

# 地下储油与地上储油对大豆油综合品质的影响

刘玉兰<sup>1,2</sup>, 邓金良<sup>1</sup>, 张露<sup>3</sup>, 王振清<sup>2</sup>, 马宇翔<sup>1</sup>, 张学娣<sup>4</sup>

(1. 河南工业大学粮油食品学院, 郑州 450001; 2. 河南工大设计研究院, 郑州 450001; 3. 郑州轻工业大学食品与生物工程学院, 郑州 450002; 4. 中央储备粮镇江直属库有限公司, 江苏 镇江 212006)

**摘要:**为了研究地下储油的可行性,将大豆油分别置于室外地上和地下室的钢制油罐(单罐容量 200 kg)中储存,地上储油分别采用常规储存、添加抗氧化剂 TBHQ 储存、充氮储存,地下储油采用自然低温储存,储期 24 个月,期间自动检测和记录储油温度,每月取样检测大豆油的酸值、过氧化值、维生素 E 含量和甾醇含量,分析不同储油条件对大豆油综合品质的影响。结果显示:地上储油的全年周均温度为 19.5℃,最高温度接近 40℃,最低温度接近 0℃,夏季(6—9 月)月均温度为 33℃,冬季(12 月至次年 3 月)月均温度接近 10℃;地下储油的全年周均温度为 16.8℃,常年日均温度在 12~21℃之间。经 24 个月储存,4 种储油的酸值均未超出国标限量,但地上常规储油的酸值升幅明显高于其他 3 种储油,其过氧化值在 7 个月时已超标,地下储油和地上添加 TBHQ 储油的过氧化值至 24 个月也未超标,充氮储油的过氧化值在 17 个月时开始超标,地下储油的保质期比地上常规储油延长了 17 个月。随储存时间延长 4 种储油中维生素 E、甾醇含量均持续降低,但与地上常规储油相比,地下储油中维生素 E、甾醇损失率分别下降 19.36、8.57 个百分点。与地上储油相比,地下储油依赖于自然的恒定低温和避光条件,在不添加抗氧化剂和不充氮的条件下可实现对大豆油的保质保鲜储存,是一种绿色安全和优势明显的储油技术,值得推广应用。

**关键词:**大豆油;地下储油;地上储油;TBHQ;充氮;储油温度;储油品质

中图分类号:TS225.1;TS205.6 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2021)11-0139-07

## Effect of underground storage and above-ground storage on quality of soybean oil

LIU Yulan<sup>1,2</sup>, DENG Jinliang<sup>1</sup>, ZHANG Lu<sup>3</sup>, WANG Zhenqing<sup>2</sup>,  
MA Yuxiang<sup>1</sup>, ZHANG Xuedi<sup>4</sup>

(1. College of Food Science and Technology, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, China; 2. Henan University of Technology Design and Research Academy, Zhengzhou 450001, China; 3. College of Food and Bioengineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450002, China; 4. Central Grain Reserve Zhenjiang Direct Storage Co., Ltd., Zhenjiang 212006, Jiangsu, China)

**Abstract:** In order to study the feasibility of underground oil storage, soybean oil was stored outdoor above-ground and basement steel tanks (single tank capacity 200 kg) for 24 months, respectively, with conventional storage, antioxidant-added TBHQ storage, and nitrogen-filled storage for outdoor storage and natural low-temperature storage for underground storage. The storage temperature was automatically detected and recorded, and the acid value, peroxide value, vitamin E content and sterol content of soybean oil were evaluated monthly. The effect of different storage conditions on the overall quality of soybean oil was

收稿日期:2021-08-28;修回日期:2021-09-15

基金项目:“十三五”国家重点研发计划重点专项(2016YFD0401405);校企合作研发项目“地下储油与地上储油对油脂品质影响的研究(JY28-2017-0101)”

作者简介:刘玉兰(1957),女,教授,硕士,研究方向为油料油脂加工技术与产品质量安全(E-mail)liuy17446@163.com。

investigated. The results showed that the annual average weekly temperature of above-ground storage was 19.5℃, with the maximum temperature close to 40℃ and the minimum temperature close to 0℃, and the monthly average storage temperature in the summer (from June to September) was

33 ℃, the monthly average storage temperature in the winter (from December to March of following year) was 10 ℃; the annual average weekly temperature of underground storage was 16.8 ℃, and the year-round average daily oil temperature ranged from 12 ℃ to 21 ℃. After 24 months of storage, the acid value of the four soybean oils did not exceed the national standard limit, but the acid value of the above-ground conventional storage oil increased significantly more than the others, and its peroxide value exceeded the standard in 7 months; the peroxide value of the underground storage oil and the storage oil with TBHQ did not exceed the standard until 24 months; the peroxide value of the nitrogen-filled storage oil began to exceed the standard in 17 months, and the shelf life of the underground storage oil was extended by 17 months compared with that of the above-ground conventional storage oil. The contents of vitamin E and sterols in the four storage oils continued to decrease with the extension of storage time, but compared with the above-ground conventional storage oil, the loss rates of vitamin E and sterols in the underground storage oil decreased by 19.36 percentage points and 8.57 percentage points, respectively. Compared with above-ground storage, underground storage without adding antioxidants and filling with nitrogen could achieve quality and freshness storage of soybean oil relying on natural constant low temperature and light-proof conditions, which was a green and safe oil storage technology and worth for promoting the application.

**Key words:** soybean oil; underground oil storage; above-ground oil storage; TBHQ; nitrogen-filling; oil storage temperature; oil storage quality

我国是世界食用植物油生产和消费第一大国,近年食用植物油消费量已接近 4 000 万 t<sup>[1]</sup>。在食用植物油生产、储存和流通过程中,如何保持食用植物油品质的稳定一直是行业关注的问题<sup>[2-4]</sup>,也是一项较为复杂和困难的工作,因为植物油受自身性质和储存条件的影响,不可避免地会发生氧化酸败和品质劣变<sup>[5-7]</sup>。为避免和延缓油脂储存过程的氧化酸败,通常采用添加抗氧化剂的方法<sup>[8-9]</sup>,近年来充氮储油技术也得到了应用<sup>[10-11]</sup>,但这些方法的有效性很大程度上依赖于储存温度<sup>[12]</sup>,同时合成抗氧化剂的添加对食用油安全也带来潜在风险<sup>[13]</sup>,充氮储油需要进行频繁的充氮作业和配套完善的充氮设施<sup>[14]</sup>。实际上,在众多的促使食用植物油氧化酸败的影响因素中,温度是最重要的因素,一般情况下油温每升高 10 ℃,其氧化速率会提高 1 倍<sup>[15]</sup>。因此,采用恒定的低温储油对保持储油品质稳定、防止和减缓油脂氧化酸败应该是最基本也是最有效的方法,但人工制冷储油也存在着能耗过大的问题。若能利用地下自然的恒定低温条件进行食用油的低温储存即可避免上述储油方法的不足<sup>[16]</sup>。本研究以我国储备量最大的大豆油为试验原料,专门制作 4 个钢制储油罐作为储油试验设施,分别采用地上常规储存、地上添加抗氧化剂 TBHQ 储存、地上充氮储存、地下自然低温储存 4 种储油条件对大豆油进行储存试验,储油时长设置为 24 个月(企业标称的成品油保质期通常为 18 个月,试验设置 24 个月旨在

考察超过保质期油脂的品质状况),通过对储油期间油温和油样质量指标的测定,分析比较不同储油条件尤其是地下储油对储油综合品质的影响,以明确利用地下自然低温条件实现无抗氧化剂添加和无充氮的绿色储油技术的可行性,为食用植物油行业保质保鲜储油技术的发展提供支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

新鲜三级大豆油,取自大豆油加工企业新鲜生产(3 d 内)的油脂,未添加抗氧化剂。

TBHQ(纯度 ≥ 99.0%),广东省食品工业研究所;高纯氮气(纯度 ≥ 99.999%),河南科益气体有限公司;α-、β-、γ-、δ-生育酚和 α-、β-、γ-、δ-生育三烯酚标准品(纯度 ≥ 95.0%),Sigma-Aldrich 公司;β-谷甾醇(纯度 99.5%)、豆甾醇(纯度 95.0%)、菜油甾醇(纯度 99.5%)、胆固醇(纯度 99.0%)、5α-胆甾烷醇(纯度 ≥ 95.0%),美国 Sigma 公司;正己烷(色谱纯),美国 VBS 公司;超纯水,由 Milli-Q 超纯水机制得;冰乙酸、氯仿、碘化钾、淀粉、硫代硫酸钠、盐酸等,均为分析纯。

Agilent GC-7890B 气相色谱仪,美国安捷伦科技有限公司;Waters e2695 型高效液相色谱仪,美国 Waters 公司;KQ3200DE 型数控超声波清洗器;YA200R 高端智能温度记录仪,上海亚度电子科技有限公司;Byes-02-25 氧气测定仪(量程 0% ~ 25%),上海邦亿精密量仪有限公司;钢制储油罐,

单罐容量 200 kg,配置有充氮装置和自动测温仪,可实时监测和记录油温变化,并实现数据的日积累、月积累和年积累等。

## 1.2 试验方法

### 1.2.1 不同条件下大豆油的储存和取样

取新鲜大豆油,分别装入 4 个储油罐中,每个储油罐装油 180 kg,4 个储油罐的储油条件分别为地下储存(未添加抗氧化剂、未充氮)、地上常规储存(未添加抗氧化剂、未充氮)、地上添加 TBHQ 储存(添加量为油质量的 0.02%)和地上充氮储存(保持油脂中氧气含量  $\leq 5\%$ )。地上储油罐放置于室外自然环境,地下储油罐放置于避光的地下室。储油罐配备的充氮装置可依据氧气测定仪测定的储油中氧气含量数据定期向储油罐中补充氮气,以维持充足可靠的氮气储油环境。每个月从 4 个储油罐中各取油样 250 mL,储存于 5℃ 左右冰箱中待测。

### 1.2.2 大豆油品质指标的检测

酸值参照 GB 5009.229—2016 测定;过氧化值参照 GB 5009.227—2016 测定;色泽参照 GB/T 22460—2008 测定;脂肪酸组成参照 GB 5009.168—2016 测定;维生素 E 组分及含量参照 GB/T 26635—2011 和温运启等<sup>[17]</sup>的方法测定;甾醇组分及含量参照 GB/T 25223—2010 及魏佳丽等<sup>[18]</sup>的方法测定;水分含量参照 GB 5009.236—2016 测定。

### 1.2.3 数据处理

每组做 3 次平行试验,取平均值,采用 Origin 软件绘图。

## 2 结果与分析

### 2.1 大豆油储存期间的油温变化

大豆油储存试验自 2018 年 2 月至 2020 年 2 月共 24 个月,储存期间的油温变化见图 1。

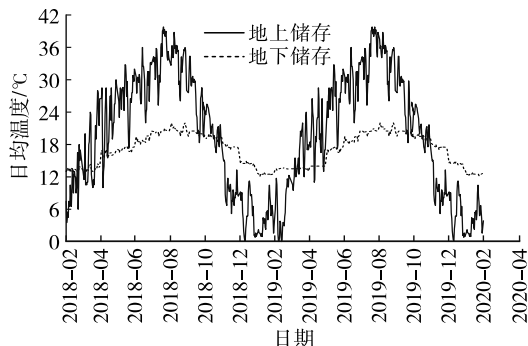


图 1 地上和地下储存大豆油的温度变化

从图 1 可见,地上储油罐中的油温变化幅度较大,冬季 12 月到次年 3 月平均油温接近 10℃,最低接近 0℃(只有 2℃),夏季 6—9 月平均油温高达 33℃,最高接近 40℃,地上储油罐全年周均油温为

19.5℃。地下储油罐中的油温变化幅度不大,夏季 6—9 月油温有小幅上升,常年地下储油罐日均油温在 12~21℃,全年周均油温为 16.8℃。可见地上储油温度高、油温波动大且阳光照射,而地下储油温度低、油温恒定且避光。储存温度和阳光照射是影响油脂氧化酸败的重要因素,相比于地上储油,地下储油对保持并提升储油品质具有积极作用。

### 2.2 不同储油条件对大豆油酸值和过氧化值的影响

酸值和过氧化值是评价油脂质量的重要指标,也是对储油品质判定的重要指标。不同储油条件下大豆油酸值和过氧化值的变化分别见图 2 和图 3。

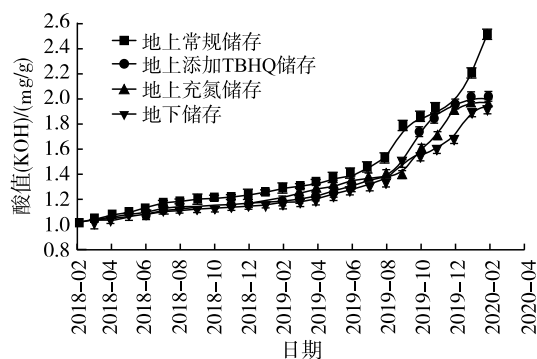


图 2 不同储油条件对大豆油酸值的影响

从图 2 可见,地下储存、地上常规储存、地上添加 TBHQ 储存和地上充氮储存的大豆油的酸值均随储存时间的延长而升高,其中地上常规储存的大豆油酸值升幅最大,其他 3 种储油酸值变化的差别不大。储存 18 个月,地上常规储存、地上添加 TBHQ 储存、地上充氮储存、地下储存的大豆油的酸值(KOH)从初始的 1.01 mg/g 分别升高至 1.52、1.36、1.38、1.34 mg/g,升幅分别为 50.50%、34.65%、36.63%、32.67%。18 个月之后,4 种储油的酸值均快速升高,且依然是地上常规储存的大豆油升幅最大。不同储油条件对大豆油酸值影响的排序为地上常规储存 > 地上添加 TBHQ 储存 > 地上充氮储存 > 地下储存。对照 GB/T 1535—2017 中三级大豆油酸值(KOH)小于等于 3 mg/g 的限量指标,在 24 个月的储存期内,4 种储油的酸值均未超出国标限量。这与邓金良等<sup>[19]</sup>对花生油的研究结果基本一致。

从图 3 可见:在 24 个月的储存期间,地上常规储存大豆油的过氧化值升幅明显高于其他 3 种储油,储存 7 个月时其过氧化值已超标(国标限量 9.85 mmol/kg);地上添加 TBHQ 储存和地下储存大豆油的过氧化值升幅最小,储存 24 个月其过氧化值均未超标,地上充氮储存大豆油的过氧化值在储存 17 个月时开始超标。在储存前 14 个月,除地上常规储油

之外的其他3种储油的过氧化值升幅差别不大,超过14个月后,地上充氮储油的过氧化值升幅显著超过地上添加TBHQ储油和地下储油。经24个月储存,地上常规储油、地上添加TBHQ储油、地上充氮储油、地下储油的过氧化值从1.43 mmol/kg分别升高至44.15、7.23、18.94、9.27 mmol/kg。以过氧化值达标为限对大豆油储存寿命排序为地上添加TBHQ储存(>24个月)>地下储存(24个月)>地上充氮储存(17个月)>地上常规储存(7个月)。地下储油比地上常规储油的保质期延长了17个月,地上添加TBHQ储油的过氧化值虽然比地下储油的还要低,但TBHQ在储油期间逐渐损耗所产生的二级分解产物具有一定的食品安全风险<sup>[20]</sup>。可见,不添加抗氧化剂和不充氮的绿色储油条件地下储油对储油保质效果显著。

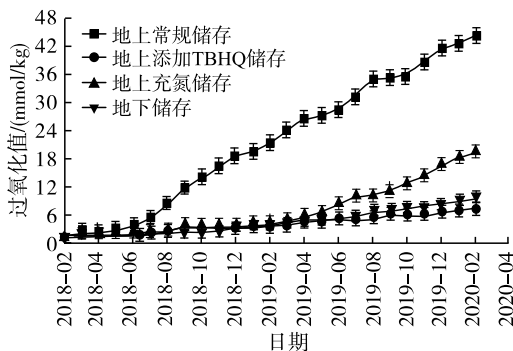


图3 不同储油条件对大豆油过氧化值的影响

### 2.3 不同储油条件对大豆油中维生素E和甾醇含量的影响(见图4、图5)

从图4可见:随储存时间延长4种储油中维生素E含量均逐渐减少,地上常规储油中维生素E损失率明显高于其他3种储油,其含量从1525.40 mg/kg降至903.85 mg/kg,损失率为40.75%;地下储油中维生素E的损失率最小,为21.39%(含量降至1199.05 mg/kg);其他2种储油的损失率分别为25.75%(地上充氮储油,含量降至1132.58 mg/kg)和23.04%(地上添加TBHQ储油,含量降至1173.97

mg/kg)。可见,地下储油比地上常规储油的维生素E损失率下降19.36个百分点。

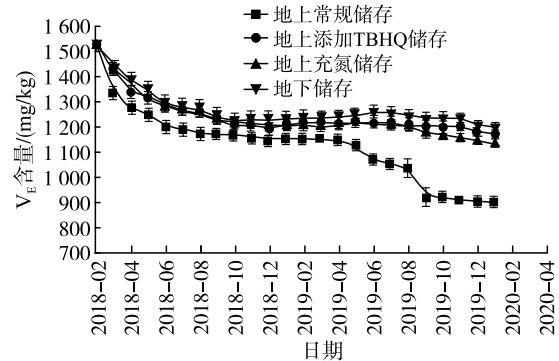


图4 不同储油条件对大豆油中维生素E含量的影响

从图5可见,随储存时间延长4种储油中甾醇含量逐渐减少,地下储油中甾醇的损失率最低,地上储油的损失率最高,地上添加TBHQ储油和地上充氮储油的损失率接近,储存24个月,地下储油、地上添加TBHQ储油、地上充氮储油和地上常规储油中甾醇损失率分别为18.43%、19.25%、19.98%、27.00%,地下储油比地上常规储油的损失率下降8.57个百分点。

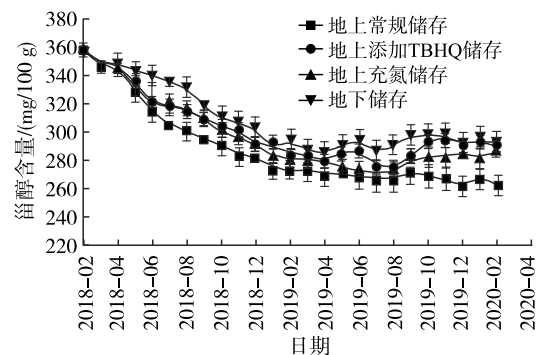


图5 不同储油条件对大豆油中甾醇含量的影响

### 2.4 不同储油条件对大豆油脂肪酸组成的影响

油脂储存过程发生的氧化酸败会造成不饱和脂肪酸因生成氢过氧化物而含量降低,因此也可以用不饱和脂肪酸的减少量来表征植物油储存过程中品质的变化<sup>[5]</sup>。不同储油条件对大豆油脂肪酸组成的影响见表1。

表1 不同储油条件对大豆油脂肪酸组成的影响

储存方式	储存时间(月)	脂肪酸含量/%									
		C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:0	C22:0	SFA	MUFA	PUFA
地上常规储存	初始	10.66	4.62	23.99	52.03	7.85	0.39	0.47	16.14	23.99	59.88
	3	10.64	4.61	23.96	52.02	7.84	0.40	0.47	16.12	23.96	59.86
	6	10.72	4.64	23.94	52.04	7.83	0.42	0.48	16.26	23.94	59.87
	9	10.76	4.65	23.92	52.03	7.82	0.42	0.47	16.30	23.92	59.85
	12	10.78	4.66	23.93	51.96	7.80	0.43	0.47	16.34	23.93	59.76
	15	10.79	4.66	23.92	51.96	7.79	0.44	0.48	16.37	23.92	59.75
	18	10.80	4.69	23.90	51.93	7.75	0.46	0.49	16.44	23.90	59.68
	24	10.81	4.70	23.90	51.91	7.75	0.46	0.49	16.44	23.90	59.66

续表 1

储存方式	储存时间(月)	脂肪酸含量/%									
		C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:0	C22:0	SFA	MUFA	PUFA
地下 储存	3	10.64	4.62	23.98	52.03	7.86	0.38	0.47	16.11	23.98	59.89
	6	10.70	4.65	23.99	52.04	7.85	0.35	0.46	16.16	23.99	59.89
	9	10.71	4.62	23.97	52.02	7.85	0.35	0.48	16.16	23.97	59.87
	12	10.72	4.64	23.98	52.01	7.84	0.38	0.48	16.22	23.98	59.85
	15	10.74	4.65	23.96	52.00	7.83	0.39	0.49	16.27	23.96	59.83
	18	10.75	4.68	23.94	52.01	7.82	0.40	0.48	16.31	23.94	59.83
	21	10.74	4.65	23.96	52.00	7.83	0.39	0.49	16.27	23.96	59.83
	24	10.75	4.69	23.94	52.00	7.82	0.40	0.48	16.32	23.94	59.82
地上 添加 TBHQ 储存	3	10.66	4.62	23.98	52.03	7.86	0.37	0.47	16.12	23.98	59.89
	6	10.66	4.61	23.97	52.03	7.85	0.37	0.47	16.11	23.97	59.88
	9	10.69	4.61	23.98	52.04	7.85	0.36	0.48	16.14	23.98	59.89
	12	10.74	4.65	23.96	52.03	7.85	0.37	0.49	16.25	23.96	59.88
	15	10.75	4.65	23.97	52.02	7.84	0.37	0.47	16.24	23.97	59.86
	18	10.76	4.66	23.95	52.00	7.82	0.38	0.48	16.28	23.95	59.82
	21	10.76	4.65	23.97	52.01	7.84	0.37	0.47	16.25	23.97	59.85
	24	10.75	4.66	23.95	52.00	7.83	0.38	0.48	16.27	23.95	59.83
地上 充氮 储存	3	10.66	4.60 ±	23.96	52.04	7.84	0.37	0.47	16.10	23.96	59.88
	6	10.70	4.64	23.94	52.03	7.85	0.35	0.47	16.16	23.94	59.88
	9	10.72	4.63	23.95	52.02	7.83	0.38	0.47	16.20	23.95	59.85
	12	10.73	4.63	23.95	52.02	7.83	0.37	0.47	16.19	23.95	59.86
	15	10.73	4.65	23.95	52.02	7.83	0.37	0.47	16.22	23.95	59.85
	18	10.75	4.70	23.94	52.02	7.82	0.37	0.47	16.29	23.94	59.84
	21	10.73	4.63	23.95	52.01	7.83	0.38	0.47	16.21	23.95	59.84
	24	10.74	4.70	23.95	52.02	7.82	0.37	0.47	16.28	23.95	59.84

注:SFA为饱和脂肪酸,MUFA为单不饱和脂肪酸,PUFA为多不饱和脂肪酸。

从表1可以看出,随储存时间延长4种储油中饱和脂肪酸含量均略有增加,不饱和脂肪酸含量略有减少。储存24个月,地上常规储存、地上添加TBHQ储存、地上充氮储存、地下储存的大豆油中不饱和脂肪酸含量从83.87%分别降至83.56%、

83.78%、83.79%、83.76%。不同储油条件对大豆油的脂肪酸组成影响不显著( $P > 0.05$ )。花生油储存过程也呈现同样的结果<sup>[21]</sup>。

2.5 不同储油条件对大豆油水分含量的影响(见表2)

表2 不同储油条件对大豆油水分含量的影响

储油时间(月)	水分含量/%				储油时间(月)	水分含量/%			
	地上常规储存	地上添加TBHQ储存	地上充氮储存	地下储存		地上常规储存	地上添加TBHQ储存	地上充氮储存	地下储存
0	0.04	0.03	0.03	0.03	13	0.06	0.06	0.06	0.06
1	0.03	0.03	0.03	0.03	14	0.03	0.05	0.02	0.04
2	0.03	0.04	0.04	0.05	15	0.03	0.07	0.03	0.04
3	0.02	0.07	0.06	0.04	16	0.04	0.05	0.01	0.03
4	0.04	0.09	0.05	0.05	17	0.00	0.02	0.02	0.02
5	0.01	0.06	0.04	0.02	18	0.02	0.02	0.02	0.02
6	0.02	0.08	0.02	0.01	19	0.02	0.02	0.02	0.02
7	0.02	0.08	0.00	0.02	20	0.04	0.07	0.05	0.07
8	0.04	0.06	0.05	0.07	21	0.06	0.06	0.06	0.04
9	0.03	0.05	0.01	0.04	22	0.03	0.05	0.02	0.04
10	0.03	0.06	0.01	0.05	23	0.03	0.07	0.03	0.04
11	0.03	0.01	0.05	0.07	24	0.04	0.05	0.01	0.03
12	0.04	0.07	0.05	0.07					

由表 2 可见,在 24 个月的储存期间,大豆油水分含量虽然有波动,但不同储油条件对大豆油水分含量的影响很小,这与李红等<sup>[2]</sup>的研究结果相近。

## 2.6 不同储油条件对大豆油色泽的影响

油脂色泽也是其质量指标之一。不同储油条件对大豆油色泽的影响见表 3。

表 3 不同储油条件对大豆油色泽的影响

储存时间(月)	地上常规储存	地上添加 TBHQ 储存	地上充氮储存	地下储存
0	Y70,R5.1	Y70,R5.1	Y70,R5.1	Y70,R5.1
1	Y70,R5.0	Y70,R5.1	Y70,R5.1	Y70,R5.1
2	Y70,R5.0	Y70,R5.0	Y70,R4.8	Y70,R4.8
3	Y70,R4.8	Y70,R4.8	Y70,R4.6	Y70,R5.0
4	Y70,R4.4	Y70,R4.5	Y70,R4.5	Y70,R4.8
5	Y70,R4.4	Y70,R4.5	Y70,R4.4	Y70,R5.1
6	Y70,R4.3	Y70,R4.8	Y70,R4.5	Y70,R4.8
7	Y70,R4.3	Y70,R4.8	Y70,R4.6	Y70,R4.8
8	Y70,R4.3	Y70,R4.8	Y70,R4.6	Y70,R4.8
9	Y70,R4.3	Y70,R4.8	Y70,R4.6	Y70,R4.8
10	Y70,R4.3	Y70,R4.8	Y70,R4.6	Y70,R4.8
11	Y70,R4.3	Y70,R4.8	Y70,R4.5	Y70,R4.5
12	Y70,R4.3	Y70,R4.8	Y70,R4.5	Y70,R4.5
13	Y70,R4.3	Y70,R4.8	Y70,R4.5	Y70,R4.5
14	Y70,R4.5	Y70,R4.8	Y70,R4.5	Y70,R4.5
15	Y70,R4.5	Y70,R4.8	Y70,R4.5	Y70,R5.0
16	Y70,R4.5	Y70,R4.8	Y70,R4.5	Y70,R4.5
17	Y70,R4.5	Y70,R4.8	Y70,R4.5	Y70,R4.5
18	Y70,R4.5	Y70,R4.8	Y70,R4.5	Y70,R5.0
19	Y70,R4.5	Y70,R4.8	Y70,R4.5	Y70,R4.6
20	Y70,R4.4	Y70,R4.8	Y70,R4.5	Y70,R4.8
21	Y70,R4.4	Y70,R4.8	Y70,R4.5	Y70,R4.5
22	Y70,R4.5	Y70,R4.8	Y70,R4.5	Y70,R4.6
23	Y70,R4.3	Y70,R4.8	Y70,R4.5	Y70,R4.6
24	Y70,R4.4	Y70,R4.8	Y70,R4.5	Y70,R4.7

由表 3 可见,经 24 个月的储存,大豆油色泽稍有变浅,地上常规储油色泽的变化较为明显,地上添加 TBHQ 储油色泽的变化最小,其次为地下储油。这与王伟等<sup>[22]</sup>对菜籽油进行避光、充氮、添加 TBHQ 储存过程色泽变化的研究结果相似。由于罗维朋比色法检测油脂色泽受人为因素影响较大,因此色泽变化的具体程度和原因需要结合色谱手段等进行进一步研究。

## 3 结论

地下储油温度低且油温稳定,常年日均油温在 12~21℃ 之间;地上储油的全年周均温度为 19.5℃,但储油最高温度接近 40℃,最低温度接近 0℃;经 24 个月的储存,地上常规储油的酸值升幅明显高于

其他 3 种储油;以过氧化值超标为限对大豆油储存寿命排序为地上添加 TBHQ 储油(>24 个月)>地下储油(24 个月)>地上充氮储油(17 个月)>地上常规储油(7 个月),地下储油与地上常规储油相比,大豆油的保质期延长了 17 个月。4 种储油条件下,随储油时间延长其中维生素 E、甾醇含量均持续降低,但相比于地上常规储油,地下储油中维生素 E、甾醇损失率分别下降 19.36、8.57 个百分点。与 3 种地上储油相比,地下储油避免了频繁的充氮作业,省略了充氮设施的投资,避免了添加抗氧化剂对大豆油食品安全的潜在风险,其依赖于自然恒定的低温和避光条件,显示出对大豆油保质保鲜储存的鲜明优越性,是一种安全绿色的储油技术,值得推广应用。

## 参考文献:

- [1] 王瑞元. 2020 年我国粮油产销情况简介[J]. 中国油脂, 2021,46(8):1-5.
- [2] 李红, 李艳艳, 王彬, 等. 油罐散装储藏植物油脂品质变化研究[J]. 粮食科技与经济, 2016,41(5):54-56.
- [3] 周天智, 王东, 吴秋蓉, 等. 菜籽油实罐储存品质变化规律研究[J]. 粮食储藏, 2017,46(2):40-47.
- [4] 袁建, 何海艳, 何荣, 等. 模拟油罐储藏大豆油氧化稳定性研究[J]. 中国粮油学报, 2013,28(3):92-98.
- [5] SHAHID F. 贝雷油脂化学与工艺学[M]. 6 版. 王兴国, 金青哲, 译. 北京: 中国轻工业出版社, 2016.
- [6] 罗寅, 张云霄, 杜宣利, 等. 植物油库储油过程中油脂品质变化影响因素及控制要点[J]. 中国油脂, 2016,41(12):85-87.
- [7] WRONIAK M, REKAS A. Nutritional value of cold-pressed rapeseed oil during long term storage as influenced by the type of packaging material, exposure to light & oxygen and storage temperature[J]. J Food Sci Technol, 2016,53(2):1338-1347.
- [8] 邓金良, 刘玉兰, 肖天真, 等. 不同抗氧化剂对花生油和大豆油氧化稳定性及预测货架期的影响[J]. 中国油脂, 2019,44(8):35-40
- [9] LI J, YANLAN B, YANG H. Antioxidative properties and interconversion of *tert*-butylhydroquinone and *tert*-butylquinone in soybean oils[J]. J Agric Food Chem, 2017,13(12):1-29.
- [10] 胡智佑, 陆峰, 库勇, 等. 植物油脂充氮气调储藏试验研究[J]. 中国油脂, 2012,37(10):81-83.
- [11] 赵勇, 赵宇, 张瑞洋, 等. 植物油厂油罐氮封工艺的设计[J]. 中国油脂, 2018,43(7):149-153.
- [12] 刘玉兰, 邓金良, 马宇翔, 等. 不同储藏温度和抗氧化剂对花生油和大豆油氧化稳定性的影响[J]. 粮食与油脂, 2021,34(3):1-4.

(下转第 152 页)

- [7] 赵芳,李桂华,罗世龙. 葡萄籽油和亚麻籽油储藏期间氧化对功能性成分影响[J]. 粮食与油脂, 2011(5): 19-22.
- [8] 佟云伟,陈凤香,杨波涛. 不同食用植物油氧化稳定性的研究[J]. 中国油脂, 2009, 34(2): 31-34.
- [9] ISSAOUI M, FLAMINI G, HAJAJI M E, et al. Oxidative evolution of virgin and flavored olive oils under thermo-oxidation processes[J]. J Am Oil Chem Soc, 2011, 88(9): 1339-1350.
- [10] 吕俊峰,郭文川,于修焯. 高温处理对食用调和油微波介电特性与品质的影响[J]. 农业机械学报, 2010, 41(10): 148-151, 169.
- [11] 罗寅,张羽霄,杜宣利,等. 植物油库储油过程中油脂品质变化影响因素及控制要点[J]. 中国油脂, 2016, 41(12): 85-87.
- [12] 沈维维. 食用植物油热环境下品质变化规律的研究[D]. 上海:华东理工大学, 2018.
- [13] MIYAGAWA Y, YOSHIDA M, ADACHI S. Crystallisation kinetics of rice bran and soybean oils during storage at low temperature [J]. Food Bioprod Process, 2020, 120: 123-130.
- [14] 王若兰,徐卫星,李守星,等. 大豆油不同储藏技术的效果研究[J]. 中国油脂, 2012, 37(10): 41-44.
- [15] 丁明,费学谦. 茶油储藏条件对过氧化值的影响[J]. 食品科技, 2011, 36(12): 183-186.
- [16] SHANKER N, DEBNATH S. Impact of purslane (*Portulaca Oleracea* L.) leaves extract to enhance the anti-oxidant potential of edible oils during heating[J]. J Oleo Sci, 2019, 68(4): 321-328.
- [17] 郭晓峰,毕艳兰,陈佳丽. 加热条件下 $\alpha$ -生育酚在油脂中的抗氧化活性、损耗及其对油脂全氧化值的影响[J]. 食品科学, 2018, 39(20): 27-33.
- [18] WRONIAK M, FLOROWSKA A, REKAS A. Effect of oil flushing with nitrogen on the quality and oxidative stability of cold-pressed rapeseed and sunflower oils[J]. Acta Sci Pol Technol Aliment, 2016, 15(1): 79-87.
- [19] 何海艳. 大豆油氮气储藏氧化稳定性研究[D]. 南京:南京财经大学, 2012.
- [20] 张来林,金文,周杰生,等. 充氮气调对大豆制油品质的影响[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2010, 31(6): 11-14.
- [21] 彭小虎,杨光. 氮气在油脂储藏方面的应用[J]. 中国油脂, 2007, 32(6): 67-68.
- [22] 周延智,黄学春,陈远毅. 喷淋在立式油罐控温储油中的应用[J]. 粮油食品科技, 2013, 21(1): 79-80.
- [23] MAWIRE A. Experimental de-stratification and heat loss in a storage tank containing different thermal oils[J]. J Braz Soc Mech Sci Eng, 2017, 39(6): 2279-2288.
- 
- (上接第144页)
- [13] 李军,毕艳兰,杨会芳,等. 加热条件下大豆油中TBHQ的挥发、转化规律及其对大豆油品质的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(14): 106-112.
- [14] 胡前,曾轶. 植物油循环充氮工艺研究[J]. 中国油脂, 2018, 43(1): 155-157.
- [15] FARHOOSH R, HOSEINI - YAZDI S Z. Shelf-life prediction of olive oils using empirical models developed at low and high temperatures[J]. Food Chem, 2013, 141(1): 557-565.
- [16] 李伟,狄育慧. 地下粮仓的发展及节能优势[J]. 粮食科技与经济, 2015, 29(1): 79-83.
- [17] 温运启,刘玉兰,王璐阳,等. 不同食用植物油中维生素E组分及含量研究[J]. 中国油脂, 2017, 42(3): 35-39.
- [18] 魏佳丽,马传国,柴小超,等. 米糠毛油中去甲基甾醇检测方法的对比研究[J]. 中国油脂, 2014, 39(1): 61-64.
- [19] 邓金良,刘玉兰,王小磊,等. 不同储存条件对浓香花生油风味及综合品质的影响[J]. 食品科学, 2020, 41(17): 231-237.
- [20] 陈华凤. 油脂中抗氧化剂BHT、TBHQ及其转化产物的研究[J]. 质量技术监督研究, 2018(4): 16-19.
- [21] 邓金良. 不同储油技术对油脂保质保鲜影响的研究[D]. 郑州:河南工业大学, 2020.
- [22] 王伟,张艳,肖雪芹. 不同储藏方式下四级菜籽油品质变化研究[J]. 粮食储藏, 2019, 48(1): 39-42.