

# 钝击破碎对苹果压榨效果的影响

张绍英<sup>1</sup>, 曹文龙<sup>2</sup>, 魏文军<sup>1</sup>

(1. 中国农业大学工学院, 北京 100083; 2. 吉林省农业机械研究院, 长春 130022)

**摘要:** 为了提高榨前破碎对细胞的破坏程度及细胞液的游离率以利于水果榨汁, 试验中采用高速钝击对苹果进行了榨前破碎。试验结果发现, 高速钝击可造成苹果果实细胞的广泛破坏, 破碎后果肉细胞残片仍呈团絮状。钝击破碎后苹果细胞液游离率可达到 67%~69%, 较目前采用的剪切破碎的细胞液游离率提高近 20 个百分点、出汁率提高 15 个百分点; 具有相同出汁率时钝击破碎压榨工艺较剪切破碎压榨耗时减少近 50%。高速钝击较目前广泛采用的剪切破碎等方法对降低压榨力、提高出汁率等方面有明显的改善。

**关键词:** 苹果; 压榨; 钝击破碎

**中图分类号:** TS255.4

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-6819(2008)-2-0246-04

张绍英, 曹文龙, 魏文军. 钝击破碎对苹果压榨效果的影响[J]. 农业工程学报, 2008, 24(2): 246-249.

Zhang Shaoying, Cao Wenlong, Wei Wenjun. Effect of pounding on apple press process and juice yield[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(2): 246-249. (in Chinese with English abstract)

## 0 引言

苹果汁一般由静力压榨制得<sup>[1]</sup>。对于受压物料微元而言, 在静力压榨过程中主要承受各向同性的外压力, 受压物料微元中的细胞液通过固态果渣间隙并穿过滤网排出。因此, 静力压榨过程实质上主要是消除固体间隙, 挤出其间的游离细胞液的过程。受压物料上述的受力状态, 使得果肉细胞组织压榨时不易被进一步破坏。所以, 一般要求压榨前对苹果进行有效地破碎, 使果肉细胞充分破裂<sup>[2, 3]</sup>, 细胞液尽量多的游离出来, 以提高出汁率<sup>[4-9]</sup>。

以往针对苹果破碎进行的研究中, 多以控制果糜粒度为目的<sup>[10]</sup>, 破碎方式也以刀具切割为主, 如目前普遍采用的鼠笼切刀(锤片)式为代表的劈切式破碎机及以盘式齿刀或笼式齿刀式为代表的剪切式破碎机均属切割类破碎机<sup>[11-13]</sup>。这类破碎机尽管可得到粒度较细、颗粒均匀的果糜, 但细胞破碎率及细胞液游离率不高, 加重了对压榨强度的要求, 影响出汁率的提高。为此, 本文提出了一种改以切割为主为捶捣为主, 改以控制粒度为主为以考核细胞破碎率为主的新的破碎理念—钝击破碎, 其技术核心是利用高速冲量使物料瞬间承受普遍、深度打击, 造成绝大多数细胞碎裂, 细胞液充分游离。另外, 在使细胞破碎的同时, 尽量多地保持细胞间的连接, 使

破碎后的果糜中的固形物呈疏松的絮状结构。该破碎方法于 2006 年 7 月获中国发明专利授权<sup>[14]</sup>。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

国光苹果(北京南口产, 10 月下旬采摘, 完熟, 无物理损伤、病害及虫蛀鼠咬); 溴酚蓝、中性红、藏红、碱性品红、95%乙醇(均为分析纯)。

### 1.2 主要试验设备及仪器

6PS-50 型齿刀式破碎机(北京颐和中威精密机器有限公司); 6PS-40 型冲击式破碎机(北京颐和中威精密机器有限公司); 6TZ-200 型榨汁器(北京颐和中威精密机器有限公司); 多功能切菜机(泊头市家佳乐食品机械厂); XDS-1 生物显微成像系统(重庆光电仪器总公司); JA1003N 精密电子天平(分度值 0.1 g, 上海精密科学仪器有限公司)。

### 1.3 试验方法

为了考查钝击破碎对苹果果肉组织的破坏程度以及细胞液的游离率, 比较钝击破碎与其他破碎方法的压榨效果, 采用多功能切菜机、齿刀式破碎机和冲击式破碎机对苹果进行了榨前破碎, 利用浸提法测定了不同破碎方法的细胞液游离率, 在显微镜下观察了破碎后的果肉细胞的破坏情况, 并对经钝击和剪切破碎处理后的果糜进行了压榨试验和出汁率测定。

#### 1.3.1 劈切破碎

采用多功能切菜机进行。转速为 1430 r/min, 调整切菜机出料口间隙为 10 mm, 开机后将苹果连续喂入, 由出料口收集果糜。

收稿日期: 2006-03-27 修订日期: 2008-01-20

基金项目: 农业部“948”项目(201077)

作者简介: 张绍英(1961-), 中国农业大学工学院, 博士生导师, 教授, 主要从事农产品加工工程研究。北京市海淀区清华东路 17 号 中国农业大学东区 294 信箱, 100083。Email: cauzsy@cau.edu.cn

### 1.3.2 剪切破碎

采用 6PS-50 型齿刀式破碎机进行。转速为 930 r/min, 开机后将苹果连续喂入, 由出料口收集果糜。

### 1.3.3 钝击破碎

采用 6PS-40 型冲击式破碎机进行。转速为 1430 r/min, 开机后将苹果连续喂入, 由出料口收集果糜。

### 1.3.4 压榨

压榨采用 6TZ-200 型榨汁器进行。60 目尼龙筛网, 填料厚度 40 mm, 压榨方法采用单级恒压压榨(压榨压力 1.2 MPa, 压榨时间 5 min)和 3 级梯度恒压 6 次松渣恒压压榨(其中, 第 1 级压榨压力 0.15 MPa, 第 2 级压榨压力 0.30 MPa, 第 3 级压榨压力 0.60 MPa; 松渣后恒压压榨压力为 0.60 MPa, 每次压榨时间 1 min)。

## 1.4 检测方法

### 1.4.1 显微观察方法

从劈切、剪切和钝击破碎得到的果糜中随机抽取果肉碎块, 分别进行以下 3 种染色:

- 1) 置于藏红溶液 3~5 min 后用 6% 乙醇漂洗褪色;
- 2) 置于碱性品红溶液浸染 10 min 用蒸馏水漂洗褪色;

- 3) 置于溴酚蓝溶液中浸染 10 min, 经蒸馏水漂洗褪色, 再将其置于中性红溶液中复染后用蒸馏水漂洗褪色。

将各种染色方法制备的样品在 160 倍显微镜下观察。

### 1.4.2 游离率测定方法

细胞液游离率采用浸提法测定。对果糜进行多次水浸提, 直至果糜中无可溶性固形物溶出, 汇集浸提液, 并依据压榨得到果汁中可溶性固形物含量折算出细胞液游离率。计算方法为:

$$d = \frac{M_j Q_j}{M_m Q_y} \times 100\%$$

式中  $d$ ——细胞液游离率, %;  $M_j$ ——浸提液质量, g;  $Q_j$ ——浸提液水溶性固形物含量, %;  $M_m$ ——浸提果糜质量, g;  $Q_y$ ——果汁水溶性固形物含量, %。

### 1.4.3 出汁率测定方法

出汁率为压榨得到的汁液质量与压榨前果糜质量之比<sup>[15-20]</sup>。

$$q = \frac{m_y}{m_g} \times 100\%$$

式中  $q$ ——出汁率, %;  $m_y$ ——压榨得到的汁液质量, g;  $m_g$ ——压榨前果糜总质量, g。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同破碎方式对果实组织的破碎效果

对劈切、剪切及钝击破碎得到的果糜进行的显微观

察发现:

劈切破碎产生的果糜中果肉颗粒为不规则的多面棱体, 粒度分布在 2~10 mm, 除颗粒断裂表面有 30%~50% 的细胞碎裂外其余仍完整, 果肉颗粒基本为完整的果肉块。果糜中可见少量游离果汁, 细胞液游离率为 22%~26%。

剪切破碎产生的果糜中果肉颗粒为不规则的团块状, 粒度分布在 5~12 mm, 颗粒断裂表面的细胞基本碎裂, 且颗粒迎击面(受力面)以下 0.5~2.0 mm 内的细胞有不同程度的碎裂, 但其余断裂面下的细胞多为完整, 果肉颗粒为表面细胞受损而内部完整的果肉块。果糜中明显可见游离果汁, 细胞液游离率为 43%~52%。

钝击破碎产生的果糜中果肉颗粒为不规则的片状结构, 粒度三维尺寸为 (8~18) mm×(5~13) mm×3 mm, 颗粒断裂表面及颗粒内部的细胞基本全部碎裂, 果肉颗粒为细胞残片组成的团絮状结构。果糜中渗流出游离果汁, 细胞液游离率为 67%~69%。

不同破碎方法得到的苹果细胞组织状态显微图片见图 1。

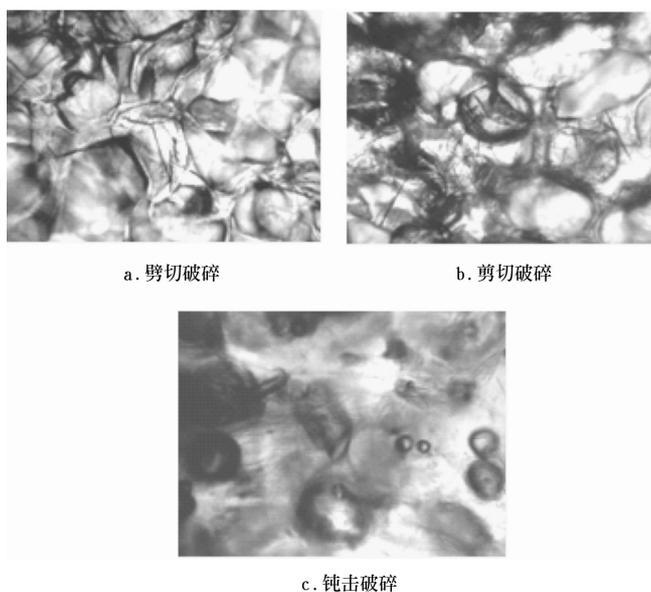


图 1 不同破碎方法得到的苹果细胞组织显微图片  
Fig 1 Micrograph of apple cell tissue with different bruising ways

劈切破碎主要是利用刀具切割完成。由劈切时断裂面的应力状态可知, 对于硬脆性物料, 断裂主要由拉力造成并发生在刀刃顶端附近, 且断裂一般发生在果实组织结合薄弱处, 尤其是细胞结合面上。从劈切破碎得到的果肉组织图像可见, 除部分受刃口挤压以及受拉破碎的细胞残膜外, 在断裂面上及断裂面以下的细胞均保持完整。

对剪切破碎而言, 物料除受剪断裂外, 往往承受施力部件对迎击面上果肉组织的挤压, 从图中可见, 剪切

破碎得到的碎块的断裂面上,既有受剪撕裂的细胞,还有挤碎的细胞(见图中少量的絮状组织),但断裂面下的细胞的完整程度仍很高。

而钝击破碎时,苹果组织在  $0.5 \times 10^{-3}$  s 的瞬间承受两大曲率钝面间 20~30 MPa 的挤压力,导致细胞之间原有的立体结构被压溃,尤其是钝面间多次夹挤、揉捶的累积作用使细胞普遍破碎,细胞液充分释放。钝面挤压产生的冲击压力在使液泡状细胞形成的立体结构垮塌、压扁的同时,由于没有拉应力的产生,细胞间的连接仍然维持,形成了图 1 所示的絮状细胞残片。

钝击破碎产生的这种破碎效果,首先可使压榨过程能够有效地消减固形物间的孔隙率,降低压榨力,同时还可利用絮状细胞残片为骨架在过滤介质表面形成疏松

的渣饼助滤层,改善果汁的透过性,利于果汁的充分分离。

## 2.2 钝击破碎对压榨效果的影响

采用前述 3 种方法破碎苹果后进行压榨试验发现:

1) 单级恒压压榨(压榨压力 1.2 MPa, 压榨时间 5 min) 劈切破碎后的苹果出汁率仅为 36%~42%。

2) 在 0.15 MPa 压榨力下对钝击破碎后的苹果进行压榨, 1 min 内即可使出汁率达到 47.28%。

3) 从图 2 中可看出,采用 3 级(0.15、0.30、0.60 MPa) 梯度压榨工艺时钝击和剪切破碎后各级压榨平衡点(无汁排出)分别位于 3.0、2.1、1.6 min 和 5.8、4.0、3.0 min, 具有相同出汁率时钝击破碎压榨工艺较剪切破碎压榨耗时减少近 50%。

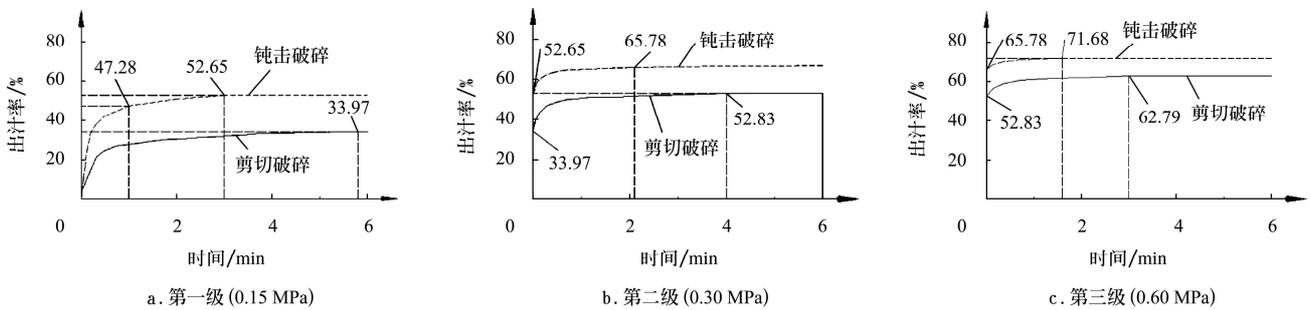


图 2 剪切和钝击破碎梯度压榨曲线

Fig 2 Gradient press chart by shearing and pounding

4) 采用 3 级(0.15、0.30、0.60 MPa), 钝击破碎出汁率较剪切破碎提高了 8.89 个百分点(见图 3)。

5) 采用 3 级(0.15、0.30、0.60 MPa) 梯度恒压 6 次松渣恒压压榨(压榨力 0.60 MPa, 压榨时间 1 min) 工艺, 苹果剪切破碎出汁率为 68.99%, 钝击破碎的出汁率可达 84.20% (见图 3) 提高 15.21 个百分点。

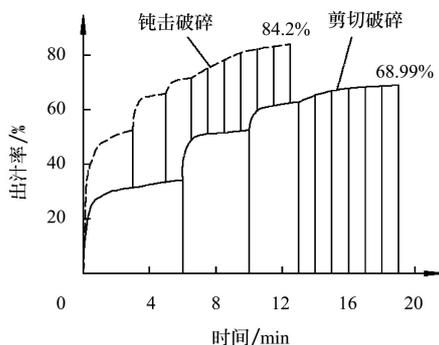


图 3 3 级梯度 6 次松渣流程压榨曲线

Fig 3 Press chart of 3 stages gradient and 6 times loosening procedure

分析试验结果可见:

1) 采用劈切破碎时,即使在较高的压榨力下出汁率仍旧很低,表明压榨过程对细胞的破碎作用较弱,获得高出汁率须有高细胞破碎率为前提。

2) 在压榨力相同时,钝击破碎较剪切破碎的出汁率高;在具有相同的出汁率时,钝击破碎较剪切破碎所需的压榨力低、压榨时间短。说明钝击破碎形成的絮状果渣相对剪切破碎的团状果渣受压后更易收缩,并且有更好的助滤作用。

3) 在具有相同的出汁率的前提下,采用钝击破碎可减少压榨级数,简化压榨流程。

## 3 结论

1) 钝击破碎可造成苹果果实细胞的广泛破坏,并能维持果糜中的细胞残片间的连接,压榨时利于形成疏松滤层和果汁彻底分离。

2) 钝击破碎可使苹果细胞液游离率达到 67%~69%,较目前使用的剪切破碎提高近 20 个百分点。

3) 采用试验中的压榨工艺,钝击破碎较剪切破碎可使苹果出汁率提高 15.21 个百分点。

4) 在达到相同的出汁率时,采用钝击破碎较其它破碎方法可使压榨级数减少、压榨时间缩短、生产效率提高、产品品质改善。

## [参 考 文 献]

- [1] 杜 朋. 果蔬汁饮料工艺学[M]. 北京: 农业出版社, 1992: 87-92.

- [2] 许英一, 徐雅琴. 果胶酶在果蔬汁生产中的应用[J]. 饮料工业, 2005, 8 (4): 15-17.
- [3] 杨建军, 马 齐, 宋宏新. 复合酶在苹果汁加工中的应用研究[J]. 食品科技, 2005, (3): 75-78.
- [4] 吴卫华. 苹果综合加工新技术[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1996: 23-25.
- [5] 肖家捷, 郑耀秋, 张利奋, 等. 果汁和蔬菜汁生产工艺学[M]. 北京: 轻工业出版社, 1987. 205-208.
- [6] 屈红艳, 吴 斌. 浓缩苹果汁生产中果渣二次压榨提汁技改项目的研究[J]. 食品科技, 2003, (8): 74-76.
- [7] 胡小松. 现代果蔬汁加工工艺学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1994: 121-130.
- [8] 蔡林昌. 浓缩果汁生产技术装备[J]. 饮料专辑, 1999, 1 (1): 12-16.
- [9] 陈崔龙, 卓培忠, 张德友, 等. LGLY 立式果汁连续压榨过滤机的设计及应用[J]. 过滤与分离, 2002, 12 (3): 29-32.
- [10] 沈裕生. 果汁加工技术浅论[J]. 果农之友, 2001 (3): 6-7.
- [11] Dieter Pinnow. CM50 碾磨碟状破碎机[J]. 食品与机械, 2000, (5): 41-42.
- [12] Dieter Pinnow. 布赫的自动水果压榨技术[J]. 食品与机械, 2000, (4): 33-34.
- [13] 克勒 M. 有机物的破碎装置[P]. 中国专利: 00800138. 3, 2005-10-12.
- [14] 英, 魏文军, 田国平. 果蔬冲击破碎方法及装置[P]. 中国专利: 200310100269. 9, 2006-07-05.
- [15] 王成荣, 王成蒙, 杨增军, 等. 苹果汁加工技术研究[J]. 农业工程学报, 1997, 13 (1): 220-222.
- [16] Hartman E, 冯建荣. 苹果出汁率与生产能力的比较(之一)[J]. 中国果菜, 2002, (1): 34.
- [17] Hartman E, 冯建荣. 苹果出汁率与生产能力的比较(之二)[J]. 中国果菜, 2002, (2): 30.
- [18] 王 群. 略论果汁工业的发展和榨汁机的进步[J]. 农牧与食品机械, 1991, (3): 8-11.
- [19] 葛含静, 陈姗姗, 仇农学. 澳洲青苹加工适性的测定研究[J]. 食品与发酵工业, 2005, 31 (11): 130-132.
- [20] 杨 辉, 陈永康, 张智锋, 等. 果胶酶提高苹果出汁率工艺条件的优化[J]. 食品科技, 2006, (5): 76-78.

## Effect of pounding on apple press process and juice yield

Zhang Shaoying<sup>1</sup>, Cao Wenlong<sup>2</sup>, Wei Wenjun<sup>1</sup>

(1. College of Engineering, China Agriculture University, Beijing 100083, China;

2. Jilin Agricultural Machinery Institute, Changchun 130022, China)

**Abstract:** In the experiment, apple has been pounded at high speed before pressure for increasing the burst of cell and dissociation of cytolymph. Most of apple cell tissue can be bursted after pounded, while the connection between the cell walls is still widely preserved, and the dissociation rate of cytolymph can be increased up to 67%~69%. The results show that pounding can increase 20 percentage point in dissociation rate, and 15.21 percentage point in juice yield, as compared with the conventional shearing process. The pounding plus pressrue time is 50% shorter than that of shearing press at comparable juice yield.

**Key words:** apple; pressure; pounding