

利用破坏应力确定超微粉碎骨粉的前处理工艺研究

陈丽尧, 李晓东*

(东北农业大学食品学院, 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘要: 对超微粉碎之前的原料猪骨进行高压处理, 处理后的骨头的硬度随处理条件的不同而不同, 本实验根据使用的 HMB-701 超微粉碎机的工作原理, 对处理过的骨的垂直折断力和挤压力进行分析, 经过计算得出骨头的破坏应力, 这不仅能简化对粉碎过程的分析, 而且能反映出不同处理方法对原料骨的硬度的影响, 可以进而筛选出最佳的前处理工艺。经过实验对比, 超微粉碎的高压前处理条件确定为处理压力 0.15MPa、处理时间 60min。

关键词: 骨粉; 超微粉碎; 前处理; 破坏应力

Failure Stress Analysis Used for Establishing Pressurization Technology of Pig Bone before Superfine Comminution

CHEN Li-yao, LI Xiao-dong*

(College of Food Science and Engineering, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: Before superfine comminution, the pre-treatment, pressurization of pig bone is required. Evidently, the hardness of treated bone varies with pressurization conditions. In this study, the perpendicular shear force and extrusion force and Parallel extrusion force and parallel extrusion force of the treated bone were analyzed according to the principle of the used HMB-701 type micronizer, and then the failure stress was calculated. This could not only simplify the process of analysis, but also reveal the effects of different pre-treatment conditions on the hardness of bone. Furthermore, the best pretreatment technology could be obtained. According to experimental results, the best pre-treatment technology is determined as treating pig bone for 60 min at 0.15 MPa.

Key words: bone powder; superfine comminution; pre-treatment; failure stress

中图分类号: TS201.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2008)12-0377-04

超微粉碎通常是指将直径为 3mm 以上的物料颗粒粉碎至 10~25 μm 的过程。由于颗粒的粒度极低, 使其具有其他粉体所没有的特点, 例如良好的溶解性、分散性、吸附性、化学活性等^[1], 因此, 经过超微粉碎的畜禽骨骼骨粉具有很好的补钙效果。但是由于骨头的硬度太大, 直接将骨头粉碎不仅困难, 而且对机器损伤也很大。所以需要前期处理, 以降低骨头的硬度, 骨头前处理的方法有酸处理、碱处理和高压处理等方法, 本实验采用高压处理对原料骨进行前处理, 引用材料力学中的破坏应力的概念, 确定前处理的强度对骨头的硬度的影响。

1 材料与amp;方法

收稿日期: 2007-11-17

基金项目: 黑龙江省“十一五”科技攻关重大项目(GB06B403-2)

作者简介: 陈丽尧(1980-), 男, 硕士研究生, 研究方向为畜产品加工。E-mail: cly1980hrb@163.com

* 通讯作者: 李晓东(1968-), 男, 教授, 博士, 研究方向为畜产品加工。E-mail: hrblxd@163.com

1.1 材料

将经过不同处理方法处理过的原料猪骨加工成不同的试件, 以便不同的实验。用于测量骨头垂直折断力的矩形截面梁试件: 长度、宽度和厚度为 5cm × 1.5cm × 0.3cm; 用于测量垂直挤压和横向挤压的柱形试件: 长度、宽度和厚度分别为 0.6cm × 0.7cm × 0.2cm。

1.2 仪器与设备

万能试验机 WDW-5 济南试金公司; HMB-701 型超微粉碎机 北京环亚公司; 高压锅 吉林百奥公司; 游标卡尺。

1.3 超微粉碎过程的分析

1.3.1 超微粉碎机的工作原理

粉碎机的粉碎装置是安置在粉碎机内部的、固定在

主转动轴上的悬臂所连接的两个粉碎轮,当机器转动的时候,两个粉碎轮不仅随着主动轴转动,而且还在离心力和惯性的作用下自转。骨头通过进料口后进入粉碎机内部,当机器运转时骨头受到切线方向的冲击力,这个力在骨头粉碎的过程中起到主要作用。

1.3.2 物料的受力分析

用于物料粉碎的作用力主要有拉、折、弯、压(挤)和剪切、磨、撕几种基本形式^[2]。骨头在这种超微粉碎机内被粉碎的难易程度取决于原料骨抵抗各种形式破坏的能力,而原料骨的这些力学性质,可以通过三种主要的破坏极限应力来描述,即垂直于骨头纹理走向的折断破坏应力——由垂直折断力实验获得,平行和垂直于骨头纹理走向的挤压破坏应力——由水平和垂直于骨头纹理走向的挤压破坏实验获得^[3]。

1.3.2.1 垂直折断应力分析

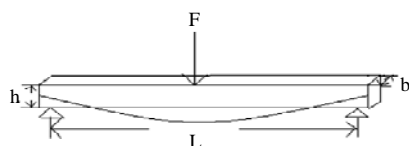


图1 垂直折断力示意图

Fig.1 Schematic diagram of perpendicular brisement force

骨头与粉碎轮相接触,发生断裂,这是因为骨头受到垂直力的作用,将各种不同处理方法获得的猪骨试样制成长度、截面宽度和厚度都相同的梁状试件(图1),水平放置在两端距离为L的水平支架上,向试件中点处垂直施加力F,这时试件便产生弯曲(图中曲线部分),弯曲变形时横截面形心沿铅垂方向位移称为挠度^[4],继续增加这个力直到试件断裂,这时候的力就是此试件垂直力的破坏极限,称为垂直折断力,垂直折断力的作用是将大块的骨头粉碎成小块。为排除这个力所受到试件截面积的影响,采用材料力学弯曲理论,计算横截面上的最大拉应力,来表达原料骨抵抗横向垂直折断的能力^[5]。可以用如下所示公式表示:

$$\sigma_w = \frac{M}{W}$$

式中, σ_w 为原料骨最大抗拉应力; M 为弯矩; W 为抗弯截面系数。

$$M = \frac{1}{4} FL$$

式中, F 为垂直折断力的破坏极限; L 为两个支点的距离。

$$W = bh^2/6$$

式中, b 为试件宽度; h 为试件高度。

1.3.2.2 垂直挤压应力分析

在超微粉碎机中,小块的骨头与超微粉碎机内壁之间,骨头与骨头之间都有相互挤压的作用,当骨头受到垂直于骨头纹理的方向上的挤压力时,骨头在其垂直的方向上进一步破碎,变成微小的粉粒。将长度、截面宽度和厚度都相同的柱形试件(图2),放置在水平面上,在垂直于骨头纹理的方向施加压力F,虚线部分为骨头的纹理, a 、 b 为试件的宽度和长度,当试件被压碎的时候,这个力就是试件的垂直于纹理方向的破坏极限,为排除试件大小的影响,采用试件横截面的应力来表达原料骨抵抗垂直挤压破坏的能力:

$$\sigma_{cv} = \frac{F}{Lb}$$

式中, σ_{cv} 为原料骨垂直纹理方向的最大抗压应力,即该方向的挤压破坏应力; Lb 为截面积。

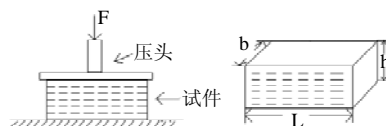


图2 垂直挤压力示意图

Fig.2 Schematic diagram of perpendicular extrusion force delineation

1.3.2.3 水平挤压应力分析

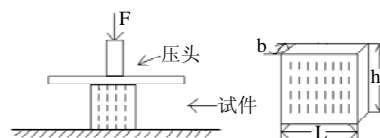


图3 水平挤压力示意图

Fig.3 Schematic diagram of parallel extrusion force

在超微粉碎机中,骨头之间不仅有垂直骨头纹理方向的压力,而且还有平行于骨头纹理方向的压力,在平行于骨头纹理的方向上施加一个力也会使骨头破碎。将长度、截面宽度和厚度都相同的柱形试件,如图3所示,放置在水平面上,对试件施加一个与骨头纹理相同方向的压力F,虚线部分为骨头的纹理, L 为试件的高度, B 为试件的长度,当试件被压碎的时候,这个力就是试件的水平于纹理方向的破坏极限,为排除试件大小的影响,采用试件横截面的应力来表达原料骨抵抗水平挤压破坏的能力:

$$\sigma_{ch} = \frac{F}{Lb}$$

式中, σ_{CH} 为原料骨平行纹理方向的最大抗压应力, 即该方向的挤压破坏应力; Lb 为截面积。

1.4 骨头破坏应力的前处理工艺实验

1.4.1 处理压力的影响

用高压锅在 0.15、0.1、0.05MPa 三个压力下分别处理骨头 45min, 处理后经过沸水煮 20min 左右, 105℃ 干燥 4h 后, 将骨头加工成长宽厚分别是 5cm(F)×1.5cm(h)×0.3cm(b)和 0.6cm(F)×0.7cm(h)×0.2cm(b)的试件, 备用。

1.4.2 处理时间的影响

用高压锅在 0.1MPa 的条件下分别将骨头处理 75、60 和 45min, 经过同样的工序, 将处理后的骨头同样加工成长宽厚分别是 5cm(F)×1.5cm(h)×0.3cm(b)和 0.6cm(F)×0.7cm(h)×0.2cm(b)的试件, 备用。

1.5 骨头破坏应力的测量

将加工好的原料骨试件放在万能实验机的实验台上, 调整好位置然后将下压头, 尽量使压头靠近试件, 最后开始测量。压头向试件施加压力, 直到试件断裂, 记录断裂时的数值, 这个数值就是本实验所要提取破坏力峰值, 也就是试件所能承受的最大力, 并根据这个数值和上边的公式进行应力计算, 结果见表 1、2。

表 1 处理时间为 45min 时处理压力与三种破坏力峰值的关系
Table 1 Relationship between treatment pressure and peak values of three failure force at 45 min of treatment

破坏力峰值(N)	处理压力(MPa)		
	0.15	0.1	0.05
垂直折断破坏力	45.6	83.5	119.3
垂直挤压破坏力	150.19	197	245
水平挤压破坏力	122	172	239.6

表 2 处理压力为 0.1MPa 时处理时间与三种破坏力峰值的关系
Table 2 Relationship between treatment time and peak values of three failure force at 0.1 MPa of pressure

破坏力峰值(N)	处理时间(min)		
	75	60	45
垂直折断破坏力	24.4	45.6	83.5
垂直挤压破坏力	64.7	106.4	197
水平挤压破坏力	50.1	81.6	172

2 结果与分析

2.1 处理压力的确定

处理压力的不同, 导致了骨头的破坏应力的不同, 直接反映处理骨头的硬度的变化, 具体的处理压力与破坏应力的关系见表 3。

表 3 处理压力与破坏应力的关系

Table 3 Relationship between treatment pressure and failure at 45 min treatment stress

破坏应力(N/MPa)	处理压力(MPa)		
	0.05	0.1	0.15
垂直折断力	13.25	9.27	5.06
垂直于纹理方向的挤压力	22.51	18.10	13.80
平行于纹理方向的挤压力	22.01	15.80	11.20

从表 3 可以看出, 随着压力的升高, 垂直折断力呈下降趋势, 说明压力的升高对骨头的硬度产生很大影响, 是在从 0.05MPa 的 13.25N/MPa 降低到 0.15MPa 的 5.06N/MPa 整体下降大致呈线性。随着压力的升高, 垂直挤压力呈下降趋势, 整个的下降趋势大致呈一条直线, 说明压力在垂直于头的纹理方向上对骨头的硬度的影响是比较均衡的。随着压力的升高, 水平挤压力成下降趋势, 下降的趋势整体上也是比较平缓的, 说明压力在平行于骨头纹理的方向上对骨头硬度的影响也是比较均衡的。

由于随着压力的增加, 骨头的破坏应力, 即骨头的硬度下降, 所以最终的处理压力选为 0.15MPa。

2.2 处理时间的确定

处理时间的不同, 导致了骨头的破坏应力的不同, 也能从一方面反映出对骨头的硬度的影响, 具体的处理压力与破坏应力的关系见表 4。

表 4 处理时间与破坏应力的关系

Table 4 Relationship between treatment time and failure stress at 0.15 MPa of pressure

破坏应力(N/MPa)	处理时间(min)		
	45	60	75
垂直折断力	9.27	5.06	2.71
垂直于纹理方向的挤压力	18.10	9.77	5.94
平行于纹理方向的挤压力	15.80	7.49	4.60

从表 4 可以看出, 在一定压力下, 随着处理时间的延长, 骨头的垂直折断力也随之降低, 从处理时间为 45min 时的 9.27MPa 到处理时间为 60min 的 5.06MPa, 垂直剪力下降得十分明显, 说明在这一区间内处理时间对骨头的垂直剪力的降低起着重要的作用, 所以骨头的硬度再这一区间内变化最明显。但是从处理时间为 60min 的 5.06MPa 到处理时间为 75min 的 2.71MPa, 其下降的趋势有一点变的平缓, 说明在这一区间内处理时间对骨头的垂直剪力的降低的作用比前一个区间的作用小一点, 骨头的硬度在这一区间变化不大。

在处理压力一定的时候随着处理时间的延长, 骨头的垂直挤压力也随之降低, 从处理时间为 45min 时的 18.1MPa 到处理时间为 60min 的 9.77MPa, 垂直挤压力

下降得比较明显,说明在这一区间内处理时间对骨头的垂直挤压力的降低起着比较重要的作用,所以骨头的硬度再这一区间内变化比较明显。但是从处理时间为60min的9.77MPa到处理时间为75min的5.94MPa,其下降的趋势变的平缓,说明在这一区间内处理时间对骨头的垂直挤压力的降低的作用不是很大,骨头的硬度在这一区间变化不大。

在处理压力一定的时候随着处理时间的延长,骨头的水平挤压力也随之降低,从处理时间为45min时的15.8MPa到处理时间为60min的7.94MPa,水平挤压力下降得明显,说明在这一区间内处理时间对骨头的水平挤压力的降低起着比较的作用,所以骨头的硬度再这一区间内变化明显。但是从处理时间为60min的7.94MPa到处理时间为75min的4.60MPa,其下降的趋势变的平缓,说明在这一区间内处理时间对骨头的水平挤压力的降低的作用不大,骨头的硬度在这一区间变化不大。

由于在一定压力下,随着处理时间的延长,骨头的破坏应力也随之降低,因此骨头的硬度也随之降低。从整体上看,在处理时间为45min到60min的区间内,骨头的破坏应力变化较大,但是从60min到75min的区间内,其变化不大。所以,从节能和降低成本两方面

来讲,最终的处理时间定为60min。

3 结论

通过以上实验可知,当处理压力为0.15MPa时,骨头的破坏应力最低,反映出经过此压力处理的骨头的硬度最低。当处理时间为75min时,骨头的破坏应力最低,但是,与处理时间为60min的破坏应力相比较,两者相差不大,从节能和降低成本两方面来讲,选择处理时间为60min。所以选择最终的处理条件为处理压力0.15MPa、处理时间60min。

参考文献:

- [1] 张愨,王亮.超微粉碎在食品加工中的研究进展[J].食品与生物技术,2003(4):106-110.
- [2] 袁惠新,俞建峰.超微粉碎的理论、实践及其对食品工业发展的作用[J].包装与食品机械,2001,19(1):5-10.
- [3] 范钦珊,蒋永莉,税国双.工程力学[M].北京:清华大学出版社,2005:30-35.
- [4] 张新占,吴东红,杨东戈,等.工程力学-材料力学[M].西安:西北工业大学出版社,2001:17-49.
- [5] 戴少渡.材料力学[M].北京:国防工业出版社,2000:20-29.