

包装材料、储存环境及储油罐充氮对亚麻籽油保质期的影响

王 振,胡晓军,殷龙龙,许光映,高忠东,李 群,车星星

(山西农业大学 山西功能食品研究院,特色农产品加工山西省重点实验室,太原 030031)

摘要:亚麻籽油富含多不饱和脂肪酸,易氧化,保质期较短。以过氧化值为评价指标,研究包装材料、储存环境及储油罐充氮对亚麻籽油保质期的影响。结果表明:避光包装材料、暗光条件储存,亚麻籽油的保质期可适当延长;不论什么包装材料的亚麻籽油,最佳食用时间限制在3个月内;包装瓶的气密性和灌装压盖的质量一定程度上影响亚麻籽油的保质期;储油罐间歇充氮方式较连续充氮方式节能,两者效用相同,均可延长亚麻籽油的保质期。

关键词:亚麻籽油;包装材料;储存环境;充氮;过氧化值;保质期

中图分类号:TS225.1; TS224 **文献标识码:**A **文章编号:**1003-7969(2021)09-0099-04

Effects of packaging materials, storage environment and nitrogen filling of oil tank on shelf life of linseed oil

WANG Zhen, HU Xiaojun, YIN Longlong, XU Guangying,
GAO Zhongdong, LI Qun, CHE Xingxing

(Shanxi Key Laboratory of Characteristic Agro-Products Processing, Institute of Functional Food of Shanxi, Shanxi Agricultural University, Taiyuan 030031, Shanxi, China)

Abstract: Linseed oil is rich in unsaturated fatty acids, which is easy to oxidize, so its shelf life is relatively short. With peroxide value as an evaluation index, the effects of packaging materials, storage environment and nitrogen filling of oil tank on the shelf life of linseed oil were studied. The results showed that the shelf life of linseed oil could be appropriately extended under the conditions of lightproof packaging materials and dark light. The best consumption time of linseed oil was limited to three months regardless of any packaging materials. The airtightness of the packaging bottle and the quality of capping in oil filling affected the shelf life of linseed oil to a certain extent. Compared with continuous nitrogen filling, the intermittent nitrogen filling of the oil tank could save energy, and they had the same effect on extending the shelf life of linseed oil.

Key words: linseed oil; packaging material; storage environment; nitrogen filling; peroxide value; shelf life

收稿日期:2020-09-21;修回日期:2021-04-28

基金项目:山西省重点研发计划(重点)项目(201603D211104);山西省农科院山西“农谷”研发专项(YCX2018214);山西省农科院应用基础研究计划优秀青年基金项目(YCX2020YQ42)

作者简介:王 振(1985),男,助理研究员,硕士,主要从事特色油脂加工与应用方面的研究工作(E-mail) wangoo947@163.com。

通信作者:高忠东,副研究员(E-mail)1837247036@qq.com。

亚麻籽油是一种优质的植物油,其不饱和脂肪酸含量达90%左右^[1],其中功能活性物质 α -亚麻酸含量为45%~65%^[2-3],易氧化^[4],从而造成亚麻籽油过氧化值超标、品质降低、保质期缩短,既对生产企业的产品经营周转造成影响,同时也缩短了消费者储存使用的周期。

油脂的氧化过程不可逆且在实际情况下不可避免。油脂氧化的基本条件是有空气存在,同时光电子激活加速油脂氧化^[5]。为了防止油脂氧化,通常

在生产过程中添加抗氧化剂^[6-7],但若油脂中存在一定的微量金属元素,会将加入的抗氧化剂氧化,其产物不但无抗氧化作用,反而会加速油脂的氧化^[8-9]。目前,对其他植物油氧化稳定性的研究较多且较系统,而对亚麻籽油氧化稳定性的研究较少^[10-14]。因此,本文一方面研究避光包装材料和暗光储存减少光电子诱发的油脂氧化,另一方面研究在储油罐中充氮气减缓油脂氧化速度。通过采用合适的包装材料、适宜的储存环境以及储油罐内充氮气等措施,探讨延长亚麻籽油保质期的有效措施,以期为企业储存和消费者安全食用亚麻籽油提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

亚麻籽油,由大同市诚致科技有限公司提供。冰乙酸、三氯甲烷、碘化钾、硫代硫酸钠、石油醚、无水硫酸钠、可溶性淀粉、重铬酸钾,均为分析纯。

透明玻璃瓶(500 mL)、棕色玻璃瓶(250 mL)、PET 聚酯瓶(500 mL)和马口铁瓶(480 mL),均来自大同市诚致科技有限公司成品车间;分析天平,北京赛多利斯;成品油储罐(容积 1 t,罐体直径 1.0 m,高 1.5 m)及配套氮气发生器,大同市诚致科技有限公司中试车间。

1.2 试验方法

1.2.1 过氧化值和氮气含量的测定

过氧化值的测定参照 GB 5009. 227—2016,氮气含量由氮气发生器操作显示屏显示。

1.2.2 包装材料及储存环境对亚麻籽油保质期的影响

模拟将亚麻籽油密封灌装后放入成品库存放,采用透明玻璃瓶、棕色玻璃瓶、PET 聚酯瓶和马口铁瓶 4 种包装材料为亚麻籽油终端消费包装,储存条件一致,以 4 种包装材料中油样过氧化值为评价指标,考察包装材料对亚麻籽油过氧化值的影响。

模拟成品库存放的亚麻籽油,进入流通领域在商超货架上储存的情况。商超货架阶段储存光照条件设直射光、散射光和暗光 3 种,包装材料设透明玻璃瓶、棕色玻璃瓶、PET 聚酯瓶和马口铁瓶 4 种,以 4 种包装材料中油样的过氧化值均值为评价指标,考察光照条件对密封亚麻籽油过氧化值的影响。

模拟商品亚麻籽油进入家庭开封后的储存环境条件,设室温(暗光)和冰箱冷藏 2 种储存方式,包装材料设透明玻璃瓶、棕色玻璃瓶、PET 聚酯瓶和马口铁瓶 4 种,以 4 种包装材料中油样的过氧化值为评价指标,考察冰箱冷藏和室温储存对开封后亚麻籽油过氧化值的影响。

为平缓季节差异,采取两次取样的平均值作为比较值。具体第 1 次为 2018 年 5 月 29 日取样,初始过氧化值 2.27 mmol/kg,第 2 次为 2018 年 11 月 30 日取样,初始过氧化值 2.23 mmol/kg,取两次结果均值 2.25 mmol/kg 作为初始比较值。检测周期为 1 个月,定期检测直到过氧化值达到 GB/T 8235—2008《亚麻籽油》规定的压榨成品一级油中过氧化值限值 6.0 mmol/kg 为止。

1.2.3 储油罐充氮对亚麻籽油保质期的影响

将现有的储油罐与氮气储罐连接形成闭路互通管网,氮气发生器连续工作,在 20 个储油罐中随机选择室内 6 个罐(1 号、2 号、5 号、8 号、9 号、10 号)、室外 6 个罐(12 号、14 号、16 号、18 号、19 号、20 号),考察储油罐氮气含量变化规律。

在 20 个储油罐中随机抽取 3、6、11、15 号 4 个罐,其中 2 个罐为连续充氮,另 2 个为间歇充氮。间歇充氮罐试验初期连续充氮,当氮气含量达到 96% 左右时,每天上午 8:00 至下午 6:00 停机,下午 6:00 至第 2 天 8:00 开机,每天工作 14 h,停机 10 h。每隔 1 天检测 1 次罐中氮气含量,持续检测 5 次,观察储油罐中氮气含量的变化,考察氮气发生器连续和间歇工作对储油罐内氮气含量的影响。

在 20 个储油罐中随机抽取 4、7、13、17 号 4 个罐,将同一批精炼油储存在 4 个储油罐中,其中 2 个罐为充氮罐(连续充氮),另 2 个不充氮,每 15 d 抽样检测罐内油样的过氧化值,持续 60 d,考察储油罐充氮对亚麻籽油过氧化值的影响。

2 结果与分析

2.1 包装材料和储存条件对亚麻籽油保质期影响

2.1.1 包装材料对亚麻籽油过氧化值的影响(见图 1)

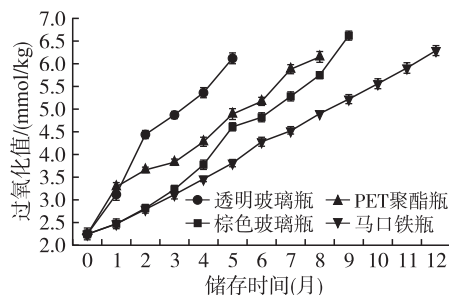


图 1 包装材料对亚麻籽油过氧化值的影响

由图 1 可知,4 种包装材料的亚麻籽油保质期(过氧化值 ≤ 6.0 mmol/kg)显著不同。马口铁瓶包装的亚麻籽油平均保质期为 11 个月,显著高于其他 3 种包装材料;棕色玻璃瓶与 PET 聚酯瓶的亚麻籽油平均保质期为 7~8 个月,两者保质期差异不明显;透明玻璃瓶的亚麻籽油平均保质期为 4 个月,显

著低于其他3种包装材料。由此可见,包装材料的透光性越差,光电子激活活性氧数量越少,亚麻籽油氧化越慢,亚麻籽油的保质期越长。

2.1.2 光照条件对密封亚麻籽油过氧化值的影响(见图2)

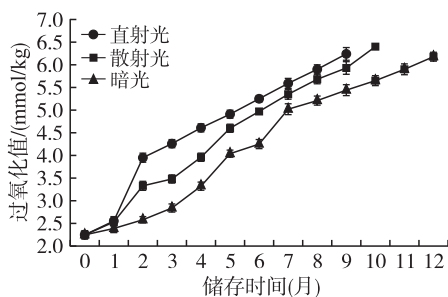


图2 光照条件对密封亚麻籽油过氧化值的影响

由图2可知,亚麻籽油储存在不同的光照条件下,过氧化值均值呈逐渐上升的变化趋势,但上升速率不同,表明不同的光照条件下,亚麻籽油的保质期

是不同的。直射光下亚麻籽油的保质期为8个月,散射光下亚麻籽油的保质期为9个月,暗光下亚麻籽油的保质期约为11个月。包装材料的透光性越差,亚麻籽油的保质期越长;暗光条件下的亚麻籽油保质期长于直射光和散射光条件下的。

综合包装材料与光照条件两个因素,透明玻璃瓶包装、直射光下亚麻籽油的保质期最短,为4个月,平均每月过氧化值递增0.94 mmol/kg;马口铁瓶包装、暗光下亚麻籽油的保质期最长,为11个月,平均每月过氧化值递增0.34 mmol/kg。由此可见,包装材料和光照条件对亚麻籽油保质期的影响较大。就包装材料而言,同等条件下应尽量选择透光性差的包装容器;就储存条件而言,应尽量在暗光下储存,减少在光照下存放。

2.1.3 冰箱冷藏和室温储存对开封后亚麻籽油过氧化值的影响(见表1)

表1 冰箱冷藏和室温储存对开封后亚麻籽油过氧化值的影响

储存时间(月)	冰箱冷藏过氧化值/(mmol/kg)				室温储存过氧化值/(mmol/kg)			
	透明玻璃瓶	棕色玻璃瓶	PET 聚酯瓶	马口铁瓶	透明玻璃瓶	棕色玻璃瓶	PET 聚酯瓶	马口铁瓶
0	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25
1	2.62	2.60	2.64	2.60	2.79	2.84	2.69	2.62
2	3.03	3.05	3.02	3.00	3.21	3.42	3.28	3.15
3	3.53	3.52	3.60	3.55	3.62	3.74	3.71	3.73
4	3.70	3.66	4.08	3.89	3.94	4.28	3.90	4.04
5	6.33	6.11	6.42	6.07	6.26	6.19	6.18	6.33

由表1可知,只要亚麻籽油的包装开封,无论是什包装材料,无论是冰箱冷藏还是室温储存,亚麻籽油保质期的差异不明显。亚麻籽油初始过氧化值为2.25 mmol/kg时,保质期均为4个月,氧化过程表现为前期较慢,后期加速,尤其在过氧化值达到4.0 mmol/kg左右时,氧化速率加快。

影响亚麻籽油保质期最主要的因素是空气,包装瓶一旦开封,在冰箱冷藏条件下储存,平均每月过氧化值递增0.797 mmol/kg,室温下储存,平均每月

过氧化值递增0.798 mmol/kg,两种环境下没有显著差异,但均为密封包装下的两倍以上。因此,亚麻籽油灌装工艺中,包装瓶的气密性和灌装压盖的质量一定程度上影响亚麻籽油的保质期。此外,常规下一般消费者购买的亚麻籽油过氧化值在3.0 mmol/kg左右的可能性较大。因此,无论什包装材料的亚麻籽油,最佳食用时间限制在3个月内。

2.2 储油罐充氮对亚麻籽油保质期的影响

2.2.1 储油罐氮气含量的变化规律(见表2)

表2 储油罐氮气含量变化规律

储存时间(周)	氮气含量/%												平均值
	1号罐	2号罐	5号罐	8号罐	9号罐	10号罐	12号罐	14号罐	16号罐	18号罐	19号罐	20号罐	
1	82.12	84.04	84.46	83.67	82.96	84.89	84.98	84.07	83.73	83.24	84.12	84.85	83.93
2	84.92	89.25	88.75	85.12	85.32	88.86	87.24	87.34	86.71	85.79	88.63	89.74	87.31
3	86.23	93.28	91.71	86.11	86.96	93.55	91.77	91.66	92.80	92.12	94.85	97.16	91.52
4	89.67	99.44	96.40	92.57	91.74	96.85	99.10	98.70	99.05	96.62	97.81	98.28	96.35
5	90.80	98.31	97.52	93.31	94.03	97.84	98.69	98.93	99.11	97.89	98.65	98.10	96.93
6	91.21	97.18	96.98	96.22	95.16	95.89	98.72	97.88	98.14	98.48	99.12	97.53	96.88

由表2可见,检测的12个罐各个阶段氮气含量存在一定的差异,该差异与储油罐中油的存放量没

有相关性,室内与室外的储油罐没有显著差异。按12个储油罐内氮气含量的平均值分析,初始4周

内,罐内氮气含量处于均匀上升阶段;4周后多数储油罐中的氮气含量总体仍在上升,但上升速率极其缓慢;5周后,氮气含量基本处于动态平衡状态,此时,储油罐中平均氮气含量为97%左右。

2.2.2 氮气发生器连续和间歇工作对储油罐内氮气含量的影响(见表3)

表3 氮气发生器连续和间歇工作对储油罐内氮气含量的影响

储存时间/ d	连续工作氮气含量/%			间歇工作氮气含量/%		
	3号罐	6号罐	平均值	11号罐	15号罐	平均值
2	96.88	95.98	96.43a	97.13	94.06	95.60a
4	96.86	95.24	96.05a	96.89	94.39	95.64a
6	96.55	95.77	96.16a	97.29	95.11	96.20a
8	96.16	95.91	96.04a	97.21	94.58	95.90a
10	96.84	96.27	96.56a	97.11	94.49	95.80a

注:不同小写字母表示在 $p < 0.05$ 水平上差异显著。

由表3可知,氮气发生器连续工作与间歇工作时储油罐中氮气含量处于95.60%~96.56%之间,差异不显著($p > 0.05$)。在储油罐中充入氮气,一般当储油罐中氮气达到一定值后便不再增加^[15-16],但常规做法氮气发生器还在不间断地工作。根据储油罐中气体呼吸规律,即白天温度高时,气体膨胀,罐中气体排出,夜间温度低时,气体收缩,罐吸入气体^[17]。从试验结果可以看出,据此原理改进的间歇充氮方式与连续充氮方式效用相同,但节约了能耗,据统计该措施可节省能源42%。

2.2.3 储油罐充氮对亚麻籽油过氧化值的影响(见表4)

表4 储油罐充氮对亚麻籽油过氧化值的影响

储存时间/ d	充氮储存过氧化值/ (mmol/kg)			不充氮储存过氧化值/ (mmol/kg)		
	4号罐	7号罐	平均值	13号罐	17号罐	平均值
0	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72
15	1.80	1.82	1.81A	2.21	2.19	2.20B
30	1.91	1.89	1.90A	2.71	2.73	2.72B
45	2.00	2.02	2.01A	3.32	3.27	3.35B
60	2.08	2.10	2.09A	3.80	2.83	3.82B

注:不同大写字母表示在 $p < 0.01$ 水平上差异显著。

从表4可知,储油罐内无论是否充氮,亚麻籽油的过氧化值均随着储存时间的延长而升高,充氮罐与不充氮罐内亚麻籽油过氧化值的生长变化之间存在显著性差异($p < 0.01$),充氮环境下亚麻籽油过氧化值升高的速率显著降低。充氮罐内亚麻籽油的过氧化值平均每月增加0.18 mmol/kg,不充氮罐内亚麻籽油的过氧化值平均每月增加1.05 mmol/kg,充氮后亚麻籽油过氧化值的增加值仅为不充氮的17.1%。

3 结论

避光包装材料、暗光条件储存,亚麻籽油的保质期可适当延长;不论什么包装材料包装的亚麻籽油,最佳食用时间限制在3个月内;包装瓶的气密性和灌装压盖的质量一定程度上影响亚麻籽油的保质期;储油罐间断充氮方式较连续充氮方式节能,且效用相同,均可延长亚麻籽油的保质期。本文于2018年进行试验,当时所采用的GB/T 8235—2008目前已作废,过氧化值限值目前已执行最新标准GB 2716—2018(过氧化值 ≤ 0.25 g/100 g)

参考文献:

- [1] 左青,左晖,刘洪举,等. 亚麻籽油及其关键生产技术[J]. 中国油脂,2017,42(8):157-160.
- [2] 万分龙. 亚麻籽油的研究现状及其展望[J]. 轻工科技,2019,35(8):17-19.
- [3] 吴俏瑾,杜冰,蔡尤林,等. α -亚麻酸的生理功能及开发研究进展[J]. 食品工业科技,2016,37(10):386-390.
- [4] 杨静,常蕊. α -亚麻酸的研究进展[J]. 农业工程,2011,1(1):72-76.
- [5] 易志. 亚麻籽油贮藏稳定性研究[D]. 广州:华南农业大学,2016.
- [6] 何雅雯,李孟俊,于修焯,等. 不同食用油氧化稳定比较研究[J]. 中国油脂,2018,43(3):44-49.
- [7] 党玲,祁乐乐,冯耀,等. 抗氧化剂对室温储存亚麻籽油过氧化值变化的影响[J]. 中国油脂,2019,44(5):25-29.
- [8] 唐瑞丽,高璐璐,袁华山. 金属元素对大豆原油储藏稳定性影响[J]. 粮食储藏,2019,48(5):35-41.
- [9] 徐立荣. 食用油贮藏过程自动氧化变化规律研究[D]. 陕西 杨凌:西北农林科技大学,2017.
- [10] 王茜茜. 菜籽油储藏稳定性研究[D]. 南京:南京财经大学,2013.
- [11] 梁燕理. 核桃油储藏氧化稳定性研究进展[J]. 粮食科技与经济,2018,43(6):112-113.
- [12] 徐泽健. 花生油体制备及其稳定性研究[D]. 郑州:河南工业大学,2017.
- [13] 张虎,胡殿龙. 大豆油储藏与过氧化值的分析[J]. 粮油仓储科技通讯,2018,34(4):50-51, 53.
- [14] 王振,胡晓军,高忠东,等. 亚麻籽油的保质期研究[J]. 中国油脂,2019,44(5):18-20.
- [15] 李月,叶真洪,张崇霞. 大豆原油充氮储藏保鲜效果研究[J]. 粮食储藏,2014,43(5):46-49.
- [16] 尚艳娥,曹阳,程宏,等. 大豆原油充氮储存品质变化规律的研究[J]. 中国油脂,2015,40(6):49-51.
- [17] 赵冬旺,张榴萍,罗世龙,等. 充氮法在油脂储藏保鲜方面的应用研究[J]. 安徽农业科学,2018,46(2):146-148.