

橄榄油市场行情及其与其他植物油的脂肪酸组成和微量营养成分比较

孙玉萍¹, 杨亚¹, 黄国栋¹, 刘启东¹, 龚俊¹, 伊军², 胡金华¹

(1. 中粮(东莞)粮油工业有限公司, 广东 东莞 523145; 2. 湖北润邦农业科技有限公司, 湖北 黄冈 435300)

摘要:旨在更全面、深入地理解橄榄油,对2010—2021年世界橄榄油的产量和消费量以及2015—2019年中国橄榄油的进口量进行了统计分析,测定不同品牌 and 不同等级市售橄榄油(特级初榨橄榄油、混合橄榄油和混合油橄榄果渣油)与9种其他植物油的脂肪酸组成和微量营养成分,并分析比较其差异。结果显示:世界橄榄油的产量和消费量常年维持在300万t左右,其中欧盟占比最大,分别为58.71%~76.68%和48.73%~62.15%;2015—2019年中国橄榄油产量仅在0.5万~0.7万t,而消费量和进口量分别达到了3.9万~5.75万t和3.86万~5.37万t;不同品牌 and 不同等级市售橄榄油的脂肪酸组成整体差异不大,但微量营养成分存在明显差异,其中特级初榨橄榄油的角鲨烯、多酚含量明显高于混合橄榄油和混合油橄榄果渣油,而混合油橄榄果渣油的甾醇和总生育酚含量最高;与一级菜籽油、一级玉米油、一级葵花籽油、一级大豆油和亚麻籽油等其他植物油比较,特级初榨橄榄油的油酸、角鲨烯和多酚含量最高,而甾醇和总生育酚含量偏低。

关键词:橄榄油;市场行情;脂肪酸组成;微量营养成分

中图分类号:TS225.1;TS201.4 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2023)03-0027-06

Market situation of olive oil and comparison of fatty acid composition and micronutrient with other vegetable oils

SUN Yuping¹, YANG Ya¹, HUANG Guodong¹, LIU Qidong¹,
GONG Jun¹, YI Jun², HU Jinhua¹

(1. COFCO(Dongguan) Grain and Oil Industry Co., Ltd., Dongguan 523145, Guangdong, China;

2. Hubei Runbang Agricultural Technology Co., Ltd., Huanggang 435300, Hubei, China)

Abstract: Aiming to gain a more comprehensive and in-depth understanding of olive oil, a statistical analysis was conducted on the production and consumption of world olive oil from 2010 to 2021, as well as the olive oil import volume of China from 2015 to 2019. The fatty acid composition and micronutrient of commercial olive oils of different brands and grades (extra virgin olive oil, blended olive oil and blended olive-pomace oil) and 9 other vegetable oils were measured, and their differences were compared and analyzed. The results showed that the production and consumption of olive oil in the world remained around 3 million tons annually, with the EU accounting for the largest proportion, ranging from 58.71% to 76.68% and 48.73% to 62.15%, respectively. The total production of olive oil in China is only 5 000-7 000 t from 2015 to 2019, with consumption and import reaching 39 000-57 500 t and 38 600-53 700 t respectively. The overall difference in fatty acid composition among commercial olive oils of different brands and grades was not significant, but there were significant differences in

micronutrient. Among them, the squalene and polyphenol contents of extra virgin olive oil was significantly higher than that of blended olive oil and blended olive-pomace oil, while the sterol and total tocopherols contents of blended olive-

收稿日期:2022-11-28;修回日期:2023-10-27

作者简介:孙玉萍(1980),女,工程师,主要从事油脂品质控制工作(E-mail)1251866712@qq.com。

通信作者:胡金华,硕士(E-mail)381039286@qq.com。

pomace oil were the highest. Compared with first grade rapeseed oil, first grade corn oil, first grade sunflower seed oil, first grade soybean oil and flaxseed oil, extra virgin olive oil had the highest contents of oleic acid, squalene and polyphenols, lower contents of sterol and total tocopherols.

Key words: olive oil; market situation; fatty acid composition; micronutrient

油橄榄属于木犀科木犀榄属常绿阔叶乔木,橄榄油是用机械压榨方法自油橄榄果实中提取的,其含有多酚、三萜烯二醇、甾醇、角鲨烯、维生素 E、类胡萝卜素及挥发性成分等多种微量成分^[1-2],享有“液体黄金”“植物油皇后”“飘香的软黄金”等美誉^[3-4]。根据加工工艺橄榄油分为初榨橄榄油、精炼橄榄油、混合橄榄油。

近年来,因具有较高的保健和美容作用,橄榄油正快速进入中国部分中高收入的家庭,橄榄油的进口量和消费量亦与日俱增,国际橄榄油理事会(IOOC)预测中国将成为世界上最大的橄榄油消费国^[5]。因此,有必要对世界橄榄油的生产、消费和贸易动向进行分析,从而明确我国油橄榄产业的发

展机遇。从市场走访情况来看,市售橄榄油最为常见的产地是西班牙和意大利,国产的相对较少。目前对橄榄油的研究主要以初榨橄榄油为主^[1],而对不同等级的橄榄油及与其他种类植物油的营养成分比较的系统性研究较少。本文对世界橄榄油产量和消费量、中国橄榄油进口量进行了统计,分析了不同品牌 and 不同等级市售橄榄油的脂肪酸组成和微量营养成分,并与几种常见植物油进行比较,以便于更全面、深入地了解橄榄油。

1 橄榄油市场行情

1.1 橄榄油生产情况

2010—2021 年世界橄榄油的产量见表 1。

表 1 2010—2021 年世界橄榄油的产量

万 t

产地	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年
阿尔巴尼亚	0.8	0.7	1.2	1.05	1.1	1.0	1.15	1.1	1.25	1.15	1.3	1.15
阿尔及利亚	6.7	3.95	6.6	4.4	6.95	8.2	6.3	8.25	9.7	12.6	7.05	9.8
阿根廷	2.0	3.2	1.7	3.0	3.0	2.4	2.4	4.5	2.8	3.0	3.0	3
克罗地亚	0.5	0.4	0.4									
埃及	0.4	0.9	1.65	2.0	1.7	1.65	3.0	3.95	4.1	4.0	3.0	2.0
伊朗	0.4	0.7	0.35	0.5	0.45	0.5	0.35	0.7	1.15	0.9	1.05	1.0
以色列	1.25	1.3	1.8	1.5	1.85	1.8	1.8	1.7	1.4	1.9	1.2	1.0
约旦	2.7	1.95	2.15	1.9	2.3	2.95	2.0	2.1	2.1	3.45	2.45	2.2
黎巴嫩	3.2	1.4	1.4	1.65	2.1	2.3	2.5	1.7	1.75	1.4	2.6	2.15
利比亚	1.5	1.5	1.5	1.8	1.55	1.8	1.6	1.8	1.6	1.7	1.65	1.65
摩洛哥	13.0	12.0	10.0	13.0	12.0	13.0	11.0	14.0	20.0	14.5	16.0	20.0
黑山	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
巴勒斯坦	2.5	1.55	1.55	1.75	2.45	2.1	2.0	1.95	1.5	3.95	1.45	2.7
突尼斯	12.0	18.2	22.0	7.0	34.0	14.0	10.0	32.5	14.0	44.0	14.0	24.0
土耳其	16.0	19.1	19.5	13.5	16.0	15.0	17.8	26.3	19.35	23.0	21.0	22.75
欧盟	220.9	239.5	146.15	248.25	143.45	232.4	175.2	218.85	226.35	192.0	205.1	197.4
乌拉圭				0.05	0.05	0.05	0.05	0.1	0.05	0.25	0.05	0.2
沙特阿拉伯	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
澳大利亚	1.8	1.55	0.95	1.35	1.95	2.0	2.1	2.1	2.0	0.85	2.3	1.95
智利	1.6	2.15	1.5	1.5	1.85	1.75	2.0	2.2	1.85	2.0	2.05	2.1
中国					0.25	0.5	0.5	0.6	0.55	0.7	0.75	0.8
美国	0.4	0.4	0.4	1.2	0.5	1.4	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.55
叙利亚	18.0	19.8	17.5	18.0	10.5	11.0	11.0	10.0	15.4	11.8	11.5	10.55
总量	306.00	330.60	238.65	323.75	244.35	316.15	254.60	336.35	328.85	325.10	299.45	308.30

注:数据来源于国标油橄榄理事会网站(<https://www.internationaloliveoil.org/what-we-do/economic-affairs-promotion-unit/#figures>)。下同

由表1可知,2010—2021年世界橄榄油的总产量基本维持在300万t左右,产地主要集中在欧盟,占总产量的58.71%~76.68%,少部分集中在阿尔及利亚、摩洛哥、突尼斯、土耳其和叙利亚,占总产量

的17.27%~32.57%,而中国的产量仅在0.25万~0.8万t,占总产量的0.10%~0.26%。

1.2 橄榄油消费情况

2010—2021年世界橄榄油的消费量见表2。

表2 2010—2021年世界橄榄油的消费量

万t

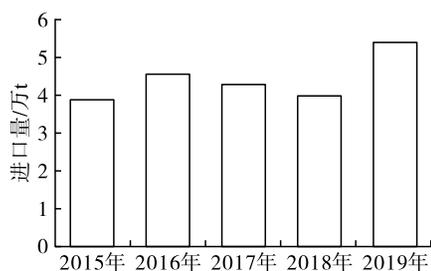
消费地	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年
阿尔巴尼亚	0.9	0.8	1.3	1.15	1.25	1.15	1.3	1.25	1.35	1.3	1.45	1.3
阿尔及利亚	5.9	4.25	6.05	4.85	6.5	8.0	6.7	8.25	9.2	11.5	8.0	9.7
阿根廷	0.55	0.6	0.6	0.65	0.65	0.75	0.75	0.8	0.75	0.75	0.75	0.75
克罗地亚	0.7	0.6	0.6									
埃及	0.5	0.75	1.2	1.85	2.0	1.65	2.2	4.0	4.5	4.3	3.0	2.05
格鲁吉亚									0.05	0.05	0.05	0.05
伊朗	0.75	1.1	0.85	1.0	0.9	1.05	0.8	1.05	1.45	1.1	1.25	1.2
伊拉克	0.6	0.6	0.6	0.6	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
以色列	1.7	1.55	1.95	2.0	2.0	2.0	2.1	2.1	2.5	2.8	2.5	2.3
约旦	2.0	1.7	2.0	2.5	2.2	2.9	1.9	2.2	2.1	3.4	2.15	1.9
黎巴嫩	2.0	2.0	2.0	1.8	1.8	1.8	2.0	2.0	1.1	0.75	2.0	1.55
利比亚	1.5	1.5	1.5	1.5	1.55	1.8	1.65	1.8	1.65	1.7	1.6	1.6
摩洛哥	10.0	12.2	12.9	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	15.0	14.0	14.0	15.0
黑山	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
乌兹别克斯坦										0.05	0.05	0.05
巴勒斯坦	1.6	1.35	1.35	1.5	1.7	1.7	1.5	1.5	1.25	1.7	1.6	1.65
突尼斯	3.0	3.5	4.0	3.7	3.0	3.5	2.1	4.0	4.0	3.8	3.0	3.0
土耳其	13.1	15.0	15.0	10.5	12.5	11.6	15.0	17.65	16.3	17.0	16.0	17.0
欧盟	186.65	179.0	162.1	173.1	160.45	166.0	140.2	159.5	150.85	152.0	147.65	150.5
乌拉圭				0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.2	0.2	0.15	0.15
沙特阿拉伯	1.5	1.6	2.1	2.2	2.5	2.5	2.8	3.35	3.75	4.15	3.3	3.35
澳大利亚	4.4	4.0	3.7	3.7	3.7	4.2	4.5	4.8	5.0	4.25	5.3	5.0
巴西	6.15	6.8	7.3	7.25	6.65	5.0	5.95	7.65	8.6	10.4	10.65	10.95
加拿大	4.0	3.95	3.7	4.05	3.75	4.1	3.95	4.7	4.65	5.75	5.8	6.5
智利	1.0	1.3	0.6	0.5	0.6	0.55	0.6	0.75	0.9	0.85	0.9	0.8
中国	2.95	4.0	3.9	3.2	3.35	3.9	4.4	4.4	5.15	5.75	5.3	6.05
美国	27.5	30.0	28.7	30.15	29.5	32.1	31.5	31.5	35.1	40.25	38.9	40.1
日本	3.55	4.3	5.1	5.4	5.9	5.35	5.45	5.55	6.9	6.95	5.9	6.0
墨西哥	1.0	1.15	1.4	1.4	1.55	1.45	1.4	1.5	1.5	1.7	1.75	1.45
挪威	0.3	0.3	0.35	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.45	0.4	0.4
俄罗斯	2.1	2.4	2.7	3.0	1.9	1.95	1.95	2.05	2.4	2.7	3.2	3.5
叙利亚	13.05	13.55	16.05	17.05	12.6	10.4	9.8	8.0	13.6	10.35	8.6	9.35
瑞士	1.3	1.35	1.35	1.35	1.4	1.45	1.45	1.45	1.5	1.8	1.55	1.5
总量	300.30	301.25	291.00	298.55	282.65	289.60	264.70	294.55	301.90	311.95	296.95	304.90

由表2可知,2010—2021年世界橄榄油的年消费量均维持在300万t左右,消费地主要集中在欧盟和美国,分别占总消费量的48.73%~62.15%和9.16%~13.15%,少部分集中在阿尔及利亚、摩洛哥、突尼斯、土耳其、澳大利亚、巴西、加拿大、日本、

叙利亚和中国,占总消费量的22.01%~29.28%,其中中国年消费量在2.95万~6.05万t,占总消费量的0.98%~1.98%,基本呈现逐年递增的趋势。

1.3 中国橄榄油进口量

2015—2019年中国橄榄油的进口量如图1所示。



注:数据来源于华经情报网(<https://www.huaon.com/detail/510071.html>)

图1 2015—2019年中国橄榄油的进口量

由图1可知,2015—2019年中国橄榄油进口量在3.86万~5.37万t。结合表1、表2可知,中国橄榄油的产量无法满足消费量的需求,基本完全依赖于国外进口。

2 橄榄油脂肪酸组成及与其他植物油的比较

参考GB 5009.168—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定》酯交换法,对不同品牌 and 不同等级橄榄油及9种其他植物油的主要脂肪酸组成及相对含量进行测定,并进行了比较,结果分别见表3、表4。

表3 不同品牌 and 不同等级橄榄油的主要脂肪酸组成及相对含量

样品	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	MUFA	PUFA	UFA
特级初榨橄榄油1	12.70	1.95	75.40	7.07	0.74	77.05	7.81	84.86
特级初榨橄榄油2	12.89	1.95	74.67	7.63	0.80	76.23	8.43	84.66
特级初榨橄榄油3	13.44	1.93	74.41	7.08	0.80	76.25	7.88	84.13
特级初榨橄榄油4	13.71	1.91	73.25	8.00	0.79	75.09	8.79	83.87
特级初榨橄榄油5	13.20	2.71	71.40	9.61	0.70	73.09	10.31	83.40
特级初榨橄榄油6	12.30	3.45	72.30	9.08	0.69	73.88	9.77	83.65
特级初榨橄榄油7	10.60	3.38	74.20	9.05	0.81	75.49	9.86	85.35
特级初榨橄榄油8	10.40	3.52	77.10	6.30	0.74	78.39	7.04	85.42
特级初榨橄榄油9	11.40	3.24	74.80	7.64	0.70	76.30	8.34	84.64
混合橄榄油	11.80	3.46	73.80	8.26	0.57	75.18	8.83	84.02
混合油橄榄果渣油	11.70	3.05	71.30	10.60	0.71	73.04	11.31	84.35

注:特级初榨橄榄油1~4产地为中国,其他橄榄油产地为西班牙;C16:0为棕榈酸,C18:0为硬脂酸,C18:1为油酸,C18:2为亚油酸,C18:3为亚麻酸,MUFA为单不饱和脂肪酸,PUFA为多不饱和脂肪酸,UFA为不饱和脂肪酸。下同

表4 橄榄油和其他植物油主要脂肪酸组成及相对含量

样品	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	MUFA	PUFA	UFA
特级初榨橄榄油($n=9$)	12.29	2.67	74.17	7.94	0.75	75.75	8.69	84.44
亚麻籽油($n=2$)	5.76	4.32	19.45	16.90	51.80	19.67	69.29	88.96
稻米油($n=5$)	16.42	1.55	41.22	36.06	1.12	42.13	38.37	80.49
芝麻油($n=1$)	9.24	5.38	39.20	43.60	0.46	39.66	44.79	84.45
一级浓香花生油($n=2$)	10.50	4.02	42.50	35.45	0.11	43.59	35.60	79.18
一级玉米油($n=3$)	12.30	1.67	27.07	56.17	0.82	27.47	57.72	85.19
一级葵花籽油($n=1$)	6.14	3.41	27.30	61.30	0.11	27.54	61.56	89.09
棕榈油(18℃)($n=1$)	35.90	4.24	42.70	14.50	0.58	43.06	15.24	58.30
一级大豆油($n=5$)	10.78	3.64	26.13	51.39	5.52	26.41	57.90	84.31
一级菜籽油($n=4$)	3.98	1.76	62.98	19.02	8.62	64.55	28.57	93.12

注: n 表示植物油的品种数,当 $n \geq 2$ 时,结果用平均值表示。下同

由表3可知,橄榄油含有丰富的油酸,而亚麻酸含量很低,特级初榨橄榄油、混合橄榄油和混合油橄榄果渣油三种不同等级橄榄油的脂肪酸组成比较接近,说明橄榄油的脂肪酸组成与其等级无明显相关性。

由表4可知,棕榈油(18℃)中饱和脂肪酸含量较高。饱和脂肪酸会提高血清总胆固醇^[6],对健康不利。特级初榨橄榄油和一级菜籽油中油酸含量丰富。油酸具有降低低密度脂蛋白胆固醇水平、预防

动脉粥样硬化作用,而且不会降低对人体有益的高密度脂蛋白胆固醇水平^[7];此外,高油酸油脂具有良好的氧化稳定性,比传统的多不饱和脂肪酸型油脂具有更好的抗氧化性能,更适合高温煎炸环境^[8]。因此,特级初榨橄榄油、一级菜籽油较一级葵花籽油、一级玉米油、一级大豆油等家庭常用烹饪油更适合作为煎炸油。一级玉米油、一级葵花籽油、一级大豆油中具有含量丰富的亚油酸,亚麻籽油中含有丰富的亚麻酸。亚油酸和亚麻酸都是人体必需

脂肪酸,对于稳定细胞膜功能、调控基因表达、维持细胞因子和脂蛋白平衡、抗心血管疾病以及促进生长发育等方面起着重要作用^[9]。

3 橄榄油的微量营养成分及与其他植物油的比较

分别采用本实验室方法、LS/T 6120—2017《粮

油检验 植物油中角鲨烯的测定 气相色谱法》、LS/T 6119—2017《粮油检验 植物油中多酚的测定 分光光度法》、文献[10]的方法测定不同品牌和等级橄榄油与9种其他植物油的甾醇、角鲨烯、多酚、生育酚含量,并进行了对比分析,结果分别见表5、表6。

表5 不同品牌和不同等级的橄榄油微量营养成分含量

样品	甾醇	角鲨烯	多酚	总生育酚	α -生育酚	$(\gamma+\beta)$ -生育酚	δ -生育酚
特级初榨橄榄油 1	2 245	5 564.90	167.95	312.33	295.10	15.40	1.83
特级初榨橄榄油 2	1 994	5 635.41	127.19	338.88	318.89	18.20	1.79
特级初榨橄榄油 3	2 230	5 910.81	100.95	383.49	353.75	27.21	2.53
特级初榨橄榄油 4	2 051	5 802.14	116.18	333.40	306.65	24.10	2.65
特级初榨橄榄油 5	2 094	4 959.90	192.04	294.79	278.50	14.30	1.99
特级初榨橄榄油 6	2 326	4 871.20	146.81	317.39	301.50	14.10	1.79
特级初榨橄榄油 7	2 517	6 202.90	248.92	351.54	320.40	29.50	1.64
特级初榨橄榄油 8	2 011	6 430.70	206.21	336.56	303.00	31.50	2.06
特级初榨橄榄油 9	3 002	4 893.60	118.92	381.35	361.00	17.90	2.45
混合橄榄油	2 202	3 077.20	20.17	206.43	189.50	15.30	1.63
混合油橄榄果渣油	4 729	658.00	6.95	393.02	382.60	8.94	1.48

表6 橄榄油和其他植物油微量营养成分含量

样品	甾醇	角鲨烯	多酚	总生育酚	α -生育酚	$(\gamma+\beta)$ -生育酚	δ -生育酚
特级初榨橄榄油($n=9$)	2 274	5 585.73	158.35	331.74	310.08	19.68	1.99
亚麻籽油($n=2$)	4 582	17.70	9.04	393.45	22.35	356.05	15.05
稻米油($n=5$)	19 087	347.98	11.99	379.40	282.42	93.50	3.48
芝麻油($n=1$)	7 659	11.40	146.47	427.00	50.40	361.50	15.10
一级浓香花生油($n=2$)	2 486	199.80	30.67	317.15	174.70	131.65	10.80
一级玉米油($n=3$)	7 755	25.17	9.86	657.73	188.07	450.17	19.50
一级葵花籽油($n=1$)	3 672	138.50	7.67	752.32	719.80	32.20	0.32
棕榈油(18℃)($n=1$)	1 273	237.30	18.92	238.80	170.00	54.40	14.40
一级大豆油($n=5$)	2 859	63.90	9.23	914.32	126.42	611.00	176.90
一级菜籽油($n=4$)	7 759	4.58	11.01	580.58	170.75	401.83	8.00

由表5可知:9种特级初榨橄榄油的甾醇、角鲨烯、多酚和总生育酚含量分别为1 994~3 002 mg/kg、4 871.20~6 430.70 mg/kg、100.95~248.92 mg/kg和294.79~383.49 mg/kg;特级初榨橄榄油的角鲨烯和多酚含量最高,混合橄榄油的总生育酚含量最低,混合油橄榄果渣油的甾醇、总生育酚含量最高,而角鲨烯、多酚含量最低。综上,不同品牌和等级的橄榄油微量营养成分存在差异。

由表6可知,稻米油、一级菜籽油、一级玉米油、芝麻油中含有丰富的甾醇,其中稻米油的甾醇含量最高,而一级大豆油、棕榈油(18℃)、一级浓香花生油、特级初榨橄榄油的甾醇含量偏低。特级初榨橄榄油的角鲨烯含量远高于其他9种植物油,一级菜籽油、一级玉米油、芝麻油、亚麻籽油中角鲨烯含量偏低。芝麻油和特级初榨橄榄油中含有丰富的多酚,其中特级初榨橄榄油的多酚含量最高,而其他植

物油的多酚含量偏低。一级菜籽油、一级大豆油、一级葵花籽油、一级玉米油中含有丰富的生育酚,其中一级大豆油的总生育酚含量最高,而棕榈油(18℃)、一级浓香花生油、特级初榨橄榄油的生育酚含量偏低;一级葵花籽油、稻米油、特级初榨橄榄油及棕榈油(18℃)的生育酚以 α -生育酚为主;一级菜籽油、一级大豆油、一级玉米油、芝麻油、亚麻籽油的生育酚以 $(\gamma+\beta)$ -生育酚为主;10种植物油均仅含有少量的 δ -生育酚。

4 结束语

2010—2021年世界橄榄油的产量和消费量均维持在300万t左右,其中欧盟占比最大,而中国橄榄油产量仅在0.25万~0.8万t。不同品牌和不同等级市售橄榄油的脂肪酸组成整体差异不大,但微量营养成分存在明显差异。与一级菜籽油、一级玉

(下转第40页)

- [43] 李春美, 窦宏亮, 陈美红, 等. 儿茶素氧化产物的分离鉴定及其抗氧化活性研究[J]. 食品科学, 2008, 29(12): 141-145.
- [44] 尧渝. 儿茶素氧化产物的分离纯化及生物活性分析[D]. 北京: 中国农业科学院, 2010.
- [45] TANAKA T, MATSUO Y, KOUNO I. A novel black tea pigment and two new oxidation products of epigallocatechin-3-O-gallate[J]. J Agric Food Chem, 2005, 53(19): 7571-7578.
- [46] SAWAI Y, MOON J H. NMR analytical approach to clarify the molecular mechanisms of the antioxidative and radical-scavenging activities of antioxidants in tea using 1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl[J]. J Agric Food Chem, 2000, 48(12): 6247-6253.
- [47] WANG Y, ZHOU S, JIANG Y R, et al. Effects of tea polyphenol palmitate on the crystallization of rice bran oil[J/OL]. J Food Eng, 2021, 292: 0279 [2023-10-07]. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110279>.
- [48] LIU C, LI J, BI Y, et al. Thermal losses of tertiary butylhydroquinone (TBHQ) and its effect on the qualities of palm oil[J]. J Oleo Sci, 2016, 65(9): 739-748.
- [49] KURECHI T, KUNUGI A. Studies on the antioxidants XIX: Photooxidation products of tertiary butyl hydroquinone (TBHQ) (II)[J]. J Am Oil Chem Soc, 1983, 60(11): 1882-1887.
- [50] 许晓兰. 叔丁基对苯二酚(TBHQ)及叔丁基对苯醌的抗氧化性与常温下油脂中TBHQ的转化规律、机理研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2019.
- [51] LI J, BI Y, YANG H, et al. Antioxidative properties and interconversion of *tert*-butylhydroquinone and *tert*-butylquinone in soybean oils[J]. J Agric Food Chem, 2017, 65(48): 10598-10603.
- [52] XU X, LIU A, HU S, et al. Synthetic phenolic antioxidants: Metabolism, hazards and mechanism of action[J/OL]. Food Chem, 2021, 353: 129488 [2023-10-07]. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129488>.
- [53] MENG X, XIA C, YE Q, et al. *Tert*-butyl-*p*-benzoquinone induces autophagy by inhibiting the Akt/mTOR signaling pathway in RAW 264.7 cells[J]. Food Funct, 2020, 11(5): 4193-4201.
- [54] KREPS F, BURCOVA Z, SCHMIDT S. Degradation of fatty acids and tocopherols to form tocopheryl quinone as risk factor during microwave heating, pan-frying and deep-fat frying[J/OL]. Eur J Lipid Sci Tech, 2017, 119(5): 0309 [2023-10-07]. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201600309>.
- [55] YE Q, MENG X H, JIANG L Z. Identification and assessment of residual levels of the main oxidation product of *tert*-butylhydroquinone in frying oils after heating and its cytotoxicity to RAW 264.7 cells[J]. Food Chem, 2018, 264: 293-300.
- [56] JONES K H, LIU J J, ROEHM J S, et al. γ -Tocopheryl quinone stimulates apoptosis in drug-sensitive and multidrug-resistant cancer cells[J]. Lipids, 2002, 37(2): 173-184.
- [57] CALVIELLO G, D NICUOLO F, PICCIONI E, et al. γ -Tocopheryl quinone induces apoptosis in cancer cells via caspase-9 activation and cytochrome c release[J]. Carcinogenesis, 2003, 24(3): 427-433.

(上接第 31 页)

米油、一级葵花籽油、一级大豆油和亚麻籽油等植物油的脂肪酸组成及微量营养成分对比发现, 特级初榨橄榄油的油酸、角鲨烯和多酚含量最高, 而甾醇、总生育酚含量偏低。

参考文献:

- [1] 李雪, 张玉, 王君虹, 等. 初榨橄榄油中多酚化合物的 UPLC-FLD 检测及其抗氧化活性研究[J]. 浙江农业学报, 2021, 33(5): 907-915.
- [2] 邓俊琳, 李旭, 王寒冬, 等. 油橄榄鲜果中多酚化合物含量测定的 HPLC 法研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2017, 45(1): 185-189.
- [3] 吴学君, 汤婷. 世界橄榄油的生产及贸易动向分析[J]. 中国油脂, 2015, 40(12): 1-6.
- [4] 李少华, 阮海健. 橄榄油的加工技术与开发利用研究[J]. 粮油加工, 2006(5): 45-47, 50.
- [5] 橄榄油市场潜力大, 中国将是世界最大的橄榄油消费国[EB/OL]. [2022-11-28]. <http://www.fjolive.com/hnd-212.html>.
- [6] 陈银基, 鞠兴荣, 周光宏. 饱和脂肪酸分类与生理功能[J]. 中国油脂, 2008, 33(3): 35-39.
- [7] 吴晶晶, 郎春秀, 王伏林, 等. 我国食用植物油的生产开发现状及其脂肪酸组成改良进展[J]. 中国油脂, 2020, 45(5): 4-10.
- [8] 秦天苍, 于新华. 加快国内食品专用煎炸油开发应用[J]. 粮油加工, 2009(4): 55-58.
- [9] 余文三. 多不饱和脂肪酸的研究概况[J]. 国外医学: 卫生学分册, 1998, 25(6): 4.
- [10] 孙玉萍, 刘启东, 杨亚, 等. 大豆油和棕榈油煎炸薯条过程品质评价[J]. 中国油脂, 2023, 48(3): 18-24.