

# 一级精炼大豆油返色返酸控制

左青<sup>1</sup>, 吕瑞<sup>2</sup>, 徐宏闯<sup>2</sup>, 章新平<sup>2</sup>, 左晖<sup>3</sup>, 范志兵<sup>4</sup>

(1. 江苏丰尚油脂工程技术有限公司, 江苏扬州 225127; 2. 中储粮油脂工业有限公司, 广东东莞 523147;  
3. 广州星坤机械有限公司, 广州 510890; 4. 东莞嘉吉粮油有限公司, 广东东莞 523147)

**摘要:**将车间精炼的合格一级大豆油, 泵进灌装车间油罐或户外油罐群, 在1~2 d后出现返色返酸现象。为更好地控制大豆油的返色返酸, 从原料品质、储存条件、制油过程、精炼过程分析大豆油返色返酸原因, 从设备配置、调整工艺操作参数等方面提出控制措施。为了达到企业包装油内控标准酸值(KOH)  $\leq 0.08$  mg/g 和色泽  $\leq Y10/R1.3$ , 精炼车间控制出油色泽  $\leq Y7/R0.7$ 、酸值(KOH)  $\leq 0.05$  mg/g, 基本能满足市场消费者的需求。

**关键词:**大豆油; 返色返酸; 精炼; 吸附剂; 脱臭; 内控标准

中图分类号: TS221; TS225.1 文献标识码: B 文章编号: 1003-7969(2021)07-0129-05

## Color and acid reversion control of first grade refined soybean oil

ZUO Qing<sup>1</sup>, LÜ Rui<sup>2</sup>, XU Hongchuang<sup>2</sup>, ZHANG Xinping<sup>2</sup>,  
ZUO Hui<sup>3</sup>, FAN Zhibing<sup>4</sup>

(1. Jiangsu FAMSUN Oils & Fats Engineering Co., Ltd., Yangzhou 225127, Jiangsu, China;  
2. Sino-grain Oils and Fats Co., Ltd., Dongguan 523147, Guangdong, China;  
3. Guangzhou Xinmas Co., Ltd., Guangzhou 510890, China; 4. Cargill Grain &  
Oilseeds (Dongguan) Ltd., Dongguan 523147, Guangdong, China)

**Abstract:** The qualified first grade refined soybean oil coming from refinery plant is translated into the finished oil tanks in the filling plant or the tank farm, and the color and acid reversion will be shown in the oils during storage for 1-2 d. To better control the color and acid reversion of soybean oil, the reasons for the color and acid reversion of soybean oil from the quality of raw materials, storage conditions, oil production process, and refining process were analyzed, and provided control measures in terms of equipment configuration and adjustment of process operation parameters. In order to achieve the enterprise internal packaging oil control standards with the acid value less than or equal to 0.08 mgKOH/g and the color less than or equal to Y10/R1.3, the oil from refinery plant should be controlled in the color less than or equal to Y7/R0.7 and acid value less than or equal to 0.05 mgKOH/g to basically meet the requirement of consumer.

**Key words:** soybean oil; color and acid reversion; refining; adsorbent; deodorization; internal standard

从精炼厂出来的合格一级大豆油常规指标酸值、色泽、含磷量、水分、过氧化值和活性氧(AOM)值均达标, 在进油罐后出现返色返酸现象。多数大豆油返酸(酸值(KOH))增量在0.023~0.057 mg/g, 返色增量范围较宽, 返色的频次、程度和速度不同,

一般返色(罗维朋, 133.4 mm槽)在R0.2~1.3, 最多达到R2.0。如果一级大豆油在油罐储存7 d 色泽达到R1.5/Y15, 视为返色严重, 在7 d内酸值(KOH)达到0.1 mg/g, 视为严重返酸。大豆油的返色返酸原因及如何控制这种现象是油脂企业面临的问题, 本文就这些问题进行探讨, 供同行参考。

### 1 大豆油返色返酸原因分析

大豆油返色返酸主要与原料品质、储存条件、制油过程和精炼过程等有关。

收稿日期: 2020-07-28; 修回日期: 2020-12-31

作者简介: 左青(1958), 男, 高级工程师, 主要从事企业的生产技术管理工作(E-mail) zuoqing\_bj@163.com。

### 1.1 原料品质

大豆水分超过 12% 时,大豆油返色显著,大豆水分从 18% 降到 8% 时大豆油不易返色。大豆油含 2% ~ 13% 亚麻酸,亚麻酸含量高可促进返味返酸,控制亚麻酸含量小于等于 3% 时,大豆油稳定性好。由青绿豆、未成熟大豆、高含水大豆生产的大豆油色泽发青,由成熟大豆生产的大豆油色泽发黄。由未成熟大豆生产的大豆油酸值和过氧化值高于成熟大豆。青绿豆富含叶绿素,其非水化磷脂含量为成熟大豆的 3 倍,主要是磷脂酸,可与微量金属离子结合为磷脂金属离子复合物,造成脱胶难、分离难,成品油易氧化分解,产生加工色素和返色<sup>[1]</sup>。巴西大豆油返色率偏高,与品种和热损率高有关。

### 1.2 储存条件

大豆在储存过程中,易“赤变”“走油”,用陈化或霉变大豆制油,出油量减少,油色棕红或暗红色增加,成品油容易返色返酸。在不当的储存条件下,大豆的热损率增高,导致大豆原有的颜色和形状改变,形成了新型色素,且大豆油酸值增高,加剧了成品油的返色返酸。大豆中的杂质、破损粒、热损粒、霉变粒等在储运期间,可引起生育酚酶促氧化,产生回色前体物,使成品油易返色返酸。

### 1.3 制油过程

在大豆的软化、压坯过程中,在氧化还原酶作用下, $\gamma$ -生育酚发生氧化生成二聚体如  $\gamma$ -TED、生

育酚红( $\gamma$ -tocored)等产物。生育酚红是大豆油返色的前体物质,由  $\gamma$ -TED 转变而成,在精炼过程中有 30% 左右会变成无色的  $\gamma$ -tocored 异构体存在于精炼油中,在储存阶段又转变为  $\gamma$ -tocored 而导致大豆油返色<sup>[2]</sup>。采用膨化机钝化酶活性,大豆油返色得到一定的改善。

在浸出车间大豆油的汽提脱溶温度对其返色返酸影响很大,如浸出车间二蒸和汽提温度大于等于 105 °C,大豆油会发生返色返酸。

### 1.4 精炼及成品油储存

原油中含少量的蛋白质和糖类等物质,在高温下易氧化或发生其他交联反应,加深油脂色泽。一般脱胶油含磷量低时,非水化磷脂比例高,伴随较多的金属离子,这些金属离子的存在会加速油脂酸败。油中铜离子和铁离子质量浓度分别超过 0.01 mg/kg 和 0.1 mg/kg 时,可促进油脂氧化, $Fe^{2+}$  质量浓度大于等于 0.2 mg/kg 时,会产生加工色素。大豆油含磷量与金属离子含量呈正相关<sup>[3]</sup>,磷脂与金属离子形成复合物,加深油脂色泽。油脂残磷量高,在高温时易结垢结焦,形成加工色素。残磷量大于等于 5 mg/kg 时,油脂返色严重。残磷量与成品油返色返酸关系见表 1。油脂残磷在脱臭后发生磷脂的吡咯化(4,5-环氧基-2-庚烯醛和多个含氨基磷脂反应生成聚合物吡咯磷脂),产生非酶性褐变,引起成品油返色。

表 1 含磷量与成品油返色返酸关系

含磷量/(mg/kg)			储存 1 d		储存 30 d		储存 60 d		储存 90 d	
中和油	脱色油	脱臭油	色泽	酸值(KOH)/(mg/g)	色泽	酸值(KOH)/(mg/g)	色泽	酸值(KOH)/(mg/g)	色泽	酸值(KOH)/(mg/g)
8	4	0	R0.6/Y6	0.05	R0.6/Y6	0.05	R0.7/Y7	0.05	R0.8/Y8	0.05
10	5	0.8	R0.6/Y6	0.05	R0.7/Y7	0.05	R0.8/Y7	0.05	R0.9/Y9	0.06
25	15	5.6	R0.7/Y7	0.06	R0.9/Y9	0.06	R1.0/Y10	0.06	R1.2/Y12	0.07
38	21	8	R0.9/Y9	0.07	R1.0/Y10	0.08	R1.3/Y13	0.085	R2.0/Y20	0.13

油脂在精炼中,遇碱和热,不饱和脂肪酸双键向羧基端移动,形成部分顺反异构体及位置异构体如共轭二酸,油中共轭双键的增多,使油色加深。

中和油的质量影响成品油返酸结果,包括中和油的酸值、含磷量、含皂量等指标,碱炼过程中皂粒

含金属离子,特别是铜皂、铁皂,是影响油脂氧化的重要因素。含皂量与成品油返色返酸关系见表 2。为了减少成品油返色返酸,常规工艺中要求中和油含皂量小于等于 100 mg/kg。

表 2 含皂量与成品油返色返酸关系

含皂量/(mg/kg)			储存 1 d		储存 30 d		储存 60 d		储存 90 d	
中和油	脱色油	脱臭油	色泽	酸值(KOH)/(mg/g)	色泽	酸值(KOH)/(mg/g)	色泽	酸值(KOH)/(mg/g)	色泽	酸值(KOH)/(mg/g)
58	0	0	R0.6/Y6	0.05	R0.6/Y6	0.05	R0.7/Y7	0.05	R0.8/Y8	0.05
96	0	0	R0.6/Y6	0.05	R0.6/Y6	0.05	R0.7/Y7	0.05	R0.9/Y9	0.06
320	9	1.8	R0.6/Y6	0.06	R0.8/Y8	0.06	R1.0/Y10	0.06	R1.3/Y13	0.09

酸性活性白土的游离酸高造成油脂的水解和氧化,造成油脂返色返酸。超量白土催化油脂氧化及异构化,增加共轭二烯酸等二级氧化物,一般添加1%酸性活性白土使脱色油酸值(KOH)增加0.01 mg/g、过氧化值增加并带有浓白土味。如果白土过滤不净,导致油脂烟点下降,伴随反式酸和聚合物增加。

在脱臭过程中的高温和金属离子的影响下,大豆油中的生育酚和其二聚体等返色物质氧化生成二聚体和生育醌。不同生育醌的颜色不同, $\alpha$ -、 $\beta$ -生育醌呈黄色, $\gamma$ -、 $\delta$ -生育醌呈红色。大豆油的返色主要是 $\gamma$ -、 $\delta$ -生育酚两种异构体引起的,且 $\gamma$ -生育酚作用最大。 $\gamma$ -生育酚前体与返色物质之间是互相转换的可逆反应,临界点在235℃,返色物质比前体稳定,前体的活化能较低。在酸性白土催化下,返色前体物质转变为返色物质,但是返色物质转换为前体要克服高活化能,脱臭高温可促进此转变,即油脂色泽表面上降低,但是这些前体在大豆油储存过程中可能再次转换为返色物质,导致大豆油返色。

油脂的色泽随着储存时间延长而加深。在储存过程中,油脂的氧化与返色有密切关系。油脂的过氧化值升高到一定值后降低,过氧化值呈周期性变化。过氧化值与返色返酸呈正比,过氧化值与油入罐温度、灌装容器的饱和度及油脂储存方式有关,在油温大于等于50℃时,大豆油氧化速度较快,灌装液位越高保存时间越久,大豆油避光储存可减缓过氧化值的升高。

## 2 在精炼工艺中进行设备调整和过程控制

### 2.1 酸炼脱胶

传统的水化脱胶能把劣质大豆毛油含磷量降到180~260 mg/kg。酸化混合器选择强力混合器,酸炼反应时间在90 min可调。劣质大豆油的非水化磷脂的酸化水合机理很难弄清,提供足够的时间絮凝可有效脱磷。大豆脱胶油重要的指标是酸值和含磷量。控制酸反应温度70~85℃,酸炼时间大于等于45 min。采用柠檬酸替换磷酸进行生产,主要是减少磷酸使用、降低无机酸的加入,降低对返酸试验的影响。

### 2.2 碱炼脱胶脱酸

碱的种类、超量碱添加量、碱浓度、反应时间和反应温度对大豆油产生不同的影响。碱炼对大豆油过氧化值没有影响,但是在混合油碱炼中,混合油的过氧化值降低。超量碱添加量在0.15%~0.25%,过氧化值逐渐下降。超量碱添加的多,碱液与油脂中氢过氧化物接触的概率增加,反应完全,但是超量碱

过多会皂化中性油。

对于劣质大豆油,采取碱炼脱胶脱酸比水化脱胶效果好,脱磷效果与碱液质量分数和超量碱添加量呈正比。在大豆原油叶绿素含量为1000~1500  $\mu\text{g/L}$ 时,碱炼可以脱除25%叶绿素和50%的加工色素。

高效混合器混合效果优于盘式混合器,第一台离心机出油酸值对于成品油返酸影响很大,控制第一台离心机出油酸值(KOH)在0.03~0.04 mg/g。碱炼油进水洗,加磷酸,降低中和油的含皂量。碱炼油在脱色前加柠檬酸,络合金属离子,可降低氧化速度,脱磷脱皂。把柠檬酸稀释到10%~15%,按100~200 mg/kg加到待脱色油中。

采取碱炼脱胶脱酸:对酸值(KOH)在2.35 mg/g、含磷量在600 mg/kg的原油,磷酸(85%)用量0.1%~0.2%,加酸后酸值(KOH)达2.78 mg/g,碱液质量分数12.4%,超量碱20%~25%,酸炼时间60 min,碱炼时间20 min。碱炼油用3%左右热软水进行水洗,添加柠檬酸螯合金属离子,控制含磷量 $\leq 30$  mg/kg,  $\text{Fe} \leq 0.1$  mg/kg、 $\text{Cu} \leq 0.01$  mg/kg,  $\text{Ca}$ 、 $\text{Mg} \leq 5$  mg/kg。中和油酸值(KOH)达0.06 mg/g,干燥油酸值(KOH)0.15 mg/g,残皂量41.0 mg/kg,干燥油含磷量9.51 mg/kg。

### 2.3 脱色

预脱色罐的容积能够保证过滤效果和过滤器切换时不会产生溢罐,造成未脱色油直接进入脱色罐。建议在预脱色罐后设一个暂存罐,保持进过滤器待脱色油过滤速度稳定,减少在过滤器切换时进油流量的波动,以避免脱色罐中油和白土比例产生脉冲式波动和脱色时间的脉冲式变化。脱色罐一般选取三层脱色罐,检查脱色罐是否存在出油管道白土沉淀、罐体积料死角和短路。

根据油品选择活性低于200,游离酸在0.2%(硫酸),pH在5~9的白土。活性白土与凹凸棒土、膨润土比例在2:1:1时,返酸加重<sup>[1]</sup>。对于热损率高的巴西大豆油,选用活性白土与凹凸棒土比例1:2,活性白土与助滤剂、凹凸棒土比例1:1:2。对于易返色返酸油,考虑活性白土与凹凸棒土、膨润土比例1:1:1。对于美国大豆油,全部用凹凸棒土。凹凸棒土对油脂的脱色率低于80%,但是可使脱色油返酸降低。

在脱色前取油样做小样试验确定吸附剂的种类、配比和添加量,观察酸值回升情况;做加热试验,观察色泽快速上升情况。如果使用酸性白土脱色油返色返酸严重,建议选用碱性白土。

处理酸值低、色泽浅的美国大豆油,在碱炼过程

中皂脚量少,皂脚吸附脱磷效果下降,白土添加0.4%,成品油色泽就能达到Y6/R0.6,残磷对成品油的返色返酸起促进作用,要增加一定量的膨润土,用以吸附降低残磷。

脱色温度过高、时间过长和真空度低会引发返色返酸,要求:脱色温度120~150℃(活性白土)或100~106℃(活性炭)、105~132℃(天然漂土),脱色时间15~20 min,脱色残压2.5~3.5 kPa。此条件下脱色油色泽Y40/R4.6,酸值(KOH)0.29 mg/g,含磷量2.70 mg/kg。

## 2.4 脱臭

推荐采取填料塔-板式塔-填料塔的组合塔,填料塔高度在3 m左右,滞留时间4~5 min,板塔在4~6层,板塔的直接蒸汽喷孔3.5 mm,直接蒸汽进行汽水分离和过热处理,直接蒸汽管道保温无死角。定期清洗脱臭塔、捕集器的除沫器和疏通直接蒸汽喷孔,增加汽水分离器,定期更换脱臭塔的人孔、视镜、法兰等的老化垫片;定期对脱臭塔系统进行气密性测漏。采取冷冻水真空系统和双捕集器,检查蒸汽喷射泵的堵塞情况、水封池水的pH。

在进除氧器前一般加入0.02%~0.04%质量分数为0.5%的柠檬酸溶液(实际过程中添加量10 mg/kg),避免大豆油高温分解。进脱臭塔油含磷量低,可减少聚合物。注意脱臭温度高导致脂肪酸的异构化和反式酸,脱臭温度大于230℃时,亚麻酸的异构化增加;脱臭温度大于240℃时,亚油酸异构化增加。脱臭温度在235~245℃时,脱臭油中反式酸含量小于1%。所以推荐脱臭温度在235~245℃,脱臭时间60~80 min。脱臭塔飞溅油在收集后泵入脱色塔。物理精炼脱臭温度在260~265℃,高温导致多不饱和酸结构失稳。

脱臭油在真空下冷却到45℃左右进油罐,在油脂中添加60 mg/kg的TBHQ或充氮密封。成品油酸值(KOH)0.04 mg/g,色泽Y7/R0.7,过氧化值0.01 mmol/kg。精炼成品油进成品库区油罐,再转入包装车间的油罐等待灌装,要求灌装的大豆油酸值(KOH)≤0.08 mg/g、色泽≤Y10/R1.3。

在经过脱臭塔后,240℃以上的大豆油在后脱酸塔及油油换热器停留的过程中仍有继续水解酸败的可能,搅拌能够确保大豆油在离开油油换热器前把新形成的脂肪酸脱除,使成品油的返酸降低。直接汽接油流量的0.6%左右,包括加热器、脱臭塔、后汽提的蒸汽。采用“干净”直接蒸汽,一般汽提蒸汽压力0.05~0.2 MPa,多选0.15 MPa。直接蒸汽压对脱臭油酸值及成品油热稳定性的影响分别见表

3和表4。从表3和表4可见,随着直接蒸汽压增加,油脂的稳定性转好。脱臭工段调整脱臭系统直接汽用量大小改变水蒸气蒸馏效果,直接汽用量由5 kg/t(以成品油质量计)调整至8 kg/t,确保增加脂肪酸汽提的挥发,降低成品油的酸值,控制成品油的稳定性。

表3 直接蒸汽压对脱臭油酸值的影响

蒸汽压/ MPa	不同储存期成品油酸值(KOH)/(mg/g)						
	0 d	30 d	60 d	90 d	120 d	150 d	180 d
0.08	0.075	0.14	0.23	0.28	0.38	0.45	0.60
0.10	0.065	0.08	0.085	0.10	0.116	0.124	0.15
0.15	0.052	0.06	0.065	0.074	0.085	0.092	0.12

表4 直接蒸汽压对成品油热稳定性试验的影响

条件	色泽	酸值(KOH)/ (mg/g)	过氧化值/ (mmol/kg)
0.08 MPa			
加热前	R0.5/Y5	0.072	0
105℃、24 h	R1.1/Y11	0.095	3.29
增量	R0.6/Y6	0.023	3.29
0.10 MPa			
加热前	R0.5/Y5	0.065	0
105℃、24 h	R1.0/Y10	0.078	2.94
增量	R0.5/Y5	0.013	2.94
0.15 MPa			
加热前	R0.5/Y5	0.052	0
105℃、24 h	R0.9/Y9	0.052	1.85
增量	R0.4/Y4	0	1.85

## 2.5 成品油充氮

对充氮和不充氮成品油的返色返酸进行了对比,结果见表5。由表5可见,充氮与否对返酸没有影响,充氮后油脂返色速度变慢。

表5 充氮对油脂返色返酸的影响

样品	储存时间/d	是否充氮	色泽	FFA/%
样1	0	进油罐	R0.6/Y6.0	0.016
	76	充氮	R0.8/Y7.0	0.029
	76	未充氮	R1.0/Y10	0.029
样2	0	进油罐	R0.5/Y6.0	0.021
	42	充氮	R0.8/Y7.0	0.027
	42	未充氮	R0.9/Y9.0	0.027

## 3 结束语

食用植物油中存在各种色素,天然色素容易脱除,在储存和加工中出现的色素在脱色过程中很难脱除。因此,要求在预处理和浸出过程中尽可能地采取低温,避免产生加工色素,在碱炼中采取皂粒吸附色素效果较好,可减轻脱色白土用量。脱臭塔及附属设备是关键设备,定期清洗,定期做气密性试验,

(下转第147页)

由表2可知,对同一样品,本试验方法测定结果与SGS测定结果接近,相对平均偏差为2.36%~3.50%。说明本试验方法测定结果准确,可应用于油脂企业植物油中痕量苯并(a)芘的测定。

### 3 结论

建立了一种植物油中苯并(a)芘含量测定的固相萃取前处理方法,以自制氧化铝柱为固相萃取柱,采用单因素试验对样品前处理过程中称样量、吸附剂量、洗脱剂量、吸附剂存放时间、洗脱流速这5个影响油脂中苯并(a)芘洗脱的因素进行研究,得到优化的前处理条件为:称样量0.1000 g,洗脱剂120 mL,吸附剂22 g,洗脱流速1滴/2 s,吸附剂存放时间少于12周。采用优化的样品前处理条件,方法检出限为0.2 μg/L,样品加标回收率为94.23%~100.00%,RSD为1.20%~7.36%,同一样品测定结果与SGS测定值接近,相对平均偏差为2.36%~3.50%,说明本试验方法测定结果准确,可应用于油脂企业植物油中痕量苯并(a)芘的测定。

### 参考文献:

- [1] 罗皓,唐焕文,杜进林,等. 苯并(a)芘的毒性及其致癌机制研究现状[J]. 实用预防医学,2011,18(4):772-773.
- [2] 王广峰. 苯并芘对人体的危害和食品中苯并芘的来源及

防控[J]. 菏泽学院学报,2014,36(2):66-70.

- [3] 吴丹. 食品中苯并芘污染的危害性及其预防措施[J]. 食品工业科技,2008,29(5):309-311.
- [4] 吴海智,周丛,袁列江,等. 高效液相色谱法快速测定植物油中苯并芘的研究[J]. 安徽农业科学,2011(10):417-418.
- [5] 江露,汪善良. 反相高效液相色谱法测定植物油中苯并芘的研究[J]. 食品科学技术学报,2017,35(5):91-94.
- [6] 吴钟玲,何仲强,陈树东,等. 植物油中苯并芘含量测定研究[J]. 广东微量元素科学,2012,19(6):29-33.
- [7] 辛明星. 植物油中苯并芘测定方法的研究[J]. 农业科技与信息,2018(20):34-39.
- [8] 张晓燕,黄力,倪小英,等. 高效液相色谱法测定抽油烟机油中的苯并芘含量[J]. 粮食科技与经济,2011(6):58-59.
- [9] 郝媛媛. 高效液相色谱法测定野山茶油中苯并芘的含量[J]. 理化检验:化学分册,2018,54(7):816-818.
- [10] 梁瑞,段兰萍,黄瑞,等. 固相萃取-高效液相色谱法测定粮油中苯并芘残留[J]. 粮食科技与经济,2016,41(5):46-49.
- [11] 蒋树新,刘华良,马永建. 在线固相萃取-高效液相色谱检测植物油中的苯并(a)芘[C]//持久性有机污染物论坛2017暨第十二届持久性有机污染物学术研讨会论文集. 北京:中国化学会,2017.

(上接第132页)

进油除氧,直接蒸汽除氧。需要说明的是在处理劣质大豆油时,除了要注意脱臭温度和真空,还要重视脱色活性白土的活性影响。在管理上,对小包装油4 h检测一次,散装油24 h检测一次,车间每班取5 L油脂检测色泽和气味。小包装容器选用PET塑料和马口铁,密封。

从生产和储存大豆油的经验看,美国大豆油的氧化稳定性好,阿根廷大豆油次之,巴西大豆油最差,国储大豆油和多年储存的大豆加工的精炼油返色返酸不同,我们掌握多数大豆油返色速率和返酸速率范围,在指导生产中控制出油色泽在Y7/R0.7、酸值(KOH)在0.05 mg/g以内,如有充氮装置可向

成品油罐充氮,延缓油脂氧化速度,达到企业内控包装油标准酸值(KOH)≤0.08 mg/g和色泽≤Y10/R1.3。

**致谢:**感谢中粮东莞粮油产业工业园刘启东高级工程师的支持!

### 参考文献:

- [1] 卢鑫,郑存劳,刘国权. 影响大豆油色泽的因素分析[J]. 中国油脂,2005,30(8):20-21.
- [2] 张余权,金青哲,王兴国. 油脂回色机理及影响因素研究进展[J]. 中国油脂,2014,39(5):15-18.
- [3] 左青. 大豆色拉油返色原因初探及对策[J]. 中国油脂,2000,25(6):79-81.