

菜籽油中类胡萝卜素含量的影响因素及其抗氧化作用

段卓¹, 郭浩昱¹, 刘也嘉², 沈珺珺³

(1. 金健植物油有限公司, 湖南常德 415000; 2. 湖南文理学院 生命与环境科学院, 湖南常德 415000; 3. 中南林业科技大学 食品科学与工程学院, 长沙 410004)

摘要:类胡萝卜素为脂溶性化合物,在菜籽油中含量丰富。为提高菜籽油的营养价值和氧化稳定性,对菜籽油中类胡萝卜素含量的影响因素进行了分析,并对类胡萝卜素的抗氧化作用研究情况进行了综述。油菜籽品种以及加工工艺会影响菜籽油中的类胡萝卜素含量,而菜籽油中类胡萝卜素含量的提高,可以增强菜籽油的氧化稳定性。可通过转基因技术培育高类胡萝卜素含量的油菜籽品种,对油菜籽采用焙烤、微波等热处理和不脱皮的预处理方式,以及适度精炼等方法提高菜籽油中的类胡萝卜素含量。

关键词:油菜籽;菜籽油;类胡萝卜素;抗氧化

中图分类号:TS225.1;TS201.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1003-7969(2024)01-0057-04

Influence factors of carotenoid content in rapeseed and its antioxidant effect

DUAN Zhuo¹, GUO Haoyu¹, LIU Yeji², SHEN Junjun³

(1. Jinjian Vegetable Oil Co., Ltd., Changde 415000, Hunan, China; 2. School of Life and Environmental Sciences, Hunan University of Arts and Science, Changde 415000, Hunan, China; 3. College of Food Science and Engineering, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, China)

Abstract: Carotenoid is fat-soluble substance and is abundant in rapeseed oil. In order to improve the nutritional value and oxidative stability of rapeseed oil, the influence factors of carotenoid content in rapeseed oil were analyzed, and the antioxidant effect of carotenoids was reviewed. Rapeseed varieties and processing technology can affect the carotenoid content in rapeseed oil. While the increase of carotenoid content in rapeseed oil can enhance the oxidative stability of rapeseed oil. The carotenoid content in rapeseed oil can be improved by adopting transgenic technology to cultivate high carotenoid content rapeseed varieties, pretreating the rapeseed with baking, microwave heat treatment and not peeling, and moderately refining the crude oil.

Key words: rapeseed; rapeseed oil; carotenoid; antioxidant

油菜是我国重要的油料作物之一,种植面积和总产量均为世界第一,主产区为长江流域及西南、西北等地。油菜籽加工后的菜籽油是我国的主要食用

油之一,占目前国内油料作物产油量的50%以上^[1-2]。菜籽油中含有大量的油酸、亚油酸等不饱和脂肪酸,同时还含有多种微量活性物质(植物甾醇、维生素E),赋予菜籽油良好的保健效果和功能性,如增强免疫力、延缓衰老、降低心血管疾病等^[3-4];但在生产到消费的过程中,由于受温度、光照、氧气含量、水分和微生物等因素的影响,菜籽油易发生氧化酸败产生醛、酮等物质,导致油脂品质下降,营养价值降低^[5-6]。为了延缓菜籽油的氧化变质以及增强其稳定性,通常会添加适量的抗氧化剂。

收稿日期:2021-09-13;修回日期:2023-07-21

基金项目:国家自然科学基金项目(U21A20270);国家重点研发计划项目(2017YFD0400200)

作者简介:段卓(1989),男,工程师,硕士,研究方向为农产品加工(E-mail)409318977@qq.com。

通信作者:郭浩昱,工程师(E-mail)627346636@qq.com。

目前采用的抗氧化剂主要是合成抗氧化剂特丁基对苯二酚(TBHQ)、二丁基羟基甲苯(BHT)及丁基羟基茴香醚(BHA)等^[7]。随着人们健康理念意识的增强,天然抗氧化剂受到了广泛关注^[8]。

类胡萝卜素是一类天然色素的总称,由8个异戊二烯基本单元组合成的多烯链,通过共轭双键构成的一类化合物或者其含氧衍生物。油菜籽中含有丰富的类胡萝卜素,主要种类有 α -胡萝卜素、 β -胡萝卜素和叶黄素等^[9-10]。类胡萝卜素含有多个共轭双键的萜烯基团,能高效淬灭单线态氧、清除自由基的不良影响^[11-12]。类胡萝卜素属于脂溶性化合物,可以在油料加工时将类胡萝卜素最大限度地保留在菜籽油中,从而提高油脂的营养价值并增强其氧化稳定性。

目前,相比油脂中生育酚、多酚等天然抗氧化物质,关于油脂中类胡萝卜素的研究相对有限,在菜籽油中的研究更是甚少。因此,本文分析了菜籽油中类胡萝卜素含量的影响因素及其抗氧化作用,以期高效利用油菜籽、提高菜籽油营养价值和氧化稳定性提供参考。

1 菜籽油中类胡萝卜素含量的影响因素

1.1 原料品种的影响

不同品种油菜籽的类胡萝卜素含量不同。高桂珍等^[13]测定了几种油菜籽中的类胡萝卜素含量(如表1所示),结果发现,不同品种油菜籽中类胡萝卜素含量存在一定的差异,其中甘蓝型油菜籽中类胡萝卜素平均含量为1.426 mg/100 g,芥菜型油菜籽中的平均含量为3.342 mg/100 g,白菜型油菜籽中的平均含量为2.472 mg/100 g;芥菜型油菜籽中的类胡萝卜素含量高于白菜型和甘蓝型的。

表1 不同品种油菜籽的类胡萝卜素含量

油菜籽品种	类胡萝卜素/(mg/100 g)
甘蓝型	0.75 ~ 2.31
白菜型	1.98 ~ 3.06
芥菜型	1.85 ~ 5.19

杨湄等^[14]测定了50个国家油菜区试品系油菜籽压榨制取的菜籽油中的类胡萝卜素含量,结果表明, β -胡萝卜素的含量范围为0.206 ~ 0.419 mg/100 g,叶黄素的含量范围为3.609 ~ 17.007 mg/100 g,品系之间类胡萝卜素含量存在显著差异,说明在相同制油工艺条件下,油菜籽品种会影响菜籽油的类胡萝卜素含量。

研究表明,转基因技术可提高油菜籽中的类胡萝卜素含量,今后可将转基因技术和传统育种相结

合,培育出高类胡萝卜素含量的品种,从而提高菜籽油的营养价值。

1.2 加工工艺的影响

1.2.1 预处理方式的影响

研究表明,蛋白质变性以及种子内部细胞结构破坏的热诱导过程会增加油中脂溶性类胡萝卜素含量^[15]。Rekas等^[16]研究了烘烤预处理对菜籽油品质的影响,结果发现,油菜籽在80 ~ 140 °C烘烤后菜籽油中的类胡萝卜素含量增加了23% ~ 80%,且温度越高增加越多。Rekas等^[10]研究了油菜籽微波预处理后菜籽油中的类胡萝卜素含量(如表2所示),结果发现,油菜籽微波预处理对菜籽油中类胡萝卜素的含量影响显著,特别是油菜籽微波预处理6 min,菜籽油中类胡萝卜素含量最高,达到1.018 mg/100 g,微波预处理时间超过6 min后,菜籽油中的类胡萝卜素含量逐渐降低。

表2 微波时间对菜籽油中类胡萝卜素的影响

微波时间/min	类胡萝卜素含量/(mg/100 g)
0	0.514
2	0.478
4	0.895
6	1.018
8	0.940
10	0.647

Rekas等^[17]对油菜籽进行脱皮和不脱皮处理,压榨制油后测定菜籽油中的类胡萝卜素含量,结果表明,脱皮菜籽油和未脱皮菜籽油中类胡萝卜素含量分别为6.23 mg/100 g和11.64 mg/100 g,脱皮菜籽油中类胡萝卜素含量相比未脱皮菜籽油低将近50%,可见菜籽油中的类胡萝卜素一半来自于菜籽皮,一半来自于菜籽仁。因此,若要提高菜籽油中类胡萝卜素含量,需要将油菜籽进行带皮压榨。

1.2.2 制油方式的影响

一般认为低温压榨是有利于提高植物油中的营养成分含量的一种加工方式,因为热加工会对油料种子中的营养成分起到一定的破坏作用。但也有研究得出不同结论,如:Frank等^[18]比较了低温压榨油菜籽、菜籽油及菜籽饼中的类胡萝卜素含量,结果发现,菜籽油中的类胡萝卜素含量最低,这可能与制油工艺为低温压榨有关;Yang等^[19]研究了低温压榨菜籽油中类胡萝卜素含量,结果发现,低温压榨菜籽油中类胡萝卜素含量为0.5 ~ 1.5 mg/100 g;张亮等^[20]研究了四种制油工艺(低温压榨、热榨、水酶法和浸出法)对菜籽油中微量成分的影响,结果发现,水酶法制备的菜籽油中 β -胡萝卜素含量最高,达

到了0.54 mg/100 g,这是因为水酶法中酶对细胞壁有破坏作用,能够促进细胞中的 β -胡萝卜素进一步释放^[21],热榨和浸出工艺制备的菜籽油 β -胡萝卜素含量次之,且两者 β -胡萝卜素含量差别不大,而低温压榨菜籽油中的 β -胡萝卜素含量最低。

可见,适当的热加工有助于类胡萝卜素更好地溶解至菜籽油中,提高其类胡萝卜素的含量。

1.2.3 精炼的影响

原油中含有机械杂质、脂溶性杂质和水溶性杂质等,精炼的目的是去除植物油中所含固体杂质、游离脂肪酸、磷脂、胶质、蜡、色素、异味等,但是精炼也会去除植物油中的一些生物活性物质。Kreps等^[22]研究了物理精炼(脱胶、脱色、脱臭)对菜籽油中 β -胡萝卜素含量的影响,结果发现,在脱色过程中,菜籽油中 β -胡萝卜素损失最多,此工序 β -胡萝卜素含量下降了73%。Čmolík等^[23]对比了物理精炼和传统化学碱炼对菜籽油品质的影响,结果发现,物理精炼油的质量与化学精炼油的质量没有显著差异,但脱色过程使类胡萝卜素损失最大,这是由于活性白土会吸附一部分类胡萝卜素。

2 类胡萝卜素的抗氧化作用

菜籽油中的类胡萝卜素是微量活性物质,具有一定的抗氧化作用,能增强菜籽油的氧化稳定性。另外,类胡萝卜素种类不同,其抗氧化活性也不同。王绪英等^[24]研究了类胡萝卜素对DPPH自由基和羟自由基(\cdot OH)的清除作用,结果表明,随着类胡萝卜素质量浓度的升高,其对DPPH自由基和 \cdot OH的清除率升高,且其质量浓度与 \cdot OH清除率和DPPH自由基清除率呈明显正相关。云少君等^[25]以DPPH自由基、ABTS自由基清除法和磷钼络合物法研究了 β -胡萝卜素对胡麻油的抗氧化活性的影响,结果发现,随着 β -胡萝卜素添加量的提高,胡麻油抗氧化活性增强。Müller等^[26]采用ABTS自由基、DPPH自由基和过氧化氢自由基清除法以及FRAP法评价了不同类胡萝卜素单体的抗氧化活性,结果表明,各种类胡萝卜素单体的抗氧化活性并不相同,表现出来的抗氧化作用也存在一定差异。

3 结语

类胡萝卜素作为脂溶性的天然活性物质,绿色环保,同时还具有抗氧化作用和保健功能。菜籽油中的类胡萝卜素含量与油菜籽品种和加工工艺有关。油菜籽品种不同,类胡萝卜素含量差别较大,今后可通过转基因等育种手段培育高类胡萝卜素含量的品种。油菜籽的预处理方式如烘烤、

微波等热处理会大大提高菜籽油中类胡萝卜素含量。精炼过程的脱色工序会使菜籽油中类胡萝卜素损失较大,适度精炼将是未来提高菜籽油营养价值的重要手段。

参考文献:

- [1] 何微,李俊,王晓梅,等. 全球油菜产业现状与我国油菜产业问题、对策[J]. 中国油脂, 2022, 47(2):1-7.
- [2] 殷艳,尹亮,张学昆,等. 我国油菜产业高质量发展现状和对策[J]. 中国农业科技导报, 2021, 23(8):1-7.
- [3] XIA X, XIANG X, HUANG F, et al. Cellular antioxidant activity and cytotoxicity assay of canolol[J]. Oil Crop Sci, 2018, 3(2):111-121.
- [4] 程远渡,易有金,易传祝,等. 植物甾醇酯与葛根素对营养肥胖小鼠的减肥功效[J]. 食品科学, 2015, 36(13):223-228.
- [5] 袁建,刘婷婷,石嘉怿,等. 环境温度对油菜籽储藏品质的影响[J]. 中国油脂, 2013, 38(6):55-59.
- [6] GANCARZ M, WAWRZYŃIAK J, GAWRYSIAK - WITULSKA M, et al. Electronic nose with polymer-composite sensors for monitoring fungal deterioration of stored rapeseed[J]. Int Agrophys, 2017, 31(3):317-325.
- [7] 崔国梅,许方方,魏书信,等. 复配天然抗氧化剂对人造肉抗氧化性能的研究[J]. 农产品加工, 2019(18):10-13.
- [8] 李媛媛,潘玲,张燕. 天然抗氧化剂联合作用对花生油氧化稳定性及风味特性的影响[J]. 食品工业科技, 2018, 39(5):241-249.
- [9] 朱明明,樊明涛,何鸿举. 类胡萝卜素降解方式的研究进展[J]. 食品科学, 2017, 38(11):308-317.
- [10] RĘKAS A, SIGER A, WRONIAK M, et al. Phytochemicals and antioxidant activity degradation kinetics during long-term storage of rapeseed oil pressed from microwave-treated seeds[J/OL]. Eur J Lipid Sci Technol, 2017, 20(2):1700283 [2023-07-21]. <https://doi.org/10.1002/t.201700283>.
- [11] BARTLEY G E, SANDMANN P A. Molecular biology of carotenoid biosynthesis in plants[J]. Ann Rev Plant Physiol Plant Mol Biol, 1994, 45:287-301.
- [12] 徐昌杰,张上隆. 植物类胡萝卜素的生物合成及其调控[J]. 植物生理学通讯, 2000(1):64-70.
- [13] 高桂珍,伍晓明,陆光远,等. 几种油料作物种子中类胡萝卜素含量的分析[J]. 中国油料作物学报, 2008, 30(3):312-315.
- [14] 杨涓,郑畅,黄凤洪,等. 国家油菜区试品系的主要营养品质及评价[J]. 中国油料作物学报, 2012, 34(6):604-612.

(下转第66页)

- 08 - 08]. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130431>.
- [37] 张东, 薛雅琳, 段章群, 等. 牡丹籽油和亚麻籽油化学组成分析与比较[J]. 中国油脂, 2017, 42(10): 34-38.
- [38] JUNG D M, YOON S H, JUNG M Y. Chemical properties and oxidative stability of perilla oils obtained from roasted perilla seeds as affected by extraction methods[J]. J Food Sci, 2012, 77(12): C1249 - C1255.
- [39] FARAG M A, ELIMAM D M, AFIFI S M. Outgoing and potential trends of the *omega*-3 rich linseed oil quality characteristics and rancidity management: A comprehensive review for maximizing its food and nutraceutical applications[J]. Trends Food Sci Tech, 2021, 114:292-309.
- [40] WASZKOWIAK K, SIGER A, RUDZIŃSKA M, et al. Effect of roasting on flaxseed oil quality and stability[J]. J Am Oil Chem Soc, 2020, 97(6):637-649.
- [41] 邓乾春, 马方励, 魏晓珊, 等. 亚麻籽加工品质特性研究进展[J]. 中国油料作物学报, 2016, 38(1):126-134
- [42] ZHENG L, SHI L K, ZHAO C W, et al. Fatty acid, phytochemical, oxidative stability and *in vitro* antioxidant property of sea buckthorn (*Hippopha rhamnoides* L.) oils extracted by supercritical and subcritical technologies[J]. LWT - Food Sci Tech, 2017,86:507-513.
- [43] 王卫飞, 邹宇晓, 廖森泰, 等. 蚕蛹油脂的组成和开发利用研究进展[J]. 蚕业科学, 2018, 44(2):321-328.
- [44] NING C, JIANG Y, MENG J, et al. Herbaceous peony seed oil: A rich source of unsaturated fatty acids and γ -tocopherol[J]. Eur J Lipid Sci Tech, 2015, 117(4): 532-542.
- [45] 左洋. 亚麻籽环肽分离纯化及其与金属离子相互作用研究[D]. 广州:暨南大学,2015.
- [46] 邹仙果. 亚麻籽环肽组成、氧化结构变化及其体外抗肿瘤抗炎活性研究[D]. 南昌:南昌大学,2019.
- [47] 刁小琴, 贾瑞鑫, 王莹, 等. 膳食脂质消化行径及其影响机制研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(5):1374-1381.
- [48] YE Z, CAO C, LI R, et al. Lipid composition modulates the intestine digestion rate and serum lipid status of different edible oils: A combination of *in vitro* and *in vivo* studies[J]. Food Funct, 2019, 10(3):1490-1503.
- [49] 叶展. 典型膳食油脂胃肠道消化吸收特性及其对肠道健康的影响研究[D]. 江苏 无锡:江南大学, 2020.
- [50] 颜承海. 富含 α -亚麻酸的蚕蛹油及其甘油三酯单体的消化吸收特性研究[D]. 江苏 镇江:江苏科技大学, 2021.
-
- (上接第 59 页)
- [15] VAIDYA B, CHO E. Effects of seed roasting on tocopherols, carotenoids, and oxidation in mustard seed oil during heating[J]. J Am Oil Chem Soc, 2011, 88(1):83-90.
- [16] REKAS A, WRONIAK M, RUSINEK R. Influence of roasting pretreatment on high - oleic rapeseed oil quality evaluated by analytical and sensory approaches[J]. Int J Food Sci Technol, 2015, 50(10):2208-2214.
- [17] REKAS A, WRONIAK M, SIGER A, et al. Chemical composition and resistance to oxidation of high - oleic rapeseed oil pressed from microwave pre - treated intact and de - hulled seeds[J/OL]. Grasas Aceites, 2017, 68(4):e225[2023-07-21]. <https://doi.org/10.3989/gya.0775171>.
- [18] FRANKE S, FRÖHLICH K, WERNER S, et al. Analysis of carotenoids and vitamin E in selected oilseeds, press cakes and oils[J]. Eur J Lipid Sci Technol, 2010, 112(10):1122-1129.
- [19] YANG M, ZHENG C, ZHOU Q, et al. Minor components and oxidative stability of cold - pressed oil from rapeseed cultivars in China[J]. J Food Compost Anal, 2013, 29(1):1-9.
- [20] 张亮, 李世刚, 曹培让, 等. 制油工艺对菜籽油微量成分和氧化稳定性的影响[J]. 中国油脂, 2017, 42(2):1-6.
- [21] 车振明, 朱秀灵, 万国福, 等. 酶法提高胡萝卜汁中 β -胡萝卜素含量[J]. 食品与发酵工业, 2005(4): 77-80.
- [22] KREPS F, VRBIKOVÁ L, SCHMIDT Š. Influence of industrial physical refining on tocopherol, chlorophyll and *beta*-carotene content in sunflower and rapeseed oil[J]. Eur J Lipid Sci Technol, 2014, 116(11): 1572-1582.
- [23] ČMOLÍK J, SCHWARZ W, SVOBODA Z, et al. Effects of plant - scale alkali refining and physical refining on the quality of rapeseed oil[J]. Eur J Lipid Sci Technol, 2000, 102(1):15-22.
- [24] 王绪英, 王婉婷. 茶多酚与类胡萝卜素的协同抗氧化作用[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(17):44-47.
- [25] 云少君, 戴玥, 延莎. β -胡萝卜素和植酸对胡麻油抗氧化活性的影响[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2015, 35(3):277-280.
- [26] MÜLLER L, FRÖHLICH K, BÖHM V. Comparative antioxidant activities of carotenoids measured by ferric reducing antioxidant power (FRAP), ABTS bleaching assay (α TEAC), DPPH assay and peroxy radical scavenging assay [J]. Food Chem, 2011, 129(1): 139-148.