

核桃冷榨适宜温度的试验研究

李芃荃¹, 谭雪松¹, 张 清², 万雪琴³, 刘德余⁴, 岳 敏²

(1. 四川农业大学机电学院; 2. 食品学院, 四川 雅安 625000; 3. 林学院, 四川 温江 611130;
4. 信息工程学院, 四川 雅安 625000)

摘要:采用单螺旋榨油机压榨的方式,对 CH1500T 型单螺旋榨油机进行了压榨核桃的试验,通过加热装置对榨膛辅助预热实现对核桃的预热处理,得到了不同预热时间(11 min、12 min、13 min、14 min、15 min)下核桃出油率。出油率、残油率、油脂酸价是 3 个常见指标(衡量榨油品质),因此经化学试验分别得到对应时间的饼粕残油率和油脂酸价,综合分析以上试验数据得到了核桃榨油的适宜预热时间。经红外测温仪测量得到该适宜预热时间下榨油机压榨后榨膛外壁 36 个拟定测点温度,依据热传导反问题理论,再通过 Ansys Workbench 热仿真得到榨膛内外壁温度分布情况。对比榨膛外表面实测温度与仿真温度,误差范围在 $-4.263\% \sim 8.155\%$,表明可以通过 Ansys Workbench 热传导仿真来预测核桃冷榨适宜温度范围,从而得到核桃冷榨时榨膛内壁适宜温度范围为 $43.43 \sim 50.23\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

关键词:单螺旋榨油机;常见指标;适宜预热时间;红外测温仪;热传导反问题理论;Ansys Workbench;适宜温度范围

中图分类号:TS203 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2021)01-0203-07

核桃油作为传统的商品,有“油料作物之王”的美称^[1]。核桃油中的亚麻酸含量高于常见的几种植物油,是一种珍贵的营养油^[2]。榨油所剩的油粕中含有大量的蛋白质和其他营养物质,既可以用来生产副食品,也是良好的精饲料和肥料^[3]。在工业方面,核桃油可用于制造上等油漆及绘画颜料^[4],还可以通过加碘制成碘化油,用于 X 光诊断时作造影剂^[5]。因此核桃油产品有着广阔的市场前景,但是核桃油由于出油率低所以市场上的核桃油的价格比较昂贵,如果能够提高核桃油的出油率,就能降低核桃油的市场价格,获得更大的消费市场。

随着经济的发展,为确保食用植物油的质量安全,螺旋榨油机压榨油的市场广大,但其在压榨过程中温度升高比较大,破坏了油脂中的热敏性物质及饼蛋白,营养价值降低^[6]。其次温度主要是通过影响油脂黏度来影响出油率的,温度高的油脂黏度低,易出油。榨油机工作时,主要通过榨膛内部油料粒子之间、油料与螺杆及油料与榨膛之间的摩擦生热来维持所需的温度,但这种平衡模式是比较难保持的^[7-9]。目前世界范围对螺旋榨油机榨油的研究较少,理论经验不足,缺乏有效的试验验证^[10]。在中国生产螺旋榨油机的核心部分是榨膛^[11],而加热装置大多放置在榨膛上,通过导热的方式为榨料

提供压榨时的温度条件,因此对榨油时榨膛温度的研究是很有必要的。

就目前而言,中国对核桃榨油适宜温度的研究较少,并且国内还未有用 Ansys Workbench 来研究榨油机榨核桃油时适宜温度范围的先例。本研究旨在运用出油率、残油率、油脂酸价三种试验的综合数据得到 CH1500T 型单螺旋榨油机压榨核桃的适宜预热时间,再把该预热时间下测得的榨膛外壁测点的温度带入 Ansys Workbench 中进行传热学仿真运算,从而得到核桃冷榨膛内外壁适宜温度范围。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 试验主要仪器

型号为 CH1500T 的家用单螺旋榨油机(该榨油机功率 $P=1\ 500\text{ W}$,榨螺转数 $n=30 \sim 50\text{ r/min}$,处理量为 1.5 kg/h);红外测温仪(HT-866);SW-CJ-1F 洁净工作台;HH-S4 数显恒温水浴锅;AUW-220-D 型舜宇恒平仪;GDX-9073B-1 型电热鼓风干燥箱;100 mL 具塞刻度量筒;3 mL 微量滴定管。

1.1.2 试验主要试剂

3 mol/L 盐酸;95% 乙醇、乙醚(不含过氧化

收稿日期:2020-08-23

作者简介:李芃荃(1994—),女,四川成都人,四川农业大学,农业工程与信息技术全日制研究生,研究方向:核桃榨油机械。

物)、石油醚(沸程 30~60 ℃);蒸馏水;KOH、百里香酚酞。

1.2 试验方法

1.2.1 核桃油出油率的测定

在本试验前,由于分别对预热时间为 10 min 做了 5 次试验,发现它的出油率低于 50%(这台榨油机最大出油率高于 50%),并且当预热时间为 16 min 时,出饼端由于温度过高饼粕糊掉卡住出饼口,已经无法正常出油,所以本试验的预热时间选定为 11 min、12 min、13 min、14 min 和 15 min。将掰成小块的核桃均分为 25 组,每组 80 g。每个预热时间做 5 组重复试验。检查榨油机是否接通电源,空转调试,确保榨油机能够正常工作。称量干燥的空烧杯质量,记作 m 。将榨膛预热 11 min 后,停止预热开始压榨试验,控制压榨时间为 4 min,确保每次压榨时间相同。压榨结束后关闭榨油机按钮,静置 1 min 钟后称量载油的烧杯此刻的质量,记作 M 。在关闭榨油机按钮以后,用红外测温仪测量此刻榨膛外壁拟定 36 个测点的温度(图 1),并记录下来。做完一次试验后需要待榨膛冷却后清洗净干燥后,测量 36 个测点温度的平均值恢复到室温才能继续做下次试验。按照同样的步骤做预热时间为 11 min 的其余 4 组试验,以及预热时间为 12 min、13 min、14 min、15 min 的其余 20 组试验。最后用记录的数据计算出油率。

出油率 = $(M - m / 80) \cdot 100\%$

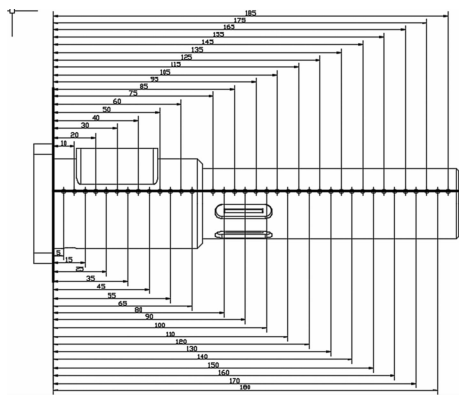


图 1 榨膛外表测温点示意图

1.2.2 饼粕残油率的测定

本试验是参照 GB 50096—2006 标准中测定食品中脂肪的酸水解法进行分析饼粕残油率,首先配制 3 mol/L 盐酸:量取 36% 浓度的浓盐酸 25 mL 用蒸馏水稀释至 100 mL 后加入 100 mL 容量瓶里。用 AUW-220-D 型舜宇恒平仪称量 25 个

称量瓶的质量,再将 25 组饼粕各称取 3 g 左右放于称量瓶中,做好标记后,将这 25 个称量瓶放于 GDX-9073B-1 型电热鼓风干燥箱,设置干燥箱温度为 105 ℃,直至将烧杯取出冷却后称量质量不再发生改变为止,测得饼粕的含水率。称取空锥形瓶的质量 $m_1、m_2、m_3、m_4、m_5$,将预热时间为 11 min 的 5 组核桃饼粕样品分别称取样品 2 g 左右于 50 mL 大试管中,用 10 mL 量筒量取 8 mL 蒸馏水倒入 50 mL 大试管中混匀,再加 10 mL 3 mol/L 盐酸。将 5 支试管放入 75 ℃ 水浴中,水浴时间为 40 min,每隔 5 min 用玻璃棒搅拌一次,让样品消化完全。取出试管,加入 10 mL 95% 乙醇,混合。冷却后将混合物移入具塞量筒中,以 25 mL 乙醚分次洗试管,一并倒入量筒中。加塞振摇量筒 1 min,小心开塞放气,再塞好,静置 12 min。小心开塞,用石油醚—乙醚等量混合液冲洗塞及量筒附近脂肪。静置 15 min,待上部液体清晰,吸出上清液于已恒重的锥形瓶内,再加入 5 mL 乙醚于具塞量筒内,振摇。放气后静置 10 min,将上层乙醚吸出,放入原锥形瓶内。将锥形瓶置于水浴上蒸干。将蒸干后的锥形瓶放入 100~105 ℃ 干燥箱中干燥 2 h,取出后放入干燥器内冷却 30 min 后称重,重复操作至恒重,得到锥形瓶和脂肪的总质量 $M_1、M_2、M_3、M_4、M_5$ 。用记录的数据计算残油率。

$X = [(M - m) / W] \cdot 100\%$

其中, W 为样品的质量。完成以上试验以后要将所有的玻璃仪器洗净干燥,再重复以上试验过程。

1.2.3 油脂酸价试验的测定

本试验是参照标准 GB/T 5530—2005 标准,首先配置 0.1 mol/L KOH 标准溶液、10 g/L 百里香酚酞指示剂、中性乙醚—乙醇(2:1)(临用前用 0.1 mol/L KOH 滴定至中性)。将 25 组的核桃油每一组做三个平行试验一个空白试验,并分别称取均匀核桃油试样 5 g 于锥形瓶中,加入乙醚—乙醇混合溶剂 50 mL,摇动使试样溶解。加入 3 滴百里香酚酞指示剂,用 KOH 标准溶液滴定至蓝绿色,在 30 s 内不褪色,记录消耗 KOH 的体积。记录的数据求得所对应的酸价:

$X = \frac{V \times c \times 56.1}{m}$

其中, X 为油脂酸价; V 为滴定消耗氢氧化钾标准液的体积, mL; c 为 KOH 标准液浓度, mol/L; m 为试样质量, g; 56.1 为 KOH 的毫克当量。最后分别

求不同的预热时间下油酸价的平均值。

2 结果与讨论

2.1 核桃油出油率试验结果

如表 1 所示为 11 min 到 15 min 各 5 组试验的平均出油率。在这 5 个时间中当预热时间为 14 min 时,出油率达到最高为 56.45%。

表 1 平均出油率

预热时间/min	11	12	13	14	15
出油率/%	53.03	54.92	56.07	56.45	54.15

2.2 饼粕残油率试验结果

如表 2 所示为 11 min 到 15 min 各 5 组试验平均残油率。当预热时间为 14 min 时,残油率是 5 个时间中最低的为 15.99%,当预热时间为 14~15 min,残油率又升高。

表 2 平均残油率

预热时间/min	11	12	13	14	15
平均残油率/%	24.60	18.84	17.67	15.99	19.37

如表 3 所示为 11 min 到 15 min 的平均含水率。当预热时间为 14 min 时,含水率达到最低为 4.99%,当预热时间为 14~15 min 之间,含水率又升高。

表 3 平均含水率

预热时间/min	11	12	13	14	15
平均含水率/%	7.03	6.44	5.27	4.99	5.37

2.3 油脂酸价试验结果

油脂酸价越低代表油的质量越好,如表 4 所示,11~15 min 的油脂酸价中,预热 14 min 的油脂酸价最低。

表 4 油脂酸价

预热时间/m	11	12	13	14	15
油脂酸价/(mgKHO·g ⁻¹)	2.129 556	1.819 884	1.651 584	1.303 812	1.779 492

2.4 榨膛热仿真

由核桃出油率试验结果、饼粕残油率试验结果和油脂酸价试验结果可以得出预热时间为 14 min 是以上时间中最为适宜的预热时间。所测得榨膛外壁 36 个拟定测点的平均温度如表 5 所示。

表 5 预热 14 min 测点温度

测点编号	测点温度/℃	测点编号	测点温度/℃
1	37.4	19	50.4
2	37.9	20	50.9
3	38.3	21	51.7
4	38.5	22	52.4
5	38.7	23	53.7
6	39.4	24	54.9
7	39.9	25	55.0
8	40.8	26	55.4
9	41.1	27	55.8
10	41.9	28	56.0
11	42.6	29	56.2
12	43.0	30	56.5
13	43.3	31	57.3
14	45.6	32	57.5
15	45.6	33	57.9
16	46.0	34	58.0
17	46.3	35	58.2
18	46.7	36	58.4

2.4.1 建立有限元模型设置材料特性

在 Solidworks 中把模型另存为(.igs/stp)格式,打开 Ansys Workbench,将其导入 Steady-State Thermal 图形窗口中,经过 Solid Model Facets 等操作将模型实体化,并添加材料属性,本文中榨膛的材料为 304 不锈钢。

2.4.2 定义接触区域并网格划分

以 5 mm 为单位间隔,从榨膛左侧到榨膛右侧依次选取 36 个测量点如图 2 所示。

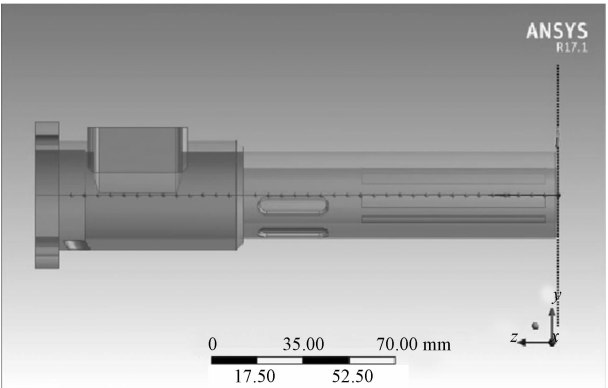


图 2 榨膛简易模型选点示意图

采用 Solid87(六节点四面体单元)划分方式进行划分,因为 Solid87 在热仿真中对于不太规整的结构比较适合,并且精度较高,对结果的准确性提供了保障依据,将 Mesh 中的 Patch Conforming Method 设置为 Tetrahedrons,并把‘Details of

mesh’中的‘Relevance’调制成 100。最终如图 3 所示将榨膛划分成 117 704 个单元 72 502 个节点。

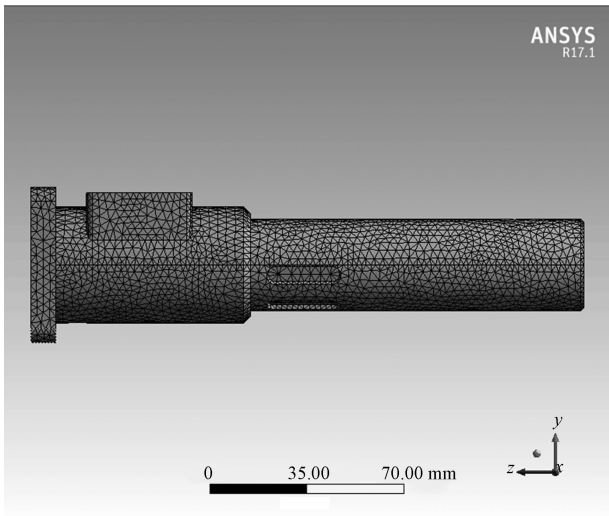


图 3 榨膛简易模型划分单元格示意图

2.4.3 施加载荷和边界条件进行求解

假设环境温度恒定,在 Steady-State Thermal

的 Initial Temperature 中设置初始环境温度为 25 ℃,在 Convection 的 Film Coefficient 中选中 Import Temperature Dependent 后选择 Stagnant Air—Simplified Case。然后将榨膛外表面从右到左指定 36 个点的温度导入 Ansys Workbench 中,并进行求解得到榨膛温度分布云图如图 4 所示。

因为此时无法再在榨膛内表面标定点,所以用等比例的方式在榨膛内部从右往左选取第 1、2、3、5、7、9、10、11、13、15、17、19、20、21、23、25、27、29、30、31、33、35、36 的点的对应温度,共 23 个如图 5 所示。

2.4.4 反解榨膛外壁仿真温度

将榨膛当成一个整体,在内壁添加同样的边界条件、网格划分方式,选取测点 1 对应的榨膛内壁仿真温度加载在榨膛内表面(选中 Steady-State Thermal 的 Temperature,将 Magnitude 设置为 37.830 ℃),通过 Ansys Workbench 热仿真得到榨膛外壁仿真温度,重复 22 次以上步骤得到榨膛内、外壁 23 个仿真温度如表 6 所示。

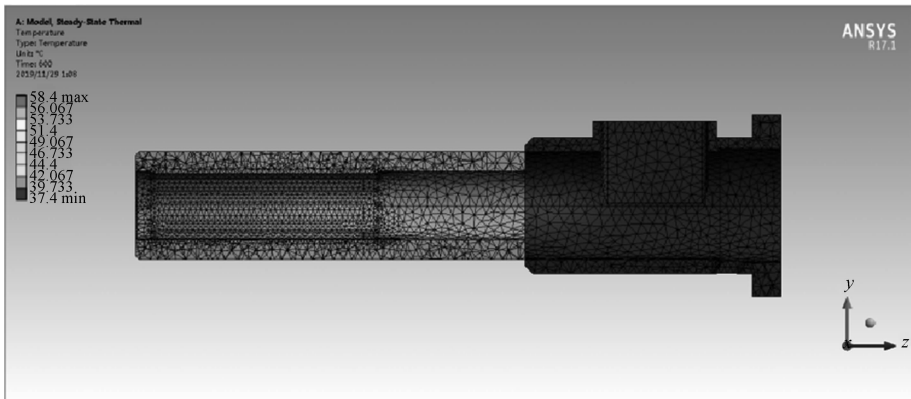


图 4 榨膛简易模型导入温度示意图

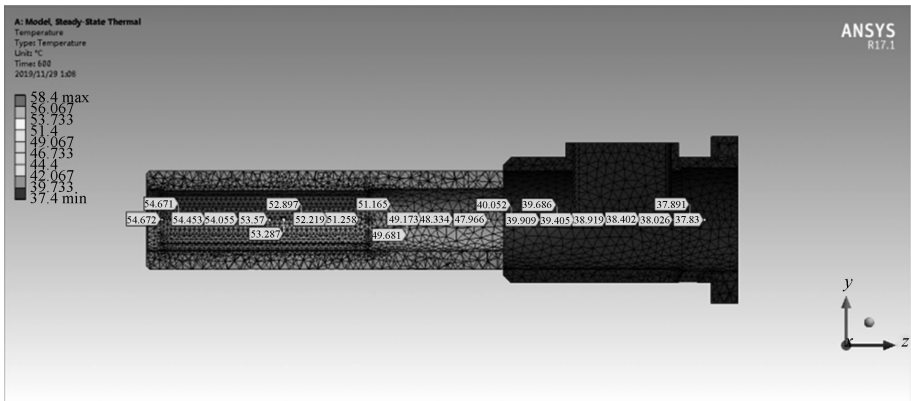


图 5 榨膛简易模型内壁温度示意图

表 6 榨膛内外仿真壁温度(单位:℃)

测点 编号	榨膛内壁 仿真温度	榨膛外壁 仿真温度	测点 编号	榨膛内壁 仿真温度	榨膛外壁 仿真温度
1	37.830	37.587	20	49.681	49.23
2	37.891	37.647	21	50.165	49.706
3	38.026	37.779	23	51.258	50.781
5	38.402	38.149	25	52.219	51.726
7	38.919	38.656	27	52.897	52.392
9	39.405	39.133	29	53.287	52.776
10	39.686	39.409	30	53.57	53.054
11	39.909	39.628	31	54.055	53.531
13	40.052	39.769	33	54.453	53.923
15	47.966	47.544	35	54.671	54.137
17	48.334	47.906	36	54.672	54.138
19	49.173	48.731			

2.5 核桃冷榨适宜温度范围

通过试验和仿真得到榨膛外壁 23 个对应点的温度如表 7 所示。

表 7 榨膛外壁实测温度与仿真壁温度(单位:℃)

测点 编号	榨膛外壁 实测温度	榨膛外壁 仿真温度	测点 编号	榨膛外壁 实测温度	榨膛外壁 仿真温度
1	37.4	37.587	20	50.9	49.23
2	37.9	37.647	21	51.7	49.706
3	38.3	37.779	23	53.7	50.781
5	38.7	38.149	25	55.0	51.726
7	39.9	38.656	27	55.8	52.392
9	41.1	39.133	29	56.2	52.776
10	41.9	39.409	30	56.5	53.054
11	42.6	39.628	31	56.3	53.531
13	43.3	39.769	33	57.9	53.923
15	45.6	47.544	35	58.2	54.137
17	46.3	47.906	36	58.4	54.138
19	50.4	48.731			

由表 7 可以得到榨膛外壁榨膛的实际测量温度与仿真温度的误差曲线如图 6 所示。在点(65 mm, 43.3℃)取得最大相对误差为 8.155%，平均误差为 3.93%，对于该农业机械来说最大相对误差和平均误差均小于 10%，因此误差是在可接受范围以内的，可以用仿真的温度来替代实际测量的温度用于温度曲线拟合。

通过 Matlab 可以将 23 个榨膛外壁的仿真温度拟合成如图 7 的函数，其函数表达式为 $f(x) = 0.11125x + 35.8608$ ，且取得的最大误差为 8.3574%，对于农业机械来说，满足拟合精度。将主压榨段开始的 x 的坐标 65 mm 和 125 mm 代入函数表达式 $f(x) = 0.11125x + 35.8608$ 中，可得到核桃压榨时榨膛外表面主压榨段最佳温度范围为 43.09~49.76℃。

同理如图 8 所示，同时也可以拟合榨膛内壁的仿真温度得到榨膛内壁温度分布曲线为 $f(x) = 0.1132x + 36.0761$ ，且取得的最大误差为 8.4439%。将主压榨段开始的 x 的坐标 65 mm 和 125 mm 带入函数表达式 $f(x) = 0.1132x + 36.0761$ 中，可得到核桃压榨时榨膛内表面主压榨段最佳温度范围为 43.43~50.23℃。

3 结论

利用 CH1500T 型单螺旋榨油机对核桃进行了压榨实验，得到了不同预热时间下的出油率、饼粕残油率和核桃油的酸价，从而确定了最佳预热时间为 14 min。再利用 Ansys Workbench 软件对型号为 CH1500T 单螺旋榨油机的榨膛进行网格划分以及稳态传热仿真，得到榨膛内外壁相应测点的温度。运用 Matlab 拟合榨膛内、外的温度分布曲线，从而确定了核桃冷榨的榨膛外壁、榨膛内壁的温度分布曲线和适宜温度范围，榨膛外壁温度分布曲线

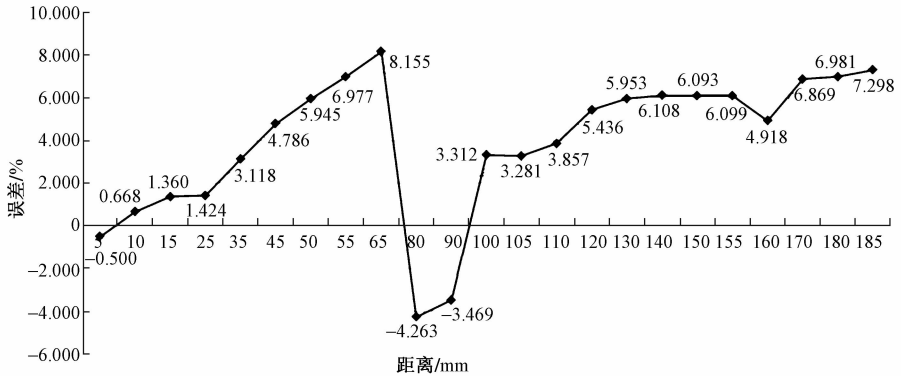


图 6 榨膛外壁实测温度与仿真温度误差示意图

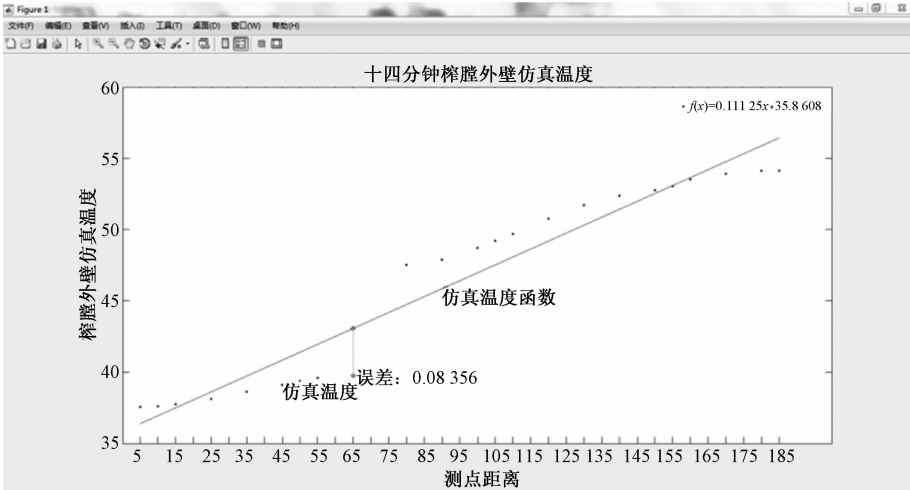


图 7 榨膛外壁仿真温度拟合函数示意图

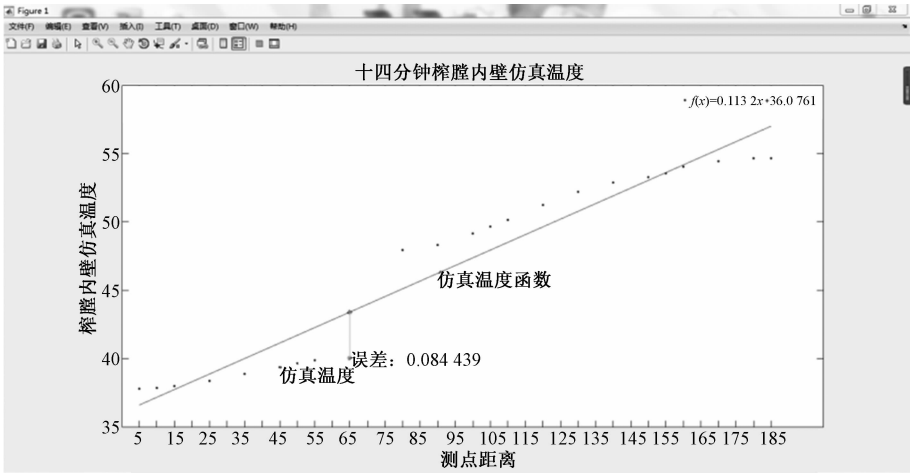


图 8 榨膛内壁仿真温度拟合函数示意图

和榨膛内壁温度分布曲线分别是 $f(x) = 0.11125x + 35.8608$ 和 $f(x) = 0.1132x + 36.0761$, 适宜温度范围分别是 $43.09 \sim 49.76\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $43.43 \sim 50.23\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。这个结论可以用于今后对此类家用榨油机加热装置参数的改良,从而既能提高油产量还能保证油的品质。

参考文献

[1] 齐坚如. 油料作物之王——核桃[J]. 安徽农学院学报, 1960 (00):57—62.

[2] 俞春莲. 薄壳山核桃果实成熟过程中主要营养物质变化规律研究[D]. 杭州:浙江农林大学, 2013.

[3] 樊云霞, 阴景喜, 闫开明等. 花生脱脂蛋白粉制取新工艺[J]. 粮油食品科技, 2000(1):26—27.

[4] GALINA M MAMARDASHVILI, ELENA YU KAIGORODOVA, IL'YA A KHODOV, et al. Micelles encapsulated Co(III)-tetra (4-sulfophenyl) porphyrin in aqueous CTAB solutions; micelle formation, imidazole binding and redox Co

(III)/Co(II) processes[J]. Journal of Molecular Liquids, 2019, 293:111471.

[5] 马庆国, 乐佳兴, 宋晓波, 等. 新中国果树科学研究 70 年——核桃[J]. 果树学报, 2019, 36(10):1360—1368.

[6] 刘印志. 液压压榨制油装置的设计与试验研究[D]. 北京:中国农业机械化科学研究院, 2018.

[7] 胡志刚, 邱云峰, 涂德先. 榨膛内压力对榨螺应力应变及油料出油率的影响[J]. 食品与机械, 2014, 30(6):85—88.

[8] 阮竞兰, 张学阁, 杨丽彦. 双螺旋榨油机榨螺参数与榨膛内压力的关系研究[J]. 中国油脂, 2013, 38(9):89—92.

[9] 宋宇, 张丽梅, 黄志刚. 油脂压榨机榨膛流场浓度仿真分析[J]. 机电信息, 2019(14):49—50.

[10] 刘汝宽, 解士聪, 肖志红, 等. 双螺旋榨油机榨笼预热过程中温度分布及有限元仿真[J]. 中国油脂, 2017, 42(5):156—158.

[11] 白琼. 对部分螺旋榨油机结构及出油率的调研与分析[J]. 南方农机, 2018, 49(21):98, 111.

(下转第 268 页)

Study on the Development of Repeated Fracturing Technology in Old Wells

HE Dai-lan

(Baikouquan Oil Production Factory,Xinjiang Oilfield Company,Karamay Xinjiang 834000,China)

Abstract: In the middle-later development period of oilfield, refracture is an important measure to increase and stabilize production in old oil-fields. How to improve the effectiveness of refracturing and maximize the oil recovery are the key issues to consider. In order to select suitable methods to refracture for old wells, the principle of wells and layers selection and major refracturing technologies was investigated.

Key words: repeated fracturing;formation fracture;separate layer;direction change;increase production

(上接第 208 页)

Experimental Study on Suitable Press Temperature of Walnut

LI Peng-quan¹,TAN Xue-song¹, ZHANG Qing², WAN Xue-qin³, LIU De-yu⁴, YUE Min²

(1. Electrical and Mechanical College;2. Institute of Food,Sichuan Agricultural University,Ya'an Sichuan 625000,China;

3. Forestry College,Sichuan Agricultural University,Wenjiang Sichuan 611130,China;

4. College of Information Engineering,Ya'an Sichuan 625000,China)

Abstract: By using the way of single screw oil press to press walnut, the experiment of CH1500T single screw press was carried out. The pre-heating treatment of walnut was realized through the auxiliary preheating of pressing chamber by heating device. The yield of kernel peach was obtained under different preheating time (11 min, 12 min, 13 min, 14 min, 15 min). Oil yield, residual oil rate and acid value of oil are three common indicators (to measure the quality of oil). Therefore, the residual oil rate and acid value of oil in cake meal were obtained respectively by chemical test. The appropriate preheating time of walnut oil was obtained by comprehensive analysis of the above test data. According to the theory of inverse heat conduction problem, the temperature distribution of the inner and outer wall of the press was obtained by Ansys Workbench thermal simulation. By comparing the measured and simulated temperature of the outer surface of the pressing chamber, the error range is between -4.263% and 8.155%, which shows that the suitable temperature range of the cold pressing of walnut can be predicted by the Ansys Workbench heat conduction simulation, and the suitable temperature range of the inner wall of the pressing chamber is 43.43~50.23℃.

Key words: single screw oil press;common indicators;suitable preheating temperature;infrared thermometer;inverse problem theory of heat conduction;Ansys Workbench;suitable temperature range