

油莎豆脱皮和榨油条件对其工艺效果的影响

连四超,刘玉兰,朱文学,宋二立,郭平平

(河南工业大学 粮油食品学院,郑州 450001)

摘要:油莎豆因其表面皱缩沟槽和不规则形状而难以脱皮,并且因其淀粉含量高和蛋白质含量低而较难压榨制油,这些问题制约着油莎豆制油和油莎豆食用产业的发展,为解决这些难题,研究了油莎豆脱皮条件和榨油条件对其工艺效果的影响。结果显示:采用搓刮式的脱皮设备,在油莎豆水分含量12%、脱皮时间9 min的条件下,能兼顾较高的脱皮率和豆仁得率,两者分别为52.43%和78.22%;采用液压榨油机,在油莎豆入榨料粉碎至0.83 mm(20目)、入榨水分8%、室温压榨条件下,二次压榨饼残油率为3.72%;油莎豆粉碎料经过70~80℃和30 min的湿润蒸坯处理再压榨,压榨饼残油率较未蒸坯压榨稍有升高。油莎豆在压榨前不适宜进行高温湿润蒸坯处理。

关键词:油莎豆;干法脱皮;压榨取油;脱皮率;豆仁得率;湿润蒸坯;饼残油率

中图分类号:TS225.1;TQ644 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2021)12-0006-05

Influence of decortication and pressing oil conditions on the process effect of *Cyperus esculentus*

LIAN Sichao, LIU Yulan, ZHU Wenxue, SONG Erli, GUO Pingping

(College of Food Science and Technology, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: *Cyperus esculentus* is difficult to be decorticated due to its wrinkled grooves and irregular shape, and it is also hard to extract oil because of its high starch and low protein content. These problems restrict the development of oil production and edible industry of *Cyperus esculentus*. In order to solve these problems, the influences of decortication and pressing oil conditions on the process effect were studied. The results showed that the high peeling rate and kernel yield of 52.43% and 78.22% respectively could be achieved at 12% moisture content and 9 min decortication time; the residual oil rate of the second press - cake was 3.72% when the *Cyperus esculentus* with 8% moisture content was crushed to 0.83 mm (20 mesh) and pressed at room temperature using the hydraulic press. When the crushed *Cyperus esculentus* was wet steamed at 70 - 80 °C for 30 min and pressed, the residual oil rate of press - cake was slightly higher than that of unpretreated. *Cyperus esculentus* is not suitable for high temperature wetting and cooking treatment prior to pressing.

Key words: *Cyperus esculentus*; dry decortication; oil extraction by pressing; decortication rate; kernel yield; wetting and cooking; residual oil rate of press - cake

油莎豆属一年生草本植物,其地下部分果实,即

为油莎豆^[1]。油莎豆干豆含粗脂肪20%~30%、粗蛋白质5%~8%、淀粉20%~33%、总糖57%~64%^[2]。油莎豆含油与大豆相当甚至更高(大豆含油18%~22%),从油莎豆中提取的油莎豆油中油酸含量67%~74%,亚油酸含量9.0%~12%,与橄榄油的脂肪酸组成相似(油酸55%~83%、亚油酸3.5%~21%),且油脂色泽清亮、风味清香,有坚果油的香味,具有很高的营养价值,是一种优质的食用植物油。

收稿日期:2020-08-20;修回日期:2021-10-08

基金项目:“十三五”国家重点研发计划项目(SQ2019YFD100114)

作者简介:连四超(1995),男,在读硕士,研究方向为油莎豆预处理及制油工艺技术(E-mail)2785269072@qq.com。

通信作者:刘玉兰,教授,硕士生导师(E-mail)liuy17446@163.com。

油莎豆原产于地中海地区,20世纪50年代在我国开始引种,目前在吉林、辽宁、河南、河北、新疆、内蒙古等省份均有规模种植^[3],其特别适宜沙地种植。油莎豆干豆产量为7.5~15 t/hm²,按20%出油率计算,每公顷产油达1500~3000 kg,是一种高产的植物油料资源^[4]。油莎豆产油率(每公顷产油量)约为大豆的4倍、油菜籽的2倍、花生的1.5倍,被誉为“油料作物之王”^[5]。2016年农业部发布的《全国种植业结构调整规划(2016—2020)》中将油莎豆作为我国大力推广的新型油料作物之一。

油莎豆干豆的质地非常坚硬,具有深褐色表皮且表面凹凸不平,皮重约为油莎豆质量的14%^[6]。油莎豆的表皮与豆仁紧密结合在一起很难脱除,若带皮食用或榨油会显著降低油莎豆加工的经济效益^[7]。因此,研究油莎豆脱皮方法和脱皮效果,对油莎豆高值化加工利用具有重要意义。油莎豆显著不同于一般植物油料的特殊性状及成分组成,其制油技术、工艺条件及工艺效果不明确的问题制约了油莎豆加工业的发展。针对目前我国食用植物油紧缺的现状,研究开发油莎豆制油工艺技术,高效提取油莎豆油,对促进油莎豆产后加工业发展和食用植物油产业的发展都具有重要意义。

近年来对油莎豆加工和油莎豆制油的研究受到较多关注和报道^[8-12],但整体来说我国对于油莎豆脱皮、油莎豆制油技术的研究仍处于起步阶段,工艺技术条件还不成熟,工艺效果不理想、不稳定,需要深入系统地进行研究。为此,本试验对油莎豆脱皮、油莎豆榨油的工艺条件和工艺效果进行研究,以期对油莎豆加工技术的发展提供支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

油莎豆,采集于河南省民权县一油莎豆种植基地,经检测其水分含量为7.45%,粗脂肪含量(干基)为25.37%,粗蛋白质含量(干基)为5.37%。

6FT-B7型豆类整粒脱皮机,菏泽工科机械制造有限公司;6YZ-180型全自动液压榨油机,郑州八方机械设备有限公司;202-2AB型电热恒温干燥箱;HCJ-4E型磁力搅拌恒温水浴锅;FW-100型高速万能粉碎机。

1.2 试验方法

1.2.1 油莎豆含皮率测定^[6,13]

取一定量清理除杂后的油莎豆(质量记为 m_1),经粉碎机粉碎后过0.18 mm(80目)筛进行皮、仁分离,筛上物主要为豆皮(粉碎过程中因油莎豆表皮的纤维体积比较大,很难被粉碎至比0.18 mm(80

目)更细的粉末),筛下物主要为粉碎后的豆仁。对筛上物再用相同方法继续粉碎和筛选数次,至筛下物不再出现淡黄色的油莎豆仁为止。将数次筛选筛上物的豆皮收集称重(质量记为 m_2),按式(1)计算油莎豆含皮率(Y_1)。

$$Y_1 = m_2/m_1 \times 100\% \quad (1)$$

1.2.2 油莎豆脱皮

取一定量的油莎豆,调节至不同水分后投入脱皮机,控制不同的脱皮时间分别对油莎豆进行脱皮,之后采用0.18 mm(80目)筛对粉碎物进行筛分后分别收集豆皮和豆仁,称重后按下式计算油莎豆豆仁得率(Y_2)和脱皮率(Y_3)^[6,14]。

$$Y_2 = m_3/m_4 \times 100\% \quad (2)$$

$$Y_3 = m_5/(m_4 Y_1) \times 100\% \quad (3)$$

式中: m_3 为分离出的豆仁质量,g; m_4 为原料油莎豆的质量,g; m_5 为分离出的豆皮质量,g。

1.2.3 油莎豆室温压榨制油

取一定量清理除杂后的油莎豆,粉碎至一定粒度,并调节至不同水分,之后将物料用脱脂纱布包好放入液压榨油机压榨制油(榨料入榨温度为室温(约25℃),榨油机工作压力为50 MPa)。观察榨油机出油情况,待榨膛缝隙不再出油时(约30 min),停止压榨,卸压后取出压榨饼。将压榨饼松散后,再次放入榨油机进行二次压榨,观察其出油情况,待不再出油时,停止压榨,取出压榨饼。根据情况,重复进行3次压榨。

1.2.4 油莎豆蒸坯后压榨制油

取已粉碎至一定粒度(经1.2.3方法优化确定的粒度)的油莎豆粉,调节其水分。设定恒温水浴锅的温度,把相应口径的蒸屉置于水浴锅上,在蒸屉上铺一层脱脂纱布,待达到设定温度后放上物料,料层厚度约为3 cm,盖好锅盖密封蒸坯30 min。蒸坯结束后,取出物料放入70℃烘箱烘一定时间,使物料水分降至最优入榨水分(经1.2.3方法优化确定的入榨水分),之后立刻用纱布包好,放入榨油机压榨(入榨温度65℃左右,其他压榨条件同1.2.3)制油,采用二次压榨制油。

1.2.5 压榨饼残油率测定

油莎豆压榨饼粉碎至0.83 mm(20目)后参照GB 5009.6—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》测定其含油量,即为压榨饼残油率。

1.2.6 数据处理

每组做3次平行试验,最后结果取平均值,试验结果用Excel 2019处理,用GraphPad Prism 8绘图,使用IBM SPSS Statistics 25软件进行单因素方差分析。

2 结果与分析

2.1 脱皮条件对油莎豆脱皮效果的影响

2.1.1 油莎豆水分含量的影响

按 1.2.2 方法,在脱皮时间为 9 min 时,考察油莎豆水分含量对脱皮效果的影响,结果见图 1。

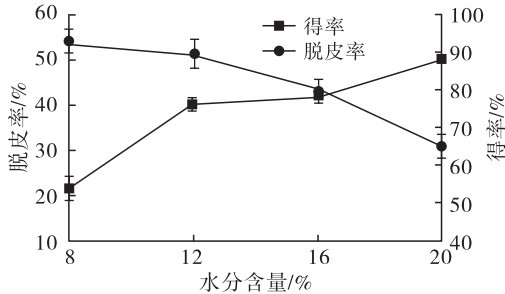


图 1 油莎豆水分含量对其脱皮率和豆仁得率的影响

从图 1 可以看出,随着油莎豆水分含量的升高,油莎豆脱皮率降低的同时豆仁得率升高。当油莎豆水分含量从 8% 升高至 20% 时,油莎豆脱皮率从 53.39% 降低到 31.16%,豆仁得率从 54.33% 增加到 87.72%。当油莎豆水分含量为 20% 时,因油莎豆中的淀粉组分吸水黏性增大,使得表皮和仁结合处更有韧性,表皮不易被磨掉^[15],同时脱落的表皮因潮湿黏在刀盘上不易掉落,减少了油莎豆与刀盘摩擦的机会,导致脱皮率降低^[16]。当油莎豆水分含量从 8% 升高到 12% 时,脱皮率从 53.39% 降至 52.43%,仅降低 0.96 百分点,但豆仁得率从 54.33% 增加至 78.22%,升高了 23.89 百分点。但水分含量从 12% 升高至 16% 时,脱皮率降低 8.94 百分点,豆仁得率仅升高 1.69 百分点。这说明水分含量过高对脱皮率和豆仁得率都是不利的。综合考虑,油莎豆水分含量选择 12% 为佳。

2.1.2 脱皮时间的影响

按 1.2.2 方法,在油莎豆水分含量为 12% 时,考察脱皮时间对脱皮效果的影响,结果见图 2。

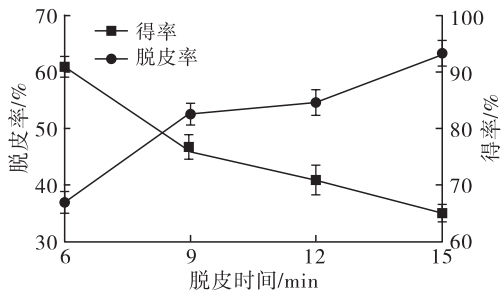


图 2 脱皮时间对油莎豆脱皮率和豆仁得率的影响

从图 2 可以看出,脱皮时间从 6 min 延长至 9 min 时,脱皮率从 37.48% 升高至 52.43%,豆仁得率从 90.77% 下降到 78.22%,脱皮率的升幅(14.95 百分点)超过豆仁得率的降幅(12.55 百分点)。当

脱皮时间由 9 min 延长到 12 min 时,脱皮率升高了 2.49 百分点,豆仁得率降低了 7.38 百分点。这是因为脱皮时间越久,油莎豆表皮有足够的时间与刀盘接触发生摩擦从而使油莎豆皮脱落,使脱皮率增大,但已经脱过皮的油莎豆会因继续与刀盘发生摩擦而导致部分豆仁被磨掉造成豆仁损失^[17],使豆仁得率降低。随着脱皮时间的继续延长,脱皮率虽然略有升高,但豆仁得率降幅更大。同时,脱皮时间越久,设备动力消耗越大,生产成本增大。综合考虑,脱皮时间以 9 min 为宜。

2.2 入榨条件对油莎豆压榨制油效果的影响

2.2.1 入榨水分的影响

按 1.2.3 方法,在油莎豆粉碎至 0.83 mm (20 目)时,考察油莎豆入榨水分对压榨饼残油率的影响,结果见图 3。

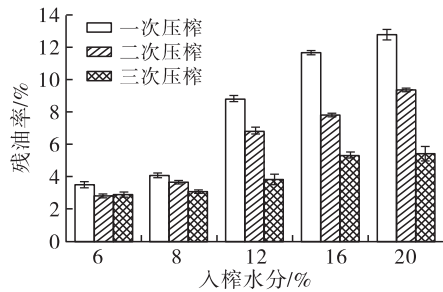


图 3 入榨水分对油莎豆压榨饼残油率的影响

从图 3 可以看出,随着油莎豆入榨水分的增加,压榨饼的残油率也随之升高。在入榨水分为 6% 和 8% 时,一次压榨饼的残油率分别为 3.51% 和 4.11%,再经第二次压榨,饼的残油率相比第一次分别降低了 0.68 百分点和 0.39 百分点。在入榨水分为 12% 时,一次压榨饼的残油率为 8.87%,再经第二次压榨,饼的残油率为 6.90%。入榨水分 8% 时一次压榨饼的残油率仅比入榨水分 6% 时的高出 0.60 百分点,但比入榨水分 12% 时的降低 4.76 百分点,这说明物料入榨水分低于 8% 时,饼的残油率降幅已很小。然而当入榨水分增加至 16% 和 20% 时,一次压榨饼的残油率分别超出 11% 和 12%,再经第二次压榨,饼的残油率分别降至 7.94% 和 9.43%,可见入榨水分超过 8% 对饼残油率降低是不利的,因此入榨水分选择 8% 为佳。

试验结果表明,只要采用合理的入榨条件,油莎豆压榨饼残油可以达到较为理想的水平,同时也可以看出,采用二次压榨技术对降低饼残油率有明显的作用。对比一般植物油料适宜的入榨水分(3%~5%),油莎豆的适宜入榨水分高出很多,这可能与油莎豆特殊的组分构成有关,油莎豆中蛋白

质含量显著低于一般油料(如大豆中蛋白质含量35%以上,花生、芝麻、油菜籽中蛋白质含量均在20%以上,而油莎豆中蛋白质含量仅6%左右),但碳水化合物含量显著高于一般油料(如大豆中碳水化合物含量约25%,花生、芝麻、油菜籽中碳水化合物含量均低于20%,而油莎豆中碳水化合物含量在50%以上,并且主要以淀粉为主),这导致油莎豆在榨油机中受到挤压出油时,其压缩性状包括弹性变形和塑性变形的程度与其他油料有很大差别。此外,根据压榨过程压力分配理论,榨油机对榨料施加的总压力中的一部分压力用以克服油脂在榨料内通道中运动的阻力,并使之具有一定的流动速度,而另一部分压力则用以克服粒子中变形凝胶骨架的阻力^[18]。因油莎豆中蛋白质含量低、凝胶性差,在榨料受压时更容易先期发生变形,造成榨料中的孔隙闭塞,阻断了油脂流出的通道,对第一次压榨饼进行松散后有利于其中油路打开、孔隙重构,再进行第二次压榨时可继续出油^[19]。

试验中发现,在油莎豆入榨水分8%时,经第二次、第三次压榨后饼的残油和第一次相比虽略有降低,但降幅均小于0.5百分点,这说明更多地增加压榨次数对提高出油率并未有明显效果。这是因为榨料在强力压榨下,会在挤压紧的表面留下一层近似单分子的多分子油层,这一油层会受到表面巨大分子力场的作用而完全结合在表面之间,它已不遵循流体动力学规律,也不可能被压榨出来。

2.2.2 入榨料粒度的影响

按1.2.3方法,在油莎豆入榨水分为8%时,考察油莎豆入榨粒度对二次压榨饼残油率的影响,结果见图4。

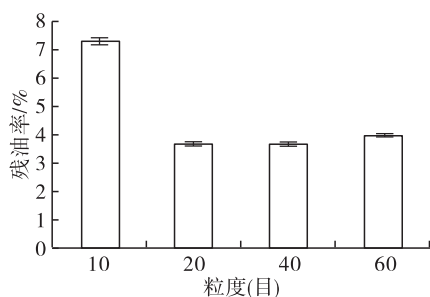


图4 入榨料粒度对油莎豆压榨饼残油率的影响

从图4可以看出:在油莎豆粉碎至1.70 mm(10目)时,压榨饼残油率为7.37%,残油率较高的原因是因为油莎豆破碎后的粒度较大,其中完整细胞较多,且榨料粒子的可塑性较差,榨油机在对榨料施加压力时遇到更大的阻力致使难以对榨料压得更紧所致^[20];将油莎豆粉碎至0.83 mm(20目)时,压榨饼

残油率明显降低至3.72%,这可能受益于榨料细胞的破坏程度高、榨料表面积大、压榨时油脂流出路程短^[21];当油莎豆粉碎至0.38 mm(40目)时,压榨饼残油率虽然较0.83 mm(20目)时小幅降低,但压榨毛油中油渣量增多,这将给后续的油脂精炼带来不利影响;当进一步将油莎豆粉碎至0.25 mm(60目)时,压榨饼残油率与0.83 mm(20目)时相比反而略有升高,这可能是因为在压实成饼的过程中因孔隙度降低,会有更多的油路被堵塞致使残油率升高。综合考虑饼残油及油莎豆粉碎时的动力消耗,选择入榨料粒度以0.83 mm(20目)为宜。

2.3 油莎豆蒸坯压榨对压榨效果的影响

2.3.1 蒸坯水分的影响

油料压榨制油之前先进行加热蒸坯要比室温料直接压榨更有利于提高压榨效果,因为在蒸坯时通过对榨料的湿润和加热作用有利于破坏油料的细胞组织,使包含在细胞内的油脂更容易被压榨出来,同时可以调节榨料达到适合于压榨的弹塑性,从而改善压榨效果。按1.2.4方法对油莎豆进行湿润蒸坯后再压榨制油,在蒸坯温度80℃的条件下,考察蒸坯水分对压榨饼残油率的影响,结果见图5。

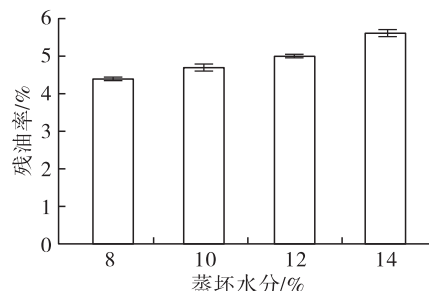


图5 蒸坯水分对油莎豆压榨饼残油率的影响

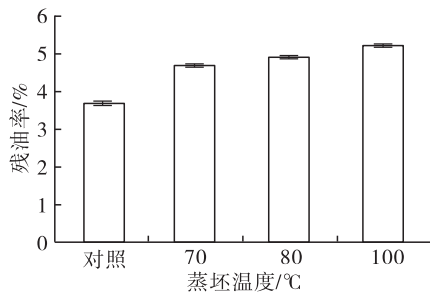
从图5可以看出,随着蒸坯水分的增加,压榨饼残油率逐渐升高。蒸坯水分为8%时,压榨饼残油率为4.40%;蒸坯水分为10%、12%、14%时,压榨饼残油率比蒸坯水分为8%时分别高出0.35、0.64、1.21百分点。这可能是因为油莎豆中糖含量和淀粉含量高,当蒸坯水分升高时,榨料中糖的糊化作用和淀粉吸水膨胀作用使蒸坯后榨料的黏性增大,压榨时油路更易被堵塞导致饼残油率升高^[22]。

2.3.2 蒸坯温度的影响

按1.2.4方法对油莎豆进行湿润蒸坯后再压榨制油,在蒸坯水分8%的条件下,考察蒸坯温度对压榨饼残油率的影响,结果见图6。

从图6可以看出,随蒸坯温度的升高,压榨饼残油率增大。在蒸坯温度为70、80、100℃时,压榨饼残油率分别为4.73%、4.97%、5.24%,与不蒸坯直

接室温压榨相比,饼残油率分别升高 1.01、1.25、1.52 百分点,这可能是因为油莎豆属于淀粉基油料,其淀粉糊化温度为 75~90℃,随温度升高油莎豆中淀粉糊化程度加强,性状更黏^[23],压榨时不利于油脂榨出,因此压榨饼残油率升高。罗凡等^[24]研究认为,粉碎的油茶籽经蒸坯处理后再压榨也不能提高出油率。这提示对某些油料(如油莎豆、油茶籽等)在压榨前可能不宜进行高温湿润蒸坯处理。



注:对照为不蒸坯直接室温(约 25℃)压榨。

图 6 蒸坯温度对油莎豆压榨饼残油率的影响

3 结论

通过对油莎豆脱皮和压榨制油条件及工艺效果的试验研究,结果发现:在本试验所采用的脱皮设备和榨油设备条件下,油莎豆水分含量 12%、脱皮时间 9 min 时,能兼顾较高的脱皮率和豆仁得率,分别为 52.43% 和 78.22%;油莎豆粉碎至 0.83 mm (20 目),入榨水分 8%,室温压榨条件下,压榨饼残油率(二次压榨)可降至 3.72%;将待入榨料在蒸坯水分 8%、蒸坯温度 70~80℃、蒸坯时间 30 min 的条件下处理后再压榨,压榨饼残油较未蒸坯稍有升高。

参考文献:

- [1] 瞿萍梅,程治英,龙春林,等. 油莎豆资源的综合开发利用[J]. 中国油脂, 2007, 32(9):61-63.
- [2] 陈星,陈滴,刘蕾. 油莎豆全成分分析[J]. 食品科技, 2009, 34(3):165-168.
- [3] 黄明华,王学华,庞震宇. 油莎豆的研究现状及展望[J]. 作物研究, 2013, 27(3):293-295, 301.
- [4] 张学昆. 我国油莎豆产业研发进展报告[J]. 中国农村科技, 2019(4):67-69.
- [5] 刘玉兰,王小宁,舒垚,等. 不同产地油莎豆性状及组成分析研究[J]. 中国油脂, 2020, 45(8):125-129.
- [6] 田瑜. 油莎豆油生产工艺及产品质量研究[D]. 郑州:河南工业大学, 2016.
- [7] 刘玉兰,田瑜,王璐阳,等. 不同制油工艺对油莎豆油品质影响的研究[J]. 中国油脂, 2016, 41(7):1-5.
- [8] 田瑜,刘玉兰,张振山. 油莎豆湿法脱皮工艺效果研究[J]. 粮油食品科技, 2015, 23(4):32-35.
- [9] 李意,张天爽,赵华. 油莎豆白酒发酵工艺优化及其品质指标检测[J]. 中国酿造, 2021, 40(5):199-204.
- [10] 胡伟东,蔡永敏,杨俊峰. 超声波辅助提取油莎豆油工艺的研究[J]. 食品与机械, 2013, 29(2):109-112, 129.
- [11] 敬思群,艾百拉·热合曼,张艳宜. 水酶法-冻融耦合技术提取油莎豆油工艺优化[J]. 食品与发酵工业, 2012, 38(10):182-188.
- [12] 李超颖,敬思群. 油莎豆油不同提取方法的比较[J]. 中国酿造, 2014, 33(4):61-64.
- [13] FADELE O K, AREMU A K. Optimization of shelling efficiency of a *Moringa oleifera* seed shelling machine based on seed sizes [J]. Ind Crop Prod, 2018, 112:775-782.
- [14] 李群,梁霞,胡晓军. 亚麻籽脱皮及分离技术研究[J]. 中国油脂, 2006, 31(10):35-36.
- [15] 郑桂富,徐振相,周彬,等. 油莎豆凝胶淀粉的理化特性研究[J]. 中国粮油学报, 2002, 17(6):59-62.
- [16] 丁中甲. 高水分棉籽制油工艺探讨[J]. 中国油脂, 2013, 38(2):10-11.
- [17] 王建楠,刘敏基,胡志超,等. 绿豆干法脱皮设备关键参数优化与试验[J]. 农业工程学报, 2019, 35(23):312-318.
- [18] 刘玉兰. 油脂制取与加工工艺学[M]. 2版. 北京:科学出版社, 2008:163-168.
- [19] OWOLARAFE O K, OSUNLEKE A S, OYEBAMIJI B E. Effect of hydraulic press parameters on crude palm oil yield[J]. Int Agrophys, 2007, 21(3):285-291.
- [20] EZEHO O, GORDON M H, NIRANJAN K. Enhancing the recovery of tiger nut (*Cyperus esculentus*) oil by mechanical pressing: moisture content, particle size, high pressure and enzymatic pre-treatment effects[J]. Food Chem, 2016, 194:354-361.
- [21] 郑晓. 油料压榨理论与试验研究[D]. 武汉:武汉理工大学, 2005.
- [22] KHA T C, NGUYEN M H, DONG T P, et al. Optimisation of microwave-assisted extraction of Gac oil at different hydraulic pressure, microwave and steaming conditions[J]. Int J Food Sci Technol, 2013, 48(7):1436-1444.
- [23] 于淑艳,吴琼,陈星,等. 油莎豆淀粉理化性质的研究[J]. 食品科技, 2011, 36(3):245-248.
- [24] 罗凡,费学谦,李康雄,等. 预处理条件对油茶籽液压榨油效率和品质的影响研究[J]. 中国粮油学报, 2016, 31(4):94-99.