

油茶籽脂肪酸成分含量与高光谱反射率的相关性

廖敦军, 蒋蘋*, 罗亚辉, 许能

(湖南农业大学工学院, 湖南 长沙 410128)

摘 要: 测定来自不同产地的 30 个油茶籽样品的油酸、亚油酸、棕榈酸含量和高光谱反射率, 分析油茶籽高光谱反射率与脂肪酸含量间的相关关系。结果显示, 与油茶籽脂肪酸成分含量相关性比较好的高光谱波段主要分布在 400~500、600~630 nm 以及 900 nm 左右, 且敏感波段区高光谱反射率与脂肪酸成分含量的相关系数均在 0.4 以上。

关 键 词: 油茶籽; 脂肪酸; 高光谱反射率

中图分类号: S794.4

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2013)04-0445-04

Correlation between camellia seed aliphatic acid composition and hyperspectral reflectance

LIAO Dun-jun, JIANG Ping*, LUO Ya-hui, XU Neng

(College of Engineering, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

Abstract: By testing the amount of oleic acid, linoleic acid, and palmitic acid of 30 samples of camellia seeds and their hyperspectral reflectance, this paper analyzed correlation between camellia aliphatic acid amount and their hyperspectral reflectance by means of quantitative analysis. The result showed that the hyperspectral bands that had a close connection with the correlation of aliphatic acid of camellia seed were particularly located in the 400–500 nm, 600–630 nm, and 900 nm. In addition, in the sensitive hyperspectral bands, all the correlation coefficients between the hyperspectral reflectance and the aliphatic acid amount were more than 0.4.

Key words: camellia; aliphatic acid; hyperspectrum reflectance

油茶籽油脂脂肪酸由油酸、亚油酸和棕榈酸组成, 3 种脂肪酸含量的高低是评价油茶籽品质的重要指标^[1]。利用高光谱检测技术测量油茶籽含油量是一种新型方法, 该方法与传统的索氏抽提法相比, 具有快速、安全无毒、操作简便、不破坏油料种子等优点^[2-3]。Thomas^[4]通过研究不同氮素营养水平下的棉花叶片光谱特性, 发现叶片氮素含量的敏感波段为 530~560 nm。姚霞等^[5]研究棉花功能叶片色素含量与高光谱参数的相关性, 其结果表明棉花功能叶片各色素指标相关性比较好的高光谱波段主要分布在 500~700 nm。由于近红外光谱法的测

量受精度与范围限制, 无法获得油酸、亚油酸、棕榈酸的 4 级以上倍频(其波段在可见光谱区)信息^[6]。笔者意在寻求油茶籽脂肪酸成分含量与高光谱数据的相关性, 以期获得能反映油酸、亚油酸、棕榈酸含量的最佳波段, 为油茶籽脂肪酸成分的快速检测奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 材 料

于 2011 年 9 至 11 月, 分别从湖南、山东、江苏、湖北、江西、广西、广东等省、区购得 30 个

收稿日期: 2013-01-04

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2011BAD20B08)

作者简介: 廖敦军(1986—), 男, 湖南邵阳人, 硕士研究生, 主要从事农业电子技术及自动控制研究, liaodunjun@126.com; *通信作者, teacher_jp@163.com

油茶籽材料。选取颗粒饱满、外壳完好、颜色鲜亮的油茶籽各 100 g 为样品,用于试验。

1.2 方 法

1.2.1 油茶籽脂肪酸组成含量的测定

油茶籽油酸、亚油酸和棕榈酸含量的测定采用气相色谱法^[7-8],由湖南农业大学气相测试中心完成。

1.2.2 油茶籽高光谱反射率的获取

选取表面无破损、颗粒饱满的油茶籽为样品,用 FieldSpec HH2 高光谱仪测定油茶籽光谱反射率。视场角 25°,光谱测定波长 325~1 075 nm,光谱分辨率 3 nm。测量在无云、无风天气(11:30—12:30)进行。先将光谱仪预热 20 min 后用白板标定。测量时,样品置于干净黑布(反射率趋于 0)上,探头置于样品正上方(距离样品 0.15 m)垂直向下。每次测量样品前均用白板校正。每个样本连续采集 30 次数据,取平均值。

1.3 油菜籽高光谱反射率与脂肪酸组成含量的相关性分析

对油茶籽脂肪酸含量与油茶籽高光谱反射率进行相关性分析,以相关系数^[9-10]和显著性水平为依据,获取油茶籽高光谱的敏感波段。

2 结果与分析

2.1 油茶籽中脂肪酸成分含量

表 1 为来自不同产地的 30 个油茶籽样品的油酸、亚油酸、棕榈酸含量。油酸含量为 72.58%~82.08%,均值 77.54%;亚油酸含量为 6.56%~11.04%,均值 9.76%;棕榈酸含量为 7.53%~12.24%,均值 9.46%。

2.2 油茶籽高光谱数据预处理

图 1 左为油茶籽高光谱反射率图谱。可以看出,在 400 nm 以前、1 000 nm 以后有比较严重的干扰,不宜用于后续分析。

随着波长的增大,油茶籽的高光谱反射率也增大,直到 880 nm 左右才趋于平缓。这是由于油茶籽中脂肪酸主要由油酸、亚油酸、棕榈酸组成,这

表 1 油茶籽样品的脂肪酸含量

Table 1 The gas chromatography measurements values of 30 camellia seed

编号	产地	棕榈酸含量/%	油酸含量/%	亚油酸含量/%
1	湖南	10.70	72.88	10.70
2	湖南	8.73	79.18	8.31
3	湖南	7.80	80.58	8.46
4	湖南	8.67	77.46	8.46
5	湖南	8.15	79.21	7.98
6	湖南	11.64	76.12	9.98
7	湖南	9.54	75.66	12.96
8	湖南	8.98	81.87	6.56
9	山东	8.68	78.51	9.62
10	江苏	9.13	77.69	10.05
11	江苏	8.65	79.22	8.59
12	江苏	9.43	74.94	9.96
13	江苏	12.24	72.58	14.14
14	江苏	9.04	79.05	8.84
15	江苏	8.72	77.90	9.78
16	江苏	8.29	80.52	7.94
17	湖北	12.02	73.87	12.01
18	湖北	8.80	79.13	8.51
19	湖北	8.50	77.21	10.64
20	湖北	10.67	73.37	11.04
21	广西	9.08	79.10	8.45
22	广西	9.00	78.79	8.79
23	江西	9.17	78.00	9.21
24	江西	10.74	76.99	10.64
25	江西	9.14	81.05	7.84
26	江西	9.63	75.25	12.61
27	江西	7.53	82.08	6.94
28	江西	10.58	74.28	13.72
29	江西	12.13	74.09	8.24
30	广东	8.55	79.55	8.26

些物质中的甲基、亚甲基中的 C—H 键的振动吸收频谱中,只有 4 级以上的倍频和组合频分布在高光谱仪测量范围(400~920 nm)内,4 级倍频的强度只有基频的万分之一^[10-12],容易被其他物质的吸收波或噪声隐藏,因此需要进行光谱的预处理。

图 1 右所示为多元散射校正后的光谱,可以看出,多元散射校正可以去除近红外漫反射光谱中样品的镜面反射及不均匀性造成的噪声,消除漫反射光谱的基线及光谱的不重复性。

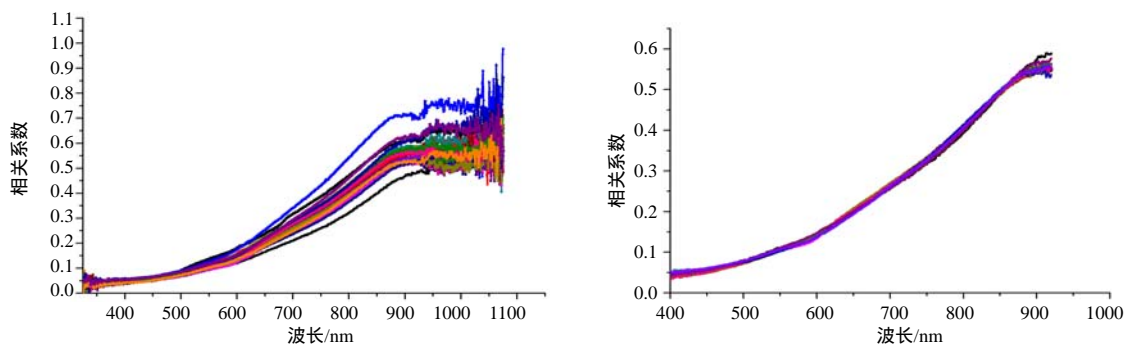


图1 油茶籽原始光谱与多元散射校正预处理后光谱反射率

Fig.1 Spectral reflectance of camellia oleifera seed original spectrum and after pretreatment with MSC

2.3 油茶籽高光谱反射率与脂肪酸各成分的相关性

以油茶籽高光谱各波段的反射率值为自变量，油茶籽脂肪酸中的油酸、亚油酸、棕榈酸的化学测量值为因变量进行相关性分析。

图2~4所示为油茶籽高光谱反射率经过 Savitzky-Golay 平滑和多元散射校正前后与油酸、亚油酸、棕榈酸含量的相关系数。由图2~4左可以看出，由于原始光谱受到噪声的干扰，所以只有在600 nm

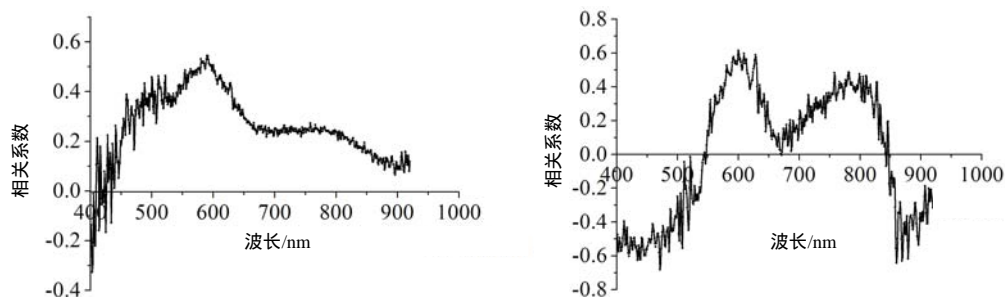


图2 油茶籽高光谱反射率 Savitzky-Golay+MSC 处理前、后与油酸的相关系数

Fig.2 Correlation coefficient of oleic acid in camellia oleifera seed spectrum before and after introduction of Savitzky-Golay+MSC

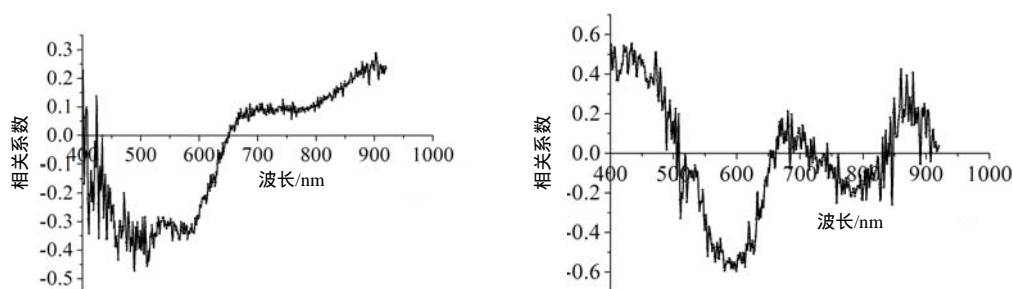


图3 油茶籽高光谱 Savitzky-Golay+MSC 处理前、后与亚油酸的相关系数

Fig.3 Correlation coefficient of linoleic acid in camellia oleifera seed spectrum before and after introduction of Savitzky-Golay+MSC

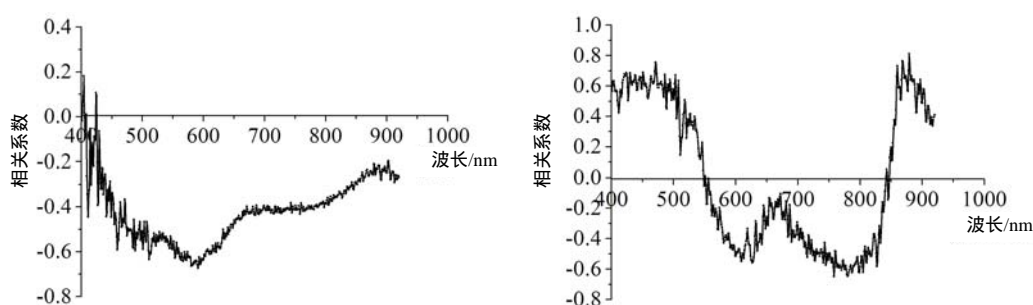


图4 油茶籽高光谱反射率 Savitzky-Golay+MSC 处理前、后与棕榈酸相关系数

Fig. 4 Correlation coefficient of palmitic acid in camellia oleifera seed spectrum before and after introduction of Savitzky-Golay+MSC

左右表现出较强的相关性。由图 2~图 4 右可以看出,经过处理后,其他波段(400~500 nm、900 nm 左右)的强相关性也随噪声的消除而表现出来。这说明 Savitzky-Golay 平滑和多元散射校正对光谱校正是有效的。

选取相关系数绝对值 0.5 作为油酸、棕榈酸的阈值,0.4 为亚油酸的阈值,滤除相关系数小于阈值后的波段如表 2 所示。

表 2 过滤后油茶籽波段的相关系数区间
Table 2 After filtration of camellia seed band correlation coefficient interval

油酸		亚油酸		棕榈酸	
波段/nm	相关系数	波段/nm	相关系数	波段/nm	相关系数
402~486	<-0.5**	401~479	>0.4*	401~490	>0.5**
590~630	>0.5*	553~630	<-0.4*
...	760~800	<-0.5*
868~896	<-0.5**	869	>0.4*	859~888	>0.5***

...表示没有相关性很强的波段;*表示在 0.1 水平显著;**表示在 0.05 水平显著;***表示在 0.01 水平极显著。

由表 2 可以看出,油酸含量在 868~896 nm 处呈现较强的负相关,在 590~630 nm 处有较强的正相关。亚油酸含量在 553~630 nm 处有较强的负相关,在 869 nm 附近表现出强正相关。棕榈酸含量在 859~904 nm 处有较强的正相关,在 600~630nm、724~824 nm 处有较强的负相关。在 400~500 nm 处,油酸、亚油酸、棕榈酸含量都呈现出较强的相关性,笔者认为应该是组合频,具体还有待进一步研究。

参考文献:

[1] 曹国锋, 邬冰, 钟守贤, 等. 茶叶籽油、油茶籽油与茶树油的区别[J]. 中国油脂, 2008, 33(8): 17-20.
[2] Daughtry C S T, Walthall C L, Kim M S, et al. Estimating corn leaf chlorophyll concentration from leaf and canopy

reflectance[J]. Remote Sensing of Environment, 2000, 74: 229-239.
[3] Pattey E, Strachan I B, Boisvert J B, et al. Detecting effects of nitrogen rate and weather on corn growth using micrometeorological and hyperspectral reflectance measurements[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2001, 108: 85-99.
[4] Thomas J R. Leaf reflectance vs. leaf chlorophyll and carotenoid concentration for eight crops[J]. Agron J, 1997, 69: 799-802.
[5] 姚霞, 吴华兵, 朱艳, 等. 棉花功能叶片色素含量与高光谱参数的相关性研究[J]. 棉花学报, 2007, 19(4): 267-272.
[6] 杰尔·沃克曼, 洛伊斯·文依. 近红外光谱解释指南[M]. 褚小立, 许育鹏, 田高友, 译. 北京: 化学工业出版社, 2009.
[7] 张雪燕, 吴文锐, 毛佳, 等. 气相色谱法测定三七中苯醚甲环唑残留量[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2010, 36(2): 229-232.
[8] 贺德春, 杨仁斌, 龚道新, 等. 用气相色谱法测定面粉和大米中 14 种农药残留量[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2004, 30(2): 161-164.
[9] 原姣姣, 王成章, 陈虹霞, 等. 近红外漫反射光谱法测定油茶籽含油量的研究[J]. 林产化学与工业, 2011, 31(3): 30-32.
[10] 张菊华, 朱向荣, 尚雪波, 等. 近红外光谱法结合化学计量学测定油茶籽油中脂肪酸组成[J]. 食品科学, 2011, 32(18): 206-208.
[11] 陆婉珍. 现代近红外光谱分析技术[M]. 北京: 中国石化出版社, 2006.
[12] 刘建学. 实用近红外光谱分析技术[M]. 北京: 科学出版社, 2007.

责任编辑: 罗慧敏
英文编辑: 张健