

11款市售葵花籽油产品品质分析

惠菊^{1,2}, 初柏君^{1,2}, 陈少聪^{1,2}, 张春华^{1,2}, 陈吉江³, 刘兆禹⁴, 沈益列⁵, 尤梦圆^{1,2}

(1. 中粮营养健康研究院有限公司 营养健康与食品安全北京市重点实验室, 老年营养食品研究北京市工程实验室, 北京 102209; 2. 江苏省现代粮食流通与安全协同创新中心, 南京 210023; 3. 中粮油脂研发中心, 北京 102209; 4. 中粮福临门食品营销有限公司, 北京 100020; 5. 中粮粮油工业(黄冈)有限公司, 湖北黄冈 438000)

摘要:为全面评估我国葵花籽油产品质量, 给产品开发、精炼加工和消费者选购提供参考, 采集了7个品牌11款葵花籽油产品, 分析了其基础理化品质(酸值和过氧化值)、营养素(维生素E、植物甾醇、角鲨烯)含量、危害物(反式脂肪酸、多环芳烃、苯并[a]芘、3-氯丙醇酯、缩水甘油酯)水平以及风味特性。结果表明:不同葵花籽油产品间酸值和过氧化值存在明显差异, 但均符合国家标准限量要求; 维生素E和植物甾醇是葵花籽油的主要营养素, 维生素E含量均值为75.45 mg/100 g(以 α -生育酚当量计), 植物甾醇含量均值为4 040.00 mg/kg, 另外, 角鲨烯含量均值为127.40 mg/kg; 所有葵花籽油产品反式脂肪酸含量均小于0.30 g/100 mL, 满足零反式脂肪酸宣称要求; 11款葵花籽油产品苯并[a]芘含量符合国家标准; 11款葵花籽油产品多环芳烃和3-氯丙醇酯含量均低于欧盟标准限量要求, 但缩水甘油酯含量存在一定超标风险; 风味属性方面, 有4款葵花籽油产品具有明显风味, 以熟瓜子味、焦糊味和咸鲜味为主。综上, 市售葵花籽油产品质量、安全性较好, 但各品牌工厂精炼水平和危害物控制能力存在差异, 同时不少品牌开始推出风味葵花籽油产品。

关键词:葵花籽油; 理化指标; 营养成分; 危害物; 风味

中图分类号: TS225.1; TS227 文献标识码: A 文章编号: 1003-7969(2025)03-0110-07

Quality analysis of 11 commercial sunflower seed oil products

HUI Ju^{1,2}, CHU Baijun^{1,2}, CHEN Shaocong^{1,2}, ZHANG Chunhua^{1,2},
CHEN Jijiang³, LIU Zhaoyu⁴, SHEN Yilie⁵, YOU Mengyuan^{1,2}

(1. Beijing Engineering Laboratory of Geriatric Nutrition & Foods, Beijing Key Laboratory of Nutrition & Health and Food Safety, COFCO Nutrition and Health Research Institute Co., Ltd., Beijing 102209, China; 2. The Jiangsu Province Center of Cooperative Innovation for Modern Grain Circulation and Security, Nanjing 210023, China; 3. COFCO Oils R&D Center, Beijing 102209, China; 4. COFCO Fulinmen Food Marketing Co., Ltd., Beijing 100020, China; 5. COFCO Huanggang Co., Ltd., Huanggang 438000, Hubei, China)

Abstract: In order to comprehensively evaluate the quality of sunflower seed oil products in China, and provide reference for product development, refining and purchasing, 11 sunflower seed oil products from 7 brands were collected, and their basic physicochemical properties (acid value and peroxide value), nutrient (vitamin E, phytosterol, squalene) content, hazard (*trans* fatty acid, polycyclic aromatic hydrocarbons, benzo [a] pyrene, 3-chloropropanol ester, and glycidyl ester) levels and flavor characteristics were analyzed. The results showed that there were obvious differences in acid value and

peroxide value among different products, but they all met the limit requirements of national standard. Vitamin E and phytosterol were the main nutrients of sunflower seed oil. The average contents of vitamin E and phytosterol were 75.45 mg α -TE/100 g and 4 040.00 mg/kg,

收稿日期: 2023-09-18; 修回日期: 2024-08-29

作者简介: 惠菊(1984), 女, 高级工程师, 硕士, 主要从事油脂产品研发工作(E-mail) huiju@cofco.com。

通信作者: 尤梦圆, 高级工程师(E-mail) youmengyuan@cofco.com。

respectively. The average content of squalene was 127.40 mg/kg. All products had a *trans* fatty acid content of less than 0.30 g/100 mL, meeting the requirement of zero *trans* fatty acid claim. The benzo [a] pyrene content in the 11 products met the national standard. The contents of polycyclic aromatic hydrocarbons and 3-chloropropanol ester in 11 products were lower than the EU standard limit requirements, but there was a certain risk of excessive glycidyl ester content. In terms of flavor attributes, four products have distinct flavors, mainly characterized by cooked sunflower seed flavor, burnt flavor and salty freshness. In summary, the quality and safety of sunflower seed oil products available on the market are relatively good, but there are differences in the refining levels and hazard control capabilities among various brands' factories. At the same time, many brands have begun to introduce flavored sunflower seed oil products.

Key words: sunflower seed oil; physicochemical index; nutrient composition; hazard; flavor

葵花籽油以其清淡的口味、丰富的营养成分,尤其是高达 65% 的亚油酸含量^[1-2]和较高的天然维生素 E(V_E)含量,被认为是一种健康型油脂。研究表明,葵花籽油可降低人体血清中胆固醇水平、预防心血管疾病^[3]。随着我国居民生活水平的提高和对健康生活方式的追求,葵花籽油市场需求和消费量在过去十年中呈现出快速增长的态势^[4]。葵花籽油的品质与原料产地、加工工艺、储存环境等多种因素有关,但目前对于市售葵花籽油产品品质的研究较少^[5]。本文共采集 11 款市售葵花籽油产品,系统分析其基础理化品质、营养素含量、危害物含量和

风味差异,以期对葵花籽油产品开发、精炼加工和消费者选购提供参考。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1.1.1 原料与试剂

葵花籽油,分别从线上平台京东与线下商超购买 7 个品牌共计 11 款产品,编号为 K-1~K-11,检测前均避光密闭保存,具体产品信息见表 1。

正己烷为色谱纯,西格玛公司;乙醇、乙醚、甲醇、石油醚、氢氧化钾、无水硫酸钠均为分析纯,国药集团化学试剂有限公司。

表 1 葵花籽油产品信息

Table 1 Sunflower seed oil product information

产品编号	工艺等级	单价/(元/L)	生产日期	产地	V_E 宣称/ (mg/100 g)	植物甾醇宣称/ (mg/kg)	零反式脂肪酸宣称
K-1	压榨一级	23	2022.12	安徽	55	无	无
K-2	压榨特级	20	2022.11	河北	56	2 500	有
K-3	压榨一级	24	2022.11	天津	55	无	无
K-4	压榨一级	23	2022.12	内蒙古	60	无	无
K-5	压榨一级	23	2022.12	山东	50	无	无
K-6	压榨一级	24	2022.12	河北	无	无	无
K-7	压榨一级	25	2022.12	上海	55	无	无
K-8	压榨一级	32	2022.12	内蒙古	70	无	无
K-9	压榨一级	27	2022.12	内蒙古	60	无	有
K-10	浸出	48	2022.10	上海	35	无	无
K-11	压榨一级	60	2022.12	内蒙古	70	无	无

注: V_E 宣称以 α -生育酚当量(α -TE)计

Note: V_E claims to be calculated in *alpha*-tocopherol equivalents

1.1.2 仪器与设备

Agilent-7890B 气相色谱仪, Agilent-1260 液相色谱仪,赛多利斯 SQP SECURA225D-1CN 电子天平,UV-1900i 紫外分光光度计, IKA 磁力搅拌器, THERMO 2838 型恒温水浴锅。

1.2 实验方法

酸值,按照 GB 5009.229—2016 测定;过氧化值,按照 GB 5009.227—2016 测定;维生素 E 含量,按照 GB 5009.82—2016 中第二法测定;植物甾醇含量,按照 GB/T 25223—2010 测定;角鲨烯含量,按照

LS/T 6120—2017 测定;反式脂肪酸含量,按照 GB 5009.257—2016 测定;多环芳烃含量,按照 GB 5009.265—2021 中第二法测定;3-氯丙醇酯和缩水甘油酯含量,按照 AOCS Official Method Cd 9a-13 测定。描述性分析实验:根据 GB/T 16291.1—2012《感官分析 选拔、培训与管理评价员一般导则 第1部分:优选评价员》组建评价小组,并确定葵花籽油感官描述词、定义及评分标尺。在符合要求的测定条件下,先对样品进行任意编码,检测员再依次对样品风味属性进行评价。

2 结果与分析

2.1 基础理化品质

2.1.1 酸值

油脂中的游离脂肪酸主要来自不成熟的油料或加工、储藏过程中油脂的分解,酸值是评价油脂中游离脂肪酸含量的指标,是判断油脂精炼程度和新鲜度的重要指标之一^[6-7]。11款葵花籽油产品的酸值如图1所示。

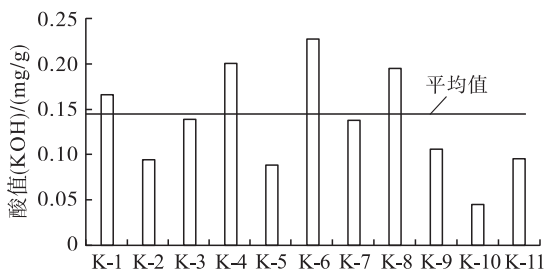


图1 11款葵花籽油产品的酸值

Fig. 1 Acid values of 11 sunflower seed oil products

由图1可知,11款葵花籽油产品酸值(KOH)的平均值为0.14 mg/g,其中K-10的酸值(KOH)最低,为0.05 mg/g,K-6的酸值(KOH)最高,为0.23 mg/g,但均符合 GB 2716—2018《食品安全国家标准 植物油》中食用植物油(≤ 3.00 mg/g)和 GB/T 10464—2017《葵花籽油》中一级油(压榨一级 ≤ 1.5 mg/g,浸出一级 ≤ 0.50 mg/g)的标准要求。

2.1.2 过氧化值

油脂在生产与储藏过程中会发生氧化酸败,不仅影响油脂的风味、色泽,还会产生有毒有害物质,降低油脂品质^[8],过氧化值是衡量油脂氧化酸败程度的指标。11款葵花籽油产品的过氧化值如图2所示。

由图2可知,11款葵花籽油产品过氧化值的平均值为1.10 mmol/kg,其中K-7的过氧化值最低,为0.44 mmol/kg,K-8的过氧化值最高,为3.23 mmol/kg,但均符合 GB 2716—2018《食品安全国家标准 植物油》中食用植物油[≤ 0.25 g/100 g(9.85

mmol/kg)]和 GB/T 10464—2017《葵花籽油》中一级油(压榨一级 ≤ 7.5 mmol/kg,浸出一级 ≤ 5.0 mmol/kg)的标准要求。葵花籽油在储存过程中易氧化,企业可密切关注产品保质期内过氧化值变化情况,采取合适的抗氧化措施,以保证产品质量安全。

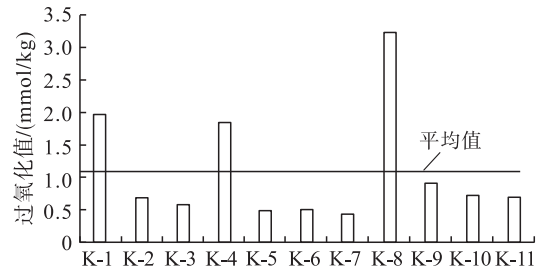


图2 11款葵花籽油产品的过氧化值

Fig. 2 Peroxide values of 11 sunflower seed oil products

2.2 营养素含量

2.2.1 维生素E

维生素E是植物油中常见的脂质伴随物,由 α -、 β -、 γ -、 δ -生育酚和相应的生育三烯酚组成,其中 α -生育酚活性最高^[9], β -、 γ -、 δ -生育酚活性分别为 α -生育酚活性的50%、10%和2%,而生育三烯酚活性较低且主要存在于棕榈油和米糠油中,在其他植物油中分布很少^[10],GB 5009.82—2016《食品安全国家标准 食品中维生素A、D、E的测定》中测定的生育酚是指 α -、 β -、 γ -、 δ -生育酚的总和,且通常以 α -TE作为维生素E含量的标示单位。维生素E具有抗氧化、提高机体免疫力、维持正常生育等功能,并且在能量代谢与呼吸作用中也发挥着重要作用,对维持人体健康有着重要作用^[11]。根据 GB 28050—2011《食品安全国家标准 预包装食品营养标签通则》规定,可以进行“维生素E有抗氧化作用”的功能宣称,因此各大品牌将维生素E作为重要营养素进行宣称和含量标示,消费者也会将维生素E含量作为购买葵花籽油的一个评价维度。11款葵花籽油产品维生素E含量(以 α -TE计)如图3所示。

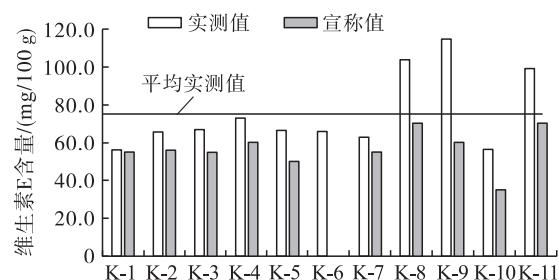


图3 11款葵花籽油产品的维生素E含量

Fig. 3 Vitamin E contents of 11 sunflower seed oil products

由图 3 可知,除 K-6 未标示维生素 E 含量外,其余 10 款产品维生素 E 含量均能达到宣称水平。11 款葵花籽油产品的维生素 E 平均含量为 75.45 mg/100 g,其中 K-8、K-9、K-11 3 款产品的维生素 E 含量较高,均在 99.00 mg/100 g 以上,K-9 的维生素 E 含量最高,为 114.57 mg/100 g,K-1 的维生素 E 含量最低,为 56.02 mg/100 g。以维生素 E 含量最低的产品 K-1 为例,根据 GB 28050—2011《食品安全国家标准 预包装食品营养标签通则》中的相关规定,维生素 E 营养素参考值为 14 mg (以 α -TE 计),即每天摄入 25 g 该产品即可满足人体对维生素 E 的需求。因此,葵花籽油是补充天然维生素 E 的上乘之选。

2.2.2 植物甾醇

植物甾醇普遍存在于各种植物性食物中,人体不能内源合成,只能通过膳食摄取并经肠道吸收。植物油是人体摄入植物甾醇重要的膳食来源。研究表明,植物甾醇可以抑制人体对胆固醇的吸收,调节血脂健康,缓解肝脏的脂肪病变,降低冠状动脉粥样硬化性心脏病的发生率^[12-14],是植物油中一种重要的营养伴随物。11 款葵花籽油产品植物甾醇含量如图 4 所示。

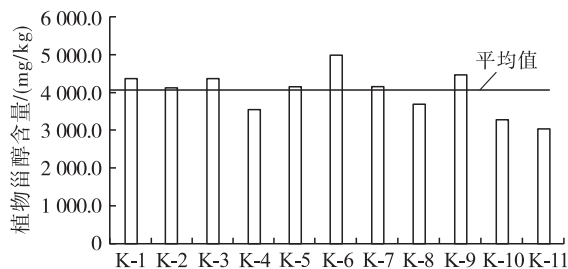


图 4 11 款葵花籽油产品的植物甾醇含量

Fig.4 Phytosterol contents of 11 sunflower seed oil products

由图 4 可知,11 款葵花籽油产品的植物甾醇平均含量为 4 040.00 mg/kg,其中 K-6 的植物甾醇含量最高,为 5 000.00 mg/kg,K-11 的植物甾醇含量最低,为 3 050.00 mg/kg。11 款葵花籽油产品中仅有 K-2 对植物甾醇含量进行了宣称,宣称值为 2 500.00 mg/kg,实测值为 4 130.00 mg/kg。

《中国居民膳食营养素参考摄入量》(2013 版)中成人植物甾醇特定建议值为 0.90 g/d。欧盟共同体委员会在 2009 年(EC) No 983/2009 中批准有关植物甾醇的健康声明,即“植物甾醇可显著降低血浆中胆固醇水平,而高胆固醇是冠心病发生的一个危险因素”。以植物甾醇平均含量 4 040.00 mg/kg 计算,每日可从 30 g 葵花籽油中摄入约 0.12 g 植物甾醇。因此,葵花籽油是消费者摄入植物甾醇的重

要渠道之一。对植物甾醇含量进行宣称和标示,势必能够提升产品营养属性和竞争力。

2.2.3 角鲨烯

角鲨烯是类固醇的生物合成前体,这种生物活性化合物对维持人体健康具有重要作用^[15]。角鲨烯能够降低人体胆固醇、强化机体新陈代谢、清除体内炎症因子,此外还具有抗氧化、抗肿瘤、预防心血管疾病、增强人体免疫力等多种生理功能,在食品、功能性食品、化妆品领域都有应用^[16-17]。11 款葵花籽油产品的角鲨烯含量如图 5 所示。

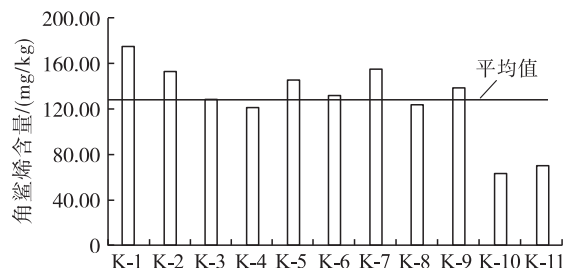


图 5 11 款葵花籽油产品的角鲨烯含量

Fig.5 Squalene contents of 11 sunflower seed oil products

由图 5 可知,11 款葵花籽油产品的角鲨烯平均含量为 127.40 mg/kg,其中 K-1 的角鲨烯含量最高,为 174.40 mg/kg,K-10 的角鲨烯含量最低,为 63.10 mg/kg。除 K-10、K-11 外,其余 9 款葵花籽油产品的角鲨烯含量均在 120.00 mg/kg 以上。目前尚未有产品对角鲨烯含量进行宣称,各品牌可将角鲨烯作为优势营养伴随物进行宣称,打造差异化卖点。

2.3 危害物水平

2.3.1 反式脂肪酸

在不饱和脂肪酸中,碳碳双键上的氢原子在同一侧的为顺式脂肪酸,在碳链两侧的为反式脂肪酸。过多摄入反式脂肪酸将会增加心血管疾病、阿尔茨海默病等疾病的患病风险,对婴幼儿的生长发育也有严重不良影响^[18]。11 款葵花籽油产品的反式脂肪酸含量如图 6 所示。

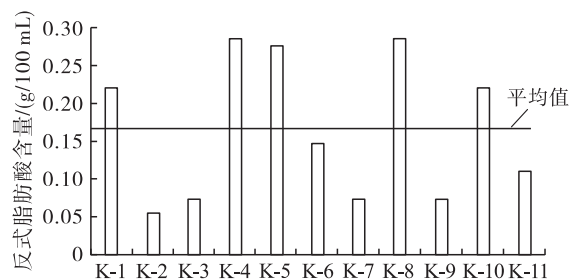


图 6 11 款葵花籽油产品的反式脂肪酸含量

Fig.6 Trans fatty acid contents of 11 sunflower seed oil products

由图 6 可知,11 款葵花籽油产品的反式脂肪酸

平均含量为 0.17 g/100 mL,其中 K-4、K-8 的反式脂肪酸含量最高,均为 0.29 g/100 mL,K-2 的反式脂肪酸含量最低,为 0.06 g/100 mL。GB 28050—2011《食品安全国家标准 预包装食品营养标签通则》规定食品中反式脂肪酸含量小于 0.30 g/100 g (固体)或 0.30 g/100 mL (液体)时可标示为“0”。11 款葵花籽油产品中 K-2 和 K-9 有零反式脂肪酸的宣称,检测结果也符合零反式脂肪酸标示要求,但同时其余葵花籽油产品也达到了零反式脂肪酸的要求。油脂中反式脂肪酸含量主要与脱臭温度和脱臭时间密切相关,绝大部分葵花籽油产品均可满足零反式脂肪酸宣称,足见适度加工工艺在葵花籽油产品上得到了广泛应用。

2.3.2 多环芳烃

多环芳烃是一类广泛存在于环境和食品中的疏水性致癌物,对人体神经系统、呼吸系统、循环系统、肝脏与肾脏会造成不同程度损伤^[19],具有一定间接致癌性、致突变性和致畸生物毒性^[20]。联合国粮食及农业组织/世界卫生组织联合食品添加剂专家委员会指出,谷类食物、蔬菜、脂肪和油类是摄入多环芳烃的主要膳食来源。11 款葵花籽油产品的多环芳烃含量如图 7 所示。

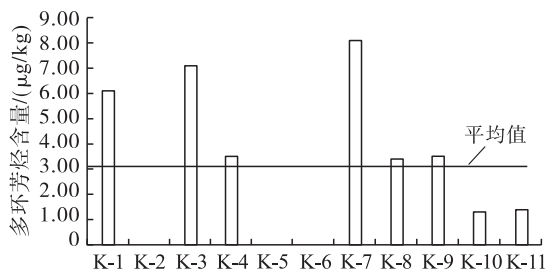


图 7 11 款葵花籽油产品的多环芳烃含量

Fig. 7 Polycyclic aromatic hydrocarbons contents of 11 sunflower seed oil products

由图 7 可知,11 款葵花籽油产品的多环芳烃平均含量为 3.10 μg/kg,其中 K-2、K-5、K-6 3 款产品均未检出多环芳烃,K-7 的多环芳烃含量最高,为 8.10 μg/kg。我国标准、法规并未对食用油中多环芳烃总量做限量规定,但欧盟最新标准(EU) 2023/915 规定葵花籽油中多环芳烃总量限量为 10.00 μg/kg,11 款葵花籽油产品的多环芳烃含量均符合欧盟标准限量要求。

2.3.3 苯并[a]芘

苯并[a]芘是常见的一种多环芳烃类污染物,其作为目前已知的 20 多种致癌性多环芳烃中国际公认的最具有代表性强致癌物质之一,引起了行业广泛关注。世界卫生组织的国际癌症研究机构已将

苯并[a]芘列为“令人类患癌”的物质。11 款葵花籽油产品的苯并[a]芘含量如图 8 所示。

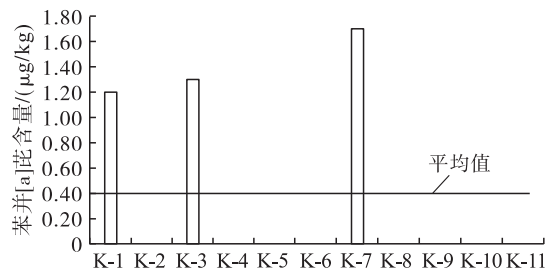


图 8 11 款葵花籽油产品的苯并[a]芘含量

Fig. 8 Benzo [a] pyrene contents of 11 sunflower seed oil products

由图 8 可知,11 款葵花籽油产品的苯并[a]芘平均含量为 0.40 μg/kg,其中 K-1、K-3 和 K-7 3 款产品的苯并[a]芘含量分别为 1.20、1.30 μg/kg 和 1.70 μg/kg,其余 8 款产品均未检出苯并[a]芘。我国 GB 2762—2017《食品安全国家标准 食品中污染物限量》规定葵花籽油中苯并[a]芘限量为 10.00 μg/kg,欧盟最新标准(EU) 2023/915 规定葵花籽油中苯并[a]芘限量为 2.00 μg/kg,11 款葵花籽油产品的苯并[a]芘含量均符合欧盟标准限量要求。受原料环境和生产工艺的影响,不同葵花籽油产品间苯并[a]芘含量各异,可见各品牌工厂在精炼水平和危害物控制能力上存在差异。

2.3.4 3-氯丙醇酯

3-氯丙醇酯作为化学污染物,对肾脏、睾丸、肝脏、大脑、胸腺和肺部都会产生损伤,具有诱变性与致癌性^[21]。11 款葵花籽油产品的 3-氯丙醇酯含量如图 9 所示。

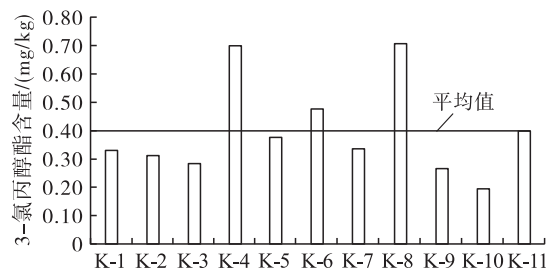


图 9 11 款葵花籽油产品的 3-氯丙醇酯含量

Fig. 9 3-Chloropropanol ester contents of 11 sunflower seed oil products

由图 9 可知,11 款葵花籽油产品的 3-氯丙醇酯平均含量为 0.40 mg/kg,其中 K-8 的 3-氯丙醇酯含量最高,为 0.71 mg/kg,K-10 的 3-氯丙醇酯含量最低,为 0.20 mg/kg。我国标准、法规没有对植物油中 3-氯丙醇酯做限量规定,欧盟最新标准(EU) 2023/915 规定葵花籽油中 3-氯丙醇酯限量为 1.25 mg/kg,11 款葵花籽油产品的 3-氯丙醇酯

含量均符合欧盟标准限量要求。

2.3.5 缩水甘油酯

缩水甘油酯与 3-氯丙醇酯都是食品加工过程中的污染物,国际癌症研究机构将其划分为 2A 类“可能对人类致癌物”^[22]。11 款葵花籽油产品的缩水甘油酯含量如图 10 所示。

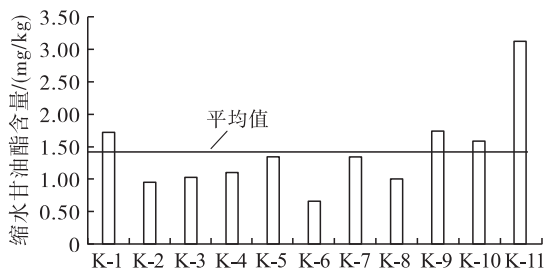


图 10 11 款葵花籽油产品的缩水甘油酯含量

Fig. 10 Glycidyl ester contents of 11 sunflower seed oil products

由图 10 可知,11 款葵花籽油产品的缩水甘油酯平均含量为 1.42 mg/kg,其中 K-11 的缩水甘油酯含量最高,为 3.12 mg/kg,K-6 的缩水甘油酯含量最低,为 0.65 mg/kg。我国标准、法规没有对植物油中缩水甘油酯做限量规定,欧盟最新标准(EU) 2023/915 规定葵花籽油中缩水甘油酯限量为 1.00 mg/kg,11 款葵花籽油产品中缩水甘油酯含量高于欧盟标准的占 72.7%。为控制葵花籽油产品中缩水甘油酯含量,可从原料和精炼工艺同时入手,筛选含有低水平缩水甘油酯前体物质的原料,并控制精炼温度和时间。

2.4 风味特性

葵花籽油一直以营养、清淡的特性为消费者所熟知。近年来,不断有品牌企业尝试在营养健康的基础上赋予葵花籽油产品风味属性。11 款葵花籽油产品的风味特性如表 2 所示。

表 2 11 款葵花籽油产品的风味特性

Table 2 Flavor characteristics of 11 sunflower seed oil products

产品编号	风味描述
K-1	熟瓜子味,生瓜子味
K-2	无
K-3	熟瓜子味,焦糊味,咸鲜味
K-4	无
K-5	无
K-6	焦糊味,熟瓜子味,咸鲜味
K-7	生瓜子味,熟瓜子味
K-8	无
K-9	无
K-10	无
K-11	无

由表 2 可知,11 款葵花籽油产品中有 4 款带有较为明显的风味,其中:K-1 以熟瓜子味为主,伴有一些生瓜子味;K-3 和 K-6 2 款产品风味类似,均有熟瓜子味、焦糊味和咸鲜味,但 K-3 熟瓜子味更明显,而 K-6 则是焦糊味更突出;K-7 以生瓜子味为主,略带熟瓜子味。不同原料和工艺生产出了风味各异的葵花籽油产品,不同品牌产品有其特征风味属性。

3 结论

对 11 款市售葵花籽油品质进行对比分析发现,其基础理化品质(酸值和过氧化值)、苯并[a]芘含量、多环芳烃含量、3-氯丙醇酯含量均符合我国国家标准/欧盟标准要求,但有 72.7% 葵花籽油产品的缩水甘油酯含量超过欧盟标准限量要求,考虑到缩水甘油酯作为近几年国家重点关注的风险监测指标,结合其生成因素,建议企业重点关注此项指标,加强原料控制,优化生产工艺以进一步减少缩水甘油酯的生成,提升产品质量。在营养健康方面,11 款葵花籽油产品均能满足“零反式脂肪酸”宣称,维生素 E、植物甾醇也基本成为葵花籽油的标配营养素,但葵花籽油作为近年来新兴的势头油种,挖掘产品更多的健康营养属性,才能更好地提升其产品竞争力。通过关注各品牌产品上新动态发现,葵花籽油逐渐在向风味营养型油脂过渡,为消费者提供健康营养美味新选择,以葵花籽油为代表的营养型油脂产品的风味研究或将成为重要方向。

参考文献:

- [1] 李倩, 邹婷婷, 朱麟菲, 等. 葵花籽油煎炸制品感官评价与质构的相关性分析[J]. 美食研究, 2022, 39(4): 56-61.
- [2] 王灵, 胡婷婷, 闫巧娟, 等. 葵花籽油酶法脱胶工艺优化[J]. 中国油脂, 2021, 46(8): 12-15.
- [3] RAUF S, JAMIL N, TARIQ S A, et al. Progress in modification of sunflower oil to expand its industrial value [J]. J Sci Food Agric, 2017, 97(7): 1997-2006.
- [4] 王瑞元. 我国葵花籽油产业现状及发展前景[J]. 中国油脂, 2020, 45(3): 1-3.
- [5] 赵慧敏, 翟孟婷, 初柏君, 等. 我国精炼葵花籽油产品品质分析[J]. 中国油脂, 2022, 47(8): 116-120.
- [6] 管淑霞, 高蔚巍, 连威. 三种植物油在煎炸过程中的品质变化研究[J]. 食品安全导刊, 2021(28): 97-98.
- [7] 张旭萍, 张妍, 屈之昊, 等. 食用植物油酸值检测研究进展[J]. 粮油食品科技, 2021, 29(6): 163-176.
- [8] 王俊丁. 浅谈食用植物油氧化变质及食品加工中的控制[J]. 现代食品, 2020(23): 52-54.

(下转第 123 页)

- 影响研究[D]. 上海:上海海洋大学, 2022.
- [16] 陈雨杭, 谢朋凯, 范沁源, 等. 搅打稀奶油的乳液特征和打发性能研究[J]. 中国油脂, 2021, 46(12): 32-38.
- [17] 袁佩佩, 王文琼, 周吉阳, 等. 二次均质工艺中一次均质压力对黄油基搅打稀奶油品质的影响[J]. 现代食品科技, 2021, 37(10): 180-187.
- [18] NGUYEN V, DUONGC T M, VU V. Effect of thermal treatment on physical properties and stability of whipping and whipped cream[J]. J Food Eng, 2015, 163: 32-36.
- [19] 宋志鑫. 复配乳化剂对黄油基搅打稀奶油品质影响机制的研究及其应用[D]. 江苏扬州:扬州大学, 2023.
- [20] SOFJAN R P, HARTEL R W. Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream[J]. Int Dairy J, 2004, 14(3): 255-262.
- [21] 苏奕, 柴秀航, 韩宛君, 等. 油脂组成和结晶特性对奶油品质和搅打性能的影响[J]. 食品科学, 2024, 45(4): 50-59.
- [22] 魏雪丽. 乳脂基搅打稀奶油的品质稳定性研究[D]. 郑州:河南工业大学, 2023.
- [23] 刘莹, 赵路苹, 杨旭凤, 等. 花生油体对植脂搅打稀奶油性质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2023, 49(12): 113-119.
- [24] CAO Z, LIU Z, ZHANG H, et al. Protein particles ameliorate the mechanical properties of highly polyunsaturated oil-based whipped cream: A possible mode of action[J/OL]. Food Hydrocolloid, 2020, 99: 105350[2023-09-23]. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105350>.
- [25] 赵强忠, 龙肇, 苏国万, 等. 油脂用量对搅打稀奶油的搅打性能和品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2009, 35(5): 170-176.
- [26] 刘建华, 杜启伟, 丁玉庭. 两性离子型乳化剂对高能量乳液稳定性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(7): 88-94.
- [27] FUHRMANN P L, KALISVAART L C M, SALA G, et al. Clustering of oil droplets in O/W emulsions enhances perception of oil-related sensory attributes[J/OL]. Food Hydrocolloid, 2019, 97: 105215 [2023-09-23]. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105215>.
- [28] 刘莹. 花生油体在搅打稀奶油中的应用研究[D]. 山东泰安:山东农业大学, 2022.
- [29] LIU P, HUANG L, LIU T, et al. Whipping properties and stability of whipping cream: The impact of fatty acid composition and crystallization properties[J/OL]. Food Chem, 2021, 347: 128997 [2023-09-23]. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128997>.
- [30] ANDRADE J, ROUSSEAU D. Whipping properties of recombinant, additive-free creams[J]. J Dairy Sci, 2021, 104(6): 6487-6495.
- [31] BÖRJESSON J, DEJMEK P, LÖFGREN R, et al. The influence of serum phase on the whipping time of unhomogenised cream[J]. Int Dairy J, 2015, 49: 56-61.
- [32] 余权, 赵强忠, 赵谋明, 等. 乳化剂 HLB 值对含大豆蛋白搅打稀奶油的搅打性能及质构特性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2010, 36(10): 11-14.
- 因素[J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(13): 4328-4334.
- [17] 李跃凡, 王媛媛, 马改琴, 等. 角鲨烯来源、提取及功能特性研究进展[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2022, 43(6): 19-29.
- [18] 王天西. 食品中反式脂肪酸的来源、健康风险和管控措施研究[J]. 市场监管与质量技术研究, 2023(1): 57-61.
- [19] 沈梦瑜. 煎炸薯条的大豆油中四种多环芳烃的化学转化和物理迁移机制研究[D]. 江苏扬州:扬州大学, 2022.
- [20] JIN X, HUA Q, LIU Y, et al. Organ and tissue-specific distribution of selected polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in ApoE-KO mouse[J/OL]. Environ Pollut, 2021, 286: 117219 [2023-09-18]. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117219>.
- [21] WEI T, CAO N, HAN T, et al. Lipidomics analysis explores the mechanism of renal injury in rat induced by 3-MCPD[J/OL]. Toxics, 2023, 11(6): 479 [2023-09-18]. <https://doi.org/10.3390/toxics11060479>.
- [22] APPEL K E, ABRAHAM K, BERGER-PREISS E, et al. Relative oral bioavailability of glycidol from glycidyl fatty acid esters in rats[J]. Arch Toxicol, 2013, 87(9): 1649-1659.
- (上接第 115 页)
- [9] 顾强, 王慧君, 雷春妮, 等. 基于维生素 E 组成的植物油掺棕榈油鉴别研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(16): 5345-5350.
- [10] 吴轲, 孙涵潇, 祝捷, 等. 常见食用植物油中维生素 E 异构体含量调查研究[J]. 中国油脂, 2019, 44(10): 95-99.
- [11] 王贤. 小麦胚芽油的浸提和维生素 E 的浓缩研究[D]. 北京:中国农业大学, 2001.
- [12] PLAT J, BAUMGARTNER S, VANMIERLO T, et al. Plant-based sterols and stanols in health & disease: "Consequences of human development in a plant-based environment?" [J]. Prog Lipid Res, 2019, 74: 87-102.
- [13] 尚嘉毅, 初柏君, 赵文君, 等. 市售牛油果油和葡萄籽油品质研究[J]. 中国油脂, 2023, 48(6): 119-125, 152.
- [14] 白歌. 玉米油精炼过程中植物甾醇迁移变化及其转化机理[D]. 郑州:河南工业大学, 2022.
- [15] MICERA M, BOTTO A, GEDDO F, et al. Squalene: More than a step toward sterols[J/OL]. Antioxidants (Basel), 2020, 9(8): E688 [2023-09-18]. <https://doi.org/10.3390/antiox9080688>.
- [16] 徐雄, 周训会, 陈芳, 等. 植物油角鲨烯含量及其影响