

# 米糠油萃取脱酸结合吸附脱酸工艺效果研究

李冰<sup>1</sup>, 袁仁康<sup>2</sup>, 贺军波<sup>2</sup>, 齐玉堂<sup>2</sup>, 张维农<sup>2</sup>

(1. 国粮武汉科学研究设计院有限公司, 武汉 430079; 2. 武汉轻工大学食品科学与工程学院, 武汉 430023)

**摘要:**为了在脱酸的同时尽可能保留米糠油中的营养成分,采用乙醇萃取脱酸结合碱性微晶纤维素吸附脱酸的低温物理脱酸技术对米糠油进行脱酸。以乙醇萃取脱酸米糠油为原料,以脱酸率为考察指标,采用单因素实验和正交实验对米糠油的吸附脱酸工艺条件进行了优化,同时对比了碱炼脱酸与乙醇萃取脱酸结合吸附脱酸对米糠油品质的影响。结果表明:最佳吸附脱酸工艺条件为碱性微晶纤维素添加量3.0%、吸附时间2.0 h、吸附温度40℃,在此条件下米糠原油经乙醇萃取脱酸结合吸附脱酸处理后,酸值(KOH)由35.04 mg/g降到0.92 mg/g,谷维素的保留率为73.0%,总甾醇保留率为74.3%,总生育酚保留率为56.5%;而米糠原油经碱炼脱酸处理后,酸值(KOH)由35.04 mg/g降到1.16 mg/g,谷维素的保留率为60.1%,总甾醇保留率为65.6%,总生育酚保留率为44.6%。可见,与传统碱炼脱酸相比,萃取脱酸结合吸附脱酸的方法对米糠油中谷维素、甾醇、生育酚的保留率更高,对游离脂肪酸的脱除效果更好。

**关键词:**萃取脱酸;吸附脱酸;米糠油;谷维素;甾醇;生育酚

中图分类号:TS225.1;TS224.6 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2023)08-0009-05

## Deacidification effect of rice bran oil by extraction – adsorption method

LI Bing<sup>1</sup>, YUAN Renkang<sup>2</sup>, HE Junbo<sup>2</sup>, QI Yutang<sup>2</sup>, ZHANG Weinong<sup>2</sup>

(1. China Grain Wuhan Science Research and Design Institute Co., Ltd., Wuhan 430079, China;

2. College of Food Science and Engineering, Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023, China)

**Abstract:** In order to retain nutrients in rice bran oil as much as possible while deacidifying, a low-temperature physical deacidification technology of ethanol extraction deacidification combined with alkaline microcrystalline cellulose adsorption deacidification was used to the deacidification of rice bran oil. The rice bran oil deacidified with ethanol extraction method was used as material, and the deacidification process of alkaline microcrystalline cellulose adsorption method was optimized by single factor experiment and orthogonal experiment using deacidification rate as the index. At the same time, the effects of alkali refining and ethanol extraction combined with adsorption deacidification on the quality of rice bran oil were compared. The results showed that the optimal conditions for adsorption deacidification method were as follows: alkaline microcrystalline cellulose amount 3.0%, adsorption time 2.0 h, and adsorption temperature 40℃. Under the optimal conditions, the acid value of rice bran oil decreased from 35.04 mgKOH/g (crude oil) to 0.92 mgKOH/g, the retention rate of oryzanol was 73.0%, the total phytosterol retention rate was 74.3%, and the total tocopherol retention rate was 56.5%. The acid value of rice bran oil with alkali refining decreased from 35.04 mgKOH/g (crude oil) to 1.16 mgKOH/g, and the retention rates of oryzanol, total phytosterol and total tocopherol were 60.1%, 65.6% and 44.6%, respectively. In conclusion, compared with traditional alkali refining, extraction combined with adsorption deacidification method has higher retention rate of oryzanol, phytosterol and tocopherol in rice

bran oil, and better removal effect of free fatty acids.

**Key words:** extraction deacidification; adsorption deacidification; rice bran oil; oryzanol; phytosterol; tocopherol

收稿日期:2023-03-30;修回日期:2023-05-19

基金项目:湖北省技术创新重大专项(2019ABA105)

作者简介:李冰(1970),男,高级工程师,主要从事油脂加工技术与工程设计(E-mail) libin922@163.com。

脱酸是油脂精炼的重要环节,目前油脂精炼脱酸的方法有很多,如化学脱酸(碱炼脱酸<sup>[1]</sup>、酯化脱酸<sup>[2]</sup>)、物理脱酸<sup>[3-6]</sup>等,但对低温物理脱酸技术如膜过滤脱酸<sup>[7]</sup>、超临界流体萃取脱酸<sup>[8]</sup>和吸附脱酸的相关研究较少。膜过滤脱酸的效果并不理想,常常会结合有机溶剂萃取脱酸以达到理想的脱酸效果<sup>[9]</sup>;超临界流体萃取脱酸技术生产成本和设备成本较高;吸附脱酸是利用吸附剂对游离脂肪酸的吸附作用以达到脱酸的效果,具有成本低廉、操作简单、无废水排放等优点<sup>[10]</sup>。因此,吸附脱酸的应用前景广阔。吸附脱酸的关键在于吸附脱酸剂的选择。从现有的研究报道来看,种子壳和白土是制备油脂吸附脱酸剂的主要材料<sup>[11]</sup>,但是这些材料的制备过程较为复杂,需高温煅烧或者硫酸、硝酸等强酸活化处理,而且有“三废”排放等环境污染问题。因此,探寻制备过程简单、脱酸效果好的脱酸剂材料对吸附脱酸技术研究具有重要意义。

天然纤维素经水解后可得到微晶纤维素,它是一种细微的短棒状或粉末状颗粒,其比表面积较大,聚合度较低,且结晶度也较好,已被广泛应用于医药、食品、化妆品等行业<sup>[12]</sup>。卢静静等<sup>[6]</sup>以微晶纤维素为原材料制备吸附脱酸剂,用于脱除菜籽油中的游离脂肪酸,在最佳条件下(脱酸剂添加量3%、吸附温度50℃、吸附时间2.5h)将菜籽油的酸值(KOH)从4.17 mg/g降至1.74 mg/g,取得了较好的脱酸效果。米糠油的酸值比菜籽油高得多,若采用单一的吸附脱酸,则需耗费大量的吸附剂且会造成油脂的大量损失。结合先前报道中膜法脱酸结合有机溶剂萃取的二次脱酸方法<sup>[9]</sup>,本文在对米糠原油进行吸附脱酸前,先采用乙醇进行萃取脱酸,脱去大部分游离脂肪酸,再进行吸附脱酸,以期对高酸值米糠油有较好的脱酸效果,并尽可能保留其中的营养成分。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

米糠原油[酸值(KOH)为35.04 mg/g],由湖北虾乡食品股份有限公司提供的米糠自制;微晶纤维素,食品级,市购;无水乙醇、无水乙醚、氢氧化钾、氢氧化钠、正庚烷、酚酞、磷酸二氢钾等,分析纯,国药集团化学试剂有限公司;甲醇,色谱级,国药集团化学试剂有限公司;三氟化硼-甲醇,阿拉丁试剂有限公司;脂肪酸甲酯标准品,美国Sigma公司;豆甾醇、谷甾醇、 $\alpha$ -生育酚、 $\gamma$ -生育酚和 $\delta$ -生育酚标准品,百灵威科技有限公司;菜油甾醇标准品,上海源叶生物科技有限公司。

BGF-10 万能粉碎机;HH-6 数显恒温水浴锅,常州荣华仪器制造有限公司;旋转蒸发仪,宁波

新芝生物科技股份有限公司;H1750R 离心机,湖南湘仪实验室仪器开发有限公司;DHG-9140A 电热恒温鼓风干燥箱、DF-101S 集热式恒温加热磁力搅拌器,巩义市予华仪器有限公司;UV-6100 紫外可见分光光度计,元析仪器公司;赛默飞 Apreo 2C HiVac 型场发射扫描电子显微镜(SEM);Agela Technologies HP-Q-P010 型高效液相色谱仪,天津博纳艾杰尔科技有限公司;7890A 型安捷伦气相色谱(配有FID检测器),美国安捷伦科技有限公司。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 脱酸剂的制备

参照王未君等<sup>[13]</sup>的方法,将氢氧化钠与微晶纤维素按质量比8:50混合均匀,在粉碎机中粉碎10s,重复3次,即得碱性微晶纤维素脱酸剂,于干燥环境下密封保存、备用。

#### 1.2.2 脱酸剂的表征

采用场发射扫描电子显微镜分别对碱化处理前后的微晶纤维素进行表征。

#### 1.2.3 米糠油传统碱炼脱酸

参考刘玉兰等<sup>[1]</sup>的方法,取60g米糠原油,加入一定量的质量分数为17.8%的碱液,超量碱为25%,在60 r/min速度下搅拌20min,然后在30 r/min的速度下边搅拌边升温至60℃,持续搅拌10min,再以5000 r/min转速离心10min,取上层油脂,用热水洗至中性,再经旋蒸脱水,得到传统碱炼脱酸米糠油。

#### 1.2.4 米糠油萃取脱酸结合吸附脱酸

##### 1.2.4.1 萃取脱酸

参考康媛解等<sup>[14]</sup>的方法并略作改动。取一定量的米糠原油,按照油溶比1:3加入95%乙醇,在超声功率200W条件下处理3min,再在5000 r/min转速下离心10min,取下层油相,重复3次,合并油相并进行旋蒸脱溶处理,得到萃取脱酸米糠油[酸值(KOH)为5.5 mg/g]。

##### 1.2.4.2 吸附脱酸

取一定量的乙醇萃取脱酸米糠油,加入一定量的脱酸剂,在一定温度下搅拌处理一定时间,过滤后,得到吸附脱酸米糠油。

#### 1.2.5 米糠油品质分析

##### 1.2.5.1 酸值的测定

参照GB 5009.229—2016测定酸值。

##### 1.2.5.2 过氧化值的测定

参照GB 5009.227—2016测定过氧化值。

##### 1.2.5.3 谷维素含量的测定

参照LS/T 6121.1—2017测定谷维素含量。

#### 1.2.5.4 脂肪酸组成的测定

取约 0.1 g 油样于试管中,加入 2 mL 0.5 mol/L 的氢氧化钠-甲醇溶液,涡旋混匀,置于 65 °C 水浴锅中水浴 30 min 后加入 2 mL 三氟化硼-甲醇溶液,继续水浴 3 min 后,取出试管静置冷却至室温,再加入 2 mL 正己烷,振荡,静置分层,吸取上清液并过超微膜,进行气相色谱检测。

气相色谱条件: Sopelcosp-2560 石英毛细管色谱柱(100 m × 0.25 mm × 0.2 μm);载气为高纯氮气,恒压 215.87 kPa;分流比 20:1;进样口温度 250 °C;检测器温度 250 °C;升温程序为初始柱温 100 °C,保持 4 min,以 3 °C/min 升至 230 °C,保持 20 min。以标准品的保留时间对脂肪酸进行定性,以峰面积归一化法进行定量。

#### 1.2.5.5 甾醇、生育酚含量的测定

参考黄俊圻等<sup>[15]</sup>的方法测定甾醇和生育酚含量,并略有改动。样品处理:准确称取 2.00 g 油样于 50 mL 圆底烧瓶中,依次加入 5 mL 0.1 g/mL V<sub>C</sub> 溶液和 20 mL 1 mol/L 的氢氧化钾-乙醇溶液,于 90 °C 回流 40 min。取出冷却至室温后倒入 500 mL 分液漏斗中,依次用 100 mL 水和 100 mL 无水乙醚分多次润洗圆底烧瓶,并将润洗液全部转入分液漏斗中,静置分层,放掉下层。加入 15 mL 左右蒸馏水摇晃洗至 pH 呈中性,收集上层乙醚层并通过旋蒸除去乙醚,最后用甲醇溶解圆底烧瓶中的残留物,并定容至 25 mL,过 0.22 μm 滤膜,进行液相色谱检测。

液相色谱条件: Venusil XBP C<sub>18</sub> 色谱柱(4.6 mm × 250 mm × 5 μm);流动相为甲醇;检测波长 210 nm;流速 1 mL/min;柱温 28 °C;进样量 20 μL。

#### 1.2.6 数据分析

采用 IBM SPSS Statistics 26 分析软件对实验数据进行分析,采用 Origin 2018 绘图软件处理实验数据。

## 2 结果与讨论

### 2.1 脱酸剂的表征

微晶纤维素碱化处理前后的扫描电镜图如图 1 所示。

从图 1a 和图 1b 可以看出,未碱化处理的微晶纤维素每根之间的链接不紧密,较为松散,其表面也较为光滑、完整,比表面积较小,显然其吸附性较差。从图 1c 和图 1d 可知,经碱化处理后,微晶纤维素表面出现了较多裂隙和孔洞,比表面积明显增加<sup>[16]</sup>,且根与根之间的链接更加紧密,这些结构将有利于对游离脂肪酸的吸附。

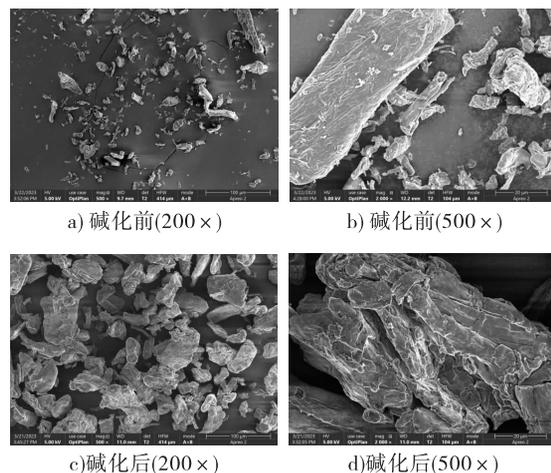
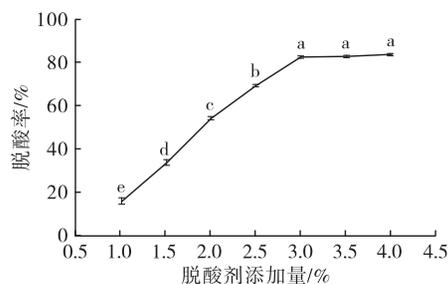


图 1 微晶纤维素碱化处理前后的扫描电镜图

### 2.2 米糠油吸附脱酸单因素实验

#### 2.2.1 脱酸剂添加量的影响

在脱酸温度 40 °C、脱酸时间 2.0 h 条件下,以脱酸率为考察指标(脱酸前后酸值的降低率),考察脱酸剂添加量对脱酸效果的影响,结果见图 2。



注:不同字母表示差异显著( $p < 0.05$ )。下同

图 2 脱酸剂添加量对脱酸效果的影响

从图 2 可以看出,脱酸剂添加量对米糠油的脱酸效果有显著影响( $p < 0.05$ ),随着脱酸剂添加量的增加,脱酸率不断升高,当脱酸剂添加量超过 3.0% 时,脱酸率不再继续增加,说明此时已达到吸附动态平衡。因此,最佳脱酸剂添加量为 3.0%。

#### 2.2.2 吸附时间的影响

在脱酸剂添加量 3.0%、脱酸温度 40 °C 条件下,以脱酸率为考察指标,考察吸附时间对脱酸效果的影响,结果见图 3。

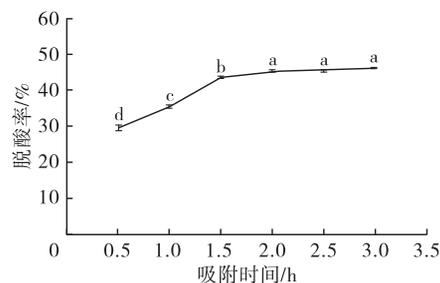


图 3 吸附时间对脱酸效果的影响

从图 3 可以看出,吸附时间对脱酸效果影响显

著( $p < 0.05$ ),随着吸附时间的延长,米糠油的脱酸率逐渐上升,当吸附时间大于1.5 h时,脱酸率上升缓慢,当吸附时间超过2.0 h时,脱酸率变化不显著。因此,最佳吸附时间为2.0 h。

### 2.2.3 吸附温度的影响

在脱酸剂添加量3.0%、吸附时间2.0 h条件下,以脱酸率为考察指标,考察吸附温度对脱酸效果的影响,结果见图4。

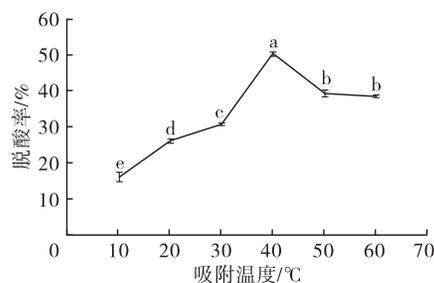


图4 吸附温度对脱酸效果的影响

从图4可以看出,吸附温度对脱酸效果影响显著( $p < 0.05$ ),吸附温度在10~40℃时,随着吸附温度的升高,油样中分子的运动加快,有利于脱酸剂吸附游离脂肪酸,脱酸率不断上升,但是当吸附温度高于40℃时,脱酸率不升反降,可能是温度过高,游离脂肪酸运动加剧,不易被吸附,同时吸附的游离脂肪酸也会因为温度的升高而解吸出来。因此,最佳的吸附温度为40℃。

### 2.3 米糠油吸附脱酸正交实验

根据单因素实验结果,以脱酸率为考察指标,吸附时间、脱酸剂添加量和吸附温度为考察因素,采用正交实验对米糠油吸附脱酸条件进行优化。为了减少脱酸剂用量和减少生产周期达到综合降低生产成本的目的,脱酸剂添加量和吸附时间均以单因素实验最优值为上限确定优化参数,正交实验因素水平见表1,正交实验设计与结果见表2。

从表2可以看出,对米糠油吸附脱酸效果影响的因素主次顺序为B(脱酸剂添加量) > A(吸附时间) > C(吸附温度),即脱酸剂添加量对吸附脱酸效果的影响最大,其次是吸附时间,吸附温度的影响最小。碱性微晶纤维素对米糠油吸附脱酸的最佳工艺条件为A<sub>3</sub>B<sub>3</sub>C<sub>2</sub>,即碱性微晶纤维素添加量3.0%、脱酸时间2.0 h、脱酸温度40℃。经验证实验,最佳条件下吸附脱酸的脱酸率为83.18%。

表1 正交实验因素水平

水平	A 吸附时间/h	B 脱酸剂添加量/%	C 吸附温度/°C
1	1.50	2.50	35
2	1.75	2.75	40
3	2.00	3.00	45

表2 正交实验设计与结果

实验号	A	B	C	脱酸率/%
1	1	1	1	60.00
2	1	2	2	75.82
3	1	3	3	80.00
4	2	1	2	62.91
5	2	2	3	68.91
6	2	3	1	75.64
7	3	1	3	60.18
8	3	2	1	77.45
9	3	3	2	82.91
$k_1$	71.94	61.03	71.03	
$k_2$	69.15	74.06	73.88	
$k_3$	73.51	79.52	69.70	
$R$	4.36	18.49	4.18	

### 2.4 脱酸前后米糠油的品质变化

#### 2.4.1 脱酸前后米糠油部分指标变化情况

对米糠原油、碱炼脱酸油和吸附脱酸油的酸值、过氧化值、谷维素含量进行测定,并计算不同脱酸方法的油脂得率,结果如表3所示。

表3 脱酸前后米糠油部分指标对比

项目	米糠原油	碱炼脱酸油	吸附脱酸油
酸值(KOH)/(mg/g)	35.04 ± 0.28	1.16 ± 0.11	0.92 ± 0.17
过氧化值/(g/100 g)	0.42 ± 0.03	0.44 ± 0.03	0.44 ± 0.03
谷维素含量/%	1.63 ± 0.08	0.98 ± 0.21	1.19 ± 0.26
油脂得率/%		91.15 ± 0.13	86.87 ± 0.19

由表3可知:两种脱酸方法均可有效脱除米糠油中的游离脂肪酸,碱炼脱酸和萃取脱酸结合吸附脱酸分别将米糠油的酸值(KOH)从35.04 mg/g降至1.16 mg/g和0.92 mg/g;两种脱酸方法,米糠油的过氧化值均变化不大;与碱炼脱酸相比,萃取脱酸结合吸附脱酸米糠油的谷维素保留率较高,为73.0%,而碱炼脱酸谷维素保留率为60.1%。谷维素因具有酚类分子结构性质,呈弱酸性,在碱炼脱酸过程中,与碱反应可生成盐,其亲水性增强,会被皂脚吸附脱除,导致谷维素大量流失<sup>[17]</sup>。本研究中,乙醇萃取脱酸阶段油脂的损失较大,油脂得率仅为90.10%,而吸附脱酸阶段油脂的损失较小,油脂得率为96.42%,萃取脱酸结合吸附脱酸,油脂得率比碱炼脱酸低,为86.87%,而碱炼脱酸油脂得率为91.15%。

### 2.4.2 脱酸前后米糠油的脂肪酸组成变化情况

脱酸前后米糠油的脂肪酸组成及含量见表4。

表4 脱酸前后米糠油脂肪酸组成及含量 %

脂肪酸	米糠原油	碱炼脱酸油	吸附脱酸油
C12:0(月桂酸)	1.42±0.09	2.58±0.05	1.25±0.04
C16:0(棕榈酸)	18.18±0.07	18.04±0.12	18.10±0.12
C16:1(棕榈油酸)	0.18±0.01	0.11±0.01	0.17±0.02
C18:0(硬脂酸)	1.88±0.07	1.74±0.03	1.90±0.02
C18:1(油酸)	42.45±0.66	42.31±0.54	42.52±0.44
C18:2(亚油酸)	33.59±0.87	32.65±0.48	33.51±0.42
C18:3(亚麻酸)	1.79±0.15	0.98±0.04	1.01±0.06
C20:0(花生酸)	0.51±0.10	1.59±0.02	1.55±0.04
SFA	21.99	23.95	22.80
MUFA	42.63	42.42	42.69
PUFA	35.38	33.63	34.52

由表4可知,碱炼脱酸和萃取脱酸结合吸附脱酸都没有改变米糠油中的脂肪酸种类。碱炼脱酸处理后,SFA含量增加了1.96个百分点,其中月桂酸含量增加最多,为1.16个百分点,PUFA含量降低了1.75个百分点,其中亚油酸和亚麻酸含量分别降低了0.94、0.81个百分点。萃取脱酸结合吸附脱酸处理后,SFA含量有所增加,其中花生酸含量上升最多,为1.04个百分点,PUFA含量下降了0.86个百分点,MUFA含量略有上升,相较于碱炼脱酸,变化幅度均较小。

### 2.4.3 脱酸前后米糠油中甾醇、生育酚变化情况

脱酸前后米糠油中甾醇、生育酚含量见表5。

表5 脱酸前后米糠油中甾醇及生育酚含量 mg/100 g

项目	米糠原油	碱炼脱酸油	吸附脱酸油
谷甾醇	408.57±0.32	224.74±0.09	320.48±0.62
豆甾醇	74.23±2.87	34.84±0.08	46.96±0.61
菜油甾醇	443.74±0.38	348.12±0.51	321.24±0.75
$\alpha$ -生育酚	8.79±0.47	4.72±0.54	6.66±0.25
$\delta$ -生育酚	2.57±0.09	-	-
$\gamma$ -生育酚	9.61±0.29	4.64±0.05	5.18±0.06

由表5可知,经萃取脱酸结合吸附脱酸处理后,米糠油中总甾醇保留率为74.3%,总生育酚保留率为56.5%,而碱炼脱酸总甾醇和总生育酚保留率分别为65.6%和44.6%,可见在总甾醇和总生育酚保留率方面,萃取脱酸结合吸附脱酸优于传统碱炼脱酸。在萃取脱酸结合吸附脱酸过程中,豆甾醇含量最低且损失最多,损失了36.7%。 $\delta$ -生育酚在米糠油中的含量最低,且经两种脱酸方法处理后,都未能检出。

## 3 结论

米糠原油采用乙醇萃取脱酸后,再采用碱化处

理的微晶纤维素进行吸附脱酸,通过单因素实验和正交实验对吸附脱酸条件进行了优化,结果表明,最佳吸附脱酸条件为脱酸剂添加量3.0%、吸附时间2.0 h、吸附温度40℃。与传统碱炼脱酸相比,萃取脱酸结合吸附脱酸的方法对谷维素、甾醇和生育酚的保留率更高,对游离脂肪酸的脱除效果更好。

### 参考文献:

- [1] 刘玉兰,董婷,陈园顺,等.高酸值米糠毛油碱炼脱酸工艺及条件的优化研究[J].中国油脂,2014,39(12):6-10.
- [2] 聂留俊,李桂华,毛程鑫.高酸价米糠油酯化脱酸技术的研究[J].粮油食品科技,2013,21(2):29-32.
- [3] 张鹤男,肇立春,宋二立,等.高酸值米糠油物理法蒸馏脱酸工艺优化[J].农业工程,2017(4):89-91.
- [4] OMAR S, GIRGIS B, TAHA F. Carbonaceous materials from seed hulls for bleaching of vegetable oils [J/OL]. Food Res Int, 2003(1):36 [2023-03-30]. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(02\)00102-3](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(02)00102-3).
- [5] 胡翠翠,齐玉堂.碱性吸附剂应用于食用油脱酸的工艺研究[J].粮油加工,2008(11):44-45.
- [6] 卢静静,文俊仁,张银,等.碱性微晶纤维素在油脂脱酸中的应用[J].食品工业,2020,41(2):59-62.
- [7] 刘军海.膜分离技术加工米糠油研究进展[J].粮食与油脂,2008(1):3-6.
- [8] 王金玲,张洪超,姜元松,等.超临界流体萃取与二乙醇胺法综合制备米糠油[J].食品工业科技,2012,33(6):320-323.
- [9] 刘伟麒,李淑婷,邓媛元,等.米糠油脱酸工艺研究进展[J].中国粮油学报,2022,37(8):280-288.
- [10] 孙明奎,胡志雄,李吉,等.脱酸工艺对米糠油中功能因子含量影响的研究[J].中国油脂,2015,40(1):16-18.
- [11] 蒋智.食用植物油吸附法脱酸中常见吸附剂的研究进展[J].安徽农学通报,2020,26(13):18-20.
- [12] 何耀良,廖小新,黄科林,等.微晶纤维素的研究进展[J].化工技术与开发,2010,39(1):12-16.
- [13] 王未君,刘昌盛,黄凤洪,等.碱性微晶纤维素在茶籽油脱酸工艺中的应用[J].中国油料作物学报,2016,38(2):247-253.
- [14] 康媛解,张丽霞,张振山.超声波辅助米糠油乙醇萃取脱酸工艺研究[J].粮食与油脂,2020,33(10):14-18.
- [15] 黄俊圻,张海龙,吕晓雅,等.蒙脱土对植物油脱色效果的综合评价[J].中国油脂,2022,47(6):15-20.
- [16] 王威,黄故.碱处理对椰壳纤维形态结构的影响[J].上海纺织科技,2008,36(10):20-22.
- [17] 武家琪,肇立春,张俊杰,等.提高米糠油中谷维素含量的脱酸工艺研究[J].中国油脂,2020,45(5):27-31.