

我国土榨花生油黄曲霉毒素 B₁ 及圆弧偶氮酸毒素污染调查

杨博磊, 张秀娟, 王 刚, 张晨曦, 耿海荣, 李 丽, 刘 阳

(中国农业科学院农产品加工研究所, 农业部农产品加工综合性重点实验室, 北京 100193)

摘要: 为了解我国土榨花生油中黄曲霉毒素 B₁ (AFB₁) 和圆弧偶氮酸 (CPA) 的污染状况, 采集全国 12 省 20 市小作坊生产的土榨花生油 126 份, 购买市售品牌花生油 27 份, 采用高效液相色谱法检测花生油中 AFB₁ 和 CPA 两种真菌毒素的含量。结果表明: 27 份品牌花生油未检出 AFB₁ 和 CPA; 126 份土榨花生油中, AFB₁ 检出率为 44.44%, 超标率为 11.11%, CPA 检出率为 7.14%, 其中河南、福建、广西和山东土榨花生油 AFB₁ 污染较为严重。我国土榨花生油存在真菌毒素污染安全隐患, 监管部门应严格把控原料及加工环节, 确保土榨花生油的质量和安全性。

关键词: 土榨花生油; 黄曲霉毒素 B₁; 圆弧偶氮酸; 真菌毒素

中图分类号: TS227; R155.5 文献标识码: A 文章编号: 1003-7969(2020)09-0034-05

Investigation of aflatoxin B₁ and cyclopiazonic acid in bulk peanut oil in China

YANG Bolei, ZHANG Xiujuan, WANG Gang, ZHANG Chenxi,

GENG Hairong, LI Li, LIU Yang

(Key Laboratory of Agro-products Processing, Ministry of Agriculture, Institute of Food Science and Technology, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract: In order to investigate the contamination of aflatoxin B₁ (AFB₁) and cyclopiazonic acid (CPA) in peanut oil in China, 126 bulk peanut oil samples were collected from individual workshop in 20 cities of 12 provinces of China, and 27 brand peanut oil samples were purchased from market. The contents of AFB₁ and CPA in peanut oil were detected by HPLC. The results showed that AFB₁ and CPA were not detected in 27 brand peanut oil samples. Among 126 bulk peanut oil samples, AFB₁ detection rate, AFB₁ exceeding rate and CPA detection rate were 44.44%, 11.11% and 7.14% respectively. AFB₁ contamination of bulk peanut oil in Henan, Fujian, Guangxi and Shandong was more serious. There were potential safety hazards of mycotoxin contamination in bulk peanut oil in China, so supervision department should strictly control the quality of peanut and the link of processing to ensure the safety and quality of bulk peanut oil.

Key words: bulk peanut oil; AFB₁; cyclopiazonic acid; mycotoxin

随着生活水平的提高, 我国居民对植物油的人均年需求从 20 世纪 80 年代的 2.2 kg 提升到了 2016 年的 24.8 kg, 其中花生油占植物油的 8%^[1]。

收稿日期: 2019-12-09; 修回日期: 2020-02-11

基金项目: 国家花生产业技术体系 (CARS-13); “十三五”国家重点研发计划重点专项 (2017YFC1600900)

作者简介: 杨博磊 (1988), 男, 助理研究员, 硕士, 研究方向为农产品质量与安全 (E-mail) yanbo856@163.com。

通信作者: 刘 阳, 研究员, 博士生导师 (E-mail) liuyang@hotmail.com。

我国是世界第一大花生生产国, 年产量达 1 700 万 t 左右, 其中 52% 左右的花生用于榨油, 约占我国自产植物油的 25%^[2]。花生油含有丰富的不饱和脂肪酸, 其中的油酸可在不破坏对健康有利的高密度脂蛋白胆固醇的同时降解对健康有害的总胆固醇和低密度脂蛋白胆固醇^[3], 同时油酸还具有提高自身免疫力、预防肥胖、抗炎症、预防衰老、预防动脉粥样硬化等作用^[4-5], 但花生油存在的安全问题不容忽视。

目前, 花生油存在的主要安全问题为黄曲霉毒素 B₁ (AFB₁) 超标。王君等^[6]通过对我国部分食品

中 AFB₁ 监测发现,花生为 AFB₁ 污染的主要原料。AFB₁ 是由黄曲霉和寄生曲霉产生的有毒次级代谢产物,具有很强的致癌性、致畸性和致突变性^[7]。AFB₁ 的主要靶器官是肝脏,摄入 AFB₁ 可引起肝炎、肝硬化,严重时甚至引发肝癌^[8],被世界卫生组织国际癌症研究机构划定为最强致癌物之一^[9]。圆弧偶氮酸(Cyclopiiazonic acid, CPA)是由黄曲霉产生的另一种有毒代谢产物,早在 1985 年 Rao 等^[10]就报道了由 CPA 引起的人类真菌毒素中毒的安全问题。CPA 可引起大鼠的肝、肾脏及免疫系统损伤。由于 CPA 与黄曲霉毒素(AFT)同时存在,CPA 的毒性往往被 AFT 中毒掩盖,未能引起人们的重视^[11-12]。目前,国内外对 CPA 的致病性研究尚未成熟,相关组织尚未颁布 CPA 限量标准。

本文从全国 12 省 20 市小作坊生产的土榨花生油及市售品牌花生油开展花生油 AFB₁ 和 CPA 含量分析,以了解不同地区土榨花生油和不同品牌花生油中真菌毒素污染情况,为花生油安全监督提供科学依据,为群众理性选择花生油提供参考。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1.1.1 原料与试剂

2018 年 10—12 月在全国 12 省 20 市共采集土榨花生油 126 份,从商城购买品牌花生油 27 份。样品采集后 4℃ 保存,采样后 1 月内完成 AFB₁ 和 CPA 含量检测。

甲醇和乙腈,色谱纯,美国 Fisher 公司; AFB₁ 和 CPA 标准品,青岛普瑞邦生物工程有限公司; PBS 缓冲液,北京索莱宝科技有限公司;黄曲霉毒素免疫亲和柱,中检环贸生物技术(北京)有限公司;碳酸氢钠、正己烷、氯化钾、盐酸、氯仿、乙酸铵等,均为分析纯。

1.1.2 仪器与设备

安捷伦 1260 高效液相色谱仪,美国 Agilent 公司; Genius 3 涡旋混合器,德国 IKA 公司; HF2500 光化学衍生器,北京华安麦科生物技术有限公司; Angel 氮吹仪,杭州奥盛仪器有限公司; 高速离心机,美国 Sigma 公司; YP3002 电子天平,上海越平科学仪器有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 花生油中 AFB₁ 和 CPA 提取及测定

1.2.1.1 AFB₁ 的提取及测定

根据 GB 5009.22—2016《食品安全国家标准 食品中黄曲霉毒素 B 族和 G 族的测定》做适当调整。称取 5 g 花生油样品于 50 mL 离心管中,加入 15 mL 84% 乙腈,涡旋混匀,置于超声波中超声 30 min,滤纸过滤收集滤液,备用。取 2 mL 提取液利用黄曲霉毒素免疫亲和柱提取 AFB₁,用 0.5 mL 甲醇洗脱 AFB₁ 两次,氮吹仪吹干,用 1 mL 70% 甲醇复溶,过 0.22 μm 滤器,收集滤液于液相瓶中,待高效液相色谱仪检测 AFB₁ 含量。HPLC 条件: Agilent TC-C18 色谱柱(4.6 mm × 250 mm, 5 μm),柱温 30℃; 流动相为 70% 甲醇,流速 1 mL/min; 进样量 20 μL; 激发波长 360 nm,发射波长 440 nm; 配备光化学衍生器。

1.2.1.2 CPA 的提取及测定

取 5 g 花生油样品,加入 20 mL 甲醇-2% 碳酸氢钠水溶液(体积比 7:3),大于 200 r/min 振荡 30 min,取出 10 mL 溶液至分液漏斗,并加入 20 mL 正己烷萃取,振荡分层后弃去正己烷层,随后加入 10 mL 10% 氯化钾溶液,混合均匀后加入 0.4 mL 6.0 mol/L 盐酸溶液酸化,用 10 mL 氯仿提取两次 CPA,收集氯仿层,取 1 mL 用氮气吹干后复溶于 1.0 mL 乙腈-0.05 mol/L 乙酸铵水溶液(体积比 8:2, pH=5),用高效液相色谱仪检测 CPA 含量^[13]。HPLC 条件: Agilent TC-C18 色谱柱(4.6 mm × 250 mm, 5 μm),柱温 30℃; 流动相为乙腈-0.05 mol/L 乙酸铵水溶液(体积比 8:2, pH=5),流速 0.6 mL/min,进样量 20 μL; 检测波长 284 nm。

1.2.2 数据处理

根据 GB 2761—2017《食品安全国家标准 食品中真菌毒素限量》规定,花生油样品中 AFB₁ 含量大于 20 μg/kg,视为超标;由于我国尚未颁布 CPA 限量标准,因此本次调查只做检出分析。采用 Excel 2010 和 SPSS 17 统计软件分析数据。

2 结果与讨论

2.1 花生油中真菌毒素总体污染情况(见表 1)

表 1 153 份花生油样品中真菌毒素污染情况

毒素种类	含量范围/ (μg/kg)	中位数/ (μg/kg)	阳性样品 (份)	检出率/%	超标样品 (份)	超标率/%
AFB ₁	1.12 ~ 55.63	5.96	56	36.60	14	9.15
CPA	24.28 ~ 1 054.21	299.01	9	5.88	-	-

注: AFB₁ 检出限为 1 μg/kg, CPA 检出限为 10 μg/kg。

由表1可知:153份花生油样品中,56份样品检出 AFB_1 ,检出率为36.60%,含量范围为1.12~55.63 $\mu\text{g}/\text{kg}$,中位数为5.96 $\mu\text{g}/\text{kg}$,14份样品检出 AFB_1 超标,超标率为9.15%;9份样品检出CPA,检出率为5.88%,含量范围为24.28~1054.21 $\mu\text{g}/\text{kg}$,中位数为299.01 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。国内学者针对不同地区花生油 AFB_1 污染也开展了一系列调查。徐文静等^[14]对四川、广西、云南等8省216份花生油 AFB_1 污染进行调查,结果显示 AFB_1 的检出率为57.41%,超标率为11.57%。殷国英等^[15]对广东惠州126份花生油 AFB_1 污染进行调查,发现 AFB_1 检出率达88.1%,超标率为11.9%。周子焱等^[16]对浙江省345份花生油进行 AFB_1 监测,发现 AFB_1 检

出率为5.2%,未检测到 AFB_1 超标样品。何建忠等^[17]对广西贵港市459份花生油 AFB_1 进行监测,发现 AFB_1 检出率达12.9%,超标率为6.8%。骆建祥等^[18]对福建惠安县花生油 AFB_1 进行监测,发现 AFB_1 超标率为13.2%。何景等^[19]对北京市食用油 AFB_1 进行监测,发现花生油中 AFB_1 检出率为26.67%。综上所述,我国各地均存在花生油 AFB_1 污染情况,形势不容乐观,应引起监管部门重视。由于国家尚未颁布CPA限量标准,国内尚未开展花生油中CPA监测,但其对器官、神经系统、免疫系统同样存在较强毒性,仍需引起关注。

2.2 不同类别花生油中真菌毒素污染情况(见表2)

表2 不同类别花生油中真菌毒素污染情况

花生油	样品数 (份)	AFB_1				CPA	
		阳性样品(份)	检出率/%	超标样品(份)	超标率/%	阳性样品(份)	检出率/%
土榨花生油	126	56	44.44	14	11.11	9	7.14
品牌花生油	27	0	0	0	0	0	0

由表2可知:56份土榨花生油检出 AFB_1 ,检出率为44.44%,14份土榨花生油 AFB_1 超标,超标率为11.11%,9份土榨花生油检出CPA,检出率为7.14%;品牌花生油中未检出 AFB_1 和CPA。土榨花生油 AFB_1 和CPA污染情况显著高于品牌花生油。宋博才^[20]对部分市售品牌花生油和土榨花生油品质调查发现,品牌花生油质量合格,而土榨花生油 AFB_1 含量超标率较高。陈涛^[21]对福建省市售品牌花生油和土榨花生油黄曲霉毒素污染监测发现,土榨花生油黄曲霉毒素含量均高于品牌花生油。刘辉等^[22]研究发现,土榨花生油 AFB_1 超标率高于品牌

花生油。土榨花生油一般都为小作坊或者非正规厂家生产,储藏加工环境较差,容易引起花生黄曲霉菌生长并产生毒素,同时由于小作坊加工工艺比较落后,生产人员技术水平相对较低,缺乏去除黄曲霉毒素的加工工艺,因此造成了土榨花生油黄曲霉毒素污染严重的情况。监管部门应加强花生黄曲霉毒素防控宣传,提高加工人员安全意识,加强监管力度,避免黄曲霉毒素污染花生油流入市场。

2.3 不同地区土榨花生油中 AFB_1 污染情况(见表3)

表3 不同地区土榨花生油中 AFB_1 污染情况

采样地	样品数 (份)	阳性样品 (份)	检出率/%	超标样品 (份)	超标率/%	检出范围/ ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
河南	29	16	55.17	4	13.79	1.40~35.14
福建	22	14	63.64	1	4.55	1.28~51.12
广西	15	8	53.33	5	33.33	7.75~55.63
山东	15	6	40.00	1	6.67	1.12~43.00

由表3可知,河南、福建、广西和山东土榨花生油 AFB_1 污染较为严重,检出率分别为55.17%、63.64%、53.33%和40.00%,且均检出 AFB_1 超标样品,4个省份土榨花生油中 AFB_1 检出最高值达到国标限值的1.76~2.78倍,其中广西检出土榨花生油中 AFB_1 最高含量为55.63 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。田洪芸等^[23]对山东地区土榨花生油进行监测发现, AFB_1 检出率达80.00%,超标率为19.10%。卢宇芳等^[24]对广西地

区植物油中 AFB_1 进行监测发现,土榨花生油中 AFB_1 超标率为18.18%。林强等^[25]对福州市小作坊花生油进行 AFB_1 污染情况分析发现, AFB_1 超标率达66.1%。以上研究表明各地土榨花生油 AFB_1 污染严重。本调查研究发现,全国各地花生油 AFB_1 污染不容乐观,河南、山东、广西和福建更为严重。分析其原因可能为:河南、山东两省为花生种植大省,原料储藏充足,而小作坊环境卫生及通风情况较

差,容易造成黄曲霉菌生长和产毒;广西、福建两地气候湿热,更易造成黄曲霉毒素污染。

2.4 不同地区土榨花生油中 CPA 污染情况(见表 4)

表 4 不同地区土榨花生油中 CPA 污染情况

采样地	样品数 (份)	阳性样品 (份)	检出率/ %	检出范围/ ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
湖北	14	3	21.43	25.41 ~ 799.08
湖南	8	2	25.00	79.39 ~ 1 054.21
山西	5	1	20.00	1 015.39
山东	15	1	6.67	24.28
广西	15	1	6.67	812.65
福建	22	1	4.55	299.01

由表 4 可知,湖北、湖南、山西、山东、广西和福建 6 省土榨花生油中均检出 CPA,检出率分别为 21.43%、25.00%、20.00%、6.67%、6.67% 和 4.55%。土榨花生油中 CPA 最高检出含量为 1 054.21 $\mu\text{g}/\text{kg}$,最低检出含量为 24.28 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。土榨花生油中 CPA 的污染情况远轻于 AFB₁,仅个别省份少量检出,检出率最高的为湖南,检出率为 25.00%,检出份数为 2 份;湖北检出率为 21.43%,检出份数为 3 份;其他省仅检出 1 份。Oliveira 等^[26]研究了巴西圣保罗市的牛奶中黄曲霉毒素 M₁ (AFM₁)和 CPA 的污染情况,发现牛奶中 AFM₁的检出率为 77.1%,而 CPA 的检出率远低于 AFM₁,仅为 4.2%,此结果与本研究结果类似。目前,国内外对花生产品中 CPA 的污染调查以及 CPA 和 AFB₁污染相关性研究较少。本次研究发现土榨花生油中 AFB₁污染与 CPA 污染无显著相关性。

3 结论

通过对我国土榨花生油及市售品牌花生油中 AFB₁和 CPA 污染调查发现:品牌花生油未检出 AFB₁和 CPA 污染;土榨花生油存在真菌毒素污染安全隐患,AFB₁检出率为 44.44%,超标率为 11.11%,CPA 检出率为 7.14%,其中河南、福建、广西和山东土榨花生油 AFB₁污染严重,个别省份土榨花生油检出 CPA 污染。土榨花生油一般由小作坊生产,小作坊卫生环境相对较差,防霉防潮措施不到位,容易引起花生黄曲霉毒素污染。为全面提高土榨花生油质量安全,建议监管部门加大对花生原料及土榨花生油生产、流通环节的监管,加大对黄曲霉毒素危害的宣传力度,加强对花生油加工作坊生产人员安全培训。本次污染调查虽在各省市采集样品较少,覆盖不够全面,但在一定程度上能够体现我国土榨花生油和品牌花生油的质量状况。

参考文献:

- [1] 王佳雅,尚艳娥,王利丹,等. 2014—2016 年北京市市售食用植物油质量调查分析[J]. 中国油脂,2018, 43(6): 85-89.
- [2] 周凯,徐振林,曾庆中,等. 花生(油)中黄曲霉毒素的污染、控制与消除[J]. 中国食品学报,2018, 18(6):229-239.
- [3] STEPHENS A M, DEAN L L, DAVIS J P, et al. Peanuts, peanut oil, and fat free peanut flour reduced cardiocascular disease risk factors and development of atherosclerosis in Syrian golden hamsters[J]. J Food Sci, 2010, 75(4): 116-122.
- [4] SALES - CAMPOS H, REIS DE SOUZA P, CREMA PEGHINI B, et al. An overview of the modulatory effects of oleic acid in health and disease[J]. Mini Rev Med Chem, 2013, 13(2): 201-210.
- [5] VASSILIOU E K, GONZALEZ A, GARCIA C, et al. Oleic acid and peanut oil high in oleic acid reverse the inhibitory effect of insulin production of the inflammatory cytokine TNF - α both in vitro and in vivo systems[J]. Lipids Health Dis, 2009, 8(1): 25.
- [6] 王君,刘秀梅. 部分市售食品中总黄曲霉毒素污染的监测结果[J]. 中华预防医学杂志,2006, 40(1):33-37.
- [7] MACHINSKI M, VALENTE - SOARES L M, SAWAZAKI E, et al. Aflatoxins, ochratoxin A and zearalenone in Brazilian corn cultivars[J]. J Sci Food Agric, 2001, 81(10):1001-1007.
- [8] BUTLER W H. Review of the toxicology of aflatoxin[J]. Control Mycotoxin, 1973, 35(3): 217-222.
- [9] International Agency for Research on Cancer. Some traditional herbal medicines, some mycotoxins, naphthalene and styrene aflatoxins[J]. IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum, 2002, 82:1-556.
- [10] RAO B L, HUSAIN A. Presence of cyclopiazonic acid in kodo millet (*Paspalum scrobiculatum*) causing 'kodua poisoning' in man and its production by associated fungi [J]. Mycopathologia, 1985, 89(3):177-180.
- [11] HILL J E, LOMAX L G, GOLE R J, et al. Toxicological and immunologic effects of sublethal doses of cyclopiazonic acid in rat [J]. Am J Vert Res, 1986, 47(5):1174-1177.
- [12] WIDIASTUTI R, MARYAM R, BLANEY B J, et al. Cyclopiazonic acid in combination with aflatoxins, zearalenone and ochratoxin A in Indonesian corn [J]. Mycopathologia, 1988, 104(3):153-156.
- [13] ZORZETE P, BAQUIAO A C, ATAYDE D D, et al. Mycobiota, aflatoxins and cyclopiazonic acid in stored peanut cultivars [J]. Food Res Int, 2013, 52(1):380-386.
- [14] 徐文静,刘丹,韩小敏,等. 2015 年我国部分地区市售食用植物油中黄曲霉毒素污染调查[J]. 中国食品卫生杂志,2018, 30(1):63-68.

(下转第 53 页)

食用油、油脂及其制品的质量安全风险分析与监管对策研究

王赛楠, 郭立净, 智文莉, 高天蓝星, 郭毅

(河南省口岸食品检验检测所, 郑州 450003)

摘要:通过汇总分析国家市场监督管理总局发布的食用油、油脂及其制品监督抽检结果, 探讨2016—2018年我国食用油、油脂及其制品的安全现状、存在的风险及对策。结果显示:我国食用油、油脂及其制品的安全形势良好, 2016—2018年整体合格率为99.14%, 但仍存在质量指标不合格、黄曲霉毒素污染、重金属污染等食品安全风险, 监管部门与生产经营企业应共管、共治、共建, 共同营造良好的食品安全环境。

关键词:食用油; 油脂及其制品; 食品安全形势; 监督抽检; 质量指标; 监管对策

中图分类号: TS225; TS201.6 文献标识码: A 文章编号: 1003-7969(2020)09-0038-06

Risk analysis and supervision countermeasure on quality safety of edible oils, oils and fats, and their products

WANG Sainan, GUO Lijing, ZHI Wenli, GAO Tianlanxing, GUO Yi

(Food Inspection and Testing Institute of Henan Province, Zhengzhou 450003, China)

Abstract: By summarizing and analyzing the data of supervision and random inspection of edible oils, oils and fats, and their products released by the State Administration of Market Supervision and Administration, the safety status, risks and countermeasures of edible oils, oils and fats, and their products in China from 2016 to 2018 were discussed. The results showed that the safety situation of edible oils, oils and fats, and their products in China was good. The overall qualified rate was 99.14% in 2016—2018, but there were still food safety risks such as unqualified quality indicators, aflatoxin pollution, and heavy metal pollution and so on. The regulatory authorities and enterprises should work together to build better environment of food safety by co-management, co-governance, and co-construction.

Key words: edible oils; oils and fats, and their products; food safety situation; supervision and random inspection; quality indicator; supervision countermeasure

近年来,食品安全监督抽检监测工作成为食品安全监管的重要技术支撑^[1],《“十三五”国家食品安全规划》^[2]更是将食品安全抽检情况列为食品安全工作考核的重点内容。食用油、油脂及其制品是人们生活必需的消费品,为人体提供热能和必需脂肪酸,促进脂溶性维生素的吸收。随着人民生活水平日益提高,人们对食用油、油脂及其制品的需求呈

升高趋势,当前我国人均食用油年消费量约27 kg^[3]。食用油、油脂及其制品的食品安全问题也逐渐成为人们关注的焦点。近年来各地不断有关于食用油、油脂及其制品的抽检数据的发布信息^[4-7],也有部分对食用油、油脂及其制品的质量安全分析^[8-11],但食用油、油脂及其制品品种丰富、原料来源广泛、加工工艺多样化,难以对我国食用油、油脂及其制品的食品安全现状进行分析了解。

本文对2016—2018年国家市场监督管理总局发布的食品安全监督抽检数据^[12]进行归类汇总,挖掘数据间的内在规律与关联模式,分析我国食用油、油脂及其制品安全现状,发现不同品种、不同产地食

收稿日期:2019-12-19;修回日期:2020-04-17

作者简介:王赛楠(1992),女,助理工程师,研究方向为食品检验检测(E-mail)1375832017@qq.com。

通信作者:郭毅,主任药师(E-mail)18637182515@163.com。

用油、油脂及其制品中存在的安全风险,以掌握我国食用油、油脂及其制品的安全形势,为食用油、油脂及其制品的监管提供科学依据,为生产经营企业提供数据参考。

1 材料与方法

1.1 数据来源

本研究数据来源为国家市场监督管理总局发布的关于“食用油、油脂及其制品”的食品安全监督抽检通告,选取2016—2018年的通告附件中的样品信息作为本研究的基础数据。

1.2 统计方法

使用 Excel 和 SPSS 软件按照构成比、不合格

率、不合格项次占比等统计量对抽检结果进行分析,各统计量采用 χ^2 检验进行比较,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果与讨论

2.1 监督抽检结果分析

2016—2018年国家累计公布食用油、油脂及其制品相关的食品安全监督抽检公告57期,共计抽检4 627批次,其中合格的样品为4 587批次,合格率为99.14%,远高于国家食品总体合格率97.6%^[13];不合格的样品为40批次,不合格率为0.86%。经 χ^2 检验,3个年度间的合格率差异无统计学意义($\chi^2 = 1.33, P = 0.51$)。详见表1。

表1 2016—2018年全国食用油、油脂及其制品抽检结果

年份	总批次数	合格批次数	不合格批次数	合格率/%	不合格项目
2016	1 441	1 430	11	99.24	过氧化值、酸价、黄曲霉毒素 B ₁ 、 苯并[a]芘、溶剂残留量、铅、反式 脂肪酸(C18:1t)
2017	1 507	1 496	11	99.27	
2018	1 679	1 661	18	98.93	
合计	4 627	4 587	40	99.14	

2.1.1 按品种统计分析(见表2)

由表2可见:核桃油、葡萄籽油、米糠油、芝麻油、棕榈油、棉籽油、食用油脂制品连续3年抽检合格率均为100%;南瓜籽油、紫苏籽油、煎炸过程用

油分别在2017、2017、2016年各抽检1批次,结果均为合格;火麻油在2017、2018年共抽检2批次,1批次不合格;食用动物油脂、茶籽油、亚麻籽油、菜籽油、花生油合格率低于整体合格率。

表2 食用油、油脂及其制品不同品种统计分析结果

品种	抽检总批次数				合格批次数				合格率/%			
	2016年	2017年	2018年	合计	2016年	2017年	2018年	合计	2016年	2017年	2018年	合计
大豆油	203	259	159	621	202	257	157	616	99.51	99.23	98.74	99.19
花生油	303	112	178	593	300	111	175	586	99.01	99.11	98.31	98.82
菜籽油	224	284	302	810	223	281	296	800	99.55	98.94	98.01	98.77
玉米油	130	124	191	445	130	123	191	444	100	99.19	100	99.78
橄榄油	64	108	88	260	63	107	88	258	98.44	99.07	100	99.23
亚麻籽油	26	42	67	135	24	41	65	130	92.31	97.62	97.01	96.30
核桃油	1	4	1	6	1	4	1	6	100	100	100	100
葵花籽油	83	131	135	349	82	131	135	348	98.80	100	100	99.71
葡萄籽油	7	19	16	42	7	19	16	42	100	100	100	100
南瓜籽油	-	1	-	1	-	1	-	1	-	100	-	100
紫苏籽油	-	1	-	1	-	1	-	1	-	100	-	100
茶籽油	29	40	35	104	28	38	34	100	96.55	95.00	97.14	96.15
米糠油	7	33	12	52	7	33	12	52	100	100	100	100
芝麻油	42	38	163	243	42	38	163	243	100	100	100	100
棕榈油	4	7	2	13	4	7	2	13	100	100	100	100
棉籽油	4	3	2	9	4	3	2	9	100	100	100	100
火麻油	-	1	1	2	-	1	0	1	-	100	0	50
调和油	302	262	293	857	301	262	292	855	99.67	100	99.66	99.77
食用油脂制品	6	21	7	34	6	21	7	34	100	100	100	100
食用动物油脂	-	4	27	31	-	4	25	29	-	100	92.59	93.55
煎炸过程用油	1	-	-	1	1	-	-	1	100	-	-	100
其他	5	13	-	18	5	13	-	18	100	100	-	100
合计	1 441	1 507	1 679	4 627	1 430	1 496	1 661	4 587	99.24	99.27	98.93	99.14

注:“-”表示未抽检。

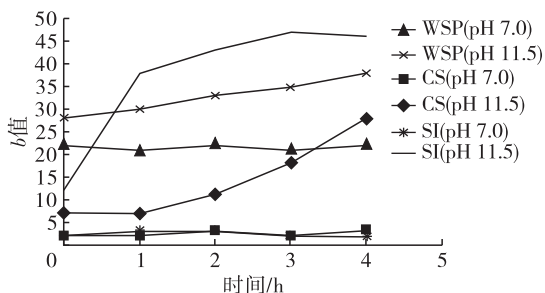


图6 中性和碱性条件下,SI、CS 和 WSP 溶液 b 值随时间的变化

由图6可以看出,随着时间的延长,中性条件下大豆异黄酮、酪蛋白酸钠溶液和大豆乳清蛋白溶液 b 值几乎不变化,说明中性条件下3种溶液的黄色变化较小。碱性条件下,随着时间的延长大豆异黄酮、酪蛋白酸钠溶液和大豆乳清蛋白溶液的 b 值都呈现增加的趋势,其中大豆异黄酮溶液在1 h内, b 值升高最快,之后呈平稳状态,增加较小,大豆乳清蛋白溶液 b 值一直呈现出较稳定的增势,酪蛋白酸钠溶液 b 值前期增加较慢,后期增加较快。分析原因:主要是大豆异黄酮在碱性条件下发生显色反应转变较快,很快就达到了平稳期;蛋白更易在碱性条件下变旋和水解,因此酪蛋白酸钠溶液在碱性条件下颜色增加更快;而大豆乳清蛋白溶液的初始 b 值高,主要是其含有的大豆异黄酮在碱性条件下的显色反应造成的,之后大豆乳清蛋白溶液 b 值增加介于大豆异黄酮溶液和酪蛋白酸钠溶液之间,说明大豆乳清蛋白溶液的黄色变化受大豆异黄酮和蛋白双重作用的影响。

3 结论

实验证明大豆异黄酮及其在碱性环境下的显色反应是造成大豆乳清蛋白呈现黄色的关键因素,而

羰氨反应是乳清蛋白溶液变红的重要影响因素。因此,如何经济高效地处理大豆异黄酮,避免羰氨反应是控制大豆乳清蛋白颜色的关键。实验证明,通过低 pH 控制能够有效避免大豆异黄酮的显色反应,同时低 pH 能够降低羰氨反应速度,降低蛋白的变旋和水解概率,保证大豆乳清蛋白中的大豆异黄酮不发生构象转变,避免蛋白变旋和水解产生的颜色变化,有效控制大豆乳清蛋白溶液的黄色。缩短加工时间是控制颜色变红和变黄的重要控制点。除此之外,大豆异黄酮的脱除及保护和羰氨反应的抑制将是大豆乳清蛋白颜色控制的研究方向。

参考文献:

- [1] 张倩瑶,华欲飞. 大豆糖蜜提取物中异黄酮和皂苷的分离纯化[J]. 中国油脂,2013,38(9):68-70.
- [2] 孙晓燕,张志国. 大豆活性肽露那辛的研究进展[J]. 粮食与油脂,2015,28(12):4-7.
- [3] 姜闪,张志国. 大豆乳清废水提取脂肪氧合酶对面条加工特性的影响[J]. 食品科学,2019,40(14):48-53.
- [4] 任方林,杨玥熹,陈业明,等. 大豆乳清蛋白及其糖基化产物体外模拟胃肠消化特性研究[J]. 中国油脂,2016,41(9):18-23.
- [5] 刘国庆,朱翠萍. 大孔树脂对大豆乳清废水中异黄酮的吸附特性研究[J]. 离子交换与吸附,2003,19(3):229-234.
- [6] 杨俊杰,吕平. 天然药物化学[M]. 北京:化学工业出版社,2018:116-118.
- [7] 吴惠玲,王志强,韩春,等. 影响美拉德反应的几种因素研究[J]. 现代食品科技,2010,26(5):441-444.
- [8] 张英君,陈有亮,董雅芳. 碱处理引起蛋白质的变旋和赖丙复合物的生成[J]. 肉类工业,2001(2):30-35.
- [9] 李倩倩,王艳,罗旭,等. 大豆低聚糖及其降血脂作用研究进展[J]. 核农学报,2017(9):1788-1793.
- [10] 李倩倩,王艳,罗旭,等. 大豆低聚糖及其降血脂作用研究进展[J]. 核农学报,2017(9):1788-1793.
- [11] 李倩倩,王艳,罗旭,等. 大豆低聚糖及其降血脂作用研究进展[J]. 核农学报,2017(9):1788-1793.
- [12] 李倩倩,王艳,罗旭,等. 大豆低聚糖及其降血脂作用研究进展[J]. 核农学报,2017(9):1788-1793.
- [13] 李倩倩,王艳,罗旭,等. 大豆低聚糖及其降血脂作用研究进展[J]. 核农学报,2017(9):1788-1793.
- [14] 李倩倩,王艳,罗旭,等. 大豆低聚糖及其降血脂作用研究进展[J]. 核农学报,2017(9):1788-1793.
- [15] 殷国英,刘思超,廖灵灵. 植物油中黄曲霉毒素 B_1 的污染状况调查分析[J]. 预防医学情报杂志,2017,33(6):593-596.
- [16] 周子焱,邢家溧,应璐,等. 食用植物油中黄曲霉毒素 B_1 调查分析[J]. 中国油脂,2017,42(12):66-69.
- [17] 何建忠,郭秀蓉,吴胜. 459份花生油中黄曲霉毒素 B_1 检测结果分析[J]. 应用预防医学,2007,13(2):127.
- [18] 骆建祥,张式金. 1990—1992年惠安县花生油黄曲霉毒素 B_1 的监测[J]. 中国卫生监督杂志,1995,2(3):49-50.
- [19] 何景,杨丹. 北京市地区小包装食用油中真菌毒素污染状况调查[J]. 中国油脂,2019,44(6):79-82.
- [20] 宋博才. 部分市售花生油品质的检测[J]. 农产品加工,2016(4):35-36,39.
- [21] 陈涛. 福建省2016年市售花生油黄曲霉毒素污染监测[J]. 海峡预防医学杂志,2017,23(5):75-77.
- [22] 刘辉,张燕,熊波,等. 食用油中黄曲霉毒素 B_1 的污染调查[J]. 广东化工,2015,42(4):29-30.
- [23] 田洪芸,王爱竹,冯炜,等. 市售土榨花生油黄曲霉毒素监测结果及监管建议[J]. 安徽农业科学,2016,44(11):101-102.
- [24] 卢宇芳,陈杰,刘银品. 2015年广西部分城市餐饮环节食用植物油中黄曲霉毒素 B_1 检测结果分析[J]. 应用预防医学,2018,24(4):307-308.
- [25] 林强,方黎剑,陈伟,等. 个体榨油作坊花生油产品黄曲霉毒素 B_1 污染情况分析[J]. 华南预防医学,2004,30(5):38.
- [26] OLIVEIRA C A, ROSMANINHO J, ROSIM R. Aflatoxin M_1 and cyclopiazonic acid in fluid milk traded in Sao Paulo, Brazil [J]. Food Addit Contam, 2006, 23:196-201.

(上接第37页)