

从葡萄糖产乳酸, 细胞杆状, 细胞内不形成内生芽孢, 兼性厌氧, 接触酶阴性, 不产生 H_2S , 在 pH4.5 生长。以上特征根据《乳酸细菌分类鉴定及实验方法》^[8], L11 属于乳杆菌科乳杆菌属(*Lactobacillus*)。

3 讨论

本实验的结果与国外文献报道的内容相一致, 红茶菌菌种都是由酵母菌、醋酸菌和乳酸菌三类组成, 只是在个别具体菌种上有所不同。

参考文献:

- [1] R L de Silva TV Saravanpavan. Tea Cider-A potential winner [J]. *TeaQuarterly*, 1968, 39(3): 37-41.
- [2] CH Liu, WH Hsu, et al. The isolation and identification of microbes from a fermented tea beverage, Haipao, and their interactions during Haipao fermentation [J]. *Food Microbiology*, 1996, 13: 407-415.
- [3] Gunther W Frank. The Kombucha Journal, <http://www.kombu.de/index.htm>.
- [4] Michael R Roussin. Analyses of Kombucha ferments: report on growers, <http://persweb.direct.ca/chaugen/kombucha-research-mroussin2toc.html>.
- [5] Biljana Bauer-Petrovska, Lidija Petrushevska-Tozl. Mineral and water soluble vitamin content the Kombucha drink [J]. *International Journal of Food Science and Technology*, 2000, 35: 201-205.
- [6] 陈思云, 萧熙佩. 酵线营长的生物化学 [M]. 山东科学技术出版社, 1990.
- [7] 葛健, 王正祥. 工业微生物实验技术手册 [M]. 中国轻工业出版社, 1994.
- [8] 凌代文, 东秀珠. 乳酸细菌分类鉴定及实验方法 [M]. 中国轻工业出版社, 1999.
- [9] 魏景超. 真菌鉴定手册 [M]. 上海科学技术出版社, 1979.
- [10] 王惠军. 伯杰细菌鉴定手册 (第八版) [M]. 科学出版社, 1984.
- [11] 东秀珠, 蔡妙英. 常见细菌系统鉴定手册 [M]. 科学出版社, 2001.

微射流均质机的流体动力学行为分析

刘成梅, 刘 伟, 高荫榆, Roger Ruan, 林向阳, 陈 钢
(南昌大学 食品科学教育部重点实验室, 江西 南昌 330047)

摘 要: 本文将射流均质机振荡头内部孔道分成六个部分: 进料管区、分流管区、撞击管区、射流管区、扩流管区和出料管区, 对其流场的动力学行为进行了分析, 这为讨论射流均质机的超微粉碎的作用机制提供理论基础。
关键词: 射流均质机; 振荡头; 流体动力学; 超微粉碎

Analysis on Fluid Dynamic Behavior in High Velocity Jet Homogenizer

LIU Cheng-mei, LIU Wei, GAO Yin-yu, Roger Ruan, LIN Xiang-yang, CHEN Gang
(The Key Laboratory of Food Science of MOE, Nanchang University, Nanchang 330047, China)

Abstract: The microchannel of interaction chamber was divided into six areas: feeding zone, fluid separation zone, impinging zone, compel jet zone, outspreading zone and discharging zone. Fluid dynamics behaviour of high velocity jet homogenizer was analysed. It was useful to discuss the reaction mechanisms of ultramicro-pulverization in jet homogenizer.

Key words: jet homogenizer; interaction channel; fluid dynamics; ultramicro-pulverization

中图分类号: TS201.7

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2004)04-0058-05

收稿日期: 2003-10-08

作者简介: 刘成梅(1963-), 男, 教授, 研究方向为食品科学工程。

超微粉碎是近年来迅速发展起来的一项高新技术,一般是指将3mm左右物料颗粒粉碎至10~25μm以下的过程。经超微粉碎后的微粉表面积和孔隙率大大增加,从而影响粉体的物理化学性能,如溶解性、分散性、吸附性和吸收性等性能的提高。因此,超微粉碎技术在食品工业和中草药加工中正日益广泛的尝试应用。

超微粉的机械制造方法大致有固相法、液相法和气相法。液相法主要是通过胶体磨、高压均质机、高剪切均质机等设备来实现。食品工业中常用的有高压均质机,高压均质机主要是由高压泵和均质阀两部分组成,均质压力一般是40~60MPa,作用原理是通过机械作用或流体力学效应在均质阀中造成高压、挤压和失压等作用,使料液在高压下挤研,在强冲击下发生剪切,在失压下膨胀,总之,在剪切、撞击和气穴等作用达到细化和均质的目的,一般能达到0.5μm左右。

近年来国外研制出一种高速射流均质机(high velocity jet homogenizer),如美国Microfluidics公司、加拿大Avestin公司、日本タウテケノロツ公司等,我国某些公司也在积极研制。该设备细化效果可达0.1μm甚至以下,压力高达100~200MPa,因此有时也称纳米均质机或超高压均质机。射流均质机主要是由高压泵和振荡头组成,在振荡头中,被增加到300m/s以上的液体分成两股或更多股细流,然后在极小空间进行强烈的垂直撞击,在撞击的过程中瞬间释放出其大部分能量,产生巨大的压力降,从而使得液体颗粒高度破碎。

可以看出,高压均质机和射流均质机在工作原理和实际效果上存在很大差异。高压均质机的破碎均质原理目前有较多的了解,而射流均质机的作用机制尚有待发现。要揭示其超微粉碎作用的秘密,那么射流均质机的液体动力学行为是不容回避的问题。目前,世界范围内对这一液体动力学过程没有引起关注,因此,本文仅仅说是做些尝试性工作,旨在抛砖引玉。

振荡头是射流均质机得以对固液混相、液液混相流体进行超微粉碎和均质的核心元件。以下以我国国产的NCJJ-0.2/150型纳米超高压均质机的振荡头内部流体为研究对象,分析其动力学行为。为了研究方便,笔者将振荡头内部孔道分成进料管区、分流管区、撞击管区、射流管区、扩流管区和出料管区等六个部分,其中A、B、C、D分别是X₁、X₃、X₄和X₅面上的中心点(如图1所示)。

1 进料管区(feeding zone)

液料从振荡头极大的外部管径进入进料管区,在强大的柱塞运动和单向阀作用下,获得极高的压力能。在这里,将流体压力表述成两项,其中有一项代表流体静止时会有的压力(平衡压力)P',显然P'=常数-WZ。

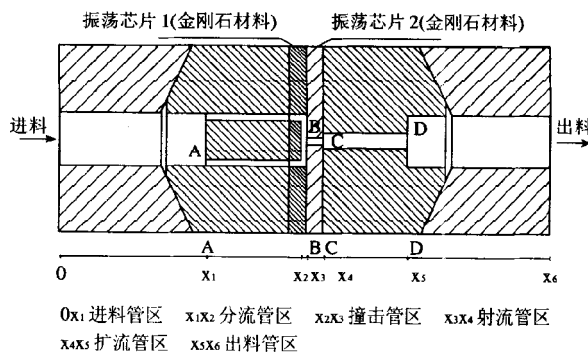


图1 振荡头的内部孔道

假如把运动流体中的实际压力记作 $P=P'+P^*$,其中 P^* 表示流体在运动时压力与处于静止时的压力之差。由于 $P+WZ+\frac{1}{2}\rho v^2=\text{const}$,将上式代入可推出 $P'+\rho v^2=\text{const}$,也就是说,虽然流体有惯性,但 P^* 分布就好像流体不受重力影响一样,高度Z对 P^* 并无影响,为简单起见,仍将 P^* 写成P,下面我们考虑Bernoulli方程中讲的沿流线的压力。

如改为考虑横向加速度而不是纵向加速度,解出其垂直于流动方向的压力差表示式 $\bar{\alpha}=v^2/r$,其中 $\bar{\alpha}$ 为横向加速度,方向是在迹线的主法线方向;r为迹线的曲率半径。

考虑作用在主法线方向为轴的r方向的分力为:

$$v^2/r = \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial n} \quad (1)$$

其中dn是主法线上的微元,而

$$\int \frac{dp}{\rho} + \frac{1}{2} v^2 = \text{const} \quad (2)$$

对n微分,则得出:

$$\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial n} = -v \frac{\partial v}{\partial n} \quad (2)$$

令(1)(2)相等,得出:

$$\frac{\partial v}{\partial n} + \frac{v}{r} = 0 \quad (3)$$

也就是说,当流体沿着迹线($r=\infty$)流动时,在与流动垂直方向不会有压力差。因此,振荡头进料管区流体中的颗粒也几乎很难存在流动垂直方向的撞击。在整个分析过程中,沿流体流向的压力(除撞击管区的涡旋运动)对流体中的固体颗粒几乎并不构成直接的破坏。

2 分流管区(fluid separation zone)

液流在X₁面上分成两股相同管径尺寸(d_2)的液流,由于管径大大变小,形成高速流体。设进料管区液流速度 v_1 ,管径 d_1 ;分流管流体速度为 v_2 ,根据Bernoulli方程,得

$$v_1 d_1^2 = 2 v_2 d_2^2 \quad (4)$$

$$\text{解及 } v_2 = \frac{1}{2} d_1^2 / d_2^2 \cdot v_1$$

由于 $d_1 \gg d_2$, 因此流体获得很高的流速, 这为撞击管区的液流相撞提供条件, X_1 面称之为驻面, 在驻面上, 流体遇到障碍物, 在阻挡区域的中心 A 点(驻点), 流动完全变成静止, 假设 P_1 是驻点的压力, 而 P_0 是进入分流细管的压力, 应用 Bernoulli 方程,

$$\frac{P_1}{\rho} + 0 = \frac{P_0}{\rho} + \frac{1}{2} v_2^2$$

$$\text{则 } P_1 = P_0 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 \quad (5)$$

压力增量 $\Delta P = P_1 - P_0 = \frac{1}{2} \rho v_2^2$, 在此我们也可理解高速流体碰撞固壁造成流体部分颗粒受力破碎; 在撞击管区的 X_3 面上也类似现象, 只不过流速更高, 撞击更为猛烈而已。

3 撞击管区(imping zone)

两股相同的高速流动的流体在撞击管区中心 B 点附近相撞, 这是整个振荡头的核心区域, 流体在此区域发生的强烈的动量交换、能量交换。可以想象, 此区域发生流体撞击现象、气穴现象、涡旋现象、振动现象、射流现象、热不可逆转化。流体中的颗粒在此复杂过程中得以超微粉碎。

3.1 流体撞击现象

流体撞击现象比宏观刚性物体相撞和原子物理学的粒子撞击要复杂得多。即使将流体看成是理想的无粘性流体作定常平均运动, 运用动量定理, 对其流体相撞后的速度与压力变化进行数学描述的困难都是难于想象的, 更何况流体通常是粘性流体, 并且流体的速度是呈现相当大幅度且不规则的运动。光是描述某一流体质点的动量值, 就较为复杂。

例如说在应用系统的动量变化率是与作用在该系统的力相等这一定理时, 系统的作用力除了外力 $F_0 = (X, Y, Z)$, 还有内部应力引起的力和粘性力, 用 Navier-stokes 方程来描述作用在单位质量流体上的力为:

$$\frac{Dv}{Dt} = F - \frac{1}{\rho} \text{grad}P + f \quad (6)$$

又例如说应用的牛顿本构方程某一流体质点的速度为 (u, v, w) , 如果存有速度分量的平均值, 则表示为 (u_m, v_m, w_m) , 而脉动流体的平均值瞬时偏离速度表示为 (u', v', w') , 则 $(u, v, w) = (u_m + u', v_m + v', w_m + w')$, 则
①垂直于 x 轴好部分控制面上的动量的 x 分量为 $\rho u dt \cdot u$, 在某一时刻的平均效果为 $\frac{1}{T} \int_0^T \int_{\Omega} \rho u^2 d\Omega dt = \frac{1}{T} \int_0^T \int_{\Omega} \rho (u_m + u')^2 d\Omega dt$;
②垂直于 y 轴的那部分控制面上的动量的 y 分量为 $\rho v dt \cdot u$, 则某一时刻的平均效果为 $\frac{1}{T} \int_0^T \int_{\Omega} \rho (v_m + v')(u_m + u') d\Omega dt$; 另外, 还有六面体的其它四个面的动量分量, 就算将其动量矩数学表示出来, 然而, 撞击后如何求解呢? 这个问题有待于流体力学的专家学者去研究。

对流体撞击后的后果能肯定一点的是: 流体相撞后失速, 产生巨大的压力降。流体中的颗粒由于高速相撞被击碎, 同时由于瞬时失压, 产生一种类似膨化作用的结构崩溃。

3.2 气穴现象

流体相撞后产生巨大的压力降, 这为气穴现象的产生提供可能。在高压均质机的均质阀芯中有明显的产生, 尽管采用钨钴合金或钴钨合金等高强度材料, 气蚀还是可能对其产生腐蚀作用。

当运动的流体由于高压瞬时释放, 其压强 P 低于流体在这一条件(压力、温度)下的蒸汽压 P' 时, 液体出现气化现象, 蒸汽突然形成, 形成蒸汽后压强开始升高, 回升到 P' 。由于液态向气压转变过程中体积增大, 流体运动会出现异常。当压力重新上升时, 蒸汽就凝结并且把气穴填满, 气穴在崩溃的时候, 对周围液体和工程构体(如均质阀芯)产生巨大影响, 这就是气蚀, 现实生活中甚至可能听到由气蚀现象引发的“爆炸”声。

如果流体中存在夹杂的气体或者溶解在液体中的气体, 那么对气蚀的形成有显著的促进, 而现实生活中, 运动的流体总可能存有空气或气泡, 因此, 气蚀现象在高压瞬时释放时几乎很难避免。

工程上伴随气蚀而来的有一种奇特的腐蚀性损坏, 腐蚀现象使金属表面会变得粗糙, 如气蚀过程持续很久, 最终将在金属表面上形成一些海绵状的洞穴。腐蚀一般发生在有激波的地方, 也就是说, 发生在气泡崩溃的地方, 原来被气泡隔开的流体质点, 突然以很不相同的速度互相撞击, 这样局部会产生很高的压力。

3.3 涡旋现象

高速流体相撞后, 由于流体沿轴线前进的方向被阻碍, 同时由于各方向的不均匀压力差使得流场在相撞附近产生涡旋现象, 流体质点在涡旋运动中不断进行横向撞击。如果分流管区新来的两股流体能量不断减少的话, 或者说如果射流均质机的输出功率不断减小, 那么涡旋运动将以牺牲横向撞击速度而改为扩大垂直方向上的分量, 导致涡旋范围在撞击管区不断扩大; 如果射流均质机的输出功率不断增加, 不断有两股高速流体携带巨大能量从撞击管区两端射入相撞, 结果可能导致涡旋区范围减小, 同时涡流横向速度加剧, 也就是说, 流体质点的涡流撞击能量加大, 最后在 B 点汇集后射流出来, 形成内部射流。

3.4 振动现象

运动的流体与振荡芯片是相互作用的两个系统, 而它们之间的相互作用是动态的, 流体作用在振荡芯片上的力把这两个系统联结在一起。在高速流体拐弯撞击在振荡片 2 上, 以及两股液流在两个振荡芯片之间狭窄的撞击管区高速相撞, 这些作用使得振荡芯片可能出现变

形或者破坏,因此,必须选用高强度材料,金刚石是世上已知最为坚硬的材料,能抵抗流体的撞击作用下的破坏。

振荡芯片在流体的激振力作用下作强迫振动,然后振荡芯片在恢复力作用和系统本身运动所决定的正负阻力的交替作用下产生自激振动。在射流均质机的输出功率变化过程中,其振动规律一般不能希望通过周期振动来表示,只能是非周期振动和随机振动,而振荡芯片的振动反过来激发流体振荡,使流体不规则运动加剧。

流体引发振荡芯片的原因主要有四种:①涡旋诱发振动,当流体相撞后产生高速涡旋,涡旋的脱落频率(vortex shedding frequency)逼近振荡芯片的固有频率时(共振),会造成大振幅的振动;②脉动流诱发振动,脉动流的频率和振幅都可以提高振荡芯片的振动;③湍流诱发振动,湍流是许多频率范围宽广的振荡流的总和,湍流由振荡芯片表面上的波动压力传递给振荡芯片,这些表面压力诱发了振荡芯片的振动;④振荡芯片之间的振动,由流体引发某一芯片振动,而振动的芯片诱发另一芯片的振动,两个芯片之间又互相影响产生振动。

4 射流管区(compel jet zone)

在强制压力作用下,流体从撞击管区B点进入射流管区,从流体的运动方向上看,两股流体撞击后重新汇流在一起;从流体的运动状态上看,流体是从撞击管区射流出去。事实上,工程一般将射流(jet)看成是一种自由射流,是流体从平板管孔口或圆形孔口射出管口之外的外部运动,与之对应的定义是若流体运动的动能通量和动量通量主要来源于通过孔口的压力降低,称之为射流,自由射流研究最多的通常是二维射流或圆形射流。若流体动能通量和动量通量最终将靠体积力,称之为羽(尾)流。在射流均质机的流体运动过程中,将以振荡头串联的弯形收集管取下,将形成工程定义上的射流和羽流。在振荡头内部的“射流管区”只能是一种内部运动,暂且称之为“强制射流”,射流管区管径非常狭小,在管壁限制和强制压力下,体积力不足影响形成羽流的条件。强制射流的意义在于使撞击管区的流体进行高速相撞成为可能。一方面流体相撞后必须射流出来,实现进出料的连续;另一方面,尽可能使流体在撞击管区内以压缩条件下进行,以获得最高效率。事实上,射流均质机流体在振荡头内部的速度是非常高,有时可高达300m/s,因此,有充分理由说明流体在撞击管区的压缩性。另外,射流会产生一种反作用力,如火箭的升空。当射流速度很大时,这种反作用力是否构成对流体中的颗粒影响也是值得研究的课题。

5 扩流管区和出料管区(outspreading zone and discharging zone)

流体从射流管区冲向扩流管区和出料管区,管径有两次突然扩大,流体速度降了下来,为流体流出均质机振荡头做准备。尽管流体减速了,但从出料管区射出来的流体速度仍然是较高的,这一点将弯形收集管取下来可以观察到,由于射流速度通常比较大,流体往往出现弥散度数很高的形式。

强制射流速度是与射流均质机的输出功率正相关的,输出功率越大,流体速度往往越高,同时流体在管道内部阻力和压力损失也随之增大。以下简约分析一下流体在扩流管区和出料管区由于扩流导致的压力损失问题。设射流管区细管控制面 a_1 ,速度 v_1 ,压力 P_1 ;扩流管某一控制面 a_2 ,速度 v_2 ,压力 P_2 。因为只有两端面才提供作用力,因此

$$\frac{dm}{dt}(v_1 - v_2) = a_2(P_2 - P_1) \quad (7)$$

$$\text{令 } \frac{dm}{dt} = \rho a_2 v_2, \text{ 则}$$

$$P_2 - P_1 = \rho v_2(v_1 - v_2) \quad (8)$$

应用Bernoulli定理,通过化简,得到其压力损失为:

逐渐扩大管,则:

$$\Delta P_1 = P_1' - P_2 = \frac{1}{2} \rho (v_1^2 - v_2^2) \quad (9)$$

突然扩大管,则

$$\Delta P_2 = P_2' - P_2 = \frac{1}{2} \rho (v_1 - v_2)^2 \quad (10)$$

可见,流体流速越大,扩流后的压力损失就越大,当高速流体从细管冲入极大管后,由于巨大的压力损失可能会造成所谓的“膨化”现象。但是,在射流均质机振荡头内部,流体从射流管区进入扩流管区,再进入出料管区,由于流体此时速度已大大降低,并且管径比似乎不大,因此,“膨化”现象可能不会太严重。

6 流体运动过程中的参量变化

通过以上分析,我们大致可以描述流体在射流均质机振荡头的压力变化(如图2),速度变化(如图3),温度变化(如图4)和动能变化(如图5)。必须指出的是,这些关系图是在射流均质机一定输出功率条件做出的,当输出功率变化时,这些关系图大致趋向是一样的,但各阶段的变化幅度是各不相同的。由于振荡头内部流体各参量的测量和计算均非常复杂,因此,以下关系图只能是理论上的一种示意。

其实,振荡头内部流体进行了强烈的不可逆的热转化,一部分机械能转化成热能。至于流体温度变化,内能变化,焓变化有待流体热力学上的研究,特别需

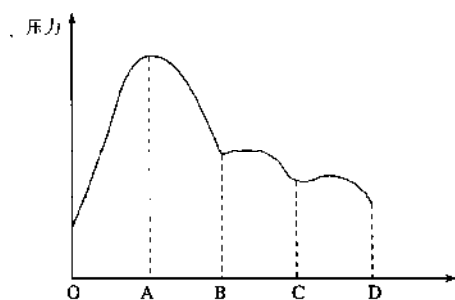


图2 压力变化图

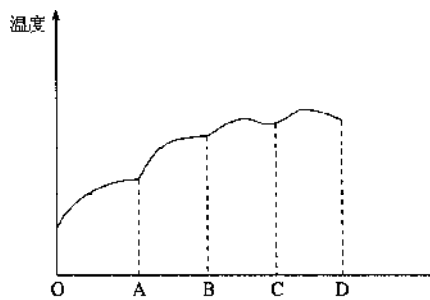


图4 温度变化图

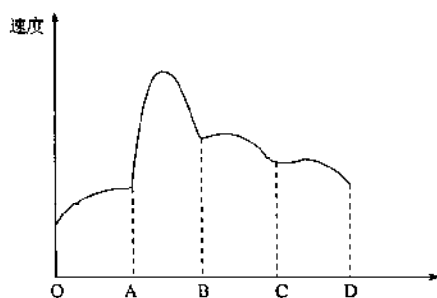


图3 速度变化图

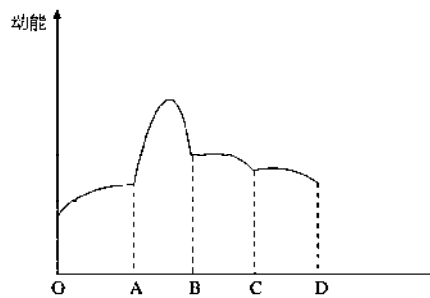


图5 动能变化图

要提出的是,流体的温升现象是否足以成为协同影响射流均质机的超微粉碎作用尚需进一步研究。

参考文献:

- [1] 吴望一.流体力学[M].北京:北京大学出版社,1983.
- [2] L. 普朗特.流体力学概述[M].北京:科学出版社,1974.
- [3] R D 白莱文斯.流体诱发振动[M].北京:机械工业出版社,1983.
- [4] 生井武文,等.粘性流体力学[M].北京:海洋出版社,1984.
- [5] Grant A J. A numerical model of instability in axisymmetric jets[J]. J Fluid Mech, 1974, 66: 707-724.
- [6] Sien Y soon, et al. Prediction of drop breakage in an ultrahigh velocity jet homogenizer [J]. Jour of Chemical Engineering of Japan, 2001, (5): 640-646.

香蕉浆料流变学性质的研究

段翰英¹, 李爱军¹, 李远志²

(1.暨南大学食品系,广东 广州 510632; 2.华南农业大学食品学院,广东 广州 510642)

摘 要: 本文研究了可溶性固形物在 20%~40% 的香蕉浆料的流变学性质,并推导出其流变模型,为生产实践提供了理论依据。

关键词: 香蕉浆; 流变学; 流变模型

The Study of Rheology Properties of Banana Jam

DUAN Han-ying¹, LI Ai-jun¹, LI Yuan-zhi²

(1. Department of Food Jinan University, Guangzhou 510632, China;
2. College of Food, South China Agriculture University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: The paper studied the rheology character of banana jam which contained 20%~40% soluble solids content, and

收稿日期: 2003-08-15

作者简介: 段翰英(1978-), 女, 助教, 硕士, 研究方向为农产品加工。