

研究报告

不同植物油油炸面制品中反式脂肪酸含量的研究

何天宇,刘春英,康丹,何计国

(中国农业大学食品科学与营养工程学院,北京 100083)

**摘要:**目的 探究不同植物油、油炸时间及油炸温度对油炸面制品中反式脂肪酸含量的影响,以期确定合适的油炸面制品加工条件。**方法** 选取棕榈油、大豆油、葵花籽油和氢化棕榈油4种植物油作为面制品的油炸用油,利用酸水解法提取油炸面制品中的油脂。采用气相色谱法测定其在不同油炸温度和油炸时间条件下反-9-十八碳一烯酸、反-11-十八碳一烯酸和反-9,12-十八碳二烯酸含量的变化。**结果** 在较低温度下(160℃),棕榈油、大豆油和葵花籽油油炸面制品中均未检出反式脂肪酸,氢化棕榈油油炸面制品的含油量和反式脂肪酸含量高于其他3种植物油,而棕榈油的各项指标较优;油炸时间的延长和油炸温度的升高均会提高面制品中反式脂肪酸的含量,且油炸温度的作用效果更为明显。**结论** 棕榈油较适合作为煎炸油;选择合适的煎炸用油、降低煎炸油的油炸温度、减少油炸时间对于面制品中反式脂肪酸的生成具有积极影响。

**关键词:**植物油;油炸面制品;含油量;反式脂肪酸;食品安全

**中图分类号:**R155 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-8456(2017)02-0149-06

**DOI:**10.13590/j.cjfh.2017.02.007

Research on trans fatty acid content in different kinds of vegetable oil fried flour products

HE Tian-yu, LIU Chun-ying, KANG Dan, HE Ji-guo

(College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** **Objective** To explore the effects of different vegetable oils, frying time and frying temperatures on trans fatty acids content in fried flour products, with a view to determining the suitable processing conditions. **Methods** Palm oil, soybean oil, sunflower oil and hydrogenated palm oil were selected as four kinds of frying oil for flour products. The acid-catalyzed hydrolysis method was adopted to extract oil from flour products. Gas chromatography was used to determine the content of trans-9-octadecenoic acid, trans-11-octadecadienoic acid and trans-9,12-octadecadienoic acid at different frying times and temperatures. **Results** At lower temperature (160℃), the trans fatty acids were not detected in fried flour products with palm oil, soybean oil and sunflower oil, the oil content and trans fatty acid content of fried flour products with hydrogenated oil was significantly higher than the other. On the contrary, the index of palm oil was the best and more suitable as a frying oil. Elevated frying temperature and prolonged frying time would increase the content of trans fatty acids in flour products, and the effect of frying temperature was more obvious. **Conclusion** Choosing a suitable frying oil, lowering the frying temperature and time would have a positive impact on the content of trans fatty acids in flour products.

**Key words:** Vegetable oil; fried flour products; oil content; trans fatty acid; food safety

反式脂肪酸(trans fatty acid, TFA)是不饱和脂肪酸的一种,是至少含有一个反式构型双键的不饱和脂肪酸的总称<sup>[1]</sup>。研究<sup>[2-4]</sup>表明大量食用含有TFA的食物会影响人体的健康,特别是加速动脉硬化,易导致心脑血管疾病、糖尿病等亚慢性疾病。TFA主要来源于食用油脂的氢化加工和精炼脱臭等过程<sup>[5]</sup>,自然界存在的少量TFA主要来自于反刍

动物的脂肪及乳<sup>[6]</sup>。近些年有研究<sup>[7-8]</sup>表明,焙烤和油炸等食品加工过程也会产生一定量的TFA。

油炸食品作为我国家庭中常见的食物之一,因其特殊的质构和芳香气味而深受大众喜爱。然而,食用油以及高脂肪食品在高温烹调过程中,顺式脂肪酸由于煎炸温度过高、时间过长而发生异构化生成反式脂肪酸,加之煎炸物中蛋白质、糖、盐等物质的存在,更易使煎炸油发生劣变,产生大量TFA和氧化物,直接影响油炸食品的品质;长期摄食会促使人体老化,引发癌症和高血压等疾病<sup>[9-10]</sup>。然而,目前各种有关TFA控制方法的研究主要集中在油脂的氢化加工方面,针对油炸食

收稿日期:2016-12-25

作者简介:何天宇 男 研究生 研究方向为食品科学与工程

E-mail:278765725@qq.com

通信作者:何计国 男 副教授 研究方向为营养学、食品卫生与

安全 E-mail:hejiguo0870@sina.com

品加工过程中 TFA 的形成缺乏系统研究;因此对油炸过程中油炸食品 TFA 组分含量的变化进行检测和评估,对指导消费者选择合理健康的饮食具有极其重要的作用。

本试验选取常用油脂:棕榈油、大豆油、葵花籽油和氢化棕榈油 4 种油脂作为油炸用油进行油炸试验,以油炸面制品为原料,在连续无添加新油的油炸模拟体系中,探究不同油炸温度和油炸时间对油炸面制品中 TFA 组分含量的影响,以期为餐饮业合理使用煎炸油,控制煎炸过程中 TFA 的产生提供理论依据和技术参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

#### 1.1.1 植物油

精炼棕榈油(AKOBACE 41)、氢化棕榈油(SILKO NH41)均购自上海 AAK 公司,浸出大豆油(三河汇福),非转基因压榨葵花籽油(中粮集团)。

#### 1.1.2 主要仪器与试剂

GC-2010 岛津气相色谱仪(日本岛津)、和面机、电热炸炉、高速粉碎机、恒温水浴震荡槽、涡旋混合器。

99.6% 的 TFA 甲酯混合标准溶液、反-9-十八碳烯酸甲酯(CAS:1937-62-8)、反-11-十八碳烯酸甲酯(CAS:6198-58-9)、反-9,12-十八碳二烯酸甲酯(CAS:2462-58-3)标准品均购自美国 Nu-Chek Prep, Inc,盐酸、无水乙醇、无水乙醚、石油醚(30~60℃ 沸程)均为分析纯,异辛烷、甲醇均为色谱纯。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 面制品的制备

中筋小麦粉和水的质量比为 100:48,放入和面机,网形搅拌桨在 Mini 档搅拌 4 min 后换钩型搅拌桨分别在 1、2 和 3 档打面 1、1 和 4 min。分割为(20±0.01)g 的小面团,制作成直径约 5 cm,厚度为 0.5 cm 的面饼,保鲜膜包裹备用。

#### 1.2.2 油炸

将适量的新油加入恒温煎炸锅中,温度分别设定为 140、150、160、170、180、190℃,过程中采用温度计进行监测,将制好的面饼分批定量放入锅中油炸,时间设定为 2、4、6、8 min。将油炸后的面饼置于滤网上 5 min,沥去多余油脂。将其放入粉碎机内粉碎 2 min,过 24 目筛,保存于密封管中,置于-80℃ 冰箱保存待用。

#### 1.2.3 样品提取及制备

酸水解法提取油脂:称取约 2 g 样品粉末,加入 10 ml 浓盐酸,70~80℃ 水浴中进行消化,加入乙醇

混合。用石油醚和乙醚提取脂肪。提取完成后,吸取上清液于已恒重的锥形瓶内,待乙醚旋蒸结束后,称取油炸食品中提取脂肪的质量。

脂肪酸甲酯的制备:称取 60 mg 提取的脂肪,加入 4 ml 异辛烷和 0.2 ml 氢氧化钾-甲醇溶液,涡旋混匀 1 min,用硫酸氢钠中和过量的氢氧化钾,涡旋混匀 30 s,4 000 r/min 离心 5 min 取上清液经 0.45 μm 滤膜过滤后进行测定。

#### 1.2.4 仪器条件

色谱柱:rtx-5(30.0 m×0.25 mm,0.25 μm);进样口温度 250℃;载气:氮气/空气;总流量 28.6 ml/min;柱流量 1.22 ml/min;线速度 30.7 cm/s;吹扫流量 3.0 ml/min;分流比:20:1;检测器:氢火焰离子化检测器;检测器温度 250℃;进样量 1 μl。

#### 1.2.5 样品的测定

将 TFA 甲酯混合标准溶液注入气相色谱仪中,分别根据色谱峰的保留时间进行定性,根据色谱峰的响应面积进行定量,绘制标准曲线,采用外标法对样品进行测定。根据 C18:1t 区域和 C18:2t 区域的峰面积计算得到样品中反-9-十八碳烯酸甲酯、反-11-十八碳烯酸甲酯、反-9,12-十八碳二烯酸的质量浓度。在重复性条件下获得的两次独立测定结果的绝对差值不得超过算术平均值的 10%。

### 1.3 统计学分析

统计学处理数据以均值±标准差表示,采用 SPSS 16.0 软件分析,用单因素方差分析,以及 Duncans 多种比较检验, $P<0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果与分析

### 2.1 油炸面制品的含油量

试验用 4 种不同的植物油制备油炸面制品,测得的油炸面制品的含油量见表 1。由表 1 可见,随着温度的升高,油炸面制品的含油量差别不大,但是在同一温度下随着油炸时间的延长,其含油量有增加的趋势。O'CONNOR 等<sup>[11]</sup>研究认为产品含油率随着油炸时间的延长而增加,在油炸过程中,在 145~200℃ 的油炸温度范围内,其含油率与油温无关,而与油炸时间的平方根呈线性正相关关系。罗庆丰等<sup>[12]</sup>进一步指出,含油率在短时间内和油炸时间存在线性关系,随着油炸时间的延长会逐步的偏离。此外,ESTURK 等<sup>[13]</sup>通过对影响油炸玉米片的含油率和水分含量的因素分析,也得出了相同的结论;因此,在保证油炸食品质量的前提下,控制油炸温度及温差,尽可能地缩短油炸时间,既可节省能源,又能减少产品的含油率。不同油炸介质在油炸过程中对油炸面制品的含油量也有很大的影响。

表1 油炸面制品的含油量( $\bar{x} \pm s, n = 3$ )

Table 1 Oil content of fried flour products

种类	时间 /min	含油量( g/100 g)			
		160 ℃	170 ℃	180 ℃	190 ℃
棕榈油	2	9.402 ± 0.059	9.453 ± 0.044	9.710 ± 0.038	9.944 ± 0.070
	4	10.895 ± 0.029	11.299 ± 0.033	11.508 ± 0.045	11.418 ± 0.065
	6	12.550 ± 0.059	12.680 ± 0.018	12.673 ± 0.050	12.530 ± 0.022
	8	13.645 ± 0.049	13.740 ± 0.040	13.674 ± 0.023	13.803 ± 0.037
大豆油	2	15.144 ± 0.049	15.386 ± 0.058	15.344 ± 0.070	15.187 ± 0.043
	4	16.488 ± 0.069	16.835 ± 0.075	16.949 ± 0.100	16.769 ± 0.051
	6	17.916 ± 0.032	18.383 ± 0.090	18.646 ± 0.076	18.432 ± 0.053
	8	19.371 ± 0.028	19.770 ± 0.041	19.733 ± 0.033	19.622 ± 0.019
葵花籽油	2	12.831 ± 0.081	12.863 ± 0.076	12.802 ± 0.045	12.899 ± 0.067
	4	14.404 ± 0.027	14.623 ± 0.039	14.403 ± 0.054	14.810 ± 0.044
	6	16.015 ± 0.028	16.401 ± 0.054	15.970 ± 0.078	16.810 ± 0.048
	8	17.695 ± 0.056	17.726 ± 0.044	17.708 ± 0.076	17.730 ± 0.054
氢化棕榈油	2	18.406 ± 0.057	18.496 ± 0.049	18.793 ± 0.079	18.639 ± 0.082
	4	20.783 ± 0.049	20.490 ± 0.066	20.519 ± 0.058	20.630 ± 0.053
	6	22.446 ± 0.064	22.844 ± 0.032	22.620 ± 0.018	22.430 ± 0.044
	8	23.680 ± 0.063	23.984 ± 0.077	23.993 ± 0.036	23.876 ± 0.052

试验结果表明,采用棕榈油油炸的面制品其含油量低于其他3种油脂,其次是葵花籽油和大豆油,而氢化棕榈油油炸的面制品含油量较高。

2.2 油炸面制品中反-9-十八碳一烯酸含量分析

根据反-9-十八碳一烯酸甲酯的标准曲线获得的回归方程为: $y = 10^6x + 3277.6, R^2 = 0.999\,0$ ,线性范围为0.0~1.0 mg/ml。油炸面制品中反-9-十八碳一烯酸含量见表2,大豆油和棕榈油的油炸面制

品中均未检出反-9-十八碳一烯酸,在170 ℃以上的葵花籽油油炸面制品和160 ℃以上的氢化棕榈油油炸面制品中均检出反-9-十八碳一烯酸。在相同的油炸温度、油炸时间下,葵花籽油油炸面制品的反-9-十八碳一烯酸含量低于氢化棕榈油油炸的面制品,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),且反-9-十八碳一烯酸含量随油炸温度的升高和时间的延长出现上升的趋势。

表2 油炸面制品中反-9-十八碳一烯酸含量( $\bar{x} \pm s, n = 3, \text{mg/g}$ )

Table 2 Content of trans-9 eighteencarbon olefine acid of fried flour products

种类	160 ℃				170 ℃			
	2 min	4 min	6 min	8 min	2 min	4 min	6 min	8 min
棕榈油	—	—	—	—	—	—	—	—
大豆油	—	—	—	—	—	—	—	—
葵花籽油	—	—	—	—	0.77 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.89 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.93 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.98 ± 0.02 <sup>a</sup>
氢化棕榈油	1.27 ± 0.04	1.29 ± 0.01	1.35 ± 0.05	1.38 ± 0.02	2.07 ± 0.08 <sup>b</sup>	2.11 ± 0.01 <sup>b</sup>	2.20 ± 0.03 <sup>b</sup>	2.24 ± 0.06 <sup>b</sup>
种类	180 ℃				190 ℃			
	2 min	4 min	6 min	8 min	2 min	4 min	6 min	8 min
棕榈油	—	—	—	—	—	—	—	—
大豆油	—	—	—	—	—	—	—	—
葵花籽油	1.07 ± 0.05 <sup>a</sup>	1.12 ± 0.03 <sup>a</sup>	1.09 ± 0.01 <sup>a</sup>	1.10 ± 0.04 <sup>a</sup>	1.14 ± 0.02 <sup>a</sup>	1.21 ± 0.05 <sup>a</sup>	1.29 ± 0.04 <sup>a</sup>	1.42 ± 0.03 <sup>a</sup>
氢化棕榈油	2.15 ± 0.04 <sup>b</sup>	2.24 ± 0.05 <sup>b</sup>	2.36 ± 0.05 <sup>b</sup>	2.40 ± 0.02 <sup>b</sup>	2.29 ± 0.06 <sup>b</sup>	2.55 ± 0.03 <sup>b</sup>	2.76 ± 0.02 <sup>b</sup>	2.90 ± 0.06 <sup>b</sup>

注:—表示未检出;a、b表示同一时间条件下,组间差异有统计学意义, $P < 0.05$ 。

2.3 油炸面制品中反-11-十八碳一烯酸含量分析

根据反-11-十八碳一烯酸甲酯的标准曲线获得的回归方程为: $y = 10^6x - 11\,970, R^2 = 0.999\,6$ ,线性范围为0.0~1.0 mg/ml。油炸面制品中反-11-十八碳一烯酸含量见表3,大豆油和棕榈油的油炸面制品中均未检出反-11-十八碳一烯酸;在170 ℃以上的葵花籽油油炸面制品和160 ℃以上的氢化棕榈油油炸面制品中均检出反-11-十八碳一烯酸。在相同的油炸温度、油炸时间下,葵花籽油油炸面制品的反-11-十八碳一烯酸含量低于氢化棕榈油油炸面制品,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),且反-9-十八碳一

烯酸含量有随油炸温度的升高和时间的延长出现上升的趋势。

2.4 油炸面制品中反-9,12-十八碳二烯酸含量分析

根据反-9,12-十八碳二烯酸甲酯的标准曲线得到回归方程: $y = 10^6x + 965.17, R^2 = 0.999\,1$ ,线性范围为0.0~1.0 mg/ml。油炸面制品中反-9,12-十八碳二烯酸含量见表4,在160 ℃条件下,大豆油、棕榈油和葵花籽油的油炸面制品中均未检出反-9,12-十八碳二烯酸;170 ℃下,大豆油油炸8 min的面制品和葵花籽油的所有油炸面制品中均检出反-9,12-

表 3 油炸面制品中反-11-十八碳一烯酸含量( $\bar{x} \pm s, n = 3, \text{mg/g}$ )

Table 3 Content of trans-11 eighteencarbon olefine acid of fried flour products

种类	160 ℃				170 ℃			
	2 min	4 min	6 min	8 min	2 min	4 min	6 min	8 min
棕榈油	—	—	—	—	—	—	—	—
大豆油	—	—	—	—	—	—	—	—
葵花籽油	—	—	—	—	0.28 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.33 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.36 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.41 ± 0.07 <sup>a</sup>
氢化棕榈油	0.74 ± 0.06	0.61 ± 0.04	0.75 ± 0.03	0.66 ± 0.02	1.13 ± 0.07 <sup>b</sup>	1.19 ± 0.05 <sup>b</sup>	1.26 ± 0.03 <sup>b</sup>	1.30 ± 0.01 <sup>b</sup>

种类	180 ℃				190 ℃			
	2 min	4 min	6 min	8 min	2 min	4 min	6 min	8 min
棕榈油	—	—	—	—	—	—	—	—
大豆油	—	—	—	—	—	—	—	—
葵花籽油	0.28 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.33 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.36 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.41 ± 0.07 <sup>a</sup>	0.91 ± 0.08 <sup>a</sup>	1.04 ± 0.06 <sup>a</sup>	1.15 ± 0.07 <sup>a</sup>	1.33 ± 0.02 <sup>a</sup>
氢化棕榈油	1.13 ± 0.07 <sup>b</sup>	1.19 ± 0.05 <sup>b</sup>	1.26 ± 0.03 <sup>b</sup>	1.30 ± 0.01 <sup>b</sup>	1.38 ± 0.03 <sup>b</sup>	1.40 ± 0.05 <sup>b</sup>	1.49 ± 0.05 <sup>b</sup>	1.52 ± 0.06 <sup>b</sup>

注:—表示未检出;a、b 表示同一时间条件下,不同字母组间差异有统计学意义, $P < 0.05$ 。

表 4 160 ℃油炸面制品中反-9,12-十八碳二烯酸含量( $\bar{x} \pm s, n = 3, \text{mg/g}$ )

Table 4 Content of trans-9,12 eighteencarbon diene acid of fried flour products

种类	160 ℃				170 ℃			
	2 min	4 min	6 min	8 min	2 min	4 min	6 min	8 min
棕榈油	—	—	—	—	—	—	—	—
大豆油	—	—	—	—	—	—	—	3.22 ± 0.06 <sup>a</sup>
葵花籽油	—	—	—	—	4.48 ± 0.04 <sup>a</sup>	4.52 ± 0.05 <sup>a</sup>	4.65 ± 0.03 <sup>a</sup>	4.78 ± 0.01 <sup>b</sup>
氢化棕榈油	3.15 ± 0.04	3.27 ± 0.03	2.99 ± 0.05	3.04 ± 0.07	6.83 ± 0.04 <sup>b</sup>	6.92 ± 0.03 <sup>b</sup>	7.05 ± 0.06 <sup>b</sup>	7.31 ± 0.04 <sup>c</sup>

种类	180 ℃				190 ℃			
	2 min	4 min	6 min	8 min	2 min	4 min	6 min	8 min
棕榈油	—	0.08 ± 0.03 <sup>a</sup>	1.10 ± 0.06 <sup>a</sup>	1.33 ± 0.04 <sup>a</sup>	—	1.04 ± 0.07 <sup>a</sup>	1.29 ± 0.05 <sup>a</sup>	1.47 ± 0.06 <sup>a</sup>
大豆油	—	2.97 ± 0.05 <sup>b</sup>	3.57 ± 0.07 <sup>b</sup>	3.62 ± 0.03 <sup>b</sup>	2.10 ± 0.04 <sup>b</sup>	3.00 ± 0.06 <sup>b</sup>	3.71 ± 0.02 <sup>b</sup>	3.96 ± 0.05 <sup>b</sup>
葵花籽油	4.67 ± 0.04 <sup>c</sup>	4.91 ± 0.03 <sup>c</sup>	5.03 ± 0.05 <sup>c</sup>	5.52 ± 0.05 <sup>c</sup>	5.23 ± 0.02 <sup>c</sup>	5.48 ± 0.06 <sup>c</sup>	5.66 ± 0.05 <sup>c</sup>	5.79 ± 0.01 <sup>c</sup>
氢化棕榈油	6.99 ± 0.02 <sup>d</sup>	7.08 ± 0.06 <sup>d</sup>	7.16 ± 0.04 <sup>d</sup>	7.40 ± 0.03 <sup>d</sup>	7.12 ± 0.08 <sup>d</sup>	7.41 ± 0.10 <sup>d</sup>	7.56 ± 0.09 <sup>d</sup>	7.80 ± 0.04 <sup>d</sup>

注:—表示未检出;a~d 表示同一时间条件下,不同字母组间差异有统计学意义, $P < 0.05$ 。

十八碳二烯酸,大豆油油炸面制品的反-9,12-十八碳二烯酸含量低于葵花籽油和氢化棕榈油,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),在相同的油炸时间下,葵花籽油油炸面制品的反-9,12-十八碳二烯酸含量低于氢化棕榈油油炸面制品,差异有统计学意义( $P < 0.05$ );180 ℃下,棕榈油和大豆油在油炸 4 min 后开始检出反-9,12-十八碳二烯酸,190 ℃下,大豆油 2 min 及以上的油炸面制品,棕榈油 4 min 及以上的油炸面制品,开始检出反-9,12-十八碳二烯酸;相同的油炸时间,面制品中的反-9,12-十八碳二烯酸含量从低到高的排序为棕榈油、大豆油、葵花籽油和氢化棕榈油,差异有统计学意义( $P < 0.05$ );结果表明,在高温时,4 种油脂产生反-9,12-十八碳二烯酸由易到难的顺序为氢化棕榈油、葵花籽油、大豆油和棕榈油。

2.5 油炸面制品中反式油酸和反式亚油酸的总量分析

将油炸面制品中反-9-十八碳一烯酸、反-11-十八碳一烯酸、反-9,12-十八碳二烯酸的含量加和得到反式油酸和反式亚油酸的总量,结果见表 5,在 160 ℃下大豆油、棕榈油和葵花籽油油炸面制品中均未检出 TFA;170 ℃下,大豆油油炸 8 min 的面制品和葵花籽油的所有油炸面制品中均检出了 TFA,大豆油油炸面制品的 TFA 含量低于葵花籽油和氢

化棕榈油,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),在相同的油炸时间下,葵花籽油油炸面制品的 TFA 含量低于氢化棕榈油油炸面制品,差异有统计学意义( $P < 0.05$ );180 ℃下,棕榈油和大豆油在油炸 4 min 后开始检出 TFA,190 ℃下,大豆油 2 min 及以上的油炸面制品,棕榈油 4 min 及以上的油炸面制品,开始检出 TFA;在相同的油炸时间,油炸面制品中的 TFA 含量,从低到高的排序为棕榈油、大豆油、葵花籽油和氢化棕榈油,差异有统计学意义( $P < 0.05$ );结果表明,在高温时,4 种油炸面制品中 TFA 含量由高到低的顺序为氢化棕榈油、葵花籽油、大豆油和棕榈油,说明从减少 TFA 摄入的角度考虑,在试验的 4 种油脂中,棕榈油最适宜油炸面制品,其次是大豆油,葵花籽油和氢化棕榈油不适宜用于油炸面制品。

### 3 讨论

棕榈油油炸面制品其 TFA 含量最低,在 1.04 ~ 1.47 mg/g 的范围内,说明棕榈油在面制品的热加工过程中不饱和双键更稳定,不易发生异构化,这可能是因为棕榈油中的顺式不饱和脂肪酸的含量远远低于大豆油和葵花籽油。试验证明,虽然不饱和脂肪酸含量高的油脂和食品具有更高的营养价值<sup>[14-15]</sup>,但在热加工过程中尤其是油炸过程中,



表 5 油炸面制品中反式油酸和反式亚油酸的总量 ( $\bar{x} \pm s, n = 3, \text{mg/g}$ )  
Table 5 Content of trans oleic acid and linoleic acid of fried flour products

种类	160 ℃				170 ℃			
	2 min	4 min	6 min	8 min	2 min	4 min	6 min	8 min
棕榈油	—	—	—	—	—	—	—	—
大豆油	—	—	—	—	—	—	—	3.22 ± 0.06 <sup>a</sup>
葵花籽油	—	—	—	—	5.53 ± 0.14 <sup>b</sup>	5.74 ± 0.12 <sup>b</sup>	5.94 ± 0.15 <sup>b</sup>	6.17 ± 0.10 <sup>b</sup>
氢化棕榈油	5.16 ± 0.14	5.17 ± 0.08	5.09 ± 0.13	5.08 ± 0.11	10.03 ± 0.19 <sup>c</sup>	10.22 ± 0.09 <sup>c</sup>	10.51 ± 0.12 <sup>c</sup>	10.85 ± 0.11 <sup>c</sup>
种类	180 ℃				190 ℃			
	2 min	4 min	6 min	8 min	2 min	4 min	6 min	8 min
棕榈油	—	0.08 ± 0.03 <sup>a</sup>	1.10 ± 0.06 <sup>a</sup>	1.33 ± 0.04 <sup>a</sup>	—	1.04 ± 0.07 <sup>a</sup>	1.29 ± 0.05 <sup>a</sup>	1.47 ± 0.06 <sup>a</sup>
大豆油	—	2.97 ± 0.05 <sup>b</sup>	3.57 ± 0.07 <sup>b</sup>	3.62 ± 0.03 <sup>b</sup>	2.10 ± 0.04 <sup>b</sup>	3.00 ± 0.06 <sup>b</sup>	3.71 ± 0.02 <sup>b</sup>	3.96 ± 0.05 <sup>b</sup>
葵花籽油	6.33 ± 0.12 <sup>c</sup>	6.55 ± 0.10 <sup>c</sup>	6.77 ± 0.08 <sup>c</sup>	7.49 ± 0.14 <sup>c</sup>	7.28 ± 0.12 <sup>c</sup>	7.73 ± 0.17 <sup>c</sup>	8.10 ± 0.16 <sup>c</sup>	8.54 ± 0.06 <sup>c</sup>
氢化棕榈油	10.35 ± 0.09 <sup>d</sup>	10.59 ± 0.13 <sup>d</sup>	10.87 ± 0.16 <sup>d</sup>	11.19 ± 0.14 <sup>d</sup>	10.79 ± 0.17 <sup>d</sup>	11.36 ± 0.18 <sup>d</sup>	11.81 ± 0.16 <sup>d</sup>	12.22 ± 0.16 <sup>d</sup>

注:—表示未检出;a~d 表示同一时间条件下,不同字母组间差异有统计学意义, $P < 0.05$ 。

不饱和双键极不稳定,更容易产生 TFA。综上考虑:棕榈油更易作为煎炸油脂使用。

160 ℃下,随着油炸时间的延长,棕榈油、大豆油和葵花籽油的油炸面制品均未检测到 TFA,可能由于本试验中的油炸用油均为新油,且油炸时间较短;在实际应用和食品加工过程中油脂的循环使用时间远远超过本试验油炸模型中采用的时间,所以 TFA 的含量应该会大幅度升高。

油脂的氢化过程虽然可以增加油脂的煎炸稳定性<sup>[16]</sup>,但因为异构化而产生大量 TFA,一般以反式油酸为主<sup>[17]</sup>。试验结果显示在较低的温度下(140 ℃),氢化棕榈油油炸面制品中即含有 4.78~5.21 mg/g 的 TFA,通过对未经油炸的氢化棕榈油进行分析发现氢化棕榈油本身即含有一定量的 TFA,与总含量的 10.5%;然而,随着油炸温度的升高和油炸时间的延长,氢化棕榈油油炸面制品中的 TFA 含量要明显高于其他 3 种油脂,所以其不宜作为油炸用油。

本试验研究了 4 种不同种类的植物油油炸面制品的 TFA 含量,重点分析了反-9-十八碳一烯酸、反-11-十八碳一烯酸、反-9,12-十八碳二烯酸 3 种 TFA 的变化规律。结果表明,160 ℃下,随着油炸时间的延长,棕榈油、大豆油和葵花籽油油炸面制品均未检测到 TFA 的存在;但随着温度的逐渐升高,TFA 含量明显增长;在高温条件下,4 种油炸面制品中 TFA 含量由高到低的顺序为氢化棕榈油、葵花籽油、大豆油和棕榈油,从摄入较低 TFA 的角度考虑,在试验的 4 种油脂中,棕榈油最适宜油炸面制品,其次是大豆油,葵花籽油和氢化棕榈油不适宜用于油炸面制品;降低煎炸油的油炸温度、减少油炸时间以及避免反复长时间使用煎炸油等都可以在一定程度上降低油炸过程中 TFA 的含量。

参考文献

[ 1 ] 谢明勇,谢建华,杨美艳,等. 反式脂肪酸研究进展[J]. 中国食品学报,2010.10(4):14-26.

[ 2 ] ZOCK P L,KATAN M B. Hydrogenation alternatives: effects of trans fatty acids and stearic acid versus linoleic acid on serum lipids and lipoproteins in humans[J]. Journal of Lipid Research, 1992,33(3):399-410.

[ 3 ] ALMENDINGEN K,JORDAL O,KIEMLF P, et al. Effects of partially hydrogenated fish oil,partially hydrogenated soybean oil, and butter on serum lipoproteins and Lp(a) in men[J]. Journal of Lipid Research,1995,36(6):1370-1384.

[ 4 ] ARO A,JAUIAINEN M, PARTANEN R,et al. Stearic acid, trans fatty acids, and dairy fat:effects on serum and lipoprotein lipids, apolipoproteins, lipoprotein (a), and lipid transfer proteins in healthy subjects[J]. American Journal of Clinical Nutrition,1997,65(5):1419-1426.

[ 5 ] HUI Y H. 贝雷:油脂化学与工艺学:第一卷[M]. 徐生庚,裴爱泳,译.5 版. 北京:中国轻工业出版社,2001:163-181.

[ 6 ] CHOUINARD P Y,GIRARD V,BRISSON G J. Fatty acid profile and physical properties of milk fat from cows fed calcium salts of fatty acids with varying unsaturation [J]. Journal of Dairy Science,1998,81(2):471-481.

[ 7 ] ALADEDUNYE F A, PRZYBYLSKII R. Degradation and nutritional quality changes of oil during frying[J]. Journal of the American Chemical Society,2009,86(2):149-156.

[ 8 ] TSUZUKI W, NAGATA R, YNNOKI R, et al. Cis/trans-isomerisation of triolein, trilinolein and trilinolenin induced by heat treatment[J]. Food Chemistry,2008,108(1):75-80.

[ 9 ] ZALEJSKA F J,KASPERCZYK A,KASPERCZYK S,et al. Effect of garlic supplementation on erythrocytes antioxidant parameters, lipidperoxidation, and atherosclerotic plaque formation process in oxidized oilfedrabbits[J]. Biological Trace Element Research, 2007,120(1/3):195-204.

[10] GRANDGIRARD A, PICONNEAUX A, SEBEDIOJ L, et al. Occurrence of geometrical isomers of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids in liver lipids of rats fed heated linseed oil [J]. Lipids,1989,24(9):799-804.

[11] O'CONNOR C J, FISK K J, SMITH B G, et al. Fat uptake in French fries as affected by different potato varieties and processing[J]. Journal of Food Science,2001,66(6):903-908.

[12] 罗庆丰,夏德昭,刘勤生. 降低真空油炸果蔬脆片含油率的探讨[J]. 农机与食品机械,1998(4):6-8.

[13] ESTURK O,KAYACIER A,SINGHR K. Reduction of oil uptake in deep fried tortilla chips[J]. Food Science and Technology International,2000,6(5):425-431.

[14] 孙翔宇,高贵田,段爱莉,等. 多不饱和脂肪酸的研究进展[J]. 食品工业科技,2012,33(7):418-423.

[15] BANG H O,DYERBERG J,NIELSEN A B. Plasma lipid and

lipoprotein pattern in Greenlandic west-coast Eskimos [ J ].  
Lancet,1971,297(7710):1143-1145.

[ 16 ] WARNER K, KNOWLTON S. Frying quality and oxidative  
stability of high-oleic corn oils [ J ]. Journal of the American Oil  
Chemists' Society,1997,74(10):1317-1322.

[ 17 ] DESTAILLATS F, DE WISPELAERE M, JOFFRE F, et al.  
Authenticity of milk fat by fast analysis of triacylglycerols  
application to the detection of partially hydrogenated vegetable  
oils [ J ]. Journal of Chromatography A, 2006, 1131 ( 1/2 ):  
227-234.

· 资 讯 ·

# 《食品安全国家标准 食品中真菌毒素限量》(GB 2761—2017)及 《食品安全国家标准 食品中污染物限量》(GB 2762—2017)解读

为不断完善我国食品中真菌毒素限量及污染物限量标准,GB 2761—2017《食品安全国家标准 食品中真菌毒素限量》及 GB 2762—2017《食品安全国家标准 食品中污染物限量》已于 2017 年 3 月 17 日发布,将于 2017 年 9 月 17 日正式施行。

## 一、主要修订内容

此次 GB 2761 及 GB 2762 两项污染物通用标准的修订,主要新增了葡萄酒和咖啡中赭曲霉毒素 A 限量、新增了螺旋藻及其制品中铅限量要求、删除了植物性食品中稀土限量要求。此外,结合《食品安全国家标准 食品中真菌毒素限量》(GB 2761—2011)及《食品安全国家标准 食品中污染物限量》(GB 2762—2012)发布实施后遇到的一些问题,兼顾与其他相关标准相协调,对两项标准文本内容做了进一步修订完善。

## 二、关于污染物的定义

食品污染物是食品从生产(包括农作物种植、动物饲养和兽医用药)、加工、包装、贮存、运输、销售、直至食用等过程中产生的或由环境污染带入的、非有意加入的化学性危害物质。GB 2761 中规定了我国食品中真菌毒素的限量要求,GB 2762 中规定了除农药残留、兽药残留、生物毒素和放射性物质以外的化学污染物限量要求。我国对食品中农药残留限量、兽药残留限量、放射性物质限量另行制定相关食品安全国家标准。

## 三、修订原则

GB 2761 及 GB 2762 是食品安全通用标准,对保障食品安全、规范食品生产经营、维护公众健康具有重要意义。标准修订工作遵照《食品安全法》及其实施条例规定,以风险评估为依据,科学合理设置污染物指标及限量,体现了以下工作原则:

一是坚持《食品安全法》立法宗旨,以保障公众健康为基础,重点对我国居民健康构成较大风险的食品污染物和对居民膳食暴露量有较大影响的食物种类设置限量规定,突出安全性要求。

二是坚持以风险评估为基础,遵循国际食品法典委员会(CAC)食品中污染物标准制定原则,结合污染物监测和暴露评估,确定污染物及其在相关食品中的限量,确保科学性。

三是坚持食品污染物源头控制和生产过程控制相结合,重点对食品原料中污染物进行控制,通过严格生产过程卫生控制,降低食品终产品中相关污染物含量。

四是强调无论是否制定污染物限量,食品生产和加工者均应采取控制措施,突出食品生产经营过程中的污染物控制要求,使食品中各种污染物的含量达到最低水平,从而最大程度维护消费者健康利益。

五是坚持标准工作的公开透明和各领域专家广泛参与。

## 四、国际上食品中污染物限量标准

食品中污染物是影响食品安全的重要因素之一,是食品安全管理的重点内容。国际上通常将常见的食品污染物在各种食品中的限量要求,统一制定公布为食品污染物限量通用标准。如 CAC 制定公布的《食品和饲料中污染物和毒素通用标准》,涉及食品污染物、毒素和放射性核素限量规定(我国对放射性核素另行制定了相关标准);欧盟委员会 No 1881/2006 指令,规定了食品中特定污染物(含真菌毒素)限量;澳新食品标准局公布的《食品法典标准》的 1.4.1《污染物及天然毒素》中规定了特定的金属和非金属污染物、天然毒素限量。

## 五、关于标准间的差异

按照世贸组织相关协议规定,各国可以根据风险评估结果、食品消费及膳食结构的不同和生产经营实

[13] DANIELS N A, MACKINNON L, ROWE S M, et al. Foodborne disease out-breaks in United States school[J]. Pediatr Infect Dis J,2002,21(7):623-628.

[14] 何晓青. 卫生防疫细菌检验[M]. 北京: 新华出版社, 1989:499.

[15] 李凡,刘晶星. 医学微生物学[M]. 7 版. 北京:人民卫生出版社,2008:7.

[16] 刘煜,胡小琪,刘爱玲,等. 中国 6 城市学生午餐供餐单位卫生状况调查研究[J]. 中国食品卫生杂志, 2008, 20(1): 46-48.

[17] 胡世洪,李云,涂国平. HACCP 在学校食品安全管理的应用[J]. 现代预防医学,2009,36(5):965-966,972.

(上接第 154 页)

际情况,制定不同于国际食品法典标准的安全标准,特别是污染物限量标准重点针对可能对本国公众健康构成较大风险的污染物和对本国消费者膳食暴露量有较大影响的食物,因此各国标准规定的食品污染物种类、食品类别和限量规定可能存在一定差异。此外,农业生产和地理区域影响、食品污染物特点和控制状况、环境污染状况、居民膳食消费习惯也影响了食品中污染物限量规定。

六、关于标准实施的原则

GB 2761 及 GB 2762 在实施中应当遵循以下原则:一是食品生产企业应当严格依据法律法规和标准组织生产,符合食品污染物(真菌毒素)限量标准要求。二是对标准未涵盖的其他食品污染物(真菌毒素),或未制定限量管理值或控制水平的,食品生产者应当采取控制措施,使食品中污染物(真菌毒素)含量达到尽可能的最低水平。三是重点做好食品原料污染物(真菌毒素)控制,从食品源头降低和控制食品中污染物(真菌毒素)。四是鼓励生产企业采用严于 GB 2761、GB 2762 的控制要求,严格生产过程食品安全管理,降低食品中污染物(真菌毒素)的含量,推动食品产业健康发展。

七、与相关标准的衔接

GB 2761 及 GB 2762 是食品安全国家标准,属于强制执行的标准。标准实施后,其他相关规定与本标准不一致的,应当按照本标准执行。自新标准实施之日起,《食品安全国家标准 食品中真菌毒素限量》(GB 2761—2011)及《食品安全国家标准 食品中污染物限量》(GB 2762—2012)即行废止。在新标准实施日期前已生产的食品,可在产品保质期内继续销售。

食品生产经营者应当严格执行食品生产经营规范标准,严格生产经营过程的污染物控制。食品污染物的检验方法应按照新的 GB 2761 及 GB 2762 引用的检验方法执行。

八、关于可食用部分

“可食用部分”是食品原料经过机械手段去除非食用部分后,所得到的用于食用的部分。引入此概念,一是有利于重点加强食品可食用部分加工过程管理,防止和减少污染,提高了标准的针对性;二是可食用部分客观反映了居民膳食消费实际情况,提高了标准的科学性和可操作性。本标准规定的食品中污染物限量如无特别规定的,均是以食品的可食用部分计算。

这里强调非食用部分的去除是使用机械手段,如谷物碾磨、水果剥皮、坚果去壳、肉去骨、鱼去刺、贝去壳等,而不可采用任何非机械手段,如粗制植物油精炼过程等。采用“机械手段”一词进行描述主要为了区分于化学手段以及水分蒸发等物理手段,并非指只能机器加工。

九、增加了葡萄酒和咖啡中赭曲霉毒素 A 限量

欧洲食品中赭曲霉毒素 A 风险评估报告曾指出,人类摄入赭曲霉毒素 A 主要来自谷物,其次是葡萄酒和咖啡等。结合我国葡萄酒和咖啡中赭曲霉毒素 A 污染及产品消费量情况,对我国葡萄酒和咖啡中赭曲霉毒素 A 的暴露风险进行了评估。根据风险评估结果,新的 GB 2761 中增加了葡萄酒和咖啡中赭曲霉毒素 A 限量要求。

表 1 葡萄酒和咖啡中赭曲霉毒素 A 限量指标

食品类别	名称	限量/(μg/kg)
酒类	葡萄酒	2.0
坚果及籽类	烘焙咖啡豆	5.0
饮料类	研磨咖啡(烘焙咖啡)	5.0
	速溶咖啡	10.0

(下转第 237 页)