

# 橄榄渣膳食纤维理化和体外吸附特性及结构表征

## Physicochemical and in vitro adsorption properties of olive pomace dietary fiber and its structure characterization

谢三都

陈惠卿

周春兰

林雅男

XIE San-du CHEN Hui-qing ZHOU Chun-lan LIN Ya-nan

(闽南科技学院, 福建 泉州 362332)

(Minnan Science and Technology Institute, Quanzhou, Fujian 362332, China)

**摘要:**以橄榄果渣制备橄榄渣总膳食纤维(OPTDF),测定其理化性质及体外模拟吸附性能,并从 OPTDF 中分离出可溶性膳食纤维(OPSDF)和不溶性膳食纤维(OPIDF),采用 X 射线衍射、傅立叶红外光谱、电镜扫描对其结构进行表征。结果表明,OPTDF 的持水力、持油力、膨胀力及葡萄糖吸附值分别为  $(4.96 \pm 0.51)$  g/g,  $(2.45 \pm 0.26)$  g/g,  $(6.00 \pm 0.16)$  mL/g,  $(18.11 \pm 0.31)$  mmol/g;其对油脂、胆酸钠、胆固醇及  $\text{NO}_2^-$  有吸附能力;OPTDF、OPIDF 呈纤维素 I 晶型,其结晶度分别为 41.39%, 46.07%, OPSDF 呈非晶态结构;OPSDF 中含有纤维素、氢键及醚键,可能含有聚木糖,纤维结构疏松多孔、片状层较为明显;而 OPIDF 中含有半纤维素、纤维素、木质素和氢键,纤维结构疏松、纤维束有一定的螺旋程度且交错缠绕形成网状结构。

**关键词:**橄榄果渣;膳食纤维;吸附性能;理化特性;结构

**Abstract:** Olive pomace total dietary fiber (OPTDF) was prepared from olive pomace, and its physical and chemical properties and in vitro simulated adsorption properties were determined. Soluble dietary fiber (OPSDF) and insoluble dietary fiber (OPIDF) were separated from OPTDF. Their structures were characterized by XRD, FTIR and SEM. The results showed that the water holding capacity, oil holding capacity, swelling capacity and glucose adsorption value of OPTDF were  $(4.96 \pm 0.51)$  g/g,  $(2.45 \pm 0.26)$  g/g,  $(6.00 \pm 0.16)$  mL/g,  $(18.11 \pm 0.31)$  mmol/g, respec-

tively. OPTDF and OPIDF were cellulose I crystalline with crystallinity of 41.39% and 46.07%, and OPSDF was amorphous. OPTDF contained cellulose, hydrogen bond and ether. Bonds may contain xylan, and the structure of fibers is porous and flaky, while OPIDF contains hemicellulose, cellulose, lignin and hydrogen bonds. The structure of fibers is loose, the bundles of fibers are helical and intertwined to form a network structure.

**Keywords:** olive pomace; dietary fiber; adsorption properties; physicochemical properties; structure

橄榄(*Canarium album* L. Raeusch)是一种属于橄榄科橄榄属的常绿乔木,果实又名青果、谏果、忠果、白榄、青榄<sup>[1-2]</sup>。随着橄榄加工产业的不断发展,以新鲜橄榄为原料制备的果汁、果酒和果醋等产品的产量越来越大,其加工副产品——橄榄渣的处理量也随之增加,导致了生产成本的增加。

膳食纤维能促进肠胃蠕动、诱导肠中有益菌群繁殖<sup>[3]</sup>,吸附肠胃中的阳离子,能将脂肪和胆汁酸吸附后排出体外降低血清胆固醇进而降低血压等<sup>[4-5]</sup>,对冠心病、大肠癌、高血压、肥胖症和便秘等疾病有辅助治疗作用<sup>[6]</sup>。利用橄榄果渣制备膳食纤维能有效提高橄榄果渣的综合利用价值,目前,有关橄榄果渣制备膳食纤维的研究报道较少<sup>[7]</sup>。

试验拟以榨汁后的橄榄果渣为原料制备橄榄渣总膳食纤维(OPTDF),测定其持水力、持油力、膨胀力及葡萄糖吸附值等理化特性;探究 OPTDF 对油脂、胆酸钠、胆固醇及  $\text{NO}_2^-$  等的体外吸附性能;同时,从 OPTDF 中分离出橄榄渣可溶性膳食纤维(OPSDF)和橄榄渣不溶性膳食纤维(OPIDF),采用 X 射线衍射(XRD)、傅立叶红外光谱(FTIR)、电镜扫描(SEM)对 OPTDF、OPSDF、OPIDF 三者的结构进行表征,以期对开发利用橄榄果渣膳食纤维

**基金项目:**福建省高等学校应用型学科建设项目(编号: SJXK-2017-01);福建省省级本科教学团队建设项目(编号: JXTD-2018-01);福建省高等学校服务产业特色专业项目(编号: SJZY-2016-03)

**作者简介:**谢三都(1984—),男,闽南科技学院副教授,硕士。

E-mail: xsdfst@mku.edu.cn

**收稿日期:**2019-06-10

提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

#### 1.1.1 材料与试剂

橄榄渣:福州延福橄榄有限公司;

苯酚、无水乙醇、丙酮、胆酸钠、冰乙酸、硫酸(98%)、糠醛试剂、邻苯二甲醛、胆固醇、对氨基苯磺酸、盐酸萘乙二胺、亚硝酸钠、硝酸铅、硝酸镉、磷酸二氢钾、氢氧化钠、磷酸、磷酸二氢钠、石油醚、过氧化氢、溴化钾:分析纯,国药集团化学试剂有限公司。

#### 1.1.2 仪器与设备

电子天平:HC2003 型,慈溪市华徐衡器实业有限公司;

离心机:TDL-40B 型,上海安亭科学仪器厂;

可见分光光度计:721 型,上海光谱仪器有限公司;

低速台式离心机:TDL-60C 型,上海安亭科学仪器厂制造;

旋转蒸发仪:IKA RV 10 型,西安华辰乐天实验设备有限公司;

冷冻干燥机:FD-1 型,上海丞明仪器设备有限公司;

X 射线衍射仪:MiniFlex600 型,日本理学集团;

傅里叶变换红外光谱仪:IRAffinity-1S 型,岛津企业管理(中国)有限公司;

压片机:DF-4B 型,天津港东科技发展有限公司;

扫描电子显微镜:Hitachi S-4800 型,日立金属精密仪器(深圳)有限公司。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 橄榄渣膳食纤维的制备

(1) 总膳食纤维:参照文献[8—10]的方法并略作修改,将干燥后的橄榄渣粉碎,过标准样筛,加入 4 倍体积石油醚中,磁力搅拌处理 2 h,抽滤、收集滤渣,重复此步骤 3 次,得到脱脂的橄榄渣。经脱脂后的橄榄渣,加入 4 倍体积 80%乙醇溶液中静置 40 min,5 000 r/min 离心 20 min,将沉淀与上层液分离,用 80%乙醇溶液将沉淀物反复浸提 3 次,再将沉淀用丙酮洗涤数次,置于通风处使有机溶剂挥发,于烘箱中以 55℃低温干燥,即得总膳食纤维(OPTDF)。

(2) 不溶性膳食纤维:取一定量的总膳食纤维,加入 10 倍体积 65℃纯净水,磁力搅拌 90 min 后,5 000 r/min 离心 20 min,收集沉淀进行 3 次重复操作,将沉淀冷冻干燥,得不溶性膳食纤维,按 1:100(g/mL)料液比加入纯净水,于含质量分数为 6%的  $H_2O_2$  和质量分数为 1%的 NaOH 混合溶液中脱色 3 h,抽滤,倒出滤液,重复 2 次操作,沉淀冷冻干燥,得脱色后的不溶性膳食纤维(OPIDF)。

(3) 可溶性膳食纤维:将 1.2.1(1)的上层液转移到旋转蒸发仪(0.08 MPa、65℃、55 r/min)中进行浓缩,加入 5 倍体积 98%乙醇溶液至浓缩液中,静置沉淀 4 h,离心,弃上清液,沉淀用无水乙醇冲洗,反复进行 2 次,再用丙酮冲洗,冷冻干燥,得可溶性膳食纤维(OPSDF)。

#### 1.2.3 OPTDF 理化性质测定

(1) 持水力:参照文献[11—12]。

(2) 持油力:参照文献[13]。

(3) 膨胀力:参照文献[14]。

(4) 葡萄糖吸附值:参照文献[15]。

#### 1.2.4 OPTDF 体外吸附性能测定

(1) 对不饱和油脂的吸附性能:参照文献[16]。

(2) 对饱和油脂的吸附性能:参照文献[16]。

(3) 对胆酸钠的吸附性能:参照文献[17]。

(4) 对胆固醇的吸附性能:参照文献[18]。

(5) 对  $NO_2^-$  的吸附性能:参照文献[19]。

#### 1.2.5 橄榄渣膳食纤维的结构表征

(1) XRD:参照文献[20—21]。

(2) FTIR:参照文献[22—23]。

(3) SEM:参照文献[24—25]。

### 1.3 数据处理

采用 Excel 统计橄榄渣总膳食纤维体外吸附性能,计算其标准偏差;采用 XPert High Score 软件处理橄榄渣膳食纤维 XRD 图谱,计算结晶度。

## 2 结果与分析

### 2.1 OPTDF 理化性质

通过试验可知,OPTDF 的持水力、持油力、膨胀力、葡萄糖吸附值分别为  $(4.96 \pm 0.51)$  g/g,  $(2.45 \pm 0.26)$  g/g,  $(6.00 \pm 0.16)$  mL/g,  $(18.11 \pm 0.31)$  mmol/g,说明橄榄渣总膳食纤维具有优良的理化性质,适合加工成功能性食品。

### 2.2 总膳食纤维体外吸附性能

2.2.1 对油脂的吸附效果 由表 1 可知,OPTDF 对油脂有一定的吸收能力,其油脂吸附量因橄榄渣颗粒大小(目数)不同而异,且对猪油(动物油脂)的吸附能力高于对花生油(植物油脂)的。当 OPTDF 颗粒 120 目时,对猪油和花生油的吸附效果较好,分别为  $(0.903 \pm 0.041)$ ,  $(0.791 \pm 0.024)$  g/g;增加目数,其保持油脂在内部的能力变小,不利于油脂吸附。

2.2.2 对胆酸钠的吸附效果 由表 2 可知,OPTDF 对胆酸钠有一定的吸附能力,胆酸钠浓度越高、OPTDF 粒径越小其表面积越大、吸附时间越长,其对胆酸钠吸附量也越大。当 OPTDF 颗粒 160 目、胆酸钠浓度 3 mg/mL、吸附时间 4 h 时,OPTDF 对胆酸钠的吸附量最高,为  $(121.320 \pm 0.606)$  mg/g。

2.2.3 对胆固醇的吸附效果 OPTDF 对胆固醇的吸附

量在不同 pH 下存在差异,模拟人体胃、肠道 pH 值分别为 2.0,7.0。由表 3 可知,模拟人体胃部环境时,当 OPTDF 颗粒 160 目、吸附时间 4 h 时,OPTDF 对胆固醇

的吸附量为 $(12.391 \pm 0.329)$  mg/g;模拟人体肠道环境时,当 OPTDF 颗粒 160 目、吸附时间 4 h 时,OPTDF 对胆固醇的吸附量为 $(13.235 \pm 0.462)$  mg/g。试验表明,OPTDF 在酸性、中性环境中具有吸附胆固醇的能力,且中性环境下吸附效果较强。

2.2.4 对  $\text{NO}_2^-$  的吸附效果 OPTDF 对  $\text{NO}_2^-$  的吸附能力随其颗粒缩小、吸附时间延长而增大,但吸附时间达到 120 min 后继续延长吸附时间,其对  $\text{NO}_2^-$  的吸附量未进一步增加。由表 4 可知,模拟人体胃部环境时,当 OPTDF 颗粒 160 目、吸附时间 120 min 时,OPTDF 对  $\text{NO}_2^-$  的吸附量为 $(18.960 \pm 0.578)$  mg/g;模拟人体肠道环境时,当 OPTDF 颗粒 160 目、吸附时间 120 min 时,OPTDF 对  $\text{NO}_2^-$  的吸附量为 $(9.120 \pm 0.455)$  mg/g。试验表明,OPTDF 在酸性、中性环境中具有吸附  $\text{NO}_2^-$  的能力,且酸性环境下吸附效果较强。

表 1 橄榄渣总膳食纤维颗粒大小对油脂吸附性能的影响

Table 1 Adsorption properties of different particle size of OPTDF to oil

| 颗粒大小/目 | 吸附量/(g · g <sup>-1</sup> ) |             |
|--------|----------------------------|-------------|
|        | 猪油                         | 花生油         |
| 20     | 0.191±0.011                | 0.161±0.013 |
| 40     | 0.275±0.014                | 0.258±0.010 |
| 80     | 0.485±0.013                | 0.327±0.016 |
| 120    | 0.903±0.041                | 0.791±0.024 |
| 160    | 0.424±0.021                | 0.393±0.018 |

表 2 橄榄渣总膳食纤维颗粒大小对胆酸钠吸附性能的影响

Table 2 Adsorption properties of different particle size of OPTDF to sodium cholate

| 胆酸钠浓度/<br>(mg · mL <sup>-1</sup> ) | 颗粒大小/目 | 吸附量/(mg · g <sup>-1</sup> ) |              |               |               |
|------------------------------------|--------|-----------------------------|--------------|---------------|---------------|
|                                    |        | 1 h                         | 2 h          | 3 h           | 4 h           |
| 2                                  | 20     | 3.504±0.175                 | 13.510±0.675 | 30.775±0.629  | 30.971±0.548  |
|                                    | 40     | 4.473±0.224                 | 17.238±0.354 | 34.110±0.576  | 34.699±0.734  |
|                                    | 80     | 5.981±0.185                 | 24.301±0.512 | 37.826±0.455  | 38.034±0.814  |
|                                    | 120    | 9.978±0.213                 | 39.604±0.612 | 54.514±0.288  | 54.514±0.725  |
|                                    | 160    | 14.491±0.274                | 46.863±0.481 | 59.419±0.523  | 59.812±0.912  |
| 3                                  | 20     | 12.330±0.253                | 30.030±0.386 | 61.170±0.377  | 62.010±0.763  |
|                                    | 40     | 15.890±0.169                | 37.080±0.419 | 69.510±0.423  | 70.052±0.503  |
|                                    | 80     | 19.760±0.313                | 49.830±0.196 | 75.060±0.337  | 76.880±0.821  |
|                                    | 120    | 25.290±0.275                | 78.220±0.426 | 101.280±0.319 | 102.020±0.652 |
|                                    | 160    | 31.010±0.311                | 85.630±0.371 | 120.960±0.411 | 121.320±0.606 |

表 3 橄榄渣总膳食纤维颗粒大小对胆固醇吸附性能的影响

Table 3 Adsorption properties of different particle size of OPTDF to cholesterol

| 模拟环境 | 颗粒大小/目 | 吸附量/(mg · g <sup>-1</sup> ) |              |              |              |
|------|--------|-----------------------------|--------------|--------------|--------------|
|      |        | 1 h                         | 2 h          | 3 h          | 4 h          |
| 胃部   | 20     | 6.641±0.332                 | 7.384±0.369  | 7.783±0.389  | 7.984±0.399  |
|      | 40     | 7.603±0.381                 | 8.468±0.423  | 8.979±0.316  | 9.218±0.461  |
|      | 80     | 8.737±0.431                 | 9.401±0.384  | 10.153±0.511 | 10.326±0.316 |
|      | 120    | 9.339±0.466                 | 10.203±0.284 | 11.077±0.414 | 11.363±0.368 |
|      | 160    | 9.896±0.494                 | 11.188±0.416 | 12.087±0.403 | 12.391±0.329 |
| 肠道   | 20     | 7.438±0.372                 | 8.213±0.293  | 8.741±0.437  | 8.896±0.445  |
|      | 40     | 8.534±0.321                 | 9.330±0.466  | 9.981±0.399  | 10.136±0.407 |
|      | 80     | 9.429±0.419                 | 10.230±0.371 | 11.098±0.354 | 11.264±0.463 |
|      | 120    | 10.261±0.427                | 11.067±0.438 | 12.184±0.412 | 12.184±0.309 |
|      | 160    | 10.819±0.338                | 12.153±0.411 | 13.114±0.269 | 13.235±0.462 |

表 4 橄榄渣总膳食纤维颗粒大小对 NO<sub>2</sub><sup>-</sup> 吸附性能的影响  
Table 4 Adsorption properties of different particle size of OPTDF to NO<sub>2</sub><sup>-</sup>

| 模拟环境 | 颗粒大小/目 | 吸附量/(mg·g <sup>-1</sup> ) |              |              |              |              |              |              |
|------|--------|---------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|      |        | 5 min                     | 15 min       | 30 min       | 60 min       | 120 min      | 180 min      | 240 min      |
| 胃部   | 20     | 5.230±0.261               | 7.580±0.371  | 9.230±0.461  | 10.560±0.521 | 11.140±0.355 | 11.120±0.456 | 11.130±0.516 |
|      | 40     | 6.860±0.343               | 9.970±0.328  | 11.350±0.457 | 12.890±0.471 | 13.660±0.383 | 13.690±0.361 | 13.670±0.268 |
|      | 80     | 7.910±0.395               | 11.390±0.443 | 12.810±0.422 | 13.740±0.511 | 14.530±0.426 | 14.510±0.722 | 14.510±0.425 |
|      | 120    | 9.210±0.378               | 12.640±0.471 | 14.320±0.374 | 15.460±0.364 | 16.050±0.209 | 16.060±0.634 | 16.040±0.402 |
|      | 160    | 12.140±0.361              | 15.760±0.382 | 17.040±0.452 | 18.120±0.318 | 18.960±0.548 | 18.960±0.578 | 18.940±0.668 |
| 肠道   | 20     | 2.020±0.101               | 3.170±0.337  | 4.160±0.211  | 4.730±0.366  | 5.010±0.251  | 5.010±0.289  | 5.000±0.310  |
|      | 40     | 3.860±0.193               | 5.000±0.296  | 5.810±0.277  | 6.960±0.348  | 7.310±0.365  | 6.960±0.116  | 7.300±0.286  |
|      | 80     | 4.650±0.232               | 5.660±0.196  | 6.210±0.311  | 6.840±0.389  | 7.310±0.388  | 7.310±0.108  | 7.300±0.273  |
|      | 120    | 5.700±0.285               | 6.600±0.276  | 7.170±0.318  | 7.800±0.318  | 8.160±0.408  | 8.160±0.217  | 8.160±0.189  |
|      | 160    | 6.540±0.322               | 7.530±0.327  | 8.100±0.282  | 8.650±0.221  | 9.120±0.455  | 9.110±0.227  | 9.110±0.277  |

2.3 橄榄渣膳食纤维的结构表征

2.3.1 XRD 分析 由图 1 可知,OPTDF 和 OPIDF 在 2θ 为 22.35°处出现强衍射峰,在 2θ 分别为 15.96°,34.68°处出现两个弱衍射峰,2θ 为 15.96°对应纤维素晶体的 101 晶面,2θ 为 22.35°对应晶体的 002 晶面,2θ 为 34.68°对应晶体的 004 晶面,从而可以确定 OPTDF 和 OPIDF 属于纤维素 I 型<sup>[26-28]</sup>。利用 Segal 公式求得 OPTDF、OPIDF 的相对结晶度分别为 46.07%,41.39%。而 OPSDF 仅在 2θ 为 29.16°处有一个弱的宽峰,基本判定 OPSDF 属非晶态结构。

2.3.2 FTIR 分析 由图 2 可知,样品在 3 444.87, 3 421.72 cm<sup>-1</sup>处的吸收峰是由一些游离的 OH 基团与氢键缔合形成的伸缩振动峰,为纤维素所具有的特征吸收峰;2 916.37 cm<sup>-1</sup>处有较强的吸收峰,可推测此处有 CH 基团;2 850.79 cm<sup>-1</sup>处是 CH<sub>2</sub>基团的反对称伸缩峰;1 755.22 cm<sup>-1</sup>处是由 C=O 基团伸缩振动引起的,说明样品中可能含有聚木糖;1 608.63 cm<sup>-1</sup>处可能是糖分子中 C=O 的吸收峰;苯环的骨架振动会引起 1 500 cm<sup>-1</sup>附近出现吸收峰,可推测 1 543.05 cm<sup>-1</sup>处是苯环的特征

性吸收峰,说明存在木质素;CH<sub>2</sub>基团的变形振动表现在 1 442.75 cm<sup>-1</sup>处出现吸收峰;1 327.03 cm<sup>-1</sup>处的吸收峰是 OH 基团平面内形变所引起的;1 234.44 cm<sup>-1</sup>处是 OH 基团平面弯曲振动;900~1 500 cm<sup>-1</sup>处是由纤维中醚键的伸缩振动引起的特征性吸收峰;833.25 cm<sup>-1</sup>处是 =CH<sub>2</sub>基团的面外摇摆振动吸收峰;717.52 cm<sup>-1</sup>处是 (-CH<sub>2</sub>-)<sub>n</sub>基团的面内摇摆吸收峰。

由图 3 可知,3 429.43 cm<sup>-1</sup>处是由于氢键与游离 OH 基团缔合而产生的伸缩振动峰,为天然纤维素特征吸收峰,由于 OPIDF 结构中 OH 基团的含量多,导致峰谱在 3 650~3 000 cm<sup>-1</sup>区间内较宽;3 367.71 cm<sup>-1</sup>处是 C—O 基团的伸缩振动吸收峰;由于甲基和亚甲基中 C—H 基团的伸缩振动,导致 2 939.52 cm<sup>-1</sup>处出现了吸收峰;饱和 C—H 基团的伸缩振动使 2 893.22 cm<sup>-1</sup>处出现了吸收峰;1 639.49 cm<sup>-1</sup>处是由 C=O 基团的伸缩振动所产生

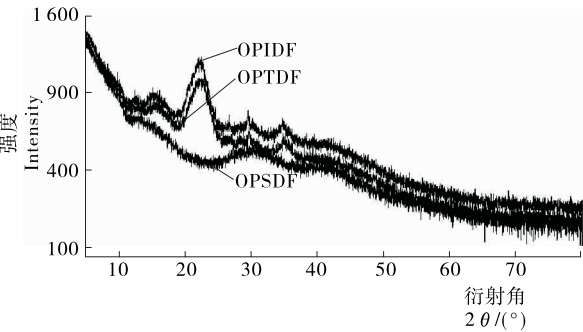


图 1 3 种膳食纤维的 XRD 图谱  
Figure 1 The XRD spectrum of three kinds of dietary fibers

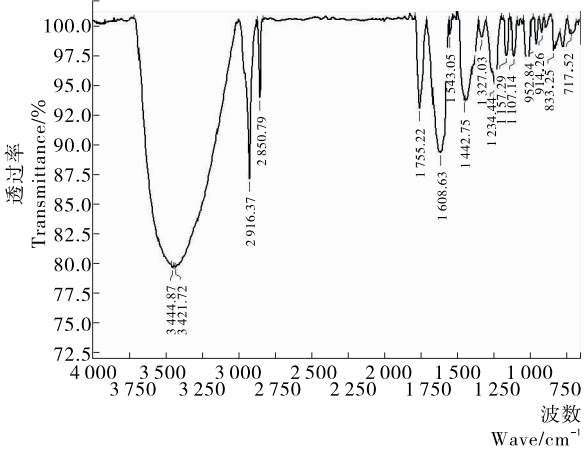


图 2 橄榄渣可溶性膳食纤维的傅里叶变换红外光谱图  
Figure 2 Fourier transform infrared spectra of OPSDF

的吸收峰,样品中可能含有木质素;在  $1\,500\sim 1\,600\text{ cm}^{-1}$  处出现两个小峰是苯环中  $\text{C}=\text{C}$  基团的伸缩振动吸收峰,为苯环特征吸收峰,但苯环仅存在于木质素中,进一步证实样品中含有木质素; $1\,427.22\text{ cm}^{-1}$  处吸收峰是由构成木质素及纤维素的  $\text{CH}_2$  变形振动所引起的;由于木质素中  $\text{C}=\text{O}$  基团的伸缩振动,故  $1\,323.17\text{ cm}^{-1}$  处有吸收峰; $1\,165\text{ cm}^{-1}$  处吸收峰是由纤维素及半纤维素中的  $\text{C}-\text{O}-\text{C}$  基团的伸缩振动而产生的; $1\,107.14\text{ cm}^{-1}$  处出现了  $\text{C}-\text{O}-\text{C}$  环内醚中  $\text{C}-\text{O}$  的伸缩振动峰; $1\,056.99\text{ cm}^{-1}$  处伸缩振动峰是由半纤维素以及纤维素  $\text{C}=\text{O}$  基团所引起的; $1\,029.99\text{ cm}^{-1}$  处是半纤维素、纤维素及木质素中  $\text{C}=\text{O}$  基团的伸缩振动吸收峰; $894.97\text{ cm}^{-1}$  处出现  $\beta$ -糖苷键的振动吸收峰,为糖类化合物的特征表现。

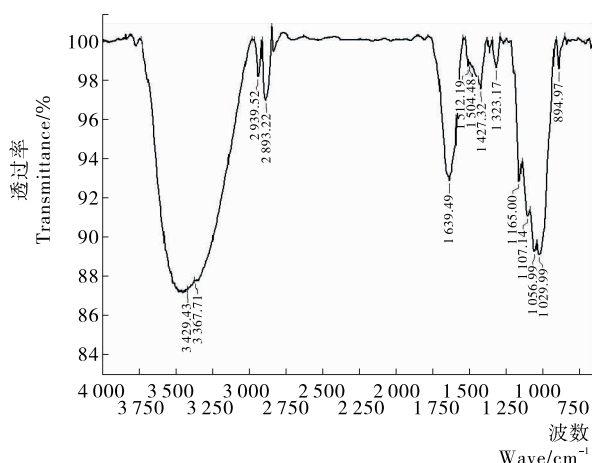


图3 橄榄渣不可溶性膳食纤维的  
傅里叶变换红外光谱图

Figure 3 Fourier transform infrared spectra of OPIDF

**2.3.3 SEM 分析** 由图4可知,当放大倍数为2 000倍时,橄榄渣中存在较多的纤维束,且有一定的螺旋程度,交织缠绕成较疏松的块状结构,表面较为粗糙,有较多不同程度的沟壑及孔隙,横截面呈管状趋向于不规则的多边形,管壁粗糙,空腔位于中心部分,纤维表层的沟壑与中心的空腔相连,形成较疏松的网状结构;当放大倍数为5 000倍时,纤维的空间网状结构十分疏松,孔隙较大,且表面有较多的突起;当放大倍数为15 000倍时,在纤维外表的沟壑及孔隙间有较多较细的短纤维,使得橄榄渣膳

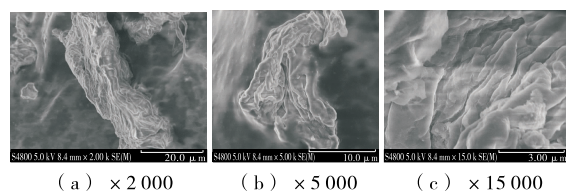


图4 橄榄渣扫描电镜图

Figure 4 Scanning electron microscope of olive pomace

食纤维的比表面积增大。

由图5可知,当放大倍数为5 000倍时,OPSDF整体结构无规则且孔隙繁多,空腔较大,无束纤维,表面粗糙,隐约可见OPSDF的片状层结构。当放大倍数为7 000倍时,OPSDF的片状层多孔结构明显易见,且边缘较为不光滑。

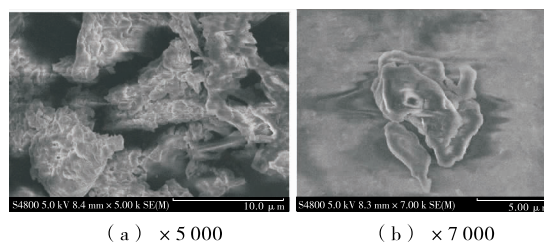


图5 橄榄渣可溶性膳食纤维的电镜扫描图

Figure 5 Scanning electron microscope of OPSDF

由图6可知,当放大倍数为2 000倍时,OPIDF存在较多的纤维束且有一定的螺旋程度,交织缠绕形成了空腔较大、孔隙较多的网状结构,表面较为不平整,凹槽较多且深。

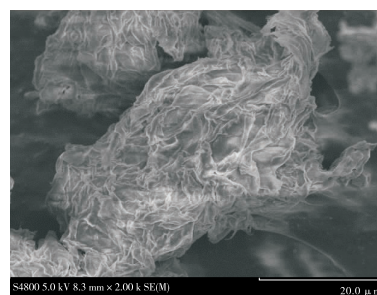


图6 橄榄渣不溶性膳食纤维的电镜扫描图

Figure 6 Scanning electron microscope of OPIDF (×2 000)

### 3 结论

试验采用醇提取法制备的橄榄渣总膳食纤维的持水力、持油力、膨胀力、葡萄糖吸附值等理化性质良好,其对油脂、胆酸钠、胆固醇及  $\text{NO}_2^-$  的吸附能力较好,具备开发功能性食品的潜力。通过对橄榄渣总膳食纤维、可溶性膳食纤维和不溶性膳食纤维的结构进行表征可知,橄榄渣总膳食纤维具有明显纤维结构特征,含有大量氢键,总体纤维结构呈层状、疏松、多孔且纤维素有一定的螺旋与缠绕,与其具有良好的吸附能力有关。试验对膳食纤维的纯化不够全面,导致红外光谱表征出现一些杂峰,后续将重点研究。

### 参考文献

- [1] 孔祥佳,任思琪,林河通,等.不同成熟度橄榄果实冷藏期间细胞壁代谢对采后冷害的响应特性[J].食品科学,2018,39(3):229-235.

- [2] 常强, 苏明华, 陈清西. 橄榄化学成分与药理活性研究进展[J]. 热带作物学报, 2013, 34(8): 1 610-1 616.
- [3] WANG Lei, XU Hong-gao, YUAN Fang, et al. Preparation and physicochemical properties of soluble dietary fiber from orange peel assisted by steam explosion and dilute acid soaking[J]. Food Chemistry, 2015, 185: 90-98.
- [4] 欧高政, 陈清西. 橄榄果实膳食纤维含量及动态变化研究[J]. 福建农业学报, 2009, 24(1): 64-67.
- [5] 曹荣安, 贾建, 李良玉, 等. 膳食纤维的生理功能特性及其在食品工业中的应用[J]. 肉类研究, 2010(2): 76-78.
- [6] 陈菲菲, 许永安. 膳食纤维的生理功能及其提取方法的研究进展[J]. 福建水产, 2008(2): 51-53.
- [7] 丁莎莎, 黄立新, 张彩虹, 等. 油橄榄果渣水不溶性膳食纤维结构表征及体外吸附性能研究[J]. 食品工业科技, 2017, 38(3): 108-112.
- [8] 谢三都. 橄榄渣总膳食纤维提取工艺优化及其理化性质[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(33): 137-139, 190.
- [9] 王晓晶, 杨亚茹, 褚盼盼. 葡萄籽水不溶性膳食纤维对胆固醇吸附的特性[J]. 食品工业, 2019, 40(4): 115-119.
- [10] 刘秀凤, 常学东, 蔡金星, 等. 芦笋老茎中可溶性膳食纤维提取工艺优化[J]. 食品与机械, 2009, 25(6): 96-98, 180.
- [11] 王庆玲, 朱莉, 孟春棉, 等. 番茄皮渣膳食纤维的理化性质及其结构表征[J]. 现代食品科技, 2014, 30(11): 60-64.
- [12] MATEOS-APARICIO I, MATEOS-PEINADO C, RUPEREZ P. High hydrostatic pressure improves the functionality of dietary fibre in okara by-product from soybean[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2010, 11(3): 445-450.
- [13] 王大为, 赵鑫, 董欣, 等. 发芽对绿豆皮膳食纤维结构及性质的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(23): 111-117.
- [14] 王娟, 汪雨亭, 杨公明. 香蕉不溶性膳食纤维的理化特性与通便功能研究[J]. 食品工业科技, 2017, 38(2): 337-341.
- [15] PICHUPA P, NAPHAPORN C, SAKAMON D. Effect of pretreatment methods on health-related functional properties of high dietary fiber power from lime residues[J]. Food Chemistry, 2012, 132(4): 1 891-1 898.
- [16] 张华, 赵琼, 冯志强, 等. 两种细菌纤维素功能理化性质的比较研究[J]. 中国食品添加剂, 2015(12): 70-74.
- [17] 成林林, 周莲, 潘年龙, 等. 纤维素酶改性榨菜皮膳食纤维的理化性质的研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(14): 134-138.
- [18] 王大为, 宋云禹, 刘阳, 等. 毛葱膳食纤维性质及结构分析[J]. 食品科学, 2018, 39(2): 53-57.
- [19] 周笑犁, 王瑞, 高蓬明, 等. 刺梨果渣膳食纤维的体外吸附性能[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(2): 187-191.
- [20] 孙海涛, 邵信儒, 瞿照婷, 等. 玉米秸秆纳米纤维素的制备及表征[J]. 2018, 39(8): 205-211.
- [21] MA Meng-mei, MU Tai-hua. Effects of extraction methods and particle size distribution on the structural, physicochemical, and functional properties of dietary fiber from deoiled cumin[J]. Food Chemistry, 2016, 194: 237-246.
- [22] 邓丛静, 马欢欢, 王亮才, 等. 壳半纤维素的结构表征与热解产物特性[J]. 林业科学, 2019, 55(1): 74-80.
- [23] MA Meng-mei, MU Tai-hua. Modification of deoiled cumin dietary fiber with laccase and cellulase under high hydrostatic pressure[J]. Carbohydrate Polymers, 2016, 136: 87-94.
- [24] 罗苏芹, 戴宏杰, 黄惠华. 不同制备方法对菠萝皮渣纳米纤维素的构造影响[J]. 包装与食品机械, 2018, 36(5): 1-6.
- [25] IKRAM U, TAO Yin, XIONG Shan-bai. Structural characteristics and physicochemical properties of okara (soybean residue) insoluble dietary fiber modified by high-energy wet media milling [J]. LWT-Food Science and Technology, 2017, 82: 15-22.
- [26] 周瑾琨, 尹志慧, 赵玮. 玉米皮纤维素提取工艺优化及结构表征[J]. 食品工业科技, 2019, 40(5): 207-212.
- [27] 张沙沙, 卢蔚波, 张婷, 等. 红茶菌生产细菌纤维素及其结构表征[J]. 浙江科技学院学报, 2018, 30(6): 445-450.
- [28] 温俊峰, 王超, 李瑞, 等. 沙柳纤维素提取工艺研究与结构表征[J]. 榆林学院学报, 2019, 29(2): 17-21.

## 信息窗

# 欧盟食品安全局拟放宽唑醚菌酯在甜玉米中的最大残留限量

2019 年 10 月 15 日, 欧盟食品安全局(EFSA)发布消息称, 拟修订唑醚菌酯(Pyraclostrobin)在甜玉米中的现有最大残留限量(MRL)。

目前唑醚菌酯在甜玉米中现有的最大残留限量为 0.02 mg/kg(LOQ), 拟议的最大残留限量为 0.04 mg/kg。

欧盟食品安全局根据风险评估结果以及报告的农业实践得出结论, 长期摄入使用唑醚菌酯产生的残留物不太可能对消费者健康构成风险。

(来源: <http://news.foodmate.net>)