

## · 实验研究 ·

# 脱臭工艺对玉米油中反式脂肪酸含量的影响

周 丛 吴海智 林 源 唐吉旺 钟文涛 黄 欣

(湖南省产商品质量监督检验院 湖南 长沙 410007)

**摘要** 目的 研究脱臭工艺对玉米油中反式脂肪酸含量的影响。方法 在实验室内对玉米油进行不同温度和时间脱臭处理,利用气相色谱法分析处理后玉米油中的反式脂肪酸含量。结果 脱臭温度和脱臭时间均对玉米油中反式油酸的产生影响不显著。脱臭温度对玉米油中反式亚油酸含量影响显著,脱臭时间对玉米油中反式亚油酸含量影响不显著。在一定的脱臭时间,不同脱臭温度下,玉米油中总反式脂肪酸最多含量为最少含量的 80 倍以上。在一定的脱臭温度,而不同脱臭时间下,玉米油中总反式脂肪酸最多含量约为最少含量的 1.5 倍,且在 255 ℃ 以下时,随脱臭时间延长,玉米油中总反式脂肪酸的形成速度缓慢、相对含量低。结论:玉米油精炼脱臭时,对脱臭工艺装备和工艺条件中的脱臭温度进行优化选择可有效减少玉米油反式脂肪酸的产生。

**关键词** 玉米油;反式脂肪酸;脱臭温度;脱臭时间

**中图分类号** TS224; TS201 **文献标识码** A **文章编号** 1673-6273(2011)20-3864-04

## Effect of Deodorizing Conditions on Trans-fatty Acids Content in Maize Oil

ZHOU Cong, WU Hai-zhi, LIN Yuan, TANG Ji-wang, ZHONG Wen-tao, HUANG Xin

(Hunan province Institute of Products Quality Supervision and Inspection, 410007, Changsha, China)

**ABSTRACT Objective:** To study the effects of deodorizing temperature and time on the content of trans-fatty acid in maize oil.

**Methods:** Maize oil was deodorized at different temperatures and processing time; the product was then determined by gas chromatography. **Results:** Deodorizing temperature and time had little effect on the content of trans-oleic acid in maize oil. But for trans-linoleic acid in maize oil, deodorizing temperature affected its content significantly, and deodorizing time affected its content secondly. Under the certain time, the greatest total trans-fatty acid content was above 80 times of the least total trans-fatty acid content in maize oil for the different deodorizing temperature. Under the certain temperature, the greatest total trans-fatty acid content was about 1.5 times of the least total trans-fatty acid content in maize oil for the different deodorizing time. Below 255 ℃, the total trans-fatty acid in maize oil formed slowly. **Conclusion:** Optimizing the deodorization temperature can reduce the content of trans-fatty acid which produced in deodorization process.

**Key words:** Maize Oil; Trans-Fatty Acid; Deodorizing Temperature; Deodorizing Time

**Chinese Library Classification:** TS224; TS201 **Document Code:** A

**Article ID:** 1673-6273(2011)20-3864-04

## 前言

反式脂肪酸的碳链含有反式(trans)双键构型,其碳原子上的 2 个氢原子分布在双键两侧,这样使得反式脂肪酸的空间构象呈线性与饱和脂肪酸类似。顺式(cis)双键碳原子上的 2 个氢原子则分布在双键同侧,这样顺式脂肪酸的空间构象呈曲线型<sup>[1-3]</sup>。反式脂肪酸由于大空间的位阻基团位于碳链的两侧,基团间的空间位阻相对要小,分子构象更加稳定,其双键发生卤化、氢化和水合反应的能力下降,脂肪酸自身抗氧化能力高<sup>[4-6]</sup>。顺式脂肪酸由于与反式脂肪酸在理化性质上有很大差异,因此顺式脂肪酸具有更高的生物学活性,对机体也具有更高的营养价值和保健价值<sup>[7-9]</sup>。

中国传统食物中反式脂肪酸含量很少,反式脂肪酸主要分布于牛奶、薯条、面包和人造奶油等典型的西方加工食品中<sup>[10]</sup>。西方对膳食与人类健康做过广泛的研究,众多的研究报告显示

食物中脂肪酸含量与冠心病、癌症、肥胖有密切联系,是一种对人体健康潜在的危险因素<sup>[11-15]</sup>。由于研究结果的显著差异,反式脂肪酸的安全评价一直存在争议,但是最近越来越多的研究显示,反式脂肪酸与心肌梗塞、冠心病、糖尿病等疾病的发生、发展呈正相关<sup>[16-21]</sup>。与传统的加工工艺不同,现代的植物油精炼过程中使用高温脱臭,植物油精炼过程的高温脱臭会产生少量的反式脂肪酸,其含量一般为总脂肪酸含量的 1%~5%。鉴于此,本项目对脱臭工艺条件对玉米油中反式脂肪酸含量的关系进行了研究。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料、试剂

物理压榨玉米油 福临门食品有限公司 活性白土。脂肪酸甲酯标准品:9 t-C18:1,9 t,12 t-C18:2,9 c,12 t-C18:2,9 t,12 c-C18:2,9 c,12 c-C18:2 购于美国 Sigma 公司。石油醚(60-90) 无水乙醚(1:1),其他药品为分析纯,购于国药集团。

### 1.2 实验仪器

HP 6890N 气相色谱仪(美国惠普),SRV 010 型旋片式真

**作者简介** 周丛(1980),男,工程师,主要研究方向:食品饮料质量

控制,电话 0731-85625044,E-mail:luoqi20000@126.com

(收稿日期 2011-03-18 接受日期 2011-04-15)

空泵(上海伟德真空设备公司),Z9030(A)型真空干燥箱(南京腾飞干燥设备有限公司),98-I-B 型数显搅拌恒温电热套(苏州学森仪器设备有限公司)。

### 1.3 实验方法

1.3.1 油脂前处理 吸附脱色:称取 200 g 物理压榨玉米油于 500 mL 烧瓶中,将油温控制在 100~105 °C,加入 5 g 活性白土,在压力 8 kPa 以下脱色 30 min,然后将油温降至 70 °C 以下,12000 rpm 离心 20 min,使玉米油与白土分离<sup>[22]</sup>。

1.3.2 油脂脱臭 根据参考文献,食用油脂脱臭时产生反式脂肪酸的主要因素是脱臭时间和和脱臭温度<sup>[4]</sup>。称取 100 g 脱色后的玉米油于三口烧瓶内,放入沸石和转子,置于电热套中,将瓶内压力(绝对压力)控制在 133 Pa 以下,按要求的脱臭时间和脱臭温度对玉米油进行脱臭。

### 1.4 分析方法

1.4.1 油脂品质分析 按照国家标准 GB5530-1998 方法测定玉米油的酸值;按照国家标准 GB/T 5528-1995 方法测定玉米油所含水分及挥发物 按照国家标准 GB/T5529-1985 方法测定玉米油所含杂质。

#### 1.4.2 反式脂肪酸的分析

1.4.2.1 脂肪酸的甲酯化 精确称取 0.5 g 压榨玉米油于 100 mL 反应瓶中,加入少量沸石和 2 mL 0.4 mol/L 的 KOH-CH<sub>3</sub>OH 溶液。将冷凝管固定于圆底烧瓶上,在蒸气浴上加热混合物至玉米油的凝滴进入溶液中;通过冷凝管加入 6 mL 14% 的 BF<sub>3</sub>-CH<sub>3</sub>OH 溶液,使其沸腾 2 min,再通过冷凝管加入 6 mL 正己烷,再使其沸腾 1 min,然后往反应瓶中加入足量的 NaCl 饱和溶液,使含有脂肪酸甲酯的溶液浮升到反应瓶上部。取 1 mL 含有脂肪酸甲酯的溶液倒入一干净的 20 mL 试管中,加 50 μL 无水硫酸钠,静置 0.5 h 后进行气相色谱检测<sup>[23]</sup>。

1.4.2.2 气相色谱分析 采用 CP-Sil88 (100m × 0.25mm × 0.2μm) 强极性毛细管柱,FID 检测器。载气压力 220 kPa,程序升温 120°C 保留 3 min,8°C/min 升温至 175°C 保留 28 min,3°C/min 升温至 215°C 保留 20 min,分流比 1:50,进样量 0.5 μL,标准样品浓度为 5 mg/mL。以标样保留时间进行定性,以峰面积归一化法进行定量。

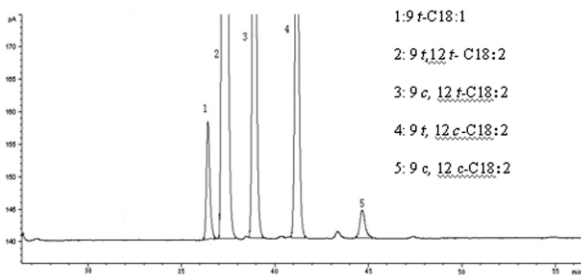


图 1 脂肪酸甲酯标准样品色谱图

Fig. 1 Gas chromatogram of fatty acid methyl esters standard

## 2 结果与分析

### 2.1 压榨玉米油的品质

经检测玉米油样品的酸值(KOH)为 0.235 mg/g,水分及挥发物含量为 0.220%,杂质含量为 0.200%。玉米油按 1.3.1 所述方法进行脱色处理后经气相色谱分析未检出反式脂肪酸含量,

说明总反式脂肪酸含量为 0。

### 2.2 脱臭工艺与对反式脂肪酸的产生

2.2.1 脱臭温度与反式脂肪酸的产生 玉米油中单不饱和脂肪酸为油酸,占玉米油脂脂肪酸组成的 25%~35%,多不饱和脂肪酸主要是亚油酸,占玉米油脂脂肪酸组成的 46%~60%,另有约 1% 的亚麻酸。这些不饱和脂肪酸在某些特定条件下可以形成不同种类的反式脂肪酸。图 2 是脱臭温度对玉米油中反式油酸(9 t-C18:1)含量的影响。由图 2 可见,脱臭温度对玉米油中反式油酸含量影响不大,在一定的脱臭时间下,随着脱臭温度的上升,反式油酸含量在 0~0.039% 范围内变化。

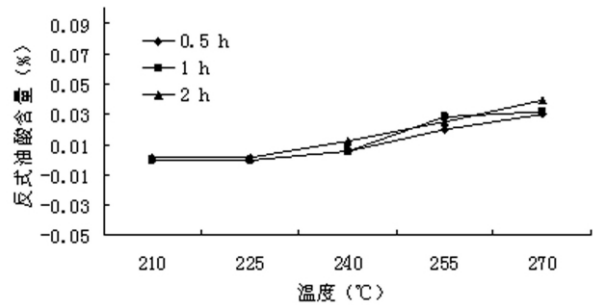


图 2 脱臭温度对玉米油中反式油酸含量的影响

Fig.2 The effect of deodorization temperature on the trans-oleic acid content of maize oil

从图 3 可以看出脱臭温度对玉米油中反式亚油酸(9 t,12 t-C18:2,9 t,12 c-C18:2,9 c,12 t-C18:2,9 c,12 c-C18:2)含量的影响非常明显。在 255 °C 以下玉米油中反式亚油酸的生成速度较为缓慢,继续升高温度后,则形成速度明显加快。总之,在一定的脱臭时间下,玉米油中反式亚油酸含量随脱臭温度的上升呈明显上升趋势。

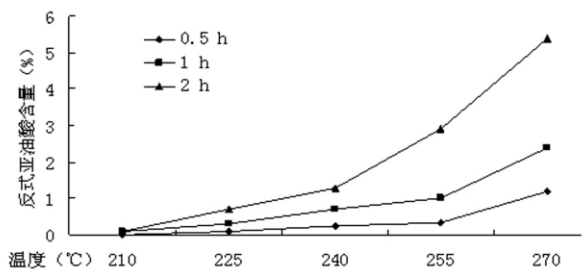


图 3 脱臭温度对玉米油中反式亚油酸含量的影响

Fig.3 The effect of deodorization temperature on the trans-linoleic acid content of maize oil

图 4 是脱臭温度对玉米油中总反式脂肪酸(反式油酸和反式亚油酸之和)含量的影响。脱臭温度对玉米油中总反式脂肪酸含量有明显的影响,其与脱臭温度对反式亚油酸实验结果类似。在 210 °C 时产生的总反式脂肪酸含量很小,继续升高温度则玉米油中总反式脂肪酸的形成速度缓慢上升,当温度大于 255 °C 时总反式脂肪酸产生速度大大加快。总的来看,在一定的脱臭时间下,随着脱臭温度的上升,脱臭玉米油总反式脂肪酸含量呈上升趋势。

2.2.2 脱臭时间与反式脂肪酸的产生 图 5 是脱臭时间对花生油中反式油酸(9 t-C18:1)含量的影响。从图中可以看出,在同一脱臭温度下,玉米油中反式油酸的产生受时间的影响不大。在

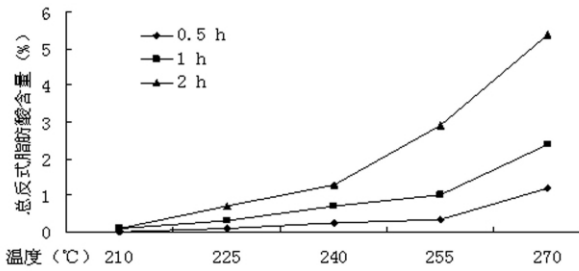


图 4 脱臭温度对玉米油中总反式脂肪酸含量的影响

Fig.4 The effect of deodorization temperature on the total trans-fatty acid content of maize oil

210 °C和 225 °C下采用不同时间脱臭时,反式油酸的含量均为 0,即使在较高温度下采用不同时间脱臭时也只有少量的反式油酸生成,最高含量只有 0.039%。

图 6 是脱臭时间对玉米油中反式亚油酸 (9c, 12 t-C18:2、9 t, 12 t-C18:2、9 t, 12 c-C18:2、9 c, 12 c-C18:2)含量的影响。从图中可以看出,在一定的脱臭温度下,脱臭时间对玉米油中反式亚油酸含量有着不同程度的影响。在 255 °C以下,随着脱臭时间的延长,玉米油中反式亚油酸绝对含量变化不大;但温度上升到 255 °C后,随着脱臭时间的延长,玉米油中反式亚油酸含量则变化明显。

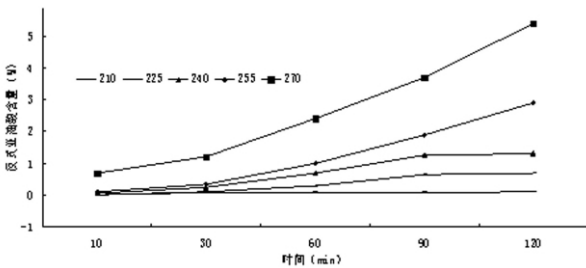


图 6 脱臭时间对玉米油中反式亚油酸含量的影响

Fig.6 The effect of deodorization time on the trans-linoleic acid content of maize oil

图 7 是脱臭时间对玉米油中的总反式脂肪酸(包括反式油酸和反式亚油酸)含量的影响。在一定的脱臭温度下,脱臭时间对玉米油中总反式脂肪酸含量有着不同程度的影响。在 255 °C以下,随着脱臭时间的延长,玉米油中总反式脂肪酸含量变化

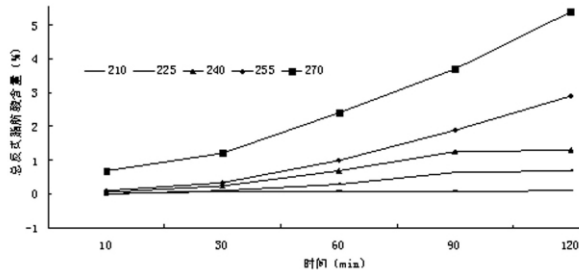


图 7 脱臭时间对玉米油中总反式脂肪酸含量的影响

Fig.7 The effect of deodorization time on the total trans-fatty acid content of maize oil

不大。在 255 °C以上,随着脱臭时间的延长,玉米油中总反式脂肪酸含量变化明显。在一定的脱臭温度下,不同脱臭时间玉米

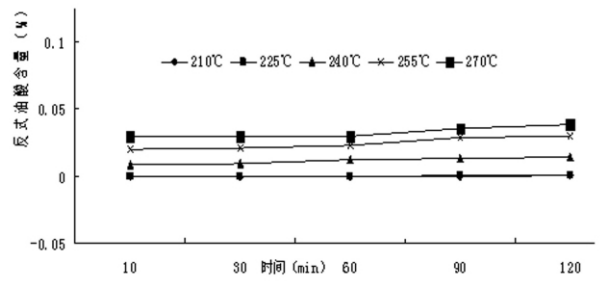


图 5 脱臭时间对玉米油中反式油酸含量的影响

Fig.5 The effect of deodorization time on the trans-oleic acid content of maize oil

油中总反式脂肪酸最低含量为 0,最高含量为 5.423%。

### 3 讨论

目前的脱臭工艺条件下玉米油在精炼过程中会产生反式脂肪酸,这其中绝大部分反式脂肪酸是由亚油酸生成的,这与其脂肪酸碳链中含有两个双键有关。油酸因为只含有一个双键因而在脱臭过程中产生的反式脂肪酸较少。对脱臭温度和时间进行了考察,脱臭温度是影响反式脂肪酸生成的主要因素,而脱臭时间对其影响不显著。玉米油中单不饱和脂肪酸为油酸,占玉米油脂肪酸组成的 25%~35%,多不饱和脂肪酸主要是亚油酸,占玉米油脂肪酸组成的 46%~60%,另有约 1%的亚麻酸。本次实验因受脂肪酸甲酯标准品的限制,未能对脱臭玉米油中的反式亚麻酸进行检测,由于亚麻酸占玉米油总脂肪酸的 1%左右,因此实验结果中总反式脂肪酸含量较其实际含量会有稍有偏低。

由于反式脂肪酸对人类健康潜在的影响,这就要求我们改进目前的植物油脱臭工艺,减少脱臭过程中反式脂肪酸的产生。另外针对油酸不容易产生反式脂肪酸,而且高油酸植物油具有更高的营养价值和氧化稳定性的这些特点,我们可以通过培育油酸含量更高的油料作物新品种,从生成的上游来降低下游加工过程中反式脂肪酸产生量。

### 参考文献 (References)

- [1] 倪昕路,韩丽,王传现.傅立叶变换红外光谱法分析食品及油脂中反式脂肪酸[J].中国卫生检验杂志,2008,18(2):248-250  
Ni Xin-lu, Hang Li, Wang Chuang-xian. Determination of trans fatty acid in food and oil by fourier transformation infrared spectrometer. Chinese journal of health laboratory technology, 2008, 18(2):248-250 (In Chinese)
- [2] 陈银基,周光宏.反式脂肪酸分类?来源与功能研究进展[J].中国油脂,2006,35(5):7-10  
Chen Yin-ji, Zhou Guang-hong. Study advances in classification, source and function of trans fatty acids. China oils and fats [J]. 2006, 35(5):7-10(In Chinese)
- [3] 刘东敏,邓泽元,李静,周潇奇. Ag<sup>+</sup>-TLC/GC 分析食品中的反式脂肪酸[J].分析试验室,2008,27(12):6-10  
Liu Dong-min, Deng Zhe-yuan, Li Jing, Zhou Xiao-qi. Determination of trans fatty acids in food by Ag<sup>+</sup>-TLC/GC [J]. Chinese journal of analysis laboratory, 2008, 27(12):6-10(In Chinese)
- [4] Judd, JT, Clevidence BA. Dietary trans fatty acids: effects on plasma lipids and lipoproteins of healthy men and women [J]. The American

- journal of clinical nutrition, 1994, 59(4): 861-867
- [5] Stender S, Dyerberg J. Influence of trans fatty acids on health [J]. Annals of Nutrition and Metabolism, 2000, 48(2): 61-66
- [6] Stender S, Dyerberg J. High levels of industrially produced trans fat in popular fast foods [J]. New England Journal of Medicine, 2006, 354(15): 1650-1652
- [7] Mozaffarian D, Aro A, et al. Health effects of trans-fatty acids: experimental and observational evidence [J]. European journal of clinical nutrition, 2009, 63: S5-S21
- [8] Filip S, Fink R, et al. Trans Fatty Acids in Food and Their Influence on Human Health [J]. Food Technology and Biotechnology, 2010, 48(2): 132-138
- [9] Ragonese C, Tranchida PQ et al. Evaluation of use of a dicationic liquid stationary phase in the fast and conventional gas chromatographic analysis of health-hazardous C18 cis/trans fatty acids [J]. Analytical chemistry, 2009, 81(13): 5561-5568
- [10] 桂宾, 徐国恒. 食物中的反式脂肪酸 [J]. 生物学通报, 2007, 42(9): 20-22
- Gui Bing, Xu Guo-heng. Trans-fatty acids in food [J]. Bulletin of biology, 2007, 42(9):20-22(In Chinese)
- [11] Salmeron J, Hu FB, et al. Dietary fat intake and risk of type II diabetes in women [J]. Am.J.Clin.Nutr, 2001, 73:1019-1026
- [12] Hu F.B., Stampfer M.J., Manson J.E. et al. Dietary fat intake and the risk of coronary heart disease in women [J]. J.Medicine.1997, 337: 1491-1499
- [13] Sun Q, Ma J, et al. A prospective study of trans fatty acids in erythrocytes and risk of coronary heart disease [J]. Circulation, 2007, 115(14):1858-1867
- [14] 宋伟, 杨慧萍, 沈崇钰. 食品中的反式脂肪酸及其危害[J]. 食品科学, 2005, 26(8):500-504
- Song Wei, Yang Hui-ping, Shen Chong-yu, Cao Yu-hua, Li Xue-chen. Trans-fatty acid and human health [J]. Food science, 2005, 26(8): 500-504(In Chinese)
- [15] 董新伟. 反式脂肪酸的膳食分布和安全评价(1)分布和代谢[J]. 中国食品学报, 2004, 4(3):80-87
- Dong Xin-wei. Distribution and Safety Assessment of Dietary Trans Fatty Acids (1) Distribution and Matabolism [J]. Journal of Chinese institute of food science and technology. 2004, 4 (3):80-87 (In Chinese)
- [16] 佟志刚. 反式脂肪酸与心血管相关疾病关系的研究现状 [J]. 实用临床医学, 2010, 11(6):131-133
- Dong Zhi-gang. Recent Advances in Study of Trans-fatty acids and cardiovascular diseases [J]. Practical Clinical Medicine, 2010, 11(6): 131-133(In Chinese)
- [17] Gebauer SK, Psota TL, et al. The diversity of health effects of individual trans fatty acid isomers [J]. Lipids, 2007, 42(9): 787-799
- [18] Golay PA, Dionisi F, Hug B, Giuffrida F. Direct quantification of fatty acids in dairy powders with special emphasis on trans fatty acid content [J]. J.foodchem. 2007, 101(3):1115-1120
- [19] Filip S, Fink R, et al. Trans fatty acids in food and their influence on human health [J]. Food Technology and Biotechnology, 2010, 48(2): 135-142
- [20] Motard-Beanger A, Charest A, et al. Study of the effect of trans fatty acids from ruminants on blood lipids and other risk factors for cardiovascular disease [J]. The American journal of clinical nutrition, 2008, 87(3): 593-604
- [21] Mozaffarian D, Aro A, et al. Health effects of trans-fatty acids: experimental and observational evidence [J]. European journal of clinical nutrition, 2009, 63: 5-21
- [22] 刘玉兰, 汪学德, 马传国. 油脂制取与加工工艺学 [M]. 北京: 科学出版社, 2003. 105-158
- Liu Yu-lan, Wang Xue-de, Ma Chuan-guo. Oil extraction and processing technology [M]. Beijing: Science press, 2003. 105-158(In Chinese)
- [23] GB/T17376-1998, 动植物油脂脂肪酸甲酯制备[S]GB/T17376-1998, Animal and vegetable fats and oils--Preparation of methyl esters of fatty acids[S] (In Chinese)