

# 芝麻脱皮对芝麻香油自然沉降过程的影响

贾冕<sup>1</sup>, 王动民<sup>1</sup>, 刘华敏<sup>1</sup>, 汪学德<sup>1</sup>, 冯成<sup>2</sup>, 王雪雅<sup>2</sup>

(1. 河南工业大学粮油食品学院, 郑州 450001; 2. 驻马店顶志食品有限公司, 河南 驻马店 463000)

**摘要:**在芝麻香油精制过程中,自然沉降规律受诸多因素影响,为探索提升芝麻香油精制效率的技术手段,以脱皮和未脱皮芝麻所得芝麻香油为研究对象,通过测定芝麻原油与沉淀物组成,并结合沉降过程中沉淀物含量、磷脂含量、酸值、过氧化值、沉淀物压缩速度的变化规律,考察芝麻脱皮对芝麻香油自然沉降过程的影响。结果表明:相比未脱皮芝麻香油,脱皮芝麻香油在线性沉降阶段的沉降效率高约5个百分点;芝麻香油沉淀物的90%以上是粗脂肪,还有少量水分、磷脂、蛋白质、糖形成的胶杂,水和磷脂发生明显聚集;沉淀物的酸值远高于芝麻香油,但过氧化值变化不明显;芝麻香油磷脂含量与沉淀物含量变化呈现相似的趋势,上、下层油中磷脂含量和酸值在线性沉降阶段后差异较小;脱皮芝麻香油沉淀物初始高度远低于未脱皮芝麻香油,且在线性沉降阶段压缩速度快于未脱皮芝麻香油,最终成品油得率高于未脱皮芝麻香油约3个百分点。综上,脱皮有利于芝麻香油的自然沉降以及获得更高的得率。

**关键词:**芝麻;脱皮;芝麻香油;沉降;磷脂;过氧化值;酸值

中图分类号:TS224.1;TS225.1 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2024)01-0001-06

## Effect of peeling on the natural sedimentation process of fragrant sesame oil

JIA Mian<sup>1</sup>, WANG Dongmin<sup>1</sup>, LIU Huamin<sup>1</sup>, WANG Xuede<sup>1</sup>,  
FENG Cheng<sup>2</sup>, WANG Xueya<sup>2</sup>

(1. College of Food Science and Engineering, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, China;

2. Zhumadian Ding Zhi Foodstuff Co., Ltd., Zhumadian 463000, Henan, China)

**Abstract:** In the refining process of fragrant sesame oil, its natural sedimentation pattern is affected by many factors. In order to explore the technique to improve the refining efficiency of fragrant sesame oil, fragrant sesame oil obtained from peeled and unpeeled sesame was used as the research object, the compositions of crude sesame oil and precipitates were measured, and the changes in precipitates content, phospholipids content, acid value, peroxide value, and compression rate of precipitates during the sedimentation process were analyzed to investigate the effect of sesame peeling on the natural sedimentation process of fragrant sesame oil. The results showed that compared with unpeeled sesame oil, the peeled fragrant sesame oil showed a high sedimentation efficiency of about 5 percentages higher in the linear sedimentation stage. More than 90% of precipitates was crude fat, with small amounts of water, phospholipids, proteins, and sugars forming colloidal impurity, with significant aggregation of water and phospholipids. The acid value of the precipitates was much higher than that of the fragrant sesame oil, but

the change of peroxide value was not significant. The changes of phospholipids content showed similar trends with precipitates content, and the differences of phospholipids content and acid value in the upper and lower oil were smaller after the linear sedimentation stage. The initial height of the precipitates of peeled fragrant sesame oil was much lower than that of unpeeled fragrant sesame oil, and the compression rate was faster than that of

收稿日期:2022-09-21;修回日期:2023-08-27

基金项目:国家现代农业产业技术体系资助(CARS-14);国家自然科学基金项目(31110047);河南省科技攻关项目(192102110103)

作者简介:贾冕(1998),男,硕士研究生,研究方向为芝麻香油加工理论与技术(E-mail)1142345829@qq.com。

通信作者:王动民,讲师,博士(E-mail)wdongmin@126.com;刘华敏,副教授,博士(E-mail)liuhuamin5108@163.com。

unpeeled fragrant sesame oil during the linear sedimentation stage as well as the final yield was about 3 percentages higher than that of unpeeled fragrant sesame oil. In conclusion, peeling is beneficial for the natural sedimentation of fragrant sesame oil and achieving higher yield.

**Key words:** sesame; peeling; fragrant sesame oil; sedimentation; phospholipids; peroxide value; acid value

芝麻(*Sesamum indicum* L.)是一种重要的油料作物,栽培历史悠久,广泛种植于亚洲和非洲国家<sup>[1]</sup>。芝麻中含有44%~58%的粗脂肪,18%~25%的蛋白质,以及大量的生物活性成分如生育酚、植物甾醇和木脂素(包括芝麻素、芝麻林素和芝麻酚)等<sup>[2]</sup>,具有很好的抗氧化活性,在促进人体健康方面发挥着重要作用<sup>[3]</sup>。

芝麻年产量的65%用于加工食用油<sup>[4]</sup>,芝麻经过焙烤、压榨获得具有特殊风味的芝麻香油<sup>[5]</sup>。新鲜压榨的芝麻原油中含有水分、悬浮的固体颗粒和磷脂、蛋白质等胶体杂质(以下简称“胶杂”),需要进一步的精制处理才能得到成品芝麻香油。目前,常用自然沉降的方法对芝麻香油进行澄清处理<sup>[6]</sup>。在沉降过程中,磷脂与水结合并膨胀凝聚,然后从油中析出并吸附其他杂质,最终通过重力作用沉淀分离出胶杂<sup>[7]</sup>。相比其他精制方法,自然沉降法可以有效减少油脂中风味成分的损失。

尽管芝麻香油自然沉降的精制方法简单方便,但存在沉降时间长、效率低、终点难以判断等问题,不但有可能导致芝麻香油品质劣变,同时较长的沉降时间也增加了企业的经营成本。因此,研究芝麻香油沉降规律的影响因素,探索提升芝麻香油精制效率的技术手段是芝麻香油加工行业亟待解决的重要难题。虽然芝麻香油自然沉降的精制方法已经使用多年,但对其沉降过程的研究报道却很少。

本文以3个不同产地的脱皮和未脱皮芝麻原料制得的芝麻香油为研究对象,根据其沉降过程的规律和品质变化,研究脱皮对芝麻香油自然沉降规律的影响,以期为芝麻香油的自然沉降精制提供一定的理论和数据支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

#### 1.1.1 原料与试剂

芝麻,分别采购于河南驻马店、郑州及山东滨州3地的农户。盐酸、氢氧化钾、钼酸钠、硫酸联氨、磷酸二氢钾、丙酮、无水乙醚、异丙醇、三氯甲烷、冰乙酸、淀粉指示剂、碘化钾、硫代硫酸钠,均为分析纯。

#### 1.1.2 仪器与设备

ME204 电子天平;XL-168 粉碎机;ENG002 炒籽机;L-D5-10 离心机;UV-6000PC 紫外可见分光光度计,海元析仪器设备;Molcell820d 摩尔细胞型超纯水器,重庆摩尔水处理设备有限公司;SX-4-100II 箱式马弗炉;SGA-200A 浊度仪,上海悦丰仪器仪表有限公司;10832 液压榨油机,郑州金邦机械制造有限公司。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 样品制备

芝麻脱皮:室温下将芝麻在水中浸泡5 min,纱布沥干水分,用手搓去芝麻皮,50℃烘干后用筛网(0.6 mm)将芝麻籽粒和芝麻皮分离。

芝麻香油的制取:将500 g 芝麻放入200℃炒籽机中炒籽8 min后,迅速扬烟,使其冷却至室温,然后进行液压压榨,所得油脂用纱布过滤,得到芝麻原油。河南驻马店、郑州及山东滨州3地未脱皮芝麻及其制备的芝麻香油分别以A、B、C表示,脱皮芝麻及其制备的芝麻香油分别以A-、B-、C-表示。

芝麻香油的自然沉降:以实验室的量筒(体积1 000 mL,内径6 cm,高度约33 cm)为沉淀柱,将1 000 mL新鲜压榨的芝麻原油样品倒入沉淀柱中,在25℃下静置,设定不同沉降时间(0、0.25、0.5、1、3、6、10、20 d),用移液管在液面下方12 cm处取样,每次吸取30 g芝麻香油。

#### 1.2.2 基本指标的测定

磷脂含量测定参照GB/T 5537—2008;酸值测定参照GB 5009.229—2016;过氧化值测定参照GB 5009.227—2016;粗蛋白质含量测定参照GB 5009.5—2016;总糖含量测定参照T/SDAS 510—2022;灰分测定参照GB 5009.4—2016;水分含量测定参照GB/T 14489.1—2008;粗脂肪含量测定参照GB 5009.6—2016。

#### 1.2.3 芝麻香油沉淀物含量的测定

##### 1.2.3.1 纯净油与含丙酮沉淀物的制备

取400 mL芝麻原油,与丙酮按照体积比1:1混合,涡旋5 min,使其充分混匀,以4 500 r/min离心10 min,吸出上层透明清油。向下层沉淀物中加入50 mL丙酮,经前述涡旋、离心、吸出上层透明清油

操作,重复两次除去下层沉淀物中残油,最终得到含丙酮沉淀物。吸出的透明清油经 40℃ 旋蒸除去丙酮得到纯净油。

### 1.2.3.2 标样油制备

取 20 mL 纯净油,称质量,将适量含丙酮沉淀物加入纯净油中,45℃ 旋蒸后在 105℃ 烘箱中烘 2 h,完全除去丙酮,恒重,计算得到沉淀物质量浓度为 0.037 16 g/mL 的标样油。

### 1.2.3.3 标准曲线的绘制

取 10 mL 标样油,加入 27.16 mL 纯净油,混匀得到沉淀物质量浓度为 0.01 g/mL 的标液,移取 0.25、0.5、1、2、4、8 mL 标液,分别加入 9.75、9.5、9、8.6、2 mL 纯净油,混匀得到沉淀物质量浓度分别为 0.000 25、0.000 5、0.001、0.002、0.004、0.008 g/mL 的油样,分别移取 1 mL 该油样于 50 mL 容量瓶中,用丙酮定容,吸取上述溶液于比色瓶中,以空白样为基准校零,用浊度仪测其浊度,以浊度( $y$ )为纵坐标,沉淀物质量浓度( $x$ )为横坐标绘制标准曲线,得到标准曲线方程为  $y = 13\,433x - 1.570\,9$  ( $R^2 = 0.997$ )。

### 1.2.3.4 沉淀物含量的测定

取 1 mL 待测油样于 50 mL 容量瓶中,用丙酮定容后,用浊度仪测定浊度,代入标准曲线方程计算油样中沉淀物含量。

## 1.2.4 芝麻香油受阻沉降参数的计算

### 1.2.4.1 沉降效率的计算

0.5 d 时的沉降效率按式(1)计算。

$$n_{0.5} = \frac{c_0 - c_{0.5}}{c_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中: $n_{0.5}$ 为 0.5 d 时的沉降效率; $c_0$ 为初始沉淀物含量,g/mL; $c_{0.5}$ 为 0.5 d 时的沉淀物含量,g/mL。

### 1.2.4.2 第一阶段沉降线性模型的建立

根据一元线性回归模型计算方法,结合不同取样时间及对应油样中沉淀物含量的数据,拟合出模型中的斜率和截距,见式(2)。

$$c = b + k \cdot t \quad (2)$$

式中: $c$ 为沉淀物含量,g/mL; $t$ 为时间,d; $b$ 为截距; $k$ 为斜率。

### 1.2.5 压缩速度的计算

压缩速度按式(3)计算。

$$v = \frac{d_0 - d_t}{t} \quad (3)$$

式中: $v$ 为压缩速度,cm/d; $d_0$ 为沉淀物层初始高度,cm; $d_t$ 为各个时间点对应的沉淀物层高度,cm; $t$ 为时间,d。

### 1.2.6 数据处理

所有实验重复 3 次,实验结果以“平均值 ± 标准差”表示。实验数据使用 SPSS 进行统计分析,显著性差异分析在 0.05 水平进行,用 Origin 8.5 软件绘图。

## 2 结果与讨论

### 2.1 芝麻原料基本指标

芝麻原料基本指标见表 1。

表 1 芝麻原料基本指标

%

样品	水分	灰分	粗脂肪	粗蛋白质
A	4.00 ± 0.07 <sup>a</sup>	5.03 ± 0.03 <sup>a</sup>	52.02 ± 1.01 <sup>b</sup>	15.25 ± 0.24 <sup>b</sup>
A-	3.42 ± 0.05 <sup>b</sup>	3.58 ± 0.02 <sup>b</sup>	59.53 ± 1.15 <sup>a</sup>	16.17 ± 0.00 <sup>a</sup>
B	4.61 ± 0.01 <sup>a</sup>	5.09 ± 0.87 <sup>a</sup>	47.39 ± 0.30 <sup>b</sup>	18.79 ± 0.15 <sup>b</sup>
B-	3.57 ± 0.09 <sup>b</sup>	3.20 ± 0.02 <sup>b</sup>	52.89 ± 0.68 <sup>a</sup>	20.36 ± 0.04 <sup>a</sup>
C	3.96 ± 0.10 <sup>a</sup>	5.23 ± 0.25 <sup>a</sup>	50.73 ± 0.08 <sup>b</sup>	18.19 ± 0.09 <sup>b</sup>
C-	3.42 ± 0.01 <sup>b</sup>	3.04 ± 0.07 <sup>b</sup>	57.50 ± 0.61 <sup>a</sup>	19.37 ± 0.02 <sup>a</sup>

注:同列同一产地不同字母表示差异具有统计学意义( $p < 0.05$ )

由表 1 可知,芝麻脱皮前后水分、灰分、粗脂肪、粗蛋白质含量具有显著性差异( $p < 0.05$ ),脱皮后灰分含量下降约 2 个百分点,粗脂肪含量上升约 7 个百分点,粗蛋白质含量略有上升。芝麻皮中含有约

9% 的粗蛋白质,而芝麻皮在芝麻中含量较低,导致脱皮后芝麻中粗蛋白质含量略有增加<sup>[8]</sup>。

### 2.2 芝麻原油基本指标

芝麻原油基本指标见表 2。

表 2 芝麻原油基本指标

样品	水分/%	磷脂/(mg/g)	酸值(KOH)/(mg/g)	过氧化值/(mmol/kg)
A	0.12 ± 0.030	3.62 ± 0.02	0.79 ± 0.01	0.90 ± 0.03
A-	0.11 ± 0.000	3.88 ± 0.02	0.75 ± 0.01	0.55 ± 0.03
B	0.01 ± 0.008	2.44 ± 0.00	2.89 ± 0.09	1.84 ± 0.01
B-	0.12 ± 0.009	2.55 ± 0.08	1.89 ± 0.03	0.73 ± 0.06
C	0.03 ± 0.010	2.56 ± 0.01	1.56 ± 0.05	0.72 ± 0.00
C-	0.04 ± 0.008	3.09 ± 0.13	2.31 ± 0.11	4.02 ± 0.28

由表 2 可知:芝麻原油中水分含量很低,约为 0.1%,焙炒时的高温已经去除了原料中的大部分水分;脱皮芝麻原油的磷脂含量略高于未脱皮芝麻原油的,这是因为磷脂是细胞膜的主要成分,在焙炒过程中,脱皮芝麻失去了芝麻皮的保护,内部细胞膜更容易被破坏,磷脂脱水后在油中的溶解度增加,致使更多胶体物质随压榨过程溶出至芝麻原油中。

### 2.3 沉淀物含量变化规律

25℃下考察脱皮对芝麻香油在沉淀柱中静态沉降的影响,结果如图 1 所示。

由图 1 可知,未脱皮芝麻香油沉淀物初始含量基本远高于脱皮芝麻香油。0.5 d 前,是受阻沉降的第一阶段,也称作线性沉降阶段,在此期间,胶杂成分形成的絮团间接触不够紧密,絮团间有足够宽的沟道与油置换发生沉降,沉降速度较快。约 0.5 d 开始,沉降以较低速度进行,进入沉降的第二阶段,也称作过渡阶段,随着沉降的继续,在量筒底部开始

形成压缩的颗粒层。约 6 d 后进入速度稳定的第三阶段,也称作压缩沉降阶段,油中沉淀物含量变化较小,颗粒层继续压缩,在高浓度悬浮液中,无法形成沟道,沉降速度较慢。在相同的炒籽条件下,脱皮芝麻香油中沉淀物含量初始值较低,说明脱皮操作可以减少芝麻原油中杂质的含量。

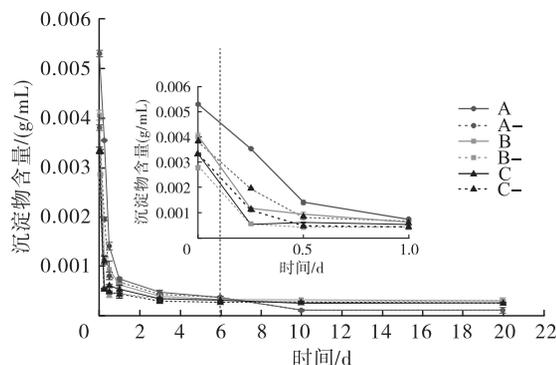


图 1 芝麻香油沉淀物含量变化规律

芝麻香油受阻沉降参数见表 3。

表 3 芝麻香油受阻沉降参数

样品	$k$	$b$	$R^2$	$n_{0.5}/\%$
A	$-0.0074 \pm 0.0006$	$0.0054 \pm 0.0002$	0.99275	73.41
A-	$-0.0064 \pm 0.0010$	$0.0037 \pm 0.0002$	0.97666	78.69
B	$-0.0082 \pm 0.0046$	$0.0034 \pm 0.0012$	0.76273	76.65
B-	$-0.0084 \pm 0.0025$	$0.0027 \pm 0.0006$	0.92073	82.52
C	$-0.0022 \pm 0.0047$	$0.0011 \pm 0.0012$	0.18043	81.53
C-	$-0.0055 \pm 0.0008$	$0.0033 \pm 0.0004$	0.98044	85.48

由表 3 可知:脱皮芝麻香油对应线性模型的  $R^2$  均大于 0.9,符合线性变化规律<sup>[9]</sup>;线性沉降阶段脱皮芝麻香油的沉降效率更高,比未脱皮芝麻香油高约 5 百分点。

表 4 沉淀物基本组成成分及性质

样品	水分/%	磷脂/%	粗蛋白质/%	总糖/%	粗脂肪/%	酸值(KOH)/(mg/g)	过氧化值/(mmol/kg)
A	$0.23 \pm 0.03$	$3.58 \pm 0.23$	$0.53 \pm 0.11$	$0.50 \pm 0.08$	$95.01 \pm 0.04$	$3.49 \pm 0.01$	$0.78 \pm 0.11$
A-	$1.24 \pm 0.01$	$4.09 \pm 0.02$	$0.71 \pm 0.01$	$1.00 \pm 0.08$	$91.06 \pm 0.09$	$5.63 \pm 0.22$	$0.70 \pm 0.06$
B	$0.48 \pm 0.01$	$3.64 \pm 0.04$	$0.56 \pm 0.00$	$0.40 \pm 0.00$	$94.59 \pm 0.03$	$7.32 \pm 0.20$	$1.60 \pm 0.18$
B-	$0.31 \pm 0.02$	$3.35 \pm 0.20$	$0.27 \pm 0.02$	$0.21 \pm 0.00$	$92.78 \pm 0.07$	$4.42 \pm 0.16$	$1.33 \pm 0.09$
C	$0.24 \pm 0.03$	$5.16 \pm 0.04$	$0.45 \pm 0.06$	$0.40 \pm 0.03$	$91.64 \pm 0.11$	$7.34 \pm 0.12$	$0.91 \pm 0.18$
C-	$0.65 \pm 0.03$	$3.46 \pm 0.08$	$0.48 \pm 0.01$	$0.37 \pm 0.01$	$90.64 \pm 0.00$	$7.70 \pm 0.14$	$4.09 \pm 0.06$

由表 4 可知,沉淀物中主要是粗脂肪,其含量在 90% 以上,其余是由水、磷脂、蛋白质和糖所形成的胶杂。与表 2 对比发现:沉淀物中水分、磷脂含量总体高于芝麻原油中的,沉降过程主要是磷脂吸水的脱胶过程,将磷脂和水聚集在沉淀物中进行分离;芝麻香油沉淀物的酸值远高于芝麻原油的,可能是底部聚集的磷脂中含有一定量的磷脂酸导致<sup>[10]</sup>;芝麻香油沉淀物和芝麻原油的过氧化值没有明显区别,

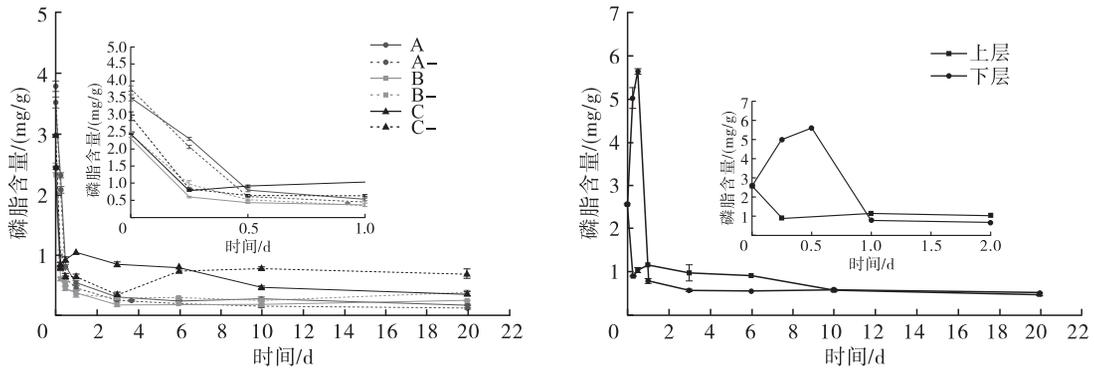
### 2.4 芝麻香油沉淀物基本组成成分及性质

取经过 20 d 沉降的模型底部的沉淀物,分析其基本组成成分及性质,结果见表 4。

可能是磷脂具有抗氧化作用,并未产生过氧化物和氢过氧化物。沉降过程将糖和蛋白质聚集在沉淀物中,可避免蛋白质、糖与磷脂组成复合物分散在油脂中产生降解产物。

### 2.5 磷脂含量变化规律

考察芝麻香油磷脂含量变化规律并对 A 油样上、下层磷脂含量的变化进行测定,结果如图 2 所示。



注:下层油样取自沉淀物界面上方12 cm处。下同

图2 芝麻香油磷脂含量变化规律及上、下层磷脂的变化

由图2可知,磷脂含量的变化趋势与沉淀物含量变化趋势相似,磷脂含量变化也由线性沉降阶段、过渡阶段和压缩沉降阶段组成,说明芝麻香油中的磷脂分子与周围水分、蛋白质和糖等聚集,并形成胶杂一起沉降。上层油中磷脂含量在第一阶段快速下降,下层油中却快速上升,这是因为上层沉降下来的磷脂要到达下层,造成下层油中的磷脂含量快速上

升;然后,下层油中磷脂含量快速下降,直到和上层磷脂含量接近,说明沉降过程中整个系统中(除沉淀物外)清油脱胶过程是同时进行的,沉降过程并不会分层进行,工厂内不用分层取油。

## 2.6 酸值变化规律

考察芝麻香油酸值的变化规律并对A油样上、下层酸值的变化进行测定,结果如图3所示。

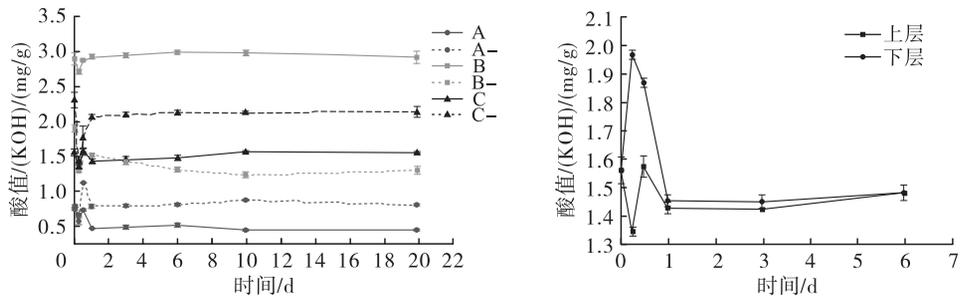


图3 芝麻香油酸值变化规律及上、下层酸值的变化

新鲜制得的芝麻原油中含有一定的游离脂肪酸。由图3可知,在芝麻香油沉降20 d的过程中其酸值变化很小,这得益于芝麻香油中的芝麻木脂素带给芝麻香油良好的氧化稳定性。在沉降的第一阶段,酸值先下降后上升。大量磷脂吸水沉降,磷脂中含有的导致酸值变化的磷脂酸也随之沉降,所以会出现短时间酸值的下降。对上、下层油酸值的研究发现,下层芝麻香油酸值出现先升高后下降的现象,也验证了酸值的变化是因为磷脂的沉降,说明在测定磷脂含量较高的油的酸值

时,原油中的磷脂会对酸值造成影响(由于上、下层芝麻香油在10、20 d的酸值与6 d无明显差异,因此未在图中显示)。

## 2.7 沉淀物高度以及压缩速度变化规律

沉降过程中沉淀物层不断压缩,可将沉淀物层当做一个独立的结构,压缩速度相对应的是沉淀物中絮团置换油的速度。压缩速度对芝麻香油的沉淀时间和得率产生影响。选取对比较明显的芝麻香油样品,考察沉降过程沉淀物高度及压缩速度变化,结果如图4所示。

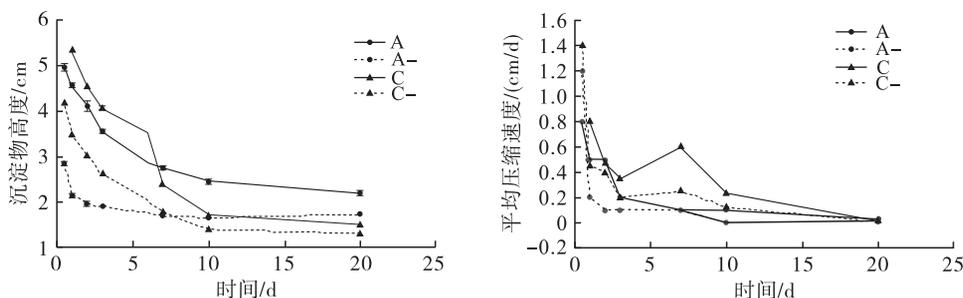


图4 沉降过程沉淀物高度及压缩速度

由图4可知,沉降0.5 d后开始明显分层,且未脱皮芝麻香油的初始沉淀物(浊油)高度远高于脱皮芝麻香油的。脱皮芝麻香油初始压缩速度快,说明脱皮有助于沉淀物层的压缩,沉淀物层可以更快达到稳定状态;而未脱皮芝麻香油压缩速度变化相对平缓,但沉降1 d后,其压缩速度快于脱皮芝麻香油的,说明后期未脱皮芝麻香油沉淀物层仍在相对较快变化,结构不稳定。因此,脱皮有利于芝麻香油沉淀物达到稳定状态。

## 2.8 芝麻香油得率

沉淀物层的压缩也是沉降过程的一部分,沉淀物的高度决定最终的芝麻香油得率。沉降20 d芝麻香油得率见图5。

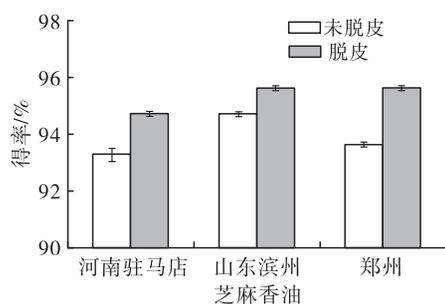


图5 脱皮对芝麻香油得率的影响

由图5可知,在相同制油条件下,沉降20 d时芝麻香油得率在93%~96%之间,脱皮芝麻香油得率比未脱皮芝麻香油高约3个百分点。

## 3 结论

本文以3个不同产地的芝麻分别经脱皮与未脱皮制得芝麻香油,通过沉降柱模型研究脱皮对芝麻香油自然沉降的影响。脱皮芝麻香油在线性沉降阶段显示出较高的沉降效率,比未脱皮芝麻香油高约5个百分点。芝麻香油沉降20 d形成的沉淀物90%以上是粗脂肪,还含有少量水分、磷脂、蛋白质、糖形成的胶杂,水和磷脂发生聚集;沉淀物的酸值高于芝麻香油的,但过氧化值未明显增高。磷脂含量与沉淀物含量变化呈现相似的趋势,模型上、下层磷脂在线性沉降阶段后差异较小,不分层。芝麻香油在线性沉降阶段后的酸值不会发生较大变化,酸值初期变化是由于磷脂沉降造成的。沉降过程中,脱皮芝麻香油初始沉淀物层高度低于未脱皮芝麻香油的,

且在线性沉降阶段压缩速度快于未脱皮芝麻香油,脱皮芝麻香油得率高于未脱皮芝麻香油约3个百分点。综上所述,芝麻脱皮有利于芝麻香油的自然沉降精制。

## 参考文献:

- [1] HAHM T S, PARK S J, MARTIN LO Y. Effects of germination on chemical composition and functional properties of sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds[J]. *Bioresour Technol*, 2009, 100(4): 1643–1647.
- [2] ELLEUCH M, BESBES S, ROISEUX O, et al. Quality characteristics of sesame seeds and by-products[J]. *Food Chem*, 2007, 103(2): 641–650.
- [3] SHI L K, LIU R J, JIN Q Z, et al. The contents of lignans in sesame seeds and commercial sesame oils of China[J]. *J Am Oil Chem Soc*, 2017, 94(8): 1035–1044.
- [4] WAN Y, LI H, FU G, et al. The relationship of antioxidant components and antioxidant activity of sesame seed oil[J]. *J Sci Food Agric*, 2015, 95(13): 2571–2578.
- [5] MOHAMED AHMED I A, MUSA ÖZCAN M, USLU N, et al. Effect of microwave roasting on color, total phenol, antioxidant activity, fatty acid composition, tocopherol, and chemical composition of sesame seed and oils obtained from different countries[J/OL]. *J Food Process Pres*, 2020, 44(10): 14807 [2022-07-27]. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14807>.
- [6] GILA A M, BEJAOU M A, BELTRAN G, et al. Settling of virgin olive oil from horizontal screw solid bowl in static conditions[J]. *J Food Sci Technol*, 2017, 54(9): 2989–2996.
- [7] GILA A, BEJAOU M A, BELTRAN G, et al. Study of virgin olive oil clarification by settling under dynamic conditions[J]. *J Sci Food Agric*, 2018, 98(14): 5361–5367.
- [8] 刘兵戈, 汪学德, 黄维, 等. 原料脱皮和制油工艺对芝麻油品质的影响[J]. *河南工业大学学报(自然科学版)*, 2013, 34(6): 32–36.
- [9] GILA A, BELTRÁN G, BEJAOU M A, et al. Modeling the settling behavior in virgin olive oil from a horizontal screw solid bowl[J]. *J Food Eng*, 2016, 168: 148–153.
- [10] 徐志祥. 大豆磷脂油对保育猪浓缩料中油脂氧化的影响[J]. *饲料工业*, 2017, 38(8): 51–54.