

烘烤预处理油菜籽的储藏方式对压榨菜籽油品质的影响研究

王若琼

(西北农林科技大学 食品科学与工程学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要:以烘烤预处理油菜籽为原料,将其分别进行真空包装与编织袋包装。然后进行为期42 d的真空和常压室温储藏,每隔6 d对两种储藏方式的油菜籽进行低温压榨制油,并测定压榨菜籽油的质量指标,动态监测不同储藏方式对压榨菜籽油品质的影响。结果表明:两种储藏条件下压榨菜籽油的酸价、过氧化值和茴香胺值均随储藏时间延长而升高,DPPH自由基清除能力、铁离子还原能力、氧化诱导期均随储藏时间延长而逐渐降低,且真空包装储藏的变化趋势更小,而脂肪酸组成和含量均未发生显著变化;储藏42 d后,真空包装储藏保留了原料中85.29%的植物甾醇含量、78.44%的Canolol含量和77.28%的多酚含量。相对于常压室温储藏,真空包装储藏方式下压榨菜籽油的理化指标变化更小,营养成分损失率更低,抗氧化活性更高。因此,真空包装储藏能够很好地保持烘烤预处理油菜籽的制油品质,可以成为一种绿色的油菜籽储藏方法。

关键词:真空包装;储藏方式;油菜籽;Canolol;营养指标;动态监测

中图分类号:TS224.6;TQ644.4 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2020)06-0025-06

Influence of storage method of roasting pretreated rapeseed on the quality of pressed rapeseed oil

WANG Ruoqiong

(School of Food Science and Engineering, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling 712100, Shaanxi, China)

Abstract: The roasting pretreated rapeseed was used as raw material, and it was packed in vacuum and woven bags respectively. Then, 42 d vacuum and atmospheric pressure room temperature storage experiments were performed, and the two stored rapeseeds were pressed at low temperature to produce oil every 6 d. The quality indexes of low temperature pressed rapeseed oil were measured to dynamically monitor the effects of different storage methods on the quality of rapeseed oil. The results showed that the acid value, peroxide value and *p*-anisidine value of rapeseed oils under two storage conditions increased with the storage time prolonging, while the DPPH free radical scavenging ability, ferric ion reducing power and oxidation induction period of rapeseed oils gradually decreased, and the trends of these indexes under vacuum packaging storage was smaller. The composition and content of fatty acids had almost no correlation with storage methods and time. After 42 d storage, 85.29% of phytosterol, 78.44% of Canolol and 77.28% of polyphenols were retained in vacuum packaging storage. Therefore, compared with atmospheric pressure storage, the physicochemical indexes of rapeseed oil in vacuum packaging storage were relatively smaller, the loss rate of nutritional components was lower, and the antioxidant activity was higher. Hence, vacuum packaging storage could maintain the oil quality of roasting pretreated rapeseed very well, and could be a green method for rapeseed storage.

收稿日期:2019-11-24;修回日期:2020-01-20

作者简介:王若琼(1999),女,在读本科,专业为食品质量与安全(E-mail)1429244265@qq.com。

Key words: vacuum packaging; storage method; rapeseed; Canolol; nutritional indicator; dynamic monitoring

菜籽油是以甘蓝型油菜和白菜型油菜的种子为原料生产的植物油,因其含有丰富的植物甾醇、 V_E 、多酚等营养物质,具有增强免疫力、延缓衰老、降低心血管疾病等方面的功效^[1-2]。然而油菜籽在储藏、运输、油脂生产到消费的全过程中受到诸多因素的影响,易发生氧化等一系列复杂的化学变化导致酸败,产生醛、酮等物质,影响菜籽油的品质^[3-4]。

目前,油菜籽的储藏技术主要有常规储藏、抗氧化剂储藏、气调储藏、脱氧剂脱氧储藏、充气法储藏等^[5]。幸胜平等^[6]采用阻隔性能不同的编织袋、聚乙烯膜袋、复合膜袋和铝箔膜袋密闭储藏油菜籽,并分别进行不同处理(干燥储藏剂、二氧化碳充气、脱氧剂),研究不同处理方式对油菜籽主要品质的影响,结果表明:油菜籽品质和包装材料的透氧率、透水率关系密切;对比不同密闭储藏处理方式,脱氧剂处理油菜籽品质保持最好。杨国峰等^[7]通过测定油菜籽储藏期间所制备菜籽油的酸价、过氧化值、挥发性成分等品质变化,研究了干燥储藏对油菜籽品质的影响,结果表明:油菜籽低温干燥储藏2个月,制备的菜籽油可达到国家二级油品质。

近年来,真空包装技术作为一种高效的食品储藏方法在储藏领域得到广泛应用^[8-9]。油菜籽烘烤预处理也是生产浓香菜籽油的一项常用工序^[10]。然而,将真空包装技术用于油菜籽的储藏鲜有报道,储藏烘烤预处理后的油菜籽更是未见报道。故本文以烘烤预处理后的油菜籽为原料,采用真空包装和常压室温储藏对原料进行42 d的储藏实验,每隔6 d对两种储藏方式下的油菜籽进行低温压榨制油,动态检测压榨菜籽油的理化指标、营养指标以及抗氧化活性的变化,以探究烘烤预处理油菜籽的储藏方式对压榨菜籽油品质的影响,从而为油菜籽在储藏、运输以及油脂生产方面提供参考和借鉴。

1 材料与方法

1.1 实验材料

油菜籽,购自陕西省杂交油菜研究中心。甲醇、无水乙醇、正己烷、氢氧化钾、碳酸钠等均为分析纯,购于陕西科奥化学试剂公司。甲醇(色谱纯)、正己烷(色谱纯)、异丙醇(色谱纯)、福林酚试剂、植物甾醇标准品、生育酚混标、脂肪酸甲酯混标、DPPH(二苯代苦味酰基自由基)试剂等均购于Sigma公司。

QX-FD506小型榨油机,惠州群兴科技有限公司;ChromasterUltra Rs日立超高效液相色谱仪,日立高新技术公司;TU-1901双光束紫外可见分光光度计,北京普析通用仪器有限公司;GC Smart GC-2018气相色谱仪,日本岛津公司;743氧化稳定性测

定仪,瑞士万通中国有限公司;全自动600型真空包装机,山东康贝特机械有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 样品制备

参考文献^[11],对油菜籽进行烘烤预处理。称取一定量油菜籽,通过温控功能设置多功能滚筒电热炒货机温度,待炒货机温度升到180℃后稳定一小段时间(约1 min),然后将油菜籽置于炒货机中炒籽15 min,待炒籽结束后取出,自然冷却至室温。

准确称取烘烤预处理后的油菜籽,将其按照每份400 g分别进行真空塑料包装和置于透气编织袋中,将两种包装的油菜籽放入避光、通风的环境中进行储藏实验。每隔6 d,各取两种包装的油菜籽3份,将水分调节至6%,然后进行低温压榨制油。

1.2.2 指标的测定

酸价(AV)的测定按GB 5009.229—2016执行;过氧化值(POV)的测定按GB 5009.227—2016的硫代硫酸钠滴定法执行;茴香胺值($p-AV$)的测定参考GB/T 24304—2009; V_E 含量的测定参考AOCS Official Method Ce 8-89;脂肪酸组成的测定参考GB 5009.168—2016;植物甾醇含量的测定参考文献^[12];多酚和Canolol含量测定参考文献^[13];DPPH自由基清除能力、FRAP评价参考文献^[14];氧化诱导期(IP)的测定参考文献^[15]。

1.2.3 数据分析

使用SPSS软件进行统计分析,均值之间的差异显著性由Duncan检验在5%的显著性水平下通过方差分析(ANOVA)进行确定($p < 0.05$),且图表中不同的字母表示在5%的水平上有显著性差异。

2 结果与讨论

2.1 烘烤预处理油菜籽储藏方式对压榨菜籽油理化性质的影响

2.1.1 对压榨菜籽油AV和POV的影响(见图1、图2)

由图1可知,随着储藏时间的延长,压榨菜籽油AV呈上升趋势,这是由于随储藏时间延长,油菜籽中油脂逐渐酸败,游离脂肪酸增加导致^[16]。但真空储藏过程中压榨菜籽油AV的变化趋势相对较缓,表明真空包装储藏能较好地抑制压榨菜籽油AV的上升。

由图2可知,两种储藏条件下压榨菜籽油的POV随储藏时间的延长显著增加($p < 0.05$),且真空储藏上升幅度小于常压储藏,这可能是由于隔绝空气接触抑制了油脂氧化,一定程度上减缓了POV的增加。

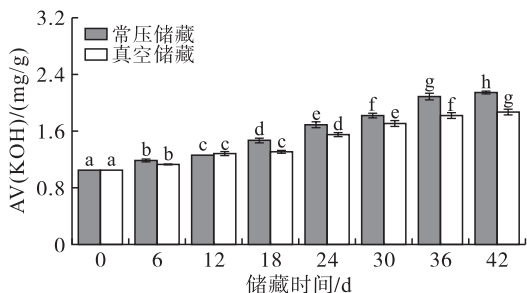


图1 储藏方式对压榨菜籽油 AV 的影响

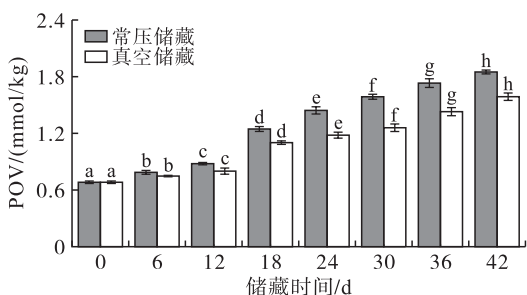


图2 储藏方式对压榨菜籽油 POV 的影响

两组数据结果均显示真空储藏优于常压储藏,这可能是由于真空包装隔绝了油菜籽与外界接触的环境介质,阻碍了油菜籽的氧化,从而减缓了压榨菜籽油的氧化程度^[16]。

2.1.2 对压榨菜籽油 $p-AV$ 和 IP 的影响(见图3、图4)

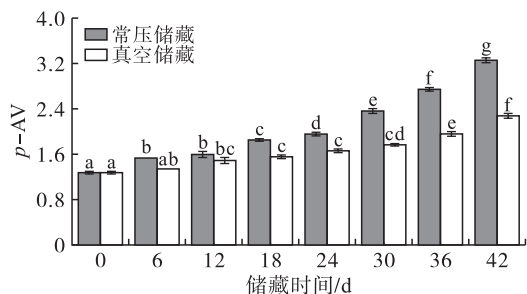
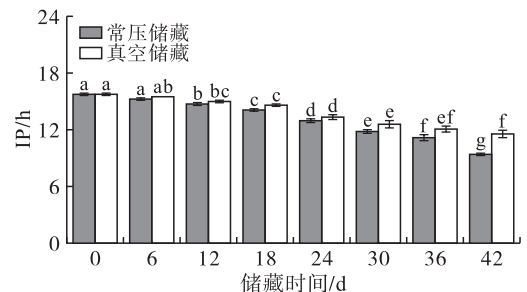
图3 储藏方式对压榨菜籽油 $p-AV$ 影响

图4 储藏方式对压榨菜籽油 IP 影响

$p-AV$ 表征油中醛、酮、醌等二级产物的多寡。从图3可以看出,两种储藏方式下压榨菜籽油 $p-AV$ 随储藏时间的延长而升高($p < 0.05$),且常压储藏条件下压榨菜籽油的 $p-AV$ 比真空储藏变化得更快。常压储藏暴露空气之中,油脂氧化产生氢过氧化物的分解速度加快,从而使得 $p-AV$ 迅速上

升^[17]。这两组结果显示压榨菜籽油的 $p-AV$ 与储藏方式有密切关系,此外,真空储藏优于常压储藏。由图4可知,两种储藏条件下的压榨菜籽油 IP 逐渐降低($p < 0.05$),当储藏42 d后,真空储藏条件下压榨菜籽油 IP 由 15.75 h 降低到 11.62 h,减少 26.22%,而在常压储藏条件下,IP 由 15.75 h 降低到 9.35 h,减少 40.63%。因此,真空包装储藏最大程度保留了压榨菜籽油氧化稳定性的能力。同样,真空包装一定程度上使油菜籽隔绝氧气、水分等环境因素,从而有效地抑制生成具有较高活性的过氧化物,阻碍了其进一步氧化为醛、酮等小分子物质的可能性,进而保证了油菜籽的储藏稳定性^[18]。

2.2 烘烤预处理油菜籽储藏方式对压榨菜籽油营养成分的影响

2.2.1 对压榨菜籽油 V_E 及植物甾醇含量的影响(见图5、图6)

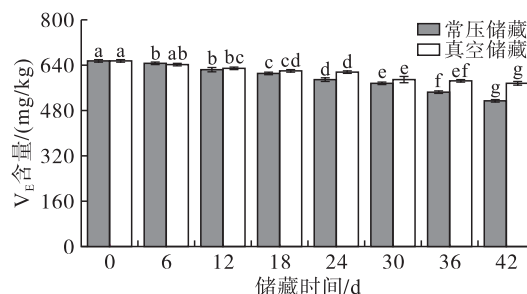
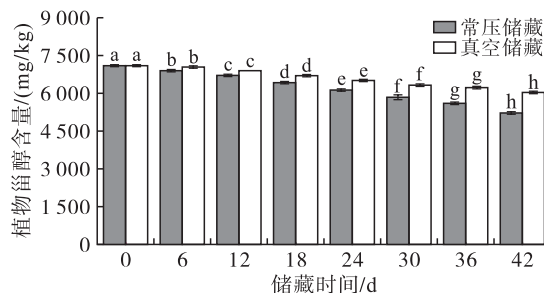
图5 储藏方式对压榨菜籽油 V_E 含量的影响

图6 储藏方式对压榨菜籽油植物甾醇含量的影响

V_E 具有增强免疫力、延缓衰老、降低心血管病和癌症发病率的功效^[19]。由图5可知,随储藏时间的延长,压榨菜籽油 V_E 含量逐渐下降($p < 0.05$),常压储藏42 d后, V_E 含量由 653.35 mg/kg 降低到 524.51 mg/kg,减少 19.72%,真空储藏条件下,压榨菜籽油中 V_E 含量由 653.35 mg/kg 降低到 580.41 mg/kg,仅损失 11.16%。两组数据表明:相比较于常压储藏,真空包装储藏最大程度地保留了压榨菜籽油中的 V_E 含量。

植物甾醇作为一种生物活性物质,对于心脑血管疾病的预防与治疗具有显著的效果^[20]。由图6可知,随储藏时间的延长,压榨菜籽油中植物甾醇含

量逐渐降低($p < 0.05$), 储藏42 d后, 常压储藏条件下的压榨菜籽油中植物甾醇含量由7 110.46 mg/kg降低到5 434.25 mg/kg, 降低23.57%, 真空包装储藏下, 压榨菜籽油中植物甾醇含量由7 110.46 mg/kg降低到6 064.51 mg/kg, 仅损失14.71%。因此, 相比较于常压储藏, 真空包装储藏最大程度地抑制了压榨菜籽油中植物甾醇的损失。

2.2.2 对压榨菜籽油多酚及 Canolol 含量的影响 (见图7、图8)

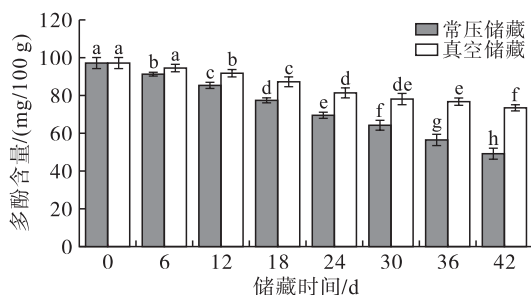


图7 储藏方式对压榨菜籽油多酚含量的影响

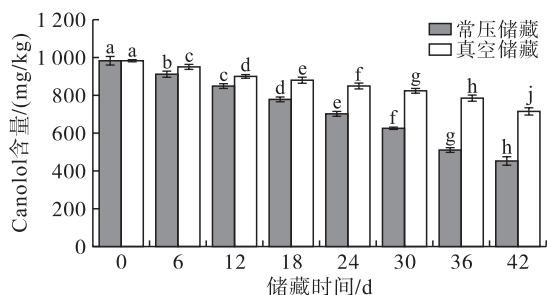


图8 储藏方式对压榨菜籽油 Canolol 含量的影响

菜籽多酚分为酚酸和缩合单宁, 其中酚酸包括游离酚酸、酯化酚酸和结合不可溶酚酸, 菜籽多酚具有良好的抗氧化、抗肿瘤、降血糖、抑菌等生理功能

和生物活性^[21]。由图7可知, 两种储藏方式下压榨菜籽油多酚含量随储藏时间延长逐渐下降($p < 0.05$), 42 d后, 真空储藏条件下压榨菜籽油多酚含量由96.98 mg/100 g降低到74.95 mg/100 g, 减少22.72%, 而在常压储藏下, 压榨菜籽油多酚含量由96.98 mg/100 g降低到49.19 mg/100 g, 减少49.28%。故真空包装储藏能最大程度地保留压榨菜籽油的多酚含量。

与其他多酚相比, Canolol 的抗氧化活性更高, 抗诱变生理活性更强, 是一种潜在的重要天然抗氧化剂和药物^[13]。由图8可知, 随储藏时间的延长, 不同储藏条件下压榨菜籽油 Canolol 含量显著降低($p < 0.05$), 42 d后, 常压储藏条件下压榨菜籽油 Canolol 含量降低到455.46 mg/kg, 降低了53.60%, 真空包装储藏条件下压榨菜籽油 Canolol 含量降低到769.91 mg/kg, 仅降低了21.56%。故真空包装储藏能有效地抑制压榨菜籽油 Canolol 含量的损失。

由图5~图8数据对比分析表明: 相比较于常压储藏, 真空包装储藏能有效地抑制压榨菜籽油中营养成分的损失, 最大限度地保留多种营养成分的含量。分析认为, 在储藏过程中, 油菜籽中 V_E 、植物甾醇、酚类会自发地经历自然分解、降解等反应进程^[22]。在常压室温储藏条件下, 油菜籽由于与环境中的水分、氧气、微生物等介质接触, 可能会加快降解反应过程^[22], 真空包装储藏隔绝环境介质因素, 从而能最大限度地抑制分解、降解等反应进程。

2.2.3 对压榨菜籽油脂肪酸含量的影响 (见表1)

表1 储藏方式对压榨菜籽油脂肪酸含量的影响

脂肪酸	储藏方式	脂肪酸含量/%							
		0 d	6 d	12 d	18 d	24 d	30 d	36 d	42 d
C16:0	常压	3.76 ± 0.01	3.75 ± 0.01	3.74 ± 0.02	3.75 ± 0.03	3.77 ± 0.01	3.75 ± 0.05	3.83 ± 0.02	3.85 ± 0.03
	真空	3.74 ± 0.00	3.75 ± 0.00	3.76 ± 0.02	3.74 ± 0.03	3.78 ± 0.01	3.74 ± 0.02	3.79 ± 0.04	3.78 ± 0.02
C18:0	常压	2.48 ± 0.01	2.45 ± 0.01	2.46 ± 0.02	2.46 ± 0.03	2.48 ± 0.02	2.46 ± 0.01	2.47 ± 0.04	2.45 ± 0.03
	真空	2.45 ± 0.02	2.48 ± 0.02	2.46 ± 0.01	2.42 ± 0.02	2.47 ± 0.03	2.50 ± 0.02	2.47 ± 0.05	2.46 ± 0.04
C18:1	常压	65.84 ± 0.02	65.87 ± 0.02	65.86 ± 0.04	65.87 ± 0.02	66.01 ± 0.04	66.03 ± 0.01	65.88 ± 0.02	65.86 ± 0.05
	真空	65.68 ± 0.02	65.62 ± 0.02	65.81 ± 0.03	65.87 ± 0.04	65.80 ± 0.02	66.60 ± 0.04	66.53 ± 0.03	65.61 ± 0.04
C18:2	常压	17.11 ± 0.01	17.04 ± 0.01	17.14 ± 0.02	17.11 ± 0.03	17.12 ± 0.02	17.06 ± 0.04	17.08 ± 0.05	17.05 ± 0.02
	真空	17.10 ± 0.02	17.12 ± 0.02	17.20 ± 0.01	17.13 ± 0.02	17.25 ± 0.01	17.11 ± 0.01	17.08 ± 0.09	17.03 ± 0.01
C18:3	常压	7.86 ± 0.02	7.83 ± 0.02	7.79 ± 0.02	7.85 ± 0.04	7.74 ± 0.05	7.71 ± 0.05	7.81 ± 0.08	7.83 ± 0.02
	真空	7.54 ± 0.04	7.53 ± 0.04	7.63 ± 0.06	7.65 ± 0.02	7.78 ± 0.04	7.69 ± 0.06	7.72 ± 0.08	7.71 ± 0.05
C20:1	常压	0.64 ± 0.03	0.63 ± 0.03	0.65 ± 0.05	0.60 ± 0.05	0.63 ± 0.03	0.59 ± 0.02	0.58 ± 0.06	0.57 ± 0.04
	真空	0.68 ± 0.02	0.69 ± 0.02	0.72 ± 0.01	0.69 ± 0.04	0.68 ± 0.02	0.67 ± 0.01	0.65 ± 0.02	0.64 ± 0.03
C20:2	常压	1.04 ± 0.05	1.02 ± 0.05	0.99 ± 0.04	0.98 ± 0.02	1.01 ± 0.05	1.05 ± 0.05	1.01 ± 0.01	1.06 ± 0.05
	真空	1.02 ± 0.01	1.02 ± 0.01	1.03 ± 0.02	1.02 ± 0.06	1.07 ± 0.02	1.09 ± 0.04	1.06 ± 0.02	1.07 ± 0.06

由表1可看出,随着储藏时间的延长,压榨菜籽油脂肪酸组成及含量未发生显著变化,且两种储藏方式对脂肪酸组成及含量整体也未产生影响($p > 0.05$)。分析认为,相较于油菜籽中 V_E 、植物甾醇、酚类等物质,压榨菜籽油脂肪酸的活性基团(如羟基、羧基、不饱和碳键)较少^[23],故在适宜的环境介质下压榨菜籽油的脂肪酸含量基本不变。

2.3 烘烤预处理油菜籽储藏方式对压榨菜籽油抗氧化活性的影响(见图9、图10)

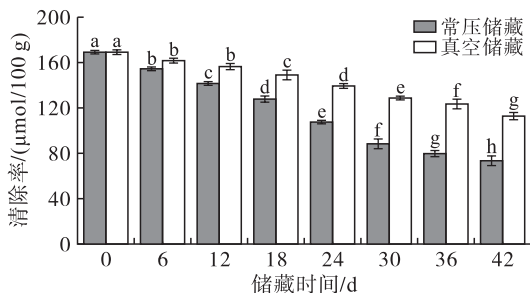


图9 储藏方式对压榨菜籽油 DPPH 自由基清除能力的影响

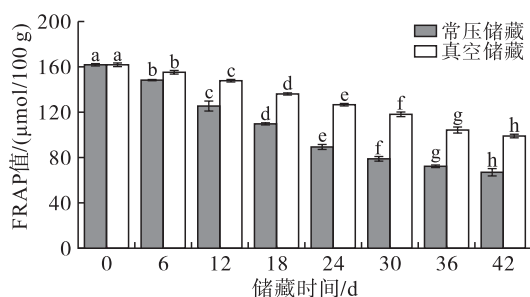


图10 储藏方式对压榨菜籽油 FRAP 值的影响

由图9、图10可知,两种储藏条件下,压榨菜籽油的DPPH自由基清除率和FRAP值随着储藏时间的延长不断降低($p < 0.05$),但真空包装储藏条件下下降趋势更小。这可能与真空包装储藏能最大限度地保留压榨菜籽油中 V_E 、植物甾醇、Canolol含量有关。研究表明,菜籽油中存在的 V_E 、植物甾醇和Canolol均是理想的抗氧化成分^[24],故真空包装储藏下压榨菜籽油的抗氧化能力亦会更强。

3 结论

以烘烤预处理后的油菜籽为原料,在室温下采用常压包装储藏和真空包装储藏两种储藏方式对原料进行42d的储藏实验,低温压榨制备菜籽油,通过动态监测其理化指标、营养指标以及抗氧化活性的变化,探究不同储藏方式对压榨菜籽油品质的影响。实验结果表明:随着储藏时间的延长,压榨菜籽油的AV、POV和 p -AV都呈上升趋势,植物甾醇、 V_E 、多酚、Canolol含量均呈下降趋势,DPPH自由基清除能力、FRAP值、IP逐渐降低,脂肪酸组成和含

量基本没有发生变化,但真空包装储藏条件下压榨菜籽油的理化指标、营养指标和抗氧化活性的变化趋势更小。因此,真空包装储藏能够有效地抑制压榨菜籽油中植物甾醇、 V_E 的损失,最大程度地保留多酚、Canolol的含量。实验结果可为绿色的油菜籽储藏技术提供参考借鉴。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] YANG X, XIA X, FENG H H, et al. Cellular antioxidant activity and cytotoxicity assay of canolol[J]. Oil Crop Sci, 2018, 3(2): 111-121.
- [3] 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.
- [4] GANCARZ M, WAWRZYNIAK 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.
- [5] 宋伟, 张美玲, 谢同平, 等. 臭氧处理对油菜籽储藏品质的影响[J]. 食品科学, 2011, 32(20): 257-260.
- [6] 幸胜平, 付晓记, 付江, 等. 不同包装材料和密闭储藏处理对油菜籽品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(13): 166-170.
- [7] 杨国峰, 和珊, 丁超. 油菜籽热风干燥后储藏品质的研究[J]. 中国粮油学报, 2013, 28(9): 97-102.
- [8] 张来林, 郑亿青, 顾祥明, 等. 不同储藏条件对油菜籽储藏品质的影响研究[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2013, 34(5): 29-34.
- [9] 李亚娜, 张亚. 吸氧剂和真空包装在板栗保鲜上的应用研究[J]. 食品科技, 2015(12): 306-309.
- [10] SIGER A, JÓZEFIAK M, GÓRNAŠ P. Cold - pressed and hot - pressed rapeseed oil: the effects of roasting and seed moisture on the antioxidant activity, canolol, and tocopherol level[J]. Acta Sci Pol Technol Aliment, 2017, 16(1): 69-81.
- [11] SIGER A, GAWRYSIAK - WITULSKA M, BARTKOWIAK - BRODA I. Antioxidant (tocopherol and canolol) content in rapeseed oil obtained from roasted yellow - seeded *Brassica napus*[J]. J Am Oil Chem Soc, 2017, 94(1): 37-46.
- [12] 黄颖, 郑畅, 刘昌盛. 催熟与微波预处理对菜籽油品质的影响[J]. 中国油脂, 2019, 44(7): 39-43.
- [13] ZHENG C, YANG M, ZHOU Q, et al. Changes in the content of canolol and total phenolics, oxidative stability of rapeseed oil during accelerated storage[J]. Eur J Lipid Sci Technol, 2014, 116(12): 1675-1684.

(下转第44页)

表2 正交试验设计及结果

试验号	A	B	C	D	脱色率/%
1	1	1	1	1	34.0
2	1	2	2	2	50.5
3	1	3	3	3	50.9
4	2	1	2	3	58.4
5	2	2	3	1	46.3
6	2	3	1	2	48.4
7	3	1	3	2	36.5
8	3	2	1	3	41.5
9	3	3	2	1	36.3
k_1	45.1	43.0	41.3	38.9	
k_2	51.0	46.1	48.4	45.1	
k_3	38.1	45.2	44.6	50.3	
R	12.9	3.1	7.1	11.4	

2.3 验证试验

在最佳脱色条件下进行验证试验,大豆肽脱色率达到60.5%,蛋白质损耗率为4.2%。脱色大豆肽的蛋白质含量达到87.8%,颜色为乳白色。

3 结论

大豆肽的硅藻土脱色最佳工艺条件为:硅藻土添加量15 g/L,温度50℃,时间50 min,pH 5.0。在最佳工艺条件下,脱色率达到60.5%,蛋白质损耗率仅为4.2%。脱色后大豆肽的蛋白质含量达到87.8%,颜色由灰黄色变为乳白色。该工艺可以满足对大豆肽脱色效果的要求,保证脱色后大豆肽的营养价值。

参考文献:

[1] 豆康宁,石晓,王飞. 大豆蛋白水解度与大豆肽抗氧化

力关系研究[J]. 中国油脂, 2013, 38(10):20-22.

- [2] XIANG H, SUN D X, CUI C, et al. Modification of soy protein isolate by glutaminase for nanocomplexation with curcumin[J]. Food Chem, 2018, 268(12):504-512.
- [3] 张毅,陈晨. 中心组合设计优化大豆肽脱色工艺的研究[J]. 饲料工业, 2010, 31(11):30-33.
- [4] 郑水林,孙志明,胡志波,等. 中国硅藻土资源及加工利用现状与发展趋势[J]. 地学前缘, 2014, 21(5):274-280.
- [5] 魏展,刘馨,栾吉梅,等. 改性硅藻土脱色性能的研究[J]. 武汉工程职业技术学院学报, 2016, 28(1):23-28.
- [6] 周婷婷,吴肇玮,孟令国,等. 我国硅藻土加工利用现状与研究进展[J]. 矿产保护与利用, 2017(4):87-93.
- [7] 李绮丽,吴卫国,张喻,等. 双酶法水解米渣蛋白工艺研究[J]. 粮食与油脂, 2011(1):19-22.
- [8] 俞晓玉,王树成,高娃,等. 粮食中蛋白质含量的测定[J]. 广东化工, 2017, 44(4):114-115.
- [9] CHROMY V, SVACHOVA L, JARKOVSKY J, et al. Albumin-based or albumin-linked calibrators cause a positive bias in serum proteins assayed by the biuret method[J]. Clinical Chem Lab Med, 2009, 47(1):91-101.
- [10] 孙乾,李芳,张爱琴,等. 红花籽粕蛋白脱色工艺的初探[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(7):233-237.
- [11] 谢朝阳,李素霞,雷思思. 硅藻土对染料废水的吸附性能分析[J]. 湖北农业科学, 2013, 52(8):1786-1787.
- [12] 季祥,张少敏,蔡禄. 地沟油脱色工艺条件优化[J]. 内蒙古科技大学学报, 2012, 31(2):185-188.
- [13] 阳仲秋. 米渣中蛋白质的有效提取及其改性的研究[D]. 长沙:中南林业科技大学, 2010.

(上接第29页)

- [14] SOSNOWSKA D, PODSEDEK A, KUCHARSKA A Z, et al. Comparison of in vitro anti-lipase and antioxidant activities, and composition of commercial chokeberry juices[J]. Eur Food Res Technol, 2016, 242(4):505-515.
- [15] 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 Compos Anal, 2013, 29(1):1-9.
- [16] 王丹. 充氮储藏的油菜籽食用期品质变化[J]. 中国油脂, 2019, 44(9):95-97.
- [17] 刘迪,谭北平,迟淑艳,等. 不同储存时间和抗氧化剂添加量对鱼油质量影响的研究[J]. 中国油脂, 2018, 43(1):80-84.
- [18] 袁建,何海艳,何荣,等. 大豆油食用期氧化稳定性的研究[J]. 中国粮油学报, 2012, 27(8):36-42.
- [19] LI C, JIA H, SHEN M, et al. Antioxidants inhibit formation of 3-monochloropropane-1,2-diol esters in model

reactions[J]. J Agric Food Chem, 2015, 63(44):9850-9854.

- [20] 张蕾,陈庆森,阎亚丽,等. 植物甾醇对心血管疾病作用的研究现状[J]. 食品科学, 2013, 34(23):344-350.
- [21] XIA X, XIA X, HUANG F, et al. Dietary polyphenol canolol from rapeseed oil attenuates oxidative stress-induced cell damage through the modulation of the p38 signaling pathway[J]. RSC Adv, 2018, 8(43):24338-24345.
- [22] 董红健,万忠民,刘兵. 油菜籽储藏中挥发性成分的变化研究[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(19):254-259.
- [23] KOSKI A, PEKKARINEN S, HOPIA A, et al. Processing of rapeseed oil: effects on sinapic acid derivative content and oxidative stability[J]. Eur Food Res Technol, 2003, 217(2):110-114.
- [24] 朱庆贺,沈益荣,张来林,等. 不同储藏条件对油菜籽制油品质的影响[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2013, 34(6):77-81.