

离心对澄清海棠汁流变特性的影响

丁仕强

(大连大学环境与化学工程学院, 辽宁大连 116622)

摘要: 采用 LVDV-III+型流变仪对不同离心速度、离心时间下的海棠汁流变特性进行研究, 研究发现海棠汁随着剪切速率增大, 表观粘度逐渐增大, 剪切应力随之增大; 同时随着剪切速率的逐渐增大, 表观粘度大小的变化趋势较小但表现出较微的上升趋势。通过 Herschel-Bulkley 方程拟合, R^2 都在 0.99 以上, 并就方程中参数的变化进行了解释说明, 流动指数 n 值大于 1, 海棠汁流变特性符合胀塑性流体的基本特征。

关键词: 离心 海棠汁; 流变特性; Herschel-Bulkley 方程

文章编号: 1673-9078(2013)2-261-263

Effect of Centrifugal on Rheological Behavior of Clarified Begonia Juices

DING Shi-qiang

(College of Environment and Chemical Engineering, Dalian University, Dalian 116622, China)

Abstract: This paper uses LVDV-III+type rheometer at different centrifugation speed, centrifugation time under the crabapple juice to study the rheological characteristics. It was found that with the shear rate increases, apparent viscosity and shear stress of crabapple juice gradually increased. As the shear rate increases, the size of the trends apparent viscosity showed relatively small but the slight upward trend. Crabapple juice was in line with inflation plastic fluid rheological properties of the basic characteristics. Though Herschel-Bulkley equation by fitting, R^2 was above 0.99 and on the parameters of the equation describes the change was explained.

Keywords: centrifugal; begonia juices; rheological characteristics; Herschel-Bulkley equation

果汁是果品加工的重要产品, 因营养丰富, 味道鲜美, 易于吸收而备受青睐^[1], 所以加工出营养美味的海棠汁就成为海棠加工业的重要课题。但是对于海棠汁的流变特性目前研究较少^[2], 因此海棠汁的流变学研究显得格外重要。研究海棠汁的流变特性对改进海棠汁及其它以海棠汁为中间产品的海棠制品的生产工艺, 控制海棠汁品质, 评价海棠优劣(尤其在感官上), 提高产品的稳定性等方面都具有重要意义。而且, 为了便于贮存和运输, 常将果蔬汁浓缩为高浓度的果蔬汁, 在浓缩过程中, 果蔬汁的流型及流变参数随温度、浓度、pH、压力、流体中的不溶物(属性、含量、尺寸等)等而变化^[3-10], 其中最重要的影响因素是温度、浓度、离心速度、离心时间的变化规律对加工工艺的设计、设备的选型、物料运输中的能量损耗及产品质量控制都有影响意义。

1 材料与设备

收稿日期: 2012-09-21

基金项目: 辽宁省化工环保工程技术研究中心资助; 大连大学创新教育基金资助 (2011148)

作者简介: 丁仕强 (1978.-), 男, 硕士, 实验师, 从事食品流变特性的相关研究

1.1 材料与设备

市售新鲜海棠; LVDV-III流变仪, 美国博力飞公司; MP-13H恒温循环槽, 上海一恒科学仪器有限公司; LD5-2A低速离心机北京医用离心机厂; WYT(0-80)手持糖量计, 成都泰华光学有限公司; EL204电子天平, 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司; 榨汁机、电炉、温度计、滤布、烧杯等。

1.2 实验方法

1.2.1 工艺流程

清洗→挑选→去皮→切分→榨汁→灭酶→冷却→过滤→离心→测量→数据处理。

1.2.2 操作要点

1.2.2.1 灭酶

将榨出的海棠汁放在85 °C水浴中加热5 min, 使酶钝化。

1.2.2.2 冷却过滤

灭酶后用400目滤布过滤海棠汁。

1.2.2.3 离心

将同一百利糖度的海棠汁在3000、4000、5000 r/min转速下各自离心5 min、10 min、15 min。

1.2.2.4 测量

离心后, 取澄清液, 在一定温度和浓度下, 利用

LVDV-III流变仪测定各样品的表观粘度；用折光仪测量浓度（百利糖度）。

1.2.3 数据处理

实验数据利用Origin 7.5和1stOpt处理得到。

2 结果与讨论

通过对同一浓度（百利糖度）的澄清海棠汁在同一温度下的流变特性进行研究，考察离心转速、离心时间对澄清海棠汁表观粘度的影响，结果经Herschel-Bulkley模型拟合。

2.1 离心速度对海棠汁流变特性的影响

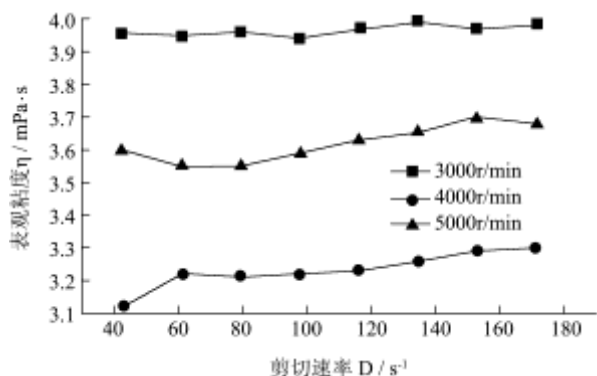


图1 不同离心转速下的 $\eta \sim D$ 关系

Fig.1 Viscosity vs. shear rate at different centrifugal speed

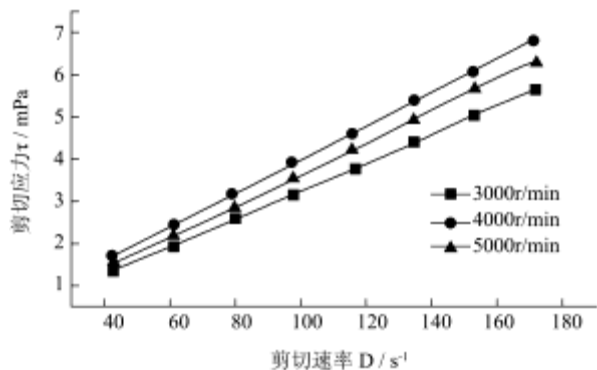


图2 不同离心转速下的 $\tau \sim D$ 关系

Fig.2 Shear stress vs. shear rate at different centrifugal speed

表1 不同离心转速下的 Herschel-Bulkley 模型参数

Table 1 Herschel-Bulkley Multinomial results at different centrifugal speed

离心转速 /(r/min)	τ_0 /mPa	K /(Pa·s ⁿ)	n	R ²
3000	0.00964	0.03772	1.01008	0.999
4000	0.15248	0.02331	1.01512	0.999
5000	0.07057	0.02404	1.01909	0.999

图1浓度为11° Brix、温度20 °C、离心时间为10 min不同离心转速下的澄清海棠汁的表观粘度与剪切

速率的实验结果，相对应的剪切应力与剪切速率的实验结果见图2，经Herschel-Bulkley模型拟合后，各模型参数拟合值参见表1。

由图1可知，在同一剪切速率下离心速度越小所对应的表观粘度越大，随着剪切速率的增大每条曲线基本都表现整体呈上升趋势，总体呈现出非牛顿流体的特征。由图2可知，在同一剪切速率下离心速度越小剪切应力越大，随着剪切速率的逐渐增大曲线整体呈上升趋势，在同一个剪切速率下离心速率越大对应的剪切应力越小，为非牛顿型流体。由表1中R²可知，用Herschel-Bulkley方程对海棠汁流变曲线的拟合，R²在0.99以上，说明其拟合程度达到较高水平。从整体来看， τ_0 值（屈服应力）随着离心速度的增大呈现先增大后减小的趋势，在4000 r/min是为最大值0.15248；K值（稠度系数）是随着离心速度的增大呈现先减小后增大的趋势，在4000 r/min是为最小值0.02331；n值（流动指数）随着离心速度的增大呈逐渐增大的趋势且都大于1，表现出的流体为胀塑性流体。

2.2 离心时间对海棠汁流变特性的影响

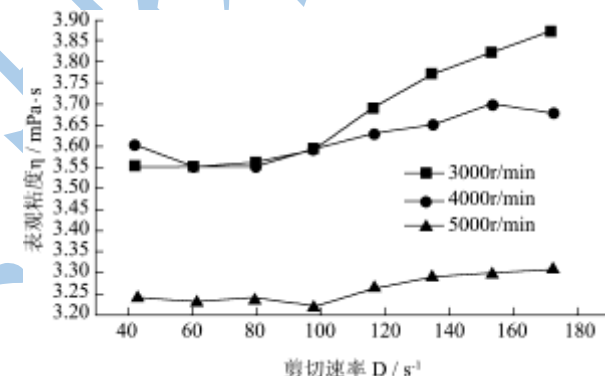


图3 不同离心时间下的 $\eta \sim D$ 关系

Fig.3 Viscosity vs. shear rate at different centrifugation time

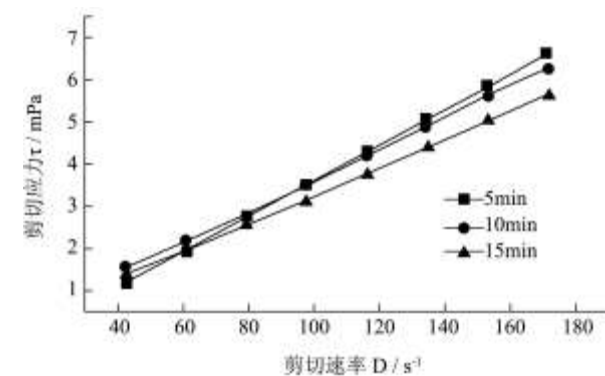


图4 不同离心时间下的 $\tau \sim D$ 关系

Fig.4 Shear stress vs. shear rate at different centrifugation time

表2 不同离心时间下的 Herschel-Bulkley 模型参数

图3浓度为11°Brix、温度20℃、离心转速为5000 r/min不同离心时间下的澄清海棠汁的表观粘度与剪切速率的实验结果,相对应的剪切应力与剪切速率的实验结果见图4,经Herschel-Bulkley模型拟合后,各模型参数拟合值参见表2。

Table 2 Herschel-Bulkley Multinomial results at different centrifugation time

离心时间/min	τ_0 /mPa	$K/(\text{Pa}\cdot\text{s}^n)$	n	R^2
5	0.49479	0.03578	1.02943	1.000
10	0.15248	0.02331	1.04512	0.999
15	0.15214	0.02147	1.07923	0.999

由图3可知,在同一剪切速率下,离心时间越短其表观粘度也越大,随着剪切速率的逐渐增大,离心时间为5 min,海棠汁流体表观粘度呈现出缓慢的上升趋势,10 min和15 min其表观粘度整体呈趋上升趋势。由图4可知,在同一剪切速率下离心时间越短对应的剪切应力越大,随着剪切速率的逐渐增大,各个离心时间所对应的剪切应力也逐渐增大,曲线整体呈上升趋势,但离心时间越短曲线的上升趋势越明显。从表2的 R^2 可以看出,在Herschel-Bulkley方程对海棠汁流变曲线的 R^2 都大于0.99,说明其拟合程度较高。由表2可知,随着离心时间的增多 τ_0 值(屈服应力)呈现出先增大后减小的趋势; K 值(稠度系数)整体呈现出随着离心时间的增大而减小; n 值(流动指数)呈现出逐渐增大的趋势且都大于1,表现出的流体为胀塑性流体。

3 结论

3.1 离心速度对海棠汁流变的影响,随着剪切速率的逐渐增大曲线整体呈上升趋势,在同一个剪切速率下离心速率越大对应的剪切应力越小,但其整体曲线都呈上升趋势,从整体来看拟合数据 n 值都大于 1, 总

体呈现出胀塑性流体的特征。

3.2 离心时间对海棠汁流变的影响,在同一剪切速率下离心时间越短对应的剪切应力越大,随着剪切速率的逐渐增大,各个离心时间所对应的剪切应力也逐渐增大,曲线整体呈上升趋势,基本呈现出胀塑性流体的基本特征。

3.3 从拟合数据流态特性指数 n 值来看,所有 n 值都大于 1, 且从不同的离心速度和离心时间对海棠汁流变特性曲线图中可以看出,随着剪切速率的逐渐增大,海棠汁的剪切应力和表观粘度也随着增大,可以得出海棠汁的流变特性为非牛顿流体中的胀塑性流体。

参考文献

- [1] 路福绥.果汁的流变特性研究[J].食品工业科技,1999,20(2):12-13
- [2] 刘志东,郭本恒.食品流变学的研究进展[J].食品研究与开发,2006,27(11):211-215
- [3] 丁仕强.海棠汁的流变特性研究[J].现代食品科技,2012,28(6):627-629
- [4] 赵正涛,李全阳,王秀菊等.黄原胶和发酵剂对酸乳流变特性的影响[J].乳业科学与技术,2009,2(135):67-70
- [5] 段翰英,爱军,李远志.香蕉浆料流变学性质的研究[J].食品科学,2004,25(4):62-64
- [6] 何进武,梁敏思,樊伟伟等.澄清苹果汁的流变特性研究[J].食品工业科技,2008,29(3):133-135
- [7] 阮美娟,王二利,单圣晔等.真仙中茄调味酱流变特性研究[J].中国调味品,2010,3(35):60-65
- [8] 陈伟,陈萃仁,钱冬梅.温度、浓度对澄清莴苣汁粘度的影响[J].现代食品科技,1992,8(4):13-15
- [9] 谢放华,李国龙.澄清水蜜桃汁的流变学特性研究[J].食品科学,2000,21(5):20-23
- [10] 张建俊,于淑娟,曾建成,等.糖对牛奶布丁流变性的影响[J].现代食品科技,2009,25(3):241-244,248