^{-1}$ ,扫描次数 16 次, PbS 检测器,采用石英样品杯和样品旋转台,漫反射方式收集信号。采用仪器自带的 OPUS 7.0 采

集并处理光谱。

### 1.4 数据处理及模型建立

通过仪器测定,得到校正集样品的近红外光谱。使用 The Unscrambler 9.0 作为数据处理软件处理图谱。选用主成分回归(principal component regression,

PCR) 和偏最小二乘 (partial least squares Regression, PLS) 建立模型进行对比。

表 2 验证集中可可液块和淀粉的配比

**Table 2 Verified proportions of concentrated coco liquor and starch**

淀粉比例/%	可可液块含量	淀粉掺入种类及含量		
		样品 1	样品 2	样品 3
2	5.1450 g	0.1050 g YMS	0.1050 g HSS	0.0525 g YMS 和 0.0525 g HSS
4	5.0400 g	0.2100 g YMS	0.2100 g HSS	0.1050 g YMS 和 0.1050 g HSS
6	4.9350 g	0.3150 g YMS	0.3150 g HSS	0.1575 g YMS 和 0.1575 g HSS
8	4.8300 g	0.4200 g YMS	0.4200 g HSS	0.2100 g YMS 和 0.2100 g HSS
10	4.7250 g	0.5250 g YMS	0.5250 g HSS	0.2625 g YMS 和 0.2625 g HSS
13	4.5675 g	0.6825 g YMS	0.6825 g HSS	0.3412 g YMS 和 0.3413 g HSS
15	4.4625 g	0.7875 g YMS	0.7875 g HSS	0.3937 g YMS 和 0.3938 g HSS
17	4.3575 g	0.8925 g YMS	0.8925 g HSS	0.4462 g YMS 和 0.4463 g HSS
19	4.2525 g	0.9975 g YMS	0.9975 g HSS	0.4897 g YMS 和 0.4898 g HSS
21	4.1475 g	1.1025 g YMS	1.1025 g HSS	0.5512 g YMS 和 0.5513 g HSS
23	4.0425 g	1.2075 g YMS	1.2075 g HSS	0.6037 g YMS 和 0.6038 g HSS

注: YMS为玉米淀粉, HSS为红薯淀粉。验证集所用淀粉为: 佳仙玉米淀粉; 杨天红薯淀粉。

### 1.5 模型优化

#### 1.5.1 图谱预处理

光谱预处理可有效消除因系统误差和随机误差而引入到光谱测量数据的噪声, 高维光谱数据中夹杂着高频噪声, 同时还可能存在各随机因素引起的光谱信号基线漂移和基线旋转。为了从复杂、重叠、变动的背景中提取光谱有用信号, 获取高信噪比、低背景干扰的分析信号, 对比了以下处理方式: 基线校正、平滑处理、矢量归一化、多元散射校正 (multiplicative scatter correction, MSC)、标准正态变量变换 (standard normal variate, SNV)、一阶导数变换以及二阶导数变换。优化处理除选择合适的光谱区间及光谱预处理方式之外, 还包括定量检测模型所使用的主因子数<sup>[8]</sup>。

#### 1.5.2 模型评价

采用交互验证的方式对模型进行评价。用校正集均方根误差 (RMSEC) 和校正集决定系数 ( $R_c^2$ )、交互验证均方根误差 (RMSECV) 和交互验证决定系数 ( $R_{cv}^2$ ) 来评定模型检测效果<sup>[9]</sup>。

### 1.6 外部验证及模型检验

验证集的样品按照最优模型的图谱处理方式将近红外光谱带入其中进行演算, 评价结果以预测均方根误差 (RMSEP) 和决定系数 ( $R_p^2$ ) 来判断。模型建立后对检测模型的日内相对标准误差 (日内 RSD)、日间相对标准误差 (日间 RSD) 以及加样回收率进行评定<sup>[10]</sup>。加样回收率是按照(检测掺假比例/实际掺假比例)×100%计算得到; 日内 RSD 是对同一样品日内

重复测定三次的相对标准误差; 日间 RSD 是对同一样品在 5 天内, 每隔一天测定一次的相对标准误差。

## 2 结果与分析

### 2.1 巧克力与掺假巧克力的近红外光谱

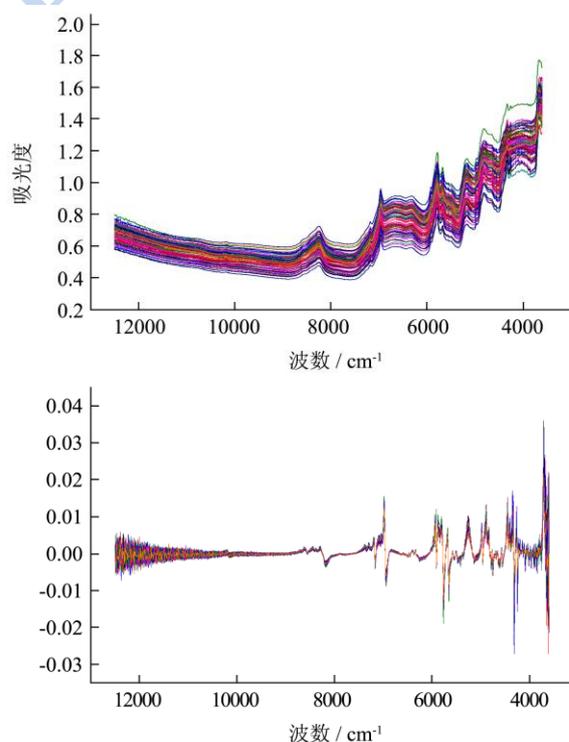


图 1 巧克力与掺假巧克力的近红外光谱及一阶导数图谱  
Fig.1 Near-infrared and first derivative spectra of pure and adulterated chocolate

近红外光谱主要反映的是分子中化学键振动的倍

频和合频信息, 光谱信息重叠度较大。从图 1 中可以看出, 在  $12000\sim 4000\text{ cm}^{-1}$  波数范围内, 巧克力及掺假巧克力红外光的峰形和位置都较为相似, 无法通过图谱直观地进行鉴别。在巧克力中含有可可粉、可可脂、蔗糖以及少量蛋白质, 同时, 在掺假巧克力中还加入了玉米及红薯淀粉。在  $8247\text{ cm}^{-1}$ 、 $5786\text{ cm}^{-1}$  以及  $5678\text{ cm}^{-1}$  的吸收峰, 可能是脂肪烃中 C-H 的倍频吸收。在  $6944\text{ cm}^{-1}$  以及  $4808\text{ cm}^{-1}$  出现的吸收峰, 可能是羟基引起的。而在  $5000\text{ cm}^{-1}$  附近的吸收峰, 可能是 N-H 的伸缩振动和弯曲振动的组合频。从一阶导数图谱可以发现图谱之间差异的主要来源在  $7000$  到  $4200\text{ cm}^{-1}$  之间。

## 2.2 光谱预处理及校正模型的建立

对所得到的原始光谱采用基线校正、平滑、归一化、导数变换、多元散射校正、标准正态变量变换等光谱预处理方式进行改进。回归分析的建模方法则采用 PCR 和 PLS 两种方法。不同预处理方式及波段均

设定主因子数为 4, 使用“留一法”进行模型内部交互验证。通过对比校正集决定系数  $R_c^2$  和校正集均方根误差 (RMSEC), 及预测值与实际值之间的交互验证决定系数  $R_{cv}^2$  和交互验证均方根误差 (RMSECV) 来确定各光谱处理方法及建模方法的效果。由表 3 和表 4 可以看出, 原始光谱建模效果较差。当光谱区间调整到  $7000\sim 4200\text{ cm}^{-1}$  时, 模型预测效果得到提高。而 PLS 建模后的预测效果高于 PCR。导数光谱可有效消除基线和背景的干扰, 分辨重叠峰, 提高测定分辨率和灵敏度。同时也会引入噪音和降低信噪比。所以在使用时, 对于导数点数的选择尤为重要, 平滑过小影响分析模型的预测能力; 而平滑过大, 则失去大量信息。因此, 通过比较得出经过一阶导数 (7pts) 处理, 采用 PLS 建模, 校正集决定系数  $R_c^2$  和交互验证决定系数  $R_{cv}^2$  最大, 校正集均方根误差 (RMSEC) 和交互验证均方根误差 (RMSECV) 最小, 表明模型预测精度最高。

表 3 不同光谱处理方法对 PCR 建模效果的影响

Table 3 Effect of various treatment methods on the PCR model spectra

光谱处理方法	光谱区间/ $\text{cm}^{-1}$	主因子数	校正集		交互验证	
			$R_c^2$	RMSEC/%	$R_{cv}^2$	RMSECV/%
原光谱	12000-3500	4	0.797	3.17	0.751	3.56
原光谱	8000-3700	4	0.837	2.83	0.812	3.12
原光谱	7000-4200	4	0.897	2.44	0.861	2.74
MSC	7000-4200	4	0.910	2.11	0.885	2.42
SNV	7000-4200	4	0.910	2.11	0.894	2.36
预处理	7000-4200	4	0.916	2.04	0.889	2.28
一阶导数(3pts)	7000-4200	4	0.916	2.03	0.907	2.26
一阶导数(5pts)	7000-4200	4	0.910	2.11	0.894	2.33
一阶导数(7pts)	7000-4200	4	0.909	2.12	0.887	2.33
一阶导数(9pts)	7000-4200	4	0.909	2.12	0.895	2.34
二阶导数(3pts)	7000-4200	4	0.782	3.28	0.742	3.63
二阶导数(5pts)	7000-4200	4	0.800	3.14	0.788	3.49
二阶导数(7pts)	7000-4200	4	0.835	2.86	0.798	3.18
二阶导数(9pts)	7000-4200	4	0.906	2.15	0.859	2.76

注: 预处理包括基线校正、平滑处理、矢量归一化; pts为平滑点数。

对光谱进行一阶导数处理, 分别使用不同主因子数进行 PLS 建模, 对比各模型的交互验证均方根误差 (RMSECV) 及交互验证决定系数  $R_{cv}^2$ , 选择最佳的光谱建模波段。由图 2 可以看出, 在主因子数为 8 时, 模型的交互验证决定系数 ( $R_{cv}^2$ ) 为 0.9866, 交互验证均方根误差 (RMSECV) 为 0.8%。超过 8 以后, 模型的交互验证相关系数和交互验证误差均方根无显著差异。故选取最优主因子数为 8。

## 2.3 模型验证

为检验模型的可靠性, 利用已建立的 PLS 模型对验证集 33 个样品进行预测。图 3 为校正模型对验证集中样品的预测值与实际值的比较。验证结果显示, 预测值与真实值具有较好的相关性。模型的预测误差均方根误差  $RMSEP=1.7\%$ , 实际值与预测值决定系数  $R_p^2=0.9426$ , 说明模型有较强的预测能力和稳定性。

表 4 不同光谱处理方法对 PLS 建模效果的影响

Table 4 Effects of various treatment methods on the PLS model spectra

光谱处理方法	光谱区间/cm <sup>-1</sup>	主因子数	校正集		交互验证	
			R <sub>C</sub> <sup>2</sup>	RMSEC/%	R <sub>CV</sub> <sup>2</sup>	RMSECV/%
原光谱	12000~3500	4	0.871	2.52	0.838	2.87
原光谱	8000~3700	4	0.892	2.31	0.867	2.55
原光谱	7000~4200	4	0.923	1.95	0.892	2.36
MSC	7000~4200	4	0.936	1.78	0.913	2.08
SNV	7000~4200	4	0.936	1.78	0.919	2.09
预处理	7000~4200	4	0.928	1.89	0.913	2.17
一阶导数(3pts)	7000~4200	4	0.944	1.65	0.915	2.06
一阶导数(5pts)	7000~4200	4	0.973	1.16	0.926	1.95
一阶导数(7pts)	7000~4200	4	0.976	1.09	0.938	1.75
一阶导数(9pts)	7000~4200	4	0.976	1.10	0.932	1.79
二阶导数(3pts)	7000~4200	4	0.927	1.90	0.885	2.49
二阶导数(5pts)	7000~4200	4	0.933	1.82	0.894	2.37
二阶导数(7pts)	7000~4200	4	0.942	1.70	0.898	2.23
二阶导数(9pts)	7000~4200	4	0.940	1.72	0.914	2.08

注：预处理包括基线校正、平滑处理、矢量归一化；pts为平滑点数。

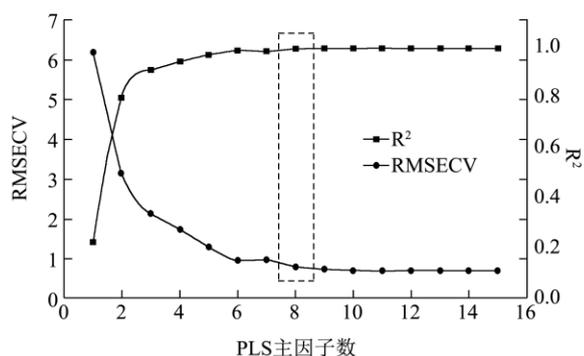


图 2 优化模型中不同主因子数对应的 RMSECV 和 R<sub>CV</sub><sup>2</sup>

Fig.2 RMSECV and R<sub>CV</sub><sup>2</sup> plotted as functions of the number of parameters used in the optimized model

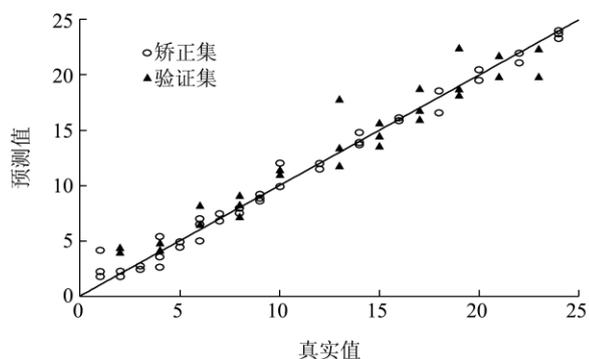


图 3 验证集中近红外预测值与真实值的相关分析

Fig.3 Correlation between NIR predicted values and actual values

分别制备巧克力中淀粉含量为 8%，13%，19%，23% 样品各 3 份（共 12 份），扫描近红外光谱并使用建立的模型进行预测。通过计算得出加样回收率，日内 RSD 和日间 RSD，结果见表 5。结果表明，该模型对不同掺假比例样品的加样回收率为 94.2%~105.6%，日内 RSD 为 4.7%~8.9%，日间 RSD 为 5.1%~11.3%。由此，说明该模型预测结果准确可靠。

表 5 预测方法的加样回收率及相对标准偏差

Table 5 Sample recovery rate and relative standard deviation of the prediction method

评价指标/%	巧克力中掺假淀粉含量/%			
	8	13	19	23
加样回收率	105.6±9.8	98.5±6.0	99.3±6.7	94.2±2.0
日内 RSD	8.9	5.3	6.7	4.7
日间 RSD	11.3	8.2	5.1	5.1

### 3 结论

本研究采用近红外光谱技术结合化学计量学方法，对巧克力掺假淀粉进行了研究。通过比较分析，当采用 PLS 回归建立预测模型，通过一阶导数处理近红外光谱，光谱区间选为 7000~4200 cm<sup>-1</sup>，主因子数选为 8 时，可以达到较高的预测精度。结果表明，模型的预测误差均方根 RMSEP 为 1.7%，实际值与预测值相关系数 R<sub>p</sub><sup>2</sup> 为 0.9426。该方法在不同掺假比例样品测试下的加样回收率为 94.2%~105.6%，日内 RSD 为 4.7%~8.9%，日间 RSD 为 5.1%~11.3%。巧克力中

#### 2.4 检测方法的加样回收率及精密度

除掺假淀粉外,还存在代可可脂代替可可脂、奶精代替奶粉的问题。进一步可就如何利用近红外技术分析巧克力中其它成分掺假成分问题展开研究。

### 参考文献

- [1] OSMAN J L, SOBAL J. Chocolate cravings in American and Spanish individuals: biological and cultural influences [J]. *Appetite*, 2006, 47(3): 290-301
- [2] CHEMAN Y B, SYAHARIZAZ A, MIRGHANIM E S, et al. Analysis of potential lard adulteration in chocolate and chocolate products using fourier transform infrared spectroscopy [J]. *Food Chemistry*, 2005, 90(4), 815-819
- [3] XU L, SHI P T, YE Z H, et al. Rapid analysis of adulterations in chinese lotus root powder (lp) by near-infrared (NIR) spectroscopy coupled with chemometric class modeling techniques [J]. *Food Chemistry*, 2013, 141(3), 2434-2439
- [4] TEYEA E, HUANG X Y, LEI W, et al. Feasibility study on the use of fourier transform near-infrared spectroscopy together with chemometrics to discriminate and quantify adulteration in cocoa beans [J]. *Food Research International*, 2014, 55, 288-293
- [5] MOUAZEN A M, AL-WALAAN N. Glucose adulteration in saudi honey with visible and near infrared spectroscopy [J]. *International Journal of Food Properties*, 2014, 17(10), 2263-2274
- [6] MIGNANI A G, CIACCHERI L, OTTEVAERE H, et al. Visible and near-infrared absorption spectroscopy by an integrating sphere and optical fibers for quantifying and discriminating the adulteration of extra virgin olive oil from tuscan [J]. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2011, 399(3), 1315-1324
- [7] AFOAKWA E O, PATERSON A, FOWLER M, et al. Comparison of rheological models for determining dark chocolate viscosity [J]. *International Journal of Food Science & Technology*, 2009, 44(1), 162-167
- [8] MAUER L J, CHEM YSHOVA A A, HIATT A, et al. Melamine detection in infant formula powder using near-and mid-infrared spectroscopy [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2009, 57(10): 3974-3980
- [9] OTTAVIAN M, FACCO P, FASOLATO L, et al. Use of near-infrared spectroscopy for fast fraud detection in seafood: application to the authentication of wild european sea bass (*dicentrarchus labrax*) [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2012, 60(2): 639-648
- [10] LIU J, WEN Y, DONG N, et al. Authentication of lotus root powder adulterated with potato starch and/or sweet potato starch using fourier transform mid-infrared spectroscopy [J]. *Food Chemistry*, 2013, 141(3): 3103-3109