

应用实践

DOI: 10.19902/j.cnki.zgyz.1003-7969.240254

机榨芝麻饼的浸出和芝麻油精炼工艺实践

左 青¹, 许克峰², 左 晖³

(1. 江苏丰尚油脂工程技术有限公司, 江苏 扬州 225127; 2. 合肥燕庄食用油有限公司, 合肥 230031;

3. 广州星坤机械有限公司, 广州 510890)

摘要:为合理利用机榨芝麻饼,以热榨(螺旋压榨)芝麻饼和低温压榨(液压压榨)芝麻饼为原料,通过调整浸出和精炼工艺参数,生产精炼芝麻油。将热榨芝麻饼和低温压榨芝麻饼按质量比 4:1 混合进行浸出。芝麻油的精炼工艺条件为选用食品级柠檬酸进行酸炼脱胶;采用中性白土和活性炭(质量比 4:1)吸附脱色,控制进脱色工段的油脂水分含量不大于 0.3%,脱色温度 110℃,脱色时间 25 min;改造脱臭系统,填料塔填料高度 7 m,四层板式塔改为两层,脱臭温度不高于 230℃,脱臭时间不长于 25 min。生产的浸出芝麻原油和精炼芝麻油质量指标均满足国家标准要求;精炼芝麻油中 3-氯丙醇酯和缩水甘油酯含量均为 0.5 mg/kg,符合欧盟限量要求,反式脂肪酸含量(1.0%)满足企业标准。3 种塑化剂含量和苯并(a)芘含量均在我国国家标准限量要求内,细辛素含量不大于 10 mg/kg。综上,机榨芝麻饼的浸出和芝麻油精炼工艺可行,可应用于工业生产中。

关键词:芝麻机榨饼;浸出;脱臭系统;精炼芝麻油;塑化剂

中图分类号:TS201.1;TS225.1 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2025)06-0149-04

Practice of leaching of pressed sesame seed cake and refining of sesame seed oil

ZUO Qing¹, XU Kefeng², ZUO Hui³

(1. Jiangsu Fengshang Oils & Fats Engineering Technology Co., Ltd., Yangzhou 225127, Jiangsu, China;

2. Hefei Yanzhuang Edible Oil Co., Ltd., Hefei 230031, China; 3. Guangzhou Xinmas

Machinery Co., Ltd., Guangzhou 510890, China)

Abstract: In order to reasonably utilize the pressed sesame seed cake, with hot pressed (screw press) sesame seed cake and cold pressed (hydraulic press) sesame seed cake as raw materials, refined sesame seed oil was produced by adjusting the leaching and refining production parameters. Hot pressed sesame seed cake and cold pressed sesame seed cake was mixed in a mass ratio of 4:1 for leaching. The refining process conditions for sesame seed oil were adjusted as follows: using food-grade citric acid in degumming, adopting neutral clay and activated carbon (mass ratio of 4:1) for decolorization, moisture content in the oil entering the decolorization section not exceed 0.3%, decolorization temperature 110℃ and decolorization time 25 min; transforming the deodorization system, setting the height of the material layer in filling tower at 7 m, changing the four-layer plate tower to two-layer, deodorization temperature not more than 230℃, and deodorization time not more than 25 min. The quality indicators of crude sesame seed oil and refined sesame seed oil produced met the national standard requirements. The content of 3-chloropropanol esters and glycidyl esters in refined sesame seed oil were both 0.5 mg/kg, meeting the limit requirements of the European Union. The content of *trans* fatty acids(1.0%) met the enterprise standards, and the contents of three kinds of plasticizers and benzo(a)pyrene were all within the national standard limits. The content of asarinin was not more than 10 mg/kg. In conclusion, the leaching and refining process of pressed sesame seed cake is feasible and can be applied in industrial production.

收稿日期:2024-04-19;修回日期:2024-12-14

作者简介:左 青(1958),男,高级工程师,主要从事油脂企业的生产技术管理工作(E-mail) zuoqing_bj@163.com。

Key words: pressed sesame seed cake; leaching; deodorization system; refined sesame seed oil; plasticizers

芝麻(*Sesamum indicum* L.)是胡麻科胡麻属一年生草本植物,是最古老的油料作物之一,其果实富含油脂、蛋白质、膳食纤维、维生素和矿物质。世界上大多数芝麻被用于生产芝麻油。通常采用水代法生产芝麻香油和压榨法生产压榨芝麻油,不同的制油工艺所得芝麻饼中残油量不同。

机榨芝麻饼包括热榨饼和低温压榨饼,热榨饼通常由德国螺旋榨油机、95 型螺旋榨油机、10 型螺旋榨油机、120 型螺旋榨油机等螺旋榨油机得到,低温压榨饼由液压榨油机得到。一般采用浸出法提取机榨芝麻饼中的油脂,浸出的芝麻原油则需进一步精炼处理。由于机榨芝麻饼生产环境和制油条件的差异,机榨饼成分存在差别,在浸出前要进行处理。芝麻油中可能存在污染物,例如苯并(a)芘(BaP)、3-氯丙醇酯(3-MCPDE)、缩水甘油酯(GEs)、反式脂肪酸、塑化剂等,其主要来自芝麻原料或生产过程中。另外,芝麻中几乎不含细辛素,但在精炼过程中芝麻油中芝麻素会部分异构化为细辛素^[1-2],细辛素对油脂品质存在潜在的不利影响。因此,需要控制浸出和精炼工艺参数,以提高芝麻油的品质。

本文以 100 t/d 芝麻饼浸出、30 t/d 芝麻油精炼生产线为例,以热榨芝麻饼和低温压榨芝麻饼为原料生产精炼芝麻油,并对浸出和精炼工艺进行了介绍,以供同行参考。

1 机榨芝麻饼的库存管理与前处理

1.1 库存管理

由于机榨芝麻饼水分含量较低、残油量较高、粉末度高,在平房仓内堆放时容易自燃,故设置检测装置或人工巡视,防止发热阴燃。

1.2 前处理

热榨芝麻饼含油量 7.5%~10.0%,厚度 3~4 mm,其中自产机榨芝麻饼水分含量 1.8%,外购热榨芝麻饼形状和质量不一,水分含量不大于 4.5%,色泽深、粉末度高。低温压榨芝麻饼含油量 10%~12%,水分含量 1.5%~2.0%,厚度 3~4 mm。控制外购机榨芝麻饼的粗脂肪酸值(KOH)不大于 5 mg/g,自产机榨芝麻饼的粗脂肪酸值(KOH)不大于 1 mg/g。

将热榨饼经振动筛(筛网孔径 2.5~3.2 mm)进行分离,片状饼经输送刮板送入浸出器,粉状饼和低温压榨饼经打棒机打碎进造粒机,经造粒机造粒,控制水分含量 5%~6%,通径在 3.5~3.8 mm,造粒工段使用直接蒸汽,出造粒机颗粒温度在 90℃左右,经风机抽出水汽后降到 60℃左右,颗粒与片状饼混合后入浸出器时的温度为 50~52℃,在冬季温

度不够时需对混合油进行加热,以维持浸出温度。

由于热榨饼和低温压榨饼的结构不同,浸出渗透速度不同,经多年实践摸索发现,采用热榨饼与低温压榨饼质量比 4:1 混合的浸出渗透率最佳。

2 芝麻油浸出工艺

2.1 浸出工序

采用 100 t/d 拖链式浸出器,浸出条件为以正己烷(馏程 62~67℃)为溶剂、料层高度 0.5~0.6 m(可调节)、浸出温度 50~55℃、浸出时间 100~120 min(变频调节),浸出后混合油浓度在 25%左右,粕残油不大于 1%,混合油经旋液分离器和自清式过滤器脱杂后入混合油暂存罐静置沉降,上层清油抽出至蒸发工序,下层饼渣等杂质排入浸出器。

2.2 蒸发工序

采用负压蒸发和汽提系统,其控制参数见表 1。混合油经负压蒸发和汽提后,得到的浸出芝麻原油的残溶小于 0.01%。

表 1 浸出车间蒸发工序控制参数

Table 1 Control parameters of evaporation process in leaching plant

项目	真空度/kPa	混合油浓度/%	混合油出口温度/℃
1#蒸发器	60	80~85	73
2#蒸发器	60	95	95
汽提塔	70		105

2.3 DTDC 工序

蒸脱机的气相温度 75~78℃,采用 3 层预脱溶、1 层脱溶层,预脱层层高度 450 mm,脱溶层料层高度 700~800 mm,干燥层和冷却层料层高度 300~400 mm,根据环境和粕水分含量决定是否开启热风风机。

3 芝麻油精炼工艺

3.1 脱胶、脱酸

考虑到浸出芝麻原油富含磷脂,采用酸化脱胶工艺。生产发现,磷酸可促使芝麻素异构化产生细辛素,在磷酸添加量分别为 0.1%、0.5%、1.0%、1.5%时,细辛素增加量分别为 0、4.81、131.22、19.55 mg/100 g。因此,在酸炼脱胶中选用食品级柠檬酸,此时几乎不产生细辛素。

采用连续式酸炼和碱炼工艺进行脱胶和脱酸。芝麻原油经板式换热器加热至 65~70℃后进入第 1 级多效混合器,注入柠檬酸(质量分数 50%,添加量为油质量的 0.05%~0.10%),混合后进入酸反应罐,停留 40 min 左右,然后进入第 2 级多效混合器,泵入碱液(质量分数 8.07%~9.50%,添加量为油

质量的 1.0% ~ 1.5% ,超量碱为理论碱量的 20% ~ 25%) ,混合后进入延时反应罐,控制碱炼温度 65 ~ 70 ℃ ,滞留时间 20 ~ 25 min ,泵入 DHZ360 离心机进行油皂分离,分离后的清油进入第 3 级刀式混合器,泵入 (95 ± 3) ℃ 的热水(添加量为油质量的 4% ~ 5%) ,同时加入柠檬酸(质量分数 50% ,添加量为油质量的 0.02% ~ 0.04%) ,混合后进入水洗反应罐,停留时间 20 ~ 25 min ,经板式换热器加热到 85 ~ 90 ℃ 进入水洗离心机,分离后的水洗油加热至 105 ~ 110 ℃ 进入干燥器(干燥器真空度 85 ~ 90 kPa)脱溶脱水。水洗油含皂量不大于 100 mg/kg ,皂脚含油量不大于 25% 。

3.2 脱色

活性炭成本高、过滤性差、在油中滞留时间长,将活性炭细粉化可以改进其过滤性,目前其在脱色中通常作为互补亲脂性吸附剂和白土一起使用,在脱色过程中使用酸性白土会增加油中细辛素含量,生产发现,酸性白土添加量分别为 2%、3%、4% 时,细辛素含量分别为 12.67、18.12、32.42 mg/100 g。采用中性白土可避免氯化物存在以及降低酸度,以减少芝麻油中 3 - MCPDE 以及细辛素的形成;而活性炭呈弱碱性,在脱色过程中也不会导致细辛素生成,因此在生产过程中选择食品级活性炭和食品级中性白土为吸附剂。此外,水分会增加油中共轭二烯酸等极性物质的含量,且活性白土吸附水后其活性降低,因此需控制油中水分含量。另外,脱色温度过高、脱色时间过长,均会影响油脂的色泽与酸值。

综上,控制脱色条件为进脱色工段油脂水分含量不大于 0.3%、中性白土与活性炭质量比 4:1、吸附剂添加量为油质量的 0.5% ~ 1.0%、脱色温度 110 ℃、脱色时间 25 min、真空度 80 ~ 90 kPa。

3.3 脱臭

研究发现,在葵花籽油脱臭过程中,脱臭时间为 60 min,脱臭温度分别从 210 ℃ 上升到 230 ℃ ,230 ℃ 上升到 250 ℃ 和 250 ℃ 上升到 270 ℃ 时,油中的 3 - MCPDE 含量分别增加为原来的 1.64、1.68 倍和 2.21 倍^[3]。氯离子是 3 - MCPDE 的前体物质,而铁离子可作为催化剂参与 3 - MCPDE 的生成,因此对产生直接蒸汽的水进行脱氯处理,将直接蒸汽发生器改用 SS316 材质可减少 3 - MCPDE 的生成。生产发现,天然植物油中反式脂肪酸含量不大于 0.5% ,随着脱臭温度升高和脱色时间延长,反式脂肪酸含量增加,脱臭温度超过 230 ℃ 后,反式脂肪酸含量快速增加。在精炼过程中应尽量避免油脂与塑料制品接触,以避免芝麻油中塑化剂的引入。在脱

臭温度达 230 ℃ 时,不产生细辛素。

脱臭塔组合是填料塔加四层板式塔,软塔填料高度 7 m,将四层板式塔改用二层(中间两层经排空管直接排空不停留),加大直接蒸汽量,增加真空容量和捕集器容量,控制脱臭温度不高于 230 ℃、脱臭时间不长于 25 min、真空残压 125 ~ 150 Pa。

3.4 脱蜡

芝麻皮含少量蜡质,在生产过程中会迁移至芝麻油中,因此需对芝麻油进行脱蜡处理。将脱臭油温度降至 40 ℃ ,泵进结晶罐(不用脱蜡油和进油换热),结晶罐搅拌速率 11 ~ 12 r/min,油温在 10 ℃ 以上时,平均降温速率为 2 ℃/h,油温在 10 ℃ 以下时,平均降温速率为 0.5 ℃/h,降温到 4 ℃ 养晶,养晶时间 24 h,搅拌速率 5 ~ 6 r/min,因结晶是放热过程,后续油温升到 14 ~ 15 ℃。采用不同孔径的热卸式过滤机过滤,使用双层滤布(粗布是加密的,孔径 0.5 ~ 1.0 μm,细布孔径 2 μm),过滤压力不大于 0.3 MPa。当过滤机内蜡较多时停止进油,用热水将蜡融化排出过滤机,用压缩空气吹干过滤机后重新进油过滤,不需要拆卸滤板、铲蜡饼,节省人工。

精炼芝麻油经过公司内定 0 ℃ 冷冻试验 6 h 合格,灌装成小包装油入库或直接装车。

4 芝麻油质量指标

4.1 浸出芝麻原油质量

浸出芝麻原油质量指标见表 2。

表 2 浸出芝麻原油质量指标

Table 2 Quality indexes of leached crude sesame seed oil		
项目	GB/T 8233—2018	浸出芝麻原油
气味、滋味	具有芝麻原油固有的气味和滋味,无异味	具有芝麻原油固有的气味和滋味,无异味
色泽	橙黄色至棕红色	R 10 ± 1, Y 30 ~ 50 (25.4 mm 槽)
水分及挥发物含量/%	≤0.2	0.2
不溶性杂质含量/%	≤0.5	0.5
含磷量/(mg/kg)		350
酸值(KOH)/(mg/g)		2 ~ 3

由表 2 可知,浸出芝麻原油的气味、滋味,色泽,水分及挥发物含量和不溶性杂质含量均符合 GB/T 8233—2018 要求,酸值(KOH)符合 GB 2716—2018 要求(≤4 mg/g)。

4.2 精炼芝麻油质量

精炼芝麻油的质量指标如表 3 所示,其危害物

及细辛素含量如表 4 所示。

表 3 精炼芝麻油的质量指标

Table 3 Quality indexes of refined sesame seed oil

项目	GB/T 8233—2018(一级)	精炼芝麻油
气味、滋味	具有精炼芝麻油固有的气味和滋味,无异味	具有精炼芝麻油固有的气味和滋味,无异味
色泽	浅黄色至橙黄色	R 5~7, Y 50~70 (25.4 mm 槽)
透明度 (20℃)	透明	透明
水分及挥发物含量/%	≤0.05	未检出
不溶性杂质含量/%	≤0.05	0.05
过氧化值/(mmol/kg)		0.05
酸值(KOH)/(mg/g)	≤0.6	0.5

表 4 精炼芝麻油中危害物及细辛素含量

Table 4 Contents of hazards and asarinin in refined sesame seed oil

项目	欧盟/国家标准	企业标准	精炼芝麻油
3-MCPDE/(mg/kg)	≤1.25 ^[4]	≤1.5	0.5
GEs/(mg/kg)	≤1.0 ^[4]	≤1.0	0.5
反式脂肪酸/%	≤0.3 ^[5]	≤1.0	1.0
邻苯二甲酸二正丁酯/(mg/kg)	≤0.3 ^[6]	≤0.3	0.18
邻苯二甲酸二(α-乙基己酯)/(mg/kg)	≤1.5 ^[6]	≤1.0	0.58
邻苯二甲酸二异壬酯/(mg/kg)	≤9.0 ^[6]	≤9.0	≤8.0
BaP/(μg/kg)	≤10 ^[7]	≤2.0	<1
细辛素含量/(mg/kg)		≤10	10

由表 3 可知,通过浸出和精炼工艺调整,生产的精炼芝麻油的气味、滋味,色泽,透明度,水分及挥发物含量,不溶性杂质含量,酸值均符合 GB/T 8233—2018 中精炼一级芝麻油要求,过氧化值符合 GB 2716—2018 要求(≤0.25 g/100 g)。

细辛素在精炼过程中由芝麻素异构化生成,低温压榨芝麻油中不含细辛素,因此其是区别低温压榨芝麻油和精炼芝麻油的特征指标。邻苯二甲酸酯类塑化剂影响人体生殖系统,可造成激素失调等。

由表 4 可知,精炼芝麻油各指标均符合企业标准,但未达到零反式脂肪酸的标准(≤0.3%)。精炼芝麻油中 3-MCPDE、GEs 含量符合欧盟标准,3 种塑化剂邻苯二甲酸二正丁酯、邻苯二甲酸二(α-乙基己酯)、邻苯二甲酸二异壬酯含量符合 GB 28050—2011 限量要求,BaP 含量符合 GB 2762—2022 限量要求。

5 结束语

压榨法生产芝麻油的副产物机榨芝麻饼中还含有一定的油脂,需采用浸出法提取,并对提取的原油进行精炼以实现对其进一步加工利用。以 100 t/d 芝麻饼浸出、30 t/d 芝麻油精炼生产线为例,通过调整浸出和精炼工艺参数,生产出精炼一级芝麻油,质量指标达到 GB/T 8233—2018 要求,且其细辛素含量仅 10 mg/g,满足企业标准,其中的危害成分 3-MCPDE、GEs 含量符合欧盟标准,3 种塑化剂邻苯二甲酸二正丁酯、邻苯二甲酸二(α-乙基己酯)、邻苯二甲酸二异壬酯和 BaP 含量均符合国标限量要求。

致谢:感谢武汉轻工大学何东平教授、河南工业大学刘玉兰教授和中储粮油脂公司邓浩田先生的支持!

参考文献:

- [1] 余琼,刘华敏,汪学德. 芝麻素与细辛素检测方法及其生物活性的研究进展[J]. 中国油脂,2024,49(5):138-143.
- [2] 刘帅. 芝麻素转化为细辛素条件的研究及其抗衰老应用[D]. 郑州:河南工业大学,2016.
- [3] 安浩. 葵花籽油加工过程中 3-氯丙醇酯和缩水甘油酯的形成及抑制研究[D]. 郑州:河南工业大学,2022.
- [4] Commission Regulation (EU) 2020/1322 of 23 September 2020 amending regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels of 3-monochloropropanediol (3-MCPD), 3-MCPD fatty acid esters and glycidyl fatty acid esters in certain foods[J]. Off J Eur Union, 2021,310:2-5.
- [5] 食品安全国家标准 预包装食品营养标签通则:GB 28050—2011[S]. 北京:中国标准出版社,2011.
- [6] 卫生部办公厅关于通报食品及食品添加剂邻苯二甲酸酯类物质最大残留量的函[EB/OL]. (2011-06-14) [2024-04-19]. <http://www.nhc.gov.cn/sps/s3594/201211/2b4831f001a740a48086fad152117286.shtml>.
- [7] 食品安全国家标准 食品中污染物限量:GB 2762—2022[S]. 北京:中国标准出版社,2022.