

# 化学和物理精炼方法对小麦胚芽油品质劣变的影响

杨颖<sup>1</sup>, 李桂华<sup>1</sup>, 赵芳<sup>2</sup>, 王向云<sup>1</sup>

(1. 河南工业大学粮油食品学院, 河南郑州 450001) (2. 河南省产品质量监督检验检疫院, 河南郑州 450008)

**摘要:** 为提高精炼的小麦胚芽油品质质量, 该文研究了化学和物理精炼过程中小麦胚芽油的品质劣变程度。结果表明: 化学精炼的小麦胚芽油, 酸价降至 0.18 KOH/(mg/g), 反式脂肪酸含量由毛油的未检出增加到 0.07%, 生育酚含量损失了 37.14%。物理精炼的小麦胚芽油, 在真空残压 $\leq 60$  Pa, 在温度为 200 °C~240 °C, 时间为 2 h~8 h 条件下脱酸, 酸价降为 5.49 KOH/(mg/g)~0.19 KOH/(mg/g), 反式脂肪酸含量为 0.10%~3.13%; 过氧化值为 1.61 mmol/kg~4.33 mmol/kg, 茴香胺值 13.76~59.3; 生育酚含量减少 26.68%~85.90%。由其试验结果对比知, 化学精炼对小麦胚芽油品质劣变的影响明显小于物理精炼, 尤其是防止反式脂肪酸含量增加、维生素 E 含量损失等方面显著, 是一种适合富含高不饱和脂肪酸、维生素 E 等功能性营养成分类型的油脂的精炼方法。

**关键词:** 小麦胚芽油; 反式脂肪酸; 物理精炼; 化学精炼

文章编号: 1673-9078(2014)12-106-112

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2014.12.018

## Study on the Effects of Chemical and Physical Refining Processes on the Deterioration in the Quality of Wheat Germ Oil

YANG Ying<sup>1</sup>, LI Gui-hua<sup>1</sup>, ZHAO Fang<sup>2</sup>, WANG Xiang-yun<sup>1</sup>

(1. Department of Food Science and Technology, Henan University of Thehology, Zhengzhou 450001, China)

(2. Henan Province Product Quality Supervision and Inspection Center, Zhengzhou 450008, China)

**Abstract:** In order to improve the quality of refined wheat germ oil, the degree of deterioration in the quality of wheat germ oil during chemical and physical refining was investigated. For the wheat germ oil processed by chemical refining, the acid value dropped to 0.18 KOH/(mg/g), the trans fatty acid content increased to 0.070% from an undetectable level in crude oil, and the tocopherol content decreased by 37.83%. For the physical refining of wheat gream oil, deacidification was conducted under a residual pressure of  $\leq 60$  Pa in a temperature range of 200~240 °C for 2~8 h. The acid value dropped to 5.49 KOH/(mg/g)~0.19 KOH/(mg/g), the trans fatty acid content was between 0.13% and 3.13%, the peroxide value ranged from 1.61 mmol/kg~4.33 mmol/kg, the anisidine value ranged from 13.76~59.3, and the tocopherol content decreased by 26.68%~85.90%. Comparison of the two refining processes revealed that the chemical refining process had less significant effects on the deterioration of wheat germ oil quality than the physical refining process, particularly in regard to preventing the increase in the trans fatty acid content, and the loss in vitamin E content among others. Therefore, chemical refining is suitable for functional and nutritious oils rich in unsaturated fatty acids, vitamin E, etc.

**Key words:** wheat germ oil; trans fatty acids; physical refining; chemical refining

小麦胚芽油是以小麦加工过程脱除的胚芽为原料制取的油脂。小麦胚芽油中营养物质丰富: 有亚油酸、亚麻酸、维生素 E、磷脂、甾醇等多种生理活性组分, 不饱和脂肪酸含量较高约为 84%, 生育酚含量在目前所知的植物油中是最高的。这些成分具有调节人体血压、降低胆固醇、防治动脉硬化、抗癌、促进血液循环等功效<sup>[1~6]</sup>。

收稿日期: 2014-05-04

项目基金: 河南省教育厅自然科学研究项目 (12A550001)

作者简介: 杨颖 (1990-), 女, 在读研究生, 研究方向: 粮食、油脂与植物蛋白工程方向

通讯作者: 李桂华 (1952-), 男, 教授, 研究方向: 油脂化学与工程

小麦胚芽油虽然具有很好的营养价值和功能性, 但由于其毛油中游离脂肪酸的含量较高, 必须经精炼加工才能食用。而精炼过程中添加的酸、碱、白土等化学品及高温、时间等条件容易导致油脂品质劣变。因此, 研究不同精炼方法对小麦胚芽油品质裂变的影响很有必要。

目前, 有关物理和化学精炼方法对油脂品质的影响, 国内外已有报道, 张明<sup>[7]</sup>等人研究了在亚麻籽油化学和物理精炼工艺过程反式脂肪酸的变化, 指出物理精炼 200 °C、8 h 产生的反式脂肪酸含量 1.73% 高于化学精炼中产生的反式脂肪酸 0.4%。Cmolik<sup>[8]</sup>等人对菜籽毛油进行物理精炼和化学精炼发现, 物理精炼脱

臭油中异构化脂肪酸含量要比化学精炼菜籽油的稍高。Murat Tasan<sup>[9]</sup>研究发现, 葵花籽油化学精炼的平均反式脂肪酸含量增加小于 1%, 物理精炼蒸馏工序反式脂肪酸的含量迅速增加, 在脱臭阶段增加了 2.5%。Rodriguez 和 Guerrero<sup>[10]</sup>采用 GC 和 HPLC 检测墨西哥 18 种化学精炼油脂中反式脂肪酸和生育酚含量, 结果表明, 在 240 °C~260 °C 脱臭后油脂中反式脂肪酸从 0.90% 增加到 2.93%, 生育酚损失 40%~56%。Kemeny Z<sup>[11]</sup>等人在研究在 204 °C~230 °C 下脱臭 2 h~8 h 后的菜籽油中反式脂肪酸含量的变化, 结果表明, 不同脱臭温度和时间都会引起亚油酸和亚麻酸的异构化。刘军海<sup>[12]</sup>研究了高酸值小麦胚芽油化学精炼工艺中脱臭工艺对生育酚含量的影响, 指出在 250 °C 下脱臭 9 min, 生育酚含量降低不明显, 在 290 °C 脱臭 30 min, 生育酚含量明显降低。

有关小麦胚芽油的化学和物理精炼方法对油脂品质劣变的研究报道较少。由于小麦胚芽油在精炼过程中生成反式酸的倾向性较大<sup>[13]</sup>, 高温也易氧化导致品质劣变, 生育酚含量也有可能发生变化。为此, 本试验重点研究了化学和物理精炼方法和工艺条件对小麦胚芽油酸价、反式脂肪酸含量、生育酚损失、过氧化值、茴香胺值等品质劣变的影响, 为探索提高小麦胚芽油品质质量的精炼工艺技术方法提供参考。

## 1 试验材料和方法

### 1.1 原料

压榨小麦胚芽油: 晨光生物科技集团股份有限公司。

### 1.2 试验仪器

GC-2010 型气相色谱仪, 日本岛津公司; 10-AT 系列高效液相色谱仪, 日本岛津公司; 2XZ-1 型旋片式真空泵, 浙江黄岩天龙真空泵厂; 转动式真空表, 中国浙江嘉兴玻璃厂; BS210S 分析天平(感量 0.0001 g), 北京赛多利斯天平有限公司。

### 1.3 试验试剂

正己烷、异辛烷、冰乙酸、甲醇、异丙醚为色谱纯, 无水乙醚、95%乙醇、碘化钾、硫代硫酸钠、甲醇钠等为分析纯。各顺、反脂肪酸标准样品均购自于美国 Sigma 公司。

### 1.4 试验及分析方法

本研究采用的工艺条件是经过试验得出的最佳工

艺条件。

#### 1.4.1 化学精炼工艺

(1) 脱胶: 称毛油 200 g 置于 500 mL 的烧杯中, 待油样升温至 40 °C~45 °C, 加入油重的 0.1% 磷酸和 3% 蒸馏水, 快速搅拌 15 min, 3500 r/min 离心 20 min 分离出脱胶油。

(2) 碱炼脱酸: 脱胶油根据毛油酸价加入浓度为 16°Be' 的 NaOH 溶液 20 g, 快速搅拌 10 min 后, 降低转速缓慢升温至 60 °C 碱炼脱酸 20 min~30 min, 待皂与油呈明显分离状态时停止搅拌, 3500 r/min 恒速离心 20 min 后分离出皂和脱酸油。

(3) 水洗: 将离心后的脱酸油加热至 80 °C~85 °C, 转入 500 mL 分液漏斗中, 每次按油重的 15% 添加微沸的蒸馏水 90 °C~95 °C 洗涤 2~3 遍, 至放出的废水用 pH 试纸测试显中性为止。

(4) 脱水、脱色: 将水化油转移到三口烧瓶中, 放入磁力转子, 在真空度 0.09 MPa、105 °C 条件下脱水 20 min; 再将油温降至 60 °C 时, 加入油重 2% 的脱色剂(质量比为:活性白土/活性碳=8/2) 脱色 30 min, 将混合物真空过滤并进行色泽测定。

(5) 脱臭: 连接真空脱酸装置, 在真空残压≤60 Pa、温度为 200 °C 条件下将脱色油脱臭 2 h 得到脱臭小麦胚芽油。

#### 1.4.2 物理精炼工艺

本试验采用高温水蒸汽蒸馏物理精炼工艺对小麦胚芽油进行物理脱酸、脱臭, 具体工艺方法如下所示,

(1) 脱胶工艺: 同 1.4.1。

(2) 脱水、脱色: 同 1.4.1。

(3) 蒸馏脱酸、脱臭: 称脱色油 200 g 于 500 mL 的三口烧瓶中, 插入温度计, 置于控温加热套中加热, 连接水蒸气蒸馏和真空脱酸装置, 在真空残压≤60 Pa、温度 200 °C、220 °C、240 °C 下将脱色油脱酸 2 h、4 h、6 h 和 8 h, 得脱酸、脱臭小麦胚芽油。

## 1.5 分析方法

### 1.5.1 酸价的测定

参照 GB/T 5530-2005 动植物油脂酸值和酸度测定。

### 1.5.2 p-茴香胺值的测定

参照 GB/T 24304-2009 茴香胺值测定。

### 1.5.3 过氧化值的测定

参照 GB/T 5538-2005 动植物油脂过氧化值测定。

### 1.5.4 反式脂肪酸测定方法

反式脂肪酸的检测主要依靠气相色谱法, 该法可有效分离脂肪酸的顺反异构体并对其进行定性定量分析, 检测下限低, 结果比较准确, 是美国食品药品监督管理局(The U.S. Food and Drug Administration)推荐的方法<sup>[14]</sup>。

#### 1.5.4.1 甲酯化

参照国标 GB/T 17376-2008 动植物油脂脂肪酸甲酯制备。

#### 1.5.4.2 分析条件和方法

##### (1) 分析条件

气相色谱条件: 检测器: FID; 毛细管柱: BPX-70 色谱柱 (120 m×0.25 mm); 柱温: 180 °C, 检测器温度: 230 °C, 进样口温度: 210 °C; 检测器压力: 307.0 kPa; H<sub>2</sub> 流量: 47 mL/min, 空气流量: 399.8 mL/min, 柱流量: 1 mL/min, 总流量: 24.0 mL/min; 分流比: 1:40; 进样量: 1.2 μL。

##### (2) 定性和定量方法

定性: 根据各脂肪酸标样的保留时间定性。

定量: 根据峰面积归一化法定量。

#### 1.5.5 生育酚的测定

生育酚含量的测定参照 GB/T 26635-2011 动植物油脂生育酚及生育三烯酚含量测定。

##### 样品制备:

将样品摇匀后, 准确称取约 300 mg 油样于 10 mL 容量瓶中, 加入一定量的正己烷溶解样品并定容。经 0.45 μm 过滤膜过滤后用微量进样器取 5.0 μL 注入液相色谱仪进行分析。

##### 液相色谱分析条件:

色谱柱: 安捷伦 SIO 柱 (250 mm×4.6 mm, 5 μm); 流动相: 正己烷-异丙醚 (90:10 V/V); 流速: 1.5 mL/min; 柱温: 40 °C; 进样量: 5 μL; 荧光检测器: Ex: 298 nm, Em: 325 nm。

##### 定性和定量方法:

定性: 用各生育酚标样的保留时间定性;

定量: 用外标法定量, 即根据油样测定的生育酚峰面积在标准曲线上查其含量。

#### 1.6 数据处理方法

酸价、过氧化值、茴香胺值通过试验得到数据, 将这些数据作成折线图, 通过图的走势变化, 来分析结果; 反式脂肪酸和生育酚通过计算机自带分析软件分析数据。

## 2 结果与分析

### 2.1 化学法精炼工艺对小麦胚芽油品质劣变的影响

#### 2.1.1 化学精炼过程对酸价的影响

酸价是油脂品质质量的重要指标。色泽深、酸价高的小麦胚芽毛油不易食用, 需采用精炼方法进行脱酸、脱色和脱臭。化学精炼过程对小麦胚芽油酸价的影响见图 1。

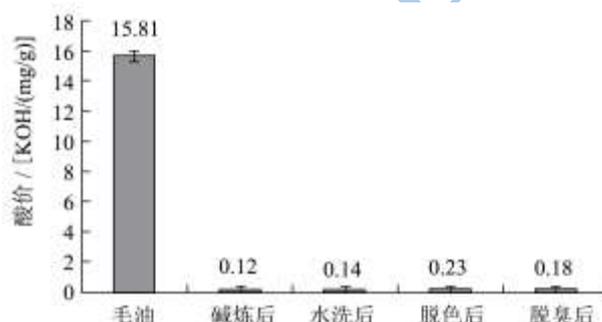


图 1 化学精炼过程对小麦胚芽油酸价的影响

Fig.1 Effect of chemical refining process on the acid value of wheat germ oil

由图 1 知, 碱炼脱酸效果很明显, 酸价由毛油的  $15.81 \pm 0.01$  KOH/(mg/g) 下降到  $0.12 \pm 0.02$  KOH/(mg/g), 在后续水洗和脱色后酸价略有上升, 但均 ( $0.12 \pm 0.02$  KOH/(mg/g)~ $0.23 \pm 0.01$  KOH/(mg/g)) 之间波动, 脱臭后小麦胚芽油酸价为  $0.18 \pm 0.01$  KOH/(mg/g)。由此可见, 化学精炼过程中, 碱炼工艺是脱酸的主要工序, 碱炼的效果直接决定着成品油的品质。

#### 2.1.2 化学精炼过程对反式脂肪酸的影响

对经过化学精炼的小麦胚芽油采用气相色谱法进行顺、反脂肪酸组成成分分析, 各工艺过程的小麦胚芽油脂肪酸组成和反式脂肪酸的含量见表 1。

从表 1 可明显看出, 小麦胚芽毛油中反式脂肪酸含量未检出, 在整个化学精炼过程中, 反式脂肪酸含量变化不大, 碱炼、脱色、脱臭都会使反式脂肪酸含量略有增加, 但最终脱臭油反式脂肪酸含量为 0.07%, 含量很低。由此可见, 化学精炼过程对小麦胚芽油反式脂肪酸影响不大。

#### 2.1.3 化学精炼过程对过氧化值和 p-茴香胺值的影响

化学精炼过程中小麦胚芽油各阶段过氧化值和茴香胺值变化趋势如图 2 所示。

由图 2 可以看到, 化学精炼前后, 小麦胚芽毛油的过氧化值为  $4.91 \pm 0.02$  mmol/kg, 茴香胺值为

3.88±0.02, 在精炼过程中过氧化值和茴香胺值均有所升高, 两者呈此消彼长的关系。碱炼后过氧化值由毛油的 4.91±0.02 mmol/kg 上升到 10.29±0.01 mmol/kg; 水洗后为 10.76±0.01 mmol/kg 变化不大; 由于白土能吸附少量氢过氧化物, 脱色油过氧化值降低到 8.64±0.01 mmol/kg; 脱臭过程由于氢过氧化物受热且在真空条件下易分解略有下降为 7.02±0.02 mmol/kg。

表 1 小麦胚芽油化学精炼各阶段脂肪酸组成和反式脂肪酸的含量/%

Table 1 Fatty acid composition and trans fatty acid content of wheat germ oil during each stage of chemical refining process

脂肪酸	毛油	碱炼后	水洗后	脱色后	成品
C14:0	0.077	0.066	0.067	0.067	0.068
C16:0	16.92	16.54	16.69	16.64	13.35
C16:1	0.18	0.16	0.17	0.16	0.16
C18:0	0.49	0.52	0.52	0.53	0.73
TC18:1	-	0.016	0.018	0.016	0.016
C18:1	12.59	13.05	13.13	12.95	13.22
C18:1	1.14	1.10	1.12	1.09	1.11
TC18:2	-	0.033	0.030	0.027	0.033
C18:2	61.84	61.45	61.26	61.46	64.55
TC18:3	-	0.014	-	0.019	0.021
C18:3	5.74	5.92	5.83	5.90	5.69
C20:0	-	0.073	0.072	0.070	0.056
C20:1	1.03	1.06	1.10	1.07	1.00
totalTFA	-	0.062	0.048	0.062	0.070

注: “-”表示未检出。

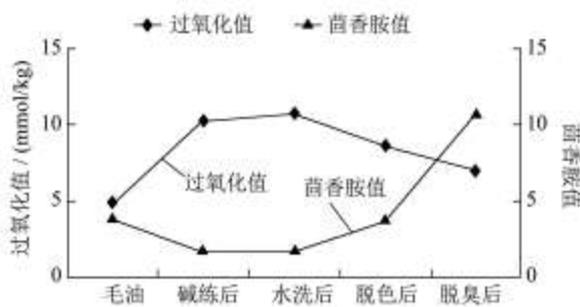


图 2 化学精炼过程对小麦胚芽油过氧化值和 p-茴香胺值的影响

Fig.2 Effect of chemical refining process on peroxide and anisidine contents of wheat germ oil

碱炼后小麦胚芽油茴香胺值由毛油的 3.88±0.02 下降到 1.69±0.02; 水洗后为 1.84±0.02 变化不大; 脱色后稍有升高到 3.68±0.02; 脱臭时由于过氧化物分解使茴香胺值升高达 10.78±0.02。

#### 2.1.4 化学精炼过程对生育酚含量的影响

小麦胚芽油中含有丰富的生育酚, 但化学精炼时会导致其损失, 化学精炼过程中生育酚组成含量变化见图 3。

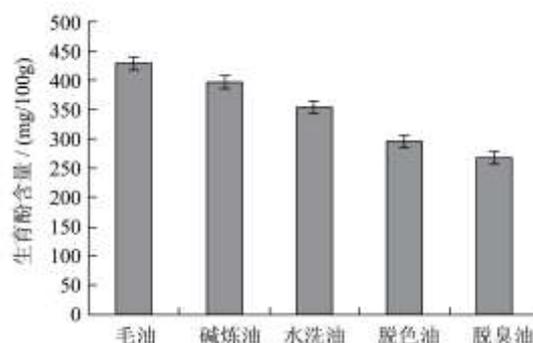


图 3 小麦胚芽油化学精炼各阶段生育酚组成及含量(mg/100 g)  
Fig.3 Tocopherol composition and content in wheat germ oil during each stage of chemical refining process (mg/100 g)

由图 3 可知, 化学精炼过程中小麦胚芽油生育酚含量不断降低, 毛油中生育酚含量为 432.19±0.02 mg/100 g, 碱炼、水洗后分别下降到 399.27±0.02 mg/100 g、356.43±0.02 mg/100 g, 脱色时由于脱色剂的吸附作用导致生育酚损失到 298.02±0.02 mg/100 g, 脱臭时由于高蒸汽压高温生育酚降低到 271.69±0.02 mg/100 g, 与毛油相比损失了 37.14%。

#### 2.2 物理法精炼工艺对小麦胚芽油品质劣变的影响

##### 2.2.1 脱酸、脱臭温度和时间对酸价的影响

按 1.4.2 物理精炼工艺, 不同脱酸、脱臭温度和时间对小麦胚芽油酸价的影响结果见图 4。

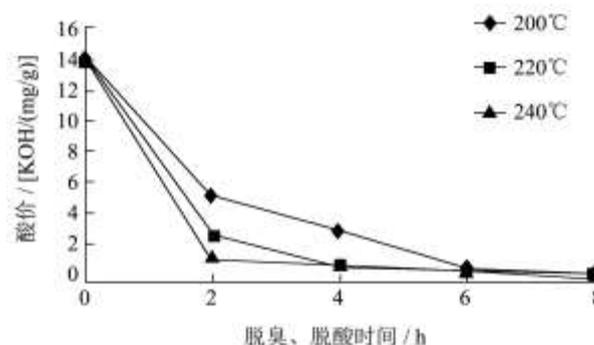


图 4 脱酸、脱臭温度和脱酸时间对小麦胚芽油酸价的影响  
Fig.4 Effects of deacidification, deodorization temperature, and time on the acid value of wheat germ oil

图 4 结果表明: 随着脱酸、脱臭温度的升高及时间的延长, 小麦胚芽油酸价不断降低。200 °C、220 °C 和 240 °C 脱酸、脱臭 2 h 后酸价降低为 5.49±0.01 KOH(mg/g)、3.03±0.01 KOH(mg/g) 和 1.51±0.01

KOH/(mg/g); 4 h 后酸价分别为 3.30±0.01 KOH/(mg/g)、1.06±0.01 KOH/(mg/g) 和 1.08±0.01 KOH/(mg/g); 6 h 后酸价为 0.92±0.01 KOH/(mg/g)、0.84±0.01 KOH/(mg/g)和 0.71±0.01 KOH/(mg/g); 8 h 后酸价为 0.58±0.01 KOH/(mg/g)、0.34±0.02 KOH/(mg/g)和 0.19±0.01 KOH/(mg/g)。结果表明: 脱酸、脱臭温度和时间对小麦胚芽油脱酸效果影响显著。

2.2.2 脱酸、脱臭温度和时间对反式脂肪酸含量的影响

小麦胚芽脱色油在上述物理脱酸、脱臭条件下精炼, 对小麦胚芽油中脂肪酸组成和反式脂肪酸含量的影响如表 2、表 3 和表 4 所示。

表 2 小麦胚芽油 200 °C物理脱酸、脱臭后脂肪酸组成和反式脂肪酸的含量/%

Table 2 Fatty acid composition and trans fatty acid content of wheat germ oil after physical deacidification and deodorization

脂肪酸	毛油	脱色	脱酸脱臭时间/h			
			at 200 °C /%			
			2	4	6	8
C14:0	0.077	0.073	0.068	0.070	0.070	0.073
C16:0	16.92	16.34	16.74	16.93	17.04	17.14
C16:1	0.18	0.18	0.16	0.16	0.17	0.16
C18:0	0.49	0.55	0.54	0.53	0.54	0.55
C18:1	12.59	12.70	13.33	13.18	13.29	13.84
C18:1	1.14	1.17	1.10	1.10	1.12	1.11
TC18:2	-	-	0.044	0.050	0.055	0.065
C18:2	61.84	62.26	61.15	61.09	60.84	60.29
TC18:3	-	-	0.054	0.061	0.072	0.12
C18:3	5.74	5.70	5.62	5.65	5.65	5.49
C20:0	-	-	0.092	0.088	0.081	0.10
C20:1	1.03	1.04	1.08	1.09	1.08	1.06
totalTFA	-	-	0.10	0.11	0.13	0.19

注: “-”表示未检出。

由表 2、3、4 可看出: 在温度为 200 °C时脱酸、脱臭 2 h~8 h, 油中反式脂肪酸含量增加缓慢, 8 h 时仅增加到 0.19%; 220 °C时反式脂肪酸生成速率加快, 由 2 h 的 0.36% 增到 8 h 的 1.16%; 240 °C时反式脂肪酸生成速率明显增加, 从 2 h 的 0.87% 增到 8 h 的 3.13%。由此知, 在脱酸、脱臭温度为 200 °C时, 每延长 2 h, 反式脂肪酸增加了 10%~50%, 220 °C增加了 30%~60%, 240 °C增加了 20%~110%。在相同时间下, 脱酸温度越高, 油中反式脂肪酸含量增加越大, 220 °C 脱酸油中反式脂肪酸含量是 200 °C 的 (3.60~7.10)倍; 240 °C脱酸油是 220 °C 的 (2.40~3.10) 倍。

表 3 小麦胚芽油 220 °C物理脱酸、脱臭后脂肪酸组成和反式脂肪酸的含量/%

Table 3 Fatty acid composition and trans fatty acid content of wheat germ oil after physical deacidification and deodorization

脂肪酸	毛油	脱色	脱酸脱臭时间/h			
			at 220 °C /%			
			2	4	6	8
C14:0	0.077	0.073	0.073	0.071	0.074	0.071
C16:0	16.92	16.34	16.59	16.58	16.54	16.88
C16:1	0.18	0.18	0.15	0.15	0.15	0.15
C18:0	0.49	0.55	0.72	0.72	0.73	0.76
C18:1	12.59	12.70	13.52	13.59	13.59	13.85
C18:1	1.14	1.17	1.12	1.15	1.12	1.12
TC18:2	-	-	0.18	0.26	0.39	0.48
C18:2	61.84	62.26	61.07	60.99	60.94	60.29
TC18:3	-	-	0.18	0.33	0.53	0.69
C18:3	5.74	5.70	5.25	5.02	4.80	4.54
C20:0	-	-	0.077	0.071	0.079	0.11
C20:1	1.03	1.04	1.07	1.08	1.05	1.07
totalTFA	-	-	0.36	0.58	0.92	1.16

注: “-”表示未检出。

表 4 小麦胚芽油 240 °C物理脱酸、脱臭后脂肪酸组成和反式脂肪酸的含量/%

Table 4 Fatty acid composition and trans fatty acid content of wheat germ oil after physical deacidification and deodorization

脂肪酸	毛油	脱色	脱酸脱臭时间/h			
			at 240 °C /%			
			2	4	6	8
C14:0	0.077	0.073	0.070	0.072	0.069	0.073
C16:0	16.92	16.34	16.68	16.71	17.25	17.27
C16:1	0.18	0.18	0.16	0.16	0.17	0.16
C18:0	0.49	0.55	0.52	0.51	0.54	0.51
C18:1	12.59	12.70	12.75	12.99	13.26	13.40
C18:1	1.14	1.17	1.10	1.13	1.13	1.16
TC18:2	-	-	0.35	0.75	1.12	1.37
C18:2	61.84	62.26	61.84	61.28	60.17	59.92
TC18:3	-	-	0.52	1.06	1.49	1.76
C18:3	5.74	5.70	4.93	4.29	3.66	3.26
C20:0	-	-	0.068	-	0.076	-
C20:1	1.03	1.04	1.02	1.05	1.07	1.11
totalTFA	-	-	0.87	1.81	2.61	3.13

注: “-”表示未检出。

2.2.3 脱酸、脱臭温度和时间对过氧化值的影响

小麦胚芽油不饱和度较高, 富含天然抗氧化剂生

育酚, 但物理精炼脱酸、脱臭也将对品质劣变有重要影响, 为此, 进一步分析了脱酸过程过氧化值的变化, 不同脱酸温度、时间等条件下过氧化值变化如图 5 所示。

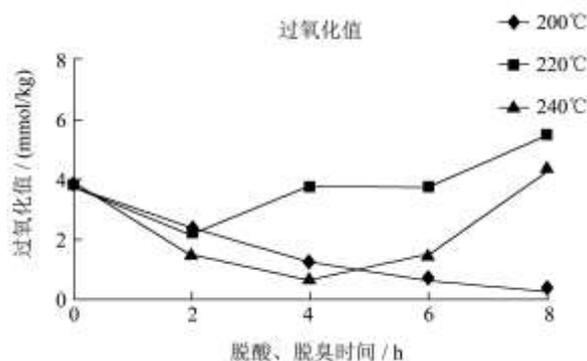


图 5 脱酸、脱臭温度和脱酸时间对小麦胚芽油过氧化值的影响  
Fig.5 Effects of deacidification, deodorization temperature, and time on the peroxide value of wheat germ oil

由图 5 可看出, 200 °C 时随着时间的延长, 过氧化值逐渐降低; 220 °C, 0 h~2 h 时, 过氧化值呈现出下降的趋势, 2 h~8 h 时, 过氧化值由  $2.16 \pm 0.02$  mmol/kg 升高为  $5.52 \pm 0.01$  mmol/kg; 240 °C、0 h~4 h 时, 过氧化值逐渐下降, 到 4 h 时下降到最低为  $0.68 \pm 0.02$  mmol/kg, 8 h 则升高到  $4.33 \pm 0.01$  mmol/kg。200 °C 过氧化值最低可能是受热后氢过氧化物分解大于生成速率, 呈现负增长趋势。

### 2.2.4 脱酸、脱臭温度和时间对 p-茴香胺值的影响

油脂受热氧化生成的氢过氧化物不稳定, 易分解产生二次氧化物-醛、酮、酸类小分子化合物。物理精炼过程中小麦胚芽油中茴香胺值的变化结果如图 6。

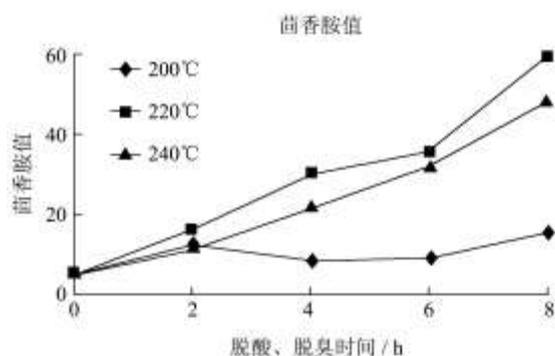


图 6 脱酸、脱臭温度和脱酸时间对小麦胚芽油茴香胺值的影响  
Fig.6 Effects of deacidification, deodorization temperature, and time on the anisidine value of wheat germ oil

由图 6 可看出, 在不同脱酸、脱臭温度下, 随着时间的延长, 茴香胺值总体呈现升高趋势; 相同 8 h 脱酸时间下, 200 °C 小麦胚芽油茴香胺值最低为  $15.56 \pm 0.02$ , 220 °C 为  $48.5 \pm 0.02$ , 240 °C 最高达

$59.3 \pm 0.02$ , 这说明随着脱酸温度的增加, 小麦胚芽油中的醛、酮等二级产物先增多又减少。200 °C 物理精炼脱酸、脱臭小麦胚芽油的过氧化值、茴香胺值相对较低, 油品品质最好。

### 2.2.5 脱酸、脱臭温度和时间对生育酚含量的影响

物理精炼过程中生育酚组成及含量变化见图 7。

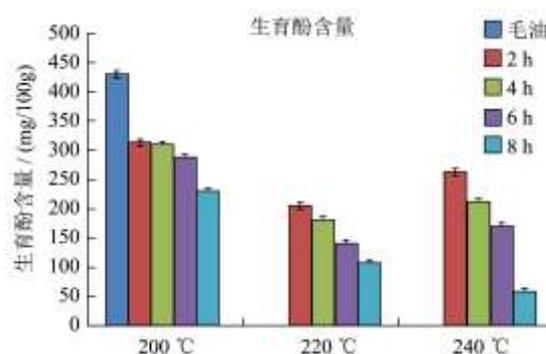


图 7 小麦胚芽油物理精炼过程中生育酚组成及含量(mg/100 g)  
Fig.7 Tocopherol composition and content of wheat germ oil during physical deacidification process

图 7 结果可看出, 随着脱酸、脱臭时间延长和温度的升高, 小麦胚芽油中生育酚含量总体呈现下降趋势; 200 °C 脱酸 2 h 生育酚损失了 26.68%, 6 h 降低到  $289.43 \pm 0.02$  mg/100 g, 8 h 时损失了 46.07%; 220 °C 蒸馏 2 h 生育酚损失率为 51.85%、8 h 损失了 74.58%; 在 240 °C 高温下蒸馏, 生育酚损失严重, 2 h 损失了 38.57%、8 h 损失了 85.90%。

### 2.3 化学和物理法精炼工艺对小麦胚芽油品质劣变的影响的对比分析

化学和物理精炼过程中小麦胚芽油品质劣变的分析, 各指标变化对比如下表 5 所示。

由表 5 可以看出, 化学与物理精炼(温度 240 °C、时间 8 h)方法, 都能使酸价为  $15.81 \pm 0.01$  KOH/(mg/g) 的小麦胚芽油精炼至一级油(玉米胚芽油、米糠油、大豆油等)的指标达  $0.20 \pm 0.01$  KOH/(mg/g) 以下; 但物理精炼的小麦胚芽油反式脂肪酸含量高达 3.13%, 是化学精炼的 32.00 倍以上; 生育酚损失最大为 85.90%, 是化学精炼的 4.40 倍以上; 茴香胺值高达  $48.50 \pm 0.02$ 、是化学精炼的 4.70 倍以上; 过氧化值低于化学精炼为  $4.33 \pm 0.01$  mmol/kg。

### 3 结论

通过化学和物理精炼方法对小麦胚芽油品质劣变影响的综合分析对比, 物理精炼温度越高、时间越

长,反式脂肪酸含量增加越多,生育酚含量损失越多,氢过氧化物和氧化分解产物就越多,对小麦胚芽油的品质劣变的影响越大。尤其在物理、化学精炼的小麦胚芽油酸价达大种油料国家标准一级油标准时,化学精炼的油脂各方面的品质劣变小于物理精炼的油脂,

特别是防止反式脂肪酸、氧化分解产物含量增加、维生素 E 含量损失等方面显著,是比较适合小麦胚芽油精炼的方法。

表 5 小麦胚芽油化学和物理精炼过程中各指标变化的对比分析

Table 5 Comparative analysis of various index changes during chemical and physical refining of wheat germ oil

油样	精炼工艺	酸价 KOH/(mg/g)	反式酸%	过氧化值 mmol/kg	p-茴香胺值	生育酚总量/(mg/100 g)
毛油		15.81±0.01	0	4.91±0.02	3.88±0.02	432.19±0.02
	碱炼	0.12±0.01	0.06	10.29±0.01	1.69±0.02	399.27±0.002
化学	水洗	0.14±0.01	0.05	10.76±0.01	1.84±0.02	356.43±0.002
精炼	脱色	0.23±0.01	0.06	8.64±0.01	3.68±0.02	298.02±0.002
	脱臭	0.18±0.01	0.07	7.02±0.02	10.78±0.02	271.69±0.02
物理	200 °C 8 h	0.58±0.01	0.19	0.25±0.02	15.56±0.02	233.09±0.02
精炼	220 °C 8 h	0.34±0.02	1.16	5.52±0.01	48.5±0.02	109.87±0.02
	240 °C 8 h	0.19±0.01	3.13	4.33±0.01	59.30±0.02	60.95±0.02

## 参考文献

- [1] 胡鹏,蔡荣宝,王文亮,等.小麦胚芽油提取工艺研究进展[J].中国食物与营养,2009,2:35-37  
HU Peng, CAI Rong-bao, WANG Wen-liang, et al. Research about extraction progress technology of wheat germ oil [J]. Food and Nutrition in China, 2009, 2: 35-37
- [2] Miriana Durante, Marcello S Lenucci, Leonardo Rescio, et al. Durum wheat by-products as natural sources of valuable nutrients [J]. 2012, 11(2): 255-262
- [3] Joo-Hee Lee, Byung-Soo Chun. Effect of antioxidant activity of mixture obtained from brown seaweed and wheat germ oils using different extraction methods [J]. Food Science and Biotechnology, 2013, 22(1): 9-17
- [4] 王茜,马娇,陶海腾,等.小麦胚芽营养价值分析及开发利用[J].农产品加工(学刊),2013,3:13-15  
WANG Qian, MA Jiao, TAO Hai-teng, et al. The nutritive value and developing utilization of wheat germ [J]. Academic Periodical of Farm Products Processing, 2013, 3: 13-15
- [5] G Suresh Kumar, A G Gopala Krishna. Studies on the nutraceuticals composition of wheat derived oils wheat bran oil and wheat germ oil [J]. Journal of Food Science and Technology, 2013
- [6] 陶贵鹏,李明月.小麦胚与 VE 营养保健价值[J].粮油食品科技,2002,1:45-46  
TAO Gui-peng, LI Ming-yue. Wheat germ and ve nutrition and health value [J]. Food Science and Technology, 2002, 1: 45-46
- [7] 张明,李桂华,赵芳,等.精炼工艺对亚麻籽油中反式酸含量的影响[J].农业工程学报,2011,27(10):388-392  
ZHANG Ming, LI Gui-hua, ZHAO Fang, et al. Effect of refining technology on content of trans-fatty acids in linseed oil [J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(10): 388-392
- [8] Cmolik J, Schwarz W, Svoboda Z, et al. Effects of plant-scale alkali refining and physical refining on the quality of rapeseed oil [J]. Lipid Science and Technology, 2000, 102(1): 15-22
- [9] Murat Tasan, Mehmet Demirci. 葵花籽油在不同精炼阶段中反式脂肪酸的研究[J].中国油脂,2007,32(2):44-47  
Murat Tasan, Mehmet Demirci. Study on trans-fatty acids of sunflower seed oil in different refining stage [J]. China Oils and Fats, 2007, 32(2): 44-47
- [10] J A Norega-Rodriguez, O Angulo-Guerrero. Trans fatty acid composition and tocopherol content in vegetable oils produced in Mexico [J]. JAOCS, 2000, 77(7): 721-724
- [11] Z Kemeny, K Recseg, et al. Deodorization of vegetable oils prediction of trans polyunsaturated fatty acid content [J]. AOCS, 1999, 78(9): 973-979
- [12] 刘军海.高酸值小麦胚芽油的精炼工艺[J].四川粮油科技,2003,4:13-16  
LIU Jun-hai. Refining technology of high acid value of wheat germ oil [J]. Sichuan Food Science and Technology, 2003, 4: 13-16
- [13] 赵芳,李桂华,等.精炼过程对(n-3和n-6)型多不饱和油脂中反式脂肪酸的影响研究[D].河南工业大学,2012  
ZHAO Fang, LI Gui-hua et al. The studies on the effects of refining conditions on the trans-fatty acids in (n-3/n-6) polyunsaturated oils [D]. Henan University of Technology,

2012

[14] 陈双,刘祥,付睿,等.气相色谱法及气相色谱-质谱法检测食品中反式脂肪酸的研究进展[J].食品科技,2008,4:19-22

CHEN Shuang, LIU Xiang, FU Rui, et al. A review on the analysis of trans-fatty acid in food by GC and GCMS [J]. Food Science and Technology, 2008, 4: 19-22

现代食品科技