

# 苦荞浸蒸处理前后的力学特性

陈伟, 杜文亮, 刘彩霞

(内蒙古农业大学机电工程学院, 呼和浩特 010018)

**摘要:** 由于苦荞具有皮韧仁脆的特点, 在脱壳过程中破碎率高、脱壳困难。为此, 对浸蒸前、后的苦荞进行力—变形实验, 通过实验测得其力—变形曲线; 根据曲线数据, 得出其硬度、破坏力、破坏能等常规力学参数; 通过对比得出浸蒸处理后的苦荞破坏力和破坏能略有降低, 苦荞仁的破坏力和破坏能显著增加, 表明表皮结合强度降低, 有利于减小脱壳破碎率。同时, 对苦荞碎片和籽粒受压时横断面变化情况进行观察, 得出苦荞籽粒的断裂位置主要位于胚两侧、籽粒沟槽处和受压接触点。

**关键词:** 苦荞; 浸蒸; 力学特性

中图分类号: TS210.1

文献标识码: A

文章编号: 1003-188X(2015)07-0194-04

DOI:10.13427/j.cnki.njy.2015.07.045

## 0 引言

苦荞麦属蓼科双子叶植物, 学名鞑靼荞麦 (*tartarian buckwheat*), 俗称苦荞。随着人民生活水平的提高, 对保健食品及其食疗作用日益重视, 苦荞仁作为营养保健食品越来越受到人们的青睐<sup>[1]</sup>; 但苦荞固有的韧性壳、脆性仁, 决定了其脱壳的难度, 影响了苦荞产品的综合利用, 也影响了后续脱壳机的设计。目前, 针对苦荞自身力学特性和破碎机理的研究很少, 没有一定的实际参数可对脱壳机的设计提供依据。针对这一情况, 结合苦荞茶加工过程的浸蒸工艺, 对浸蒸前后的苦荞进行抗压力实验, 观察和分析其抗压特性, 得出不同情况下苦荞抗压特性的变化特点, 为后续脱壳机设计、工艺开发提供一定的数据支持和方向指导。

## 1 苦荞生物学特性

苦荞籽粒表面粗糙呈灰褐色, 长卵状三棱形, 有3条沟, 如图1所示。由于品种和长势的情况不同, 籽粒大小存在一定的差异性。本实验采用的荞麦品种为晋荞麦2号, 产自内蒙古自治区武川县。在样品中随机抽取50粒, 测得其平均长度为5.9mm, 平均宽度为3mm, 平均高度为2.7mm, 苦荞壳平均厚度为0.16mm。苦荞壳是一个整体结构, 韧性好、强度高, 且对仁

的包裹紧密。苦荞仁主要由淀粉、蛋白等物质构成, 中间有似S形的胚, 强度不高, 脆性大。由于苦荞籽粒的这种特殊的生物结构导致苦荞壳很难被脱去, 脱壳处理过程中, 大量的苦荞仁碎裂成小颗粒, 只能用来加工面粉或其他粉料。



图1 苦荞与苦荞仁

Fig.1 Tartarian buckwheat and groat

## 2 实验安排

在苦荞制茶的工艺过程中, 要对苦荞进行浸蒸处理, 经处理后的苦荞再经过分选、脱壳、炒制等工艺加工成苦荞茶。浸蒸过程中苦荞会出现糊化现象, 通过实践发现糊化后的苦荞比糊化前较容易脱壳。本文使用食品物性分析仪对浸蒸前后的苦荞及仁分别进行抗压实验, 通过测得的数据来定量地说明荞麦籽粒的抗压特性变化情况。

### 2.1 材料及预处理

实验样品: 晋荞麦2号(直径3.0~3.2mm), 产自内蒙古自治区武川县, 含水率为13.5%。

实验前对原料用圆孔分级筛进行筛分和含水率测定(烘干法, 参考JJG658-1990), 挑选出3.0~3.2mm粒径的苦荞200g, 并将其分成各100g两份; 一组直接做实验, 实验时随机抽取籽粒, 做苦荞籽粒抗压

收稿日期: 2014-08-19

基金项目: 国家自然科学基金项目(31260409)

作者简介: 陈伟(1983-), 男, 陕西咸阳人, 博士研究生, (E-mail) chenweidushui@163.com。

通讯作者: 杜文亮(1957-), 男, 内蒙古达拉特旗人, 教授, 博士生导师, (E-mail) duwl5711@vip.imau.edu.cn。

实验,然后取足够数量苦荞籽粒用裁纸刀划破外壳取出苦荞仁,挑选完整的苦荞仁进行籽粒抗压实验;另一组实验样品放入恒温水槽中,在 30℃ 的清水中浸泡 60min,然后取出放入高压灭菌锅进行气蒸,选用温度 120℃,加压时间 60min,压力 0.4MPa<sup>[2]</sup>。经过干燥箱干燥后即可用于抗压实验(含水率 11.2%),去壳方法同上。

2.2 实验装置及方法

实验仪器:TMS-Pro 食品物性分析仪(亦称质构仪,力量感应源型号为 GS-1A,力量精度 0.0001N,位移精度为 2.5μm,美国 FTC 公司);DK-80 型电热恒温水槽(上海森信实验仪器有限公司);HVE-50 高压灭菌锅;DL104 型电热鼓风干燥箱(上海一恒科学仪器有限公司);BS224S 型电子称、烧杯、游标卡尺等。

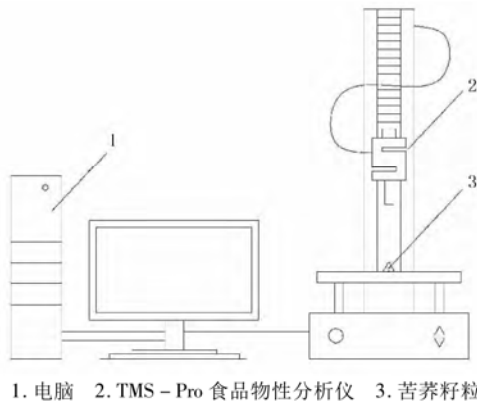


图 2 压力测试系统组成  
Fig.2 The pressure test system

2.3 实验过程

1) 压力测试:质构仪与计算机配套使用,通过相关计算机程序控制质构仪的起落和压力等。实验考虑到苦荞籽粒小,在实验过程中容易对准加载探头的中心位置,选用直径为 10mm 圆柱形探头。仪器运行前清理仪器平台、校准基准位置,并选择相应测试程序(30% 变形破碎测试);检查完毕后将籽粒水平放置于测试平台上,启动程序开始实验。测试条件:样品平台与加载探头下表面之间的距离为 6mm,变形百分量为 30%,测试速度为 2mm/min,起始力为 1N,破裂点的百分值为 5%<sup>[3-4]</sup>。

实验主要指标如下。

(1) 破坏力  $F_{max}$  (N):物料在力变形过程中力—变形曲线上的第一个峰值。

(2) 破坏能  $W$  (J):物料在力变形过程中力—变形曲线上破坏力点以前的曲线与位移轴所围成的面积。

破坏能可以采用积分的方法来计算,即

$$W = \int_0^{\Delta D_F} F dD$$

式中  $F$ —实验采集点处的作用力;

$dD$ —实验相邻采集点处的变形差。

(3) 硬度:在农产品及食品物料硬度研究中,常将物料在载荷的作用下,力变形关系曲线的斜率定义为硬度,本文用力—变形曲线上破坏力与破坏力对应位移之间的比值表示硬度<sup>[5]</sup>。

2) 断裂观察:观察实验后样品碎片,并对处理前后苦荞用裁纸刀从籽粒底部开始轻轻刮去籽粒下端部分(不超过籽粒最大横截面),露出籽粒断面(见图 3);随后放入质构仪上进行压力实验,观察断面变形情况,直至籽粒破碎。



图 3 苦荞剖切  
Fig.3 The cutting of buckwheat

3 实验结果及分析

实验时分别对预处理好的苦荞样品随机抽取 50 粒进行力—变形实验。由于籽粒间的差异性,曲线略有差异,但整体具有一定规律性。以下对各样品的典型曲线和部分参数的平均数值进行分析,得出各样品的受压破坏规律和基本数据;观察受压破碎的碎片形状和受压时横截面变化情况,发现籽粒破坏的主要形式。

3.1 未浸蒸处理苦荞及仁的力—变形曲线

苦荞籽粒在受压过程中的典型曲线(见图 4),能够体现变形过程的特点。由图 4 可知,随着变形量的逐步增加,起始阶段力随位移近似成线性关系,该阶段主要以弹性变形为主;随着力加载到一定数值后籽粒内部发生突然性的脆断,导致曲线出现急速下降,随后脆断的碎片达到有效支撑位置;随着位移增加,力再次逐渐增大,增大到一定程度后再次发生破碎,力再次突然减小,此过程在卸载前可能会反复几次。根据图形对比可以发现壳的存在较大地增加了籽粒的抗压强度,破裂形式主要以脆断为主。苦荞仁本身的抗压强度小,而苦荞籽粒的抗压强度高,这与苦荞壳较厚且韧性好,壳几乎为一个整体,紧紧将仁包裹在内的特殊形态有关。当籽粒受到压力变形时,仁的变形传递到外壳上,导致外壳绷紧,阻碍变形,即外壳

的张紧力抵消了部分压力。通过曲线可以看出苦荞仁的最大承受压力要比籽粒本身小许多,正是这一特点导致在机械脱壳过程中难以对其进行处理,且仁紧紧包裹在壳内,不易取出。

破裂特点:在苦荞籽粒的破裂过程为一次或多次的脆断,具体表现为曲线上的垂直变化部分,第一次脆断往往伴随着外壳腹部的突然破裂。

从图 5 易看出苦荞仁的破坏力和破坏能比苦荞的破坏力、破坏能要小。正是由于这一情况的存在导致脱壳过程中的破碎情况非常严重,很难得到完整的苦荞仁。

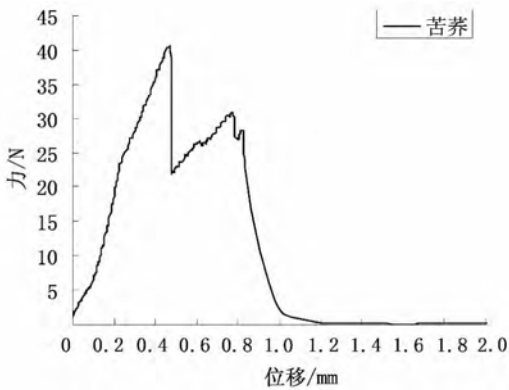


图 4 苦荞压力曲线

Fig. 4 Pressure curve of tartarian buckwheat

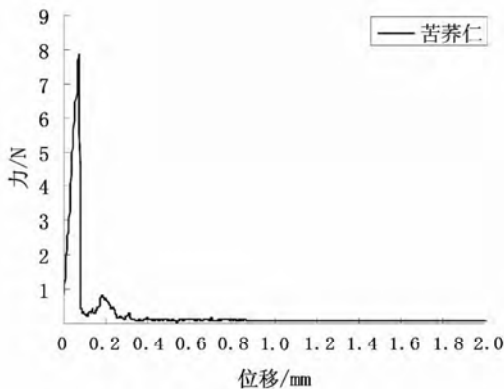


图 5 苦荞仁压力曲线

Fig. 5 Pressure curve of tartarian buckwheat groat

### 3.2 浸蒸处理后苦荞及仁的力—变形实验

从浸蒸处理后的样品中随机取 50 粒苦荞,同样采用手工破壳的方式取得 50 粒苦荞仁进行力—变形实验(为了表述方便,以下简称为熟苦荞和熟苦荞仁)。由于苦荞籽粒存在差异,曲线不尽相同,这里仅讨论具有代表性的典型曲线。由图 6 和图 7 可以看出,随着变形量的逐步增加,起始段力随位移也近似线性变换,主要以近似线性变形为主;随着力加载到一定数值后,籽粒内部发生突然性的脆断,导致曲线出现急速下降;随着位移增加,力再次逐渐增大,增大到一定程度后再次减小,此过程和未处理的荞麦籽粒类似。

曲线基本趋势和未处理相同,尤其是破裂前的近似线性段。不同点表现为破坏力的大小发生了变化,同时熟苦荞仁在第一次破碎时极易瞬间迸裂并弹飞。

综上所述可知,浸蒸处理前后,荞麦籽粒及仁在受压破坏时曲线的基本趋势相似,不同点表现为具体数值的大小上存在差异。

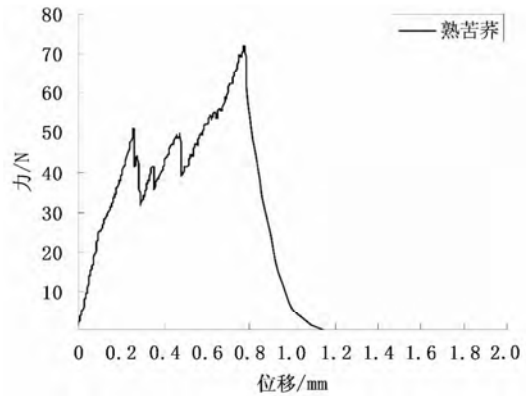


图 6 熟苦荞压力曲线

Fig. 6 Pressure curve of steamed tartarian buckwheat

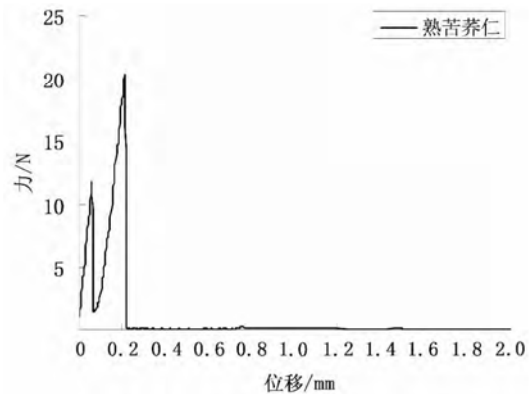


图 7 熟苦荞仁压力曲线

Fig. 7 Pressure curve of steamed tartarian buckwheat groat

### 3.3 结果和分析

1) 根据上述曲线及实验观察发现,当荞麦籽粒受压达到一定的数值时会产生突然的破裂,曲线上表现为压力突然的降低。曲线垂直下降的高度代表破裂的程度,如果下降高度不大,一般是荞麦与压头接触点位置发生了局部破裂,籽粒本身没有较大的裂痕或分裂,易产生碎米和粉末;下降的高度越大代表破裂后的碎片也较大。苦荞的特殊形状和结构导致在受压情况下,最初发生破裂时一般会产生较大的碎片而不是局部小破裂,后续的受压过程中则易产生小碎片。

2) 苦荞仁发生破裂时的变形量比未脱壳情况要小,很小的变形即可使荞麦仁发生破裂,这对于加工设备的间隙调整精度提出了很高的要求。

3) 对比样品的平均硬度、破坏力和破坏能可以发现,熟苦荞仁的硬度比苦荞仁略有减小,但破坏力增

加了近2倍,破坏能则增加了近6倍,即破坏时熟苦荞仁的变形量比苦荞仁的变形量要增加很多,如表1所示。

表1 苦荞熟化前后力学参数

处理	硬度 /N·mm <sup>-1</sup>	破坏力 /N	破坏能 /×10 <sup>-3</sup> J
苦荞	126.5	63.3	17
熟苦荞	131	57.8	12.7
苦荞仁	117	11.7	0.65
熟苦荞仁	102	26.6	3.98

### 3.4 籽粒的断裂

苦荞籽粒主要由种皮、胚乳和胚3部分组成<sup>[6]</sup>。通过观察受压时断面的变化情况和完整籽粒破裂后的碎片可以发现,由于胚和胚乳间结合强度小且常有微小空隙存在,导致籽粒在受压时裂纹易沿二者结合部位开始生长、扩散,最终导致破裂。籽粒断裂时的主要位置:胚两侧、籽粒沟槽处和受压接触位置。破裂后一般形成2~3个碎片,常见的是沿胚的一侧断裂成两块,一般碎片较大,如图8所示。在籽粒沟槽处或受压接触点断裂时会形成比较小的碎片,尤其是受压接触点位置,碎片会很小;具体断裂情况则与籽粒形状、胚的形状、受压位置和变形大小等相关。



图8 断裂位置示意图

Fig.8 Diagram of crack position

图8中籽粒中间的黑色线条为受压断裂时的断裂位置,左图籽粒碎裂为左右两半,右图籽粒则延断裂线断裂为3部分。

## 4 结论

根据上述分析可知,经过浸蒸处理后,苦荞仁的破坏力和破坏能显著上升,硬度略有下降,即仁的韧性有所增加;而处理后的苦荞破坏力和破坏能均有所下降,但变化量不大。在整体破坏力和破坏能变化不大的情况下,仁的破坏力和破坏能的增加意味着破壳所需的破坏力和破坏能相应的减小,即脱壳更加容易,且加工过程中仁更不易破碎;通过对破碎籽粒和压缩过程的观察得出籽粒断裂时的位置主要在胚两侧、籽粒沟槽处和受压接触位置,破裂过程以脆断为主。

### 参考文献:

- [1] 姜忠丽,赵永进. 苦荞麦的营养成分及其保健功能 [J]. 粮食与食品工业,2003(4):33-35.
- [2] 左光明,谭斌,罗彬,等. 全营养苦荞米抗性淀粉形成的工艺参数优化 [J]. 食品科学,2008,29(9):130-134.
- [3] 刘彩霞. 苦荞麦熟化前后的机械特性对其剥壳效率的影响 [D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2012.
- [4] 王新忠,王敏. 银杏种核力学特性试验 [J]. 农业机械学报,2008,39(8):84-88.
- [5] 张洪霞,李大勇,任光辉,等. 含水率对稻米籽粒剪切特性的影响研究 [J]. 黑龙江八一农垦大学学报,2006,18(4):28-30.
- [6] 顾尧臣. 小宗粮食加工(四) [J]. 粮食与饲料工业,1999(7):19-22.

## The Pressure Properties of Tartary Buckwheat before and after Steaming

Chen Wei, Du Wenliang, Liu Caixia

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 101018, China)

**Abstract:** The hulling of tartary buckwheat is hard, for its husk has good toughness and the groat is fragile. In the process of hulling, it has high broken rate. This test aimed to measure the force - deformation curve through the experiments on tartary buckwheat which has been steamed or not. The hardness, broken force, broken energy and other parameters can be obtained from the curve. The broken force and broken energy of steamed tartary buckwheat have a little reduction compared with the increase of the groat. This proved that the bonding strength of husk decreased. According to the observation of the fragments and the change of cross - sectional of tartary buckwheat under compression, fracture locations of tartary buckwheat are mainly in both sides of embryo, grooves and compression point.

**Key words:** tartary buckwheat; steaming; mechanical characteristics