

冷破碎澳洲青苹果浆的原料特性

李涵, 时静, 张志宇, 邓红*, 孟永宏, 郭玉蓉, 薛佳

(陕西师范大学 食品工程与营养科学学院, 陕西 西安, 710119)

摘 要 澳洲青苹(Granny Smith)是高酸苹果的典型代表,也是苹果加工的首选优良品种。冷破碎是一种预先将果皮、果籽、果柄与果肉分离的制取高品质果浆产品的先进技术。试验以冷破碎澳洲青苹果浆为原料,研究其原料的营养特性、冰点特性及流变特性。结果显示:澳洲青苹果浆水分含量 84.63%,总可溶性固形物 13.1°Brix,酸度 0.777%,总糖含量 13.69%,总酚含量 33.65 mg/L,果胶含量 0.341%,膳食纤维含量 1.313%, V_c 含量 80.67 mg/kg;果浆的颜色为淡黄绿色,其 L^* 值为 41.19, a^* 值为 8.41, b^* 值为 50.85,与原果肉色泽基本一致。试验确定了冷破碎澳洲青苹果浆的冰点为 $-2.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,其冰点温度与总可溶性固形物(total soluble solid, TSS)和 pH 呈极显著负相关,冷媒温度的变化不改变果浆冰点温度。流变特性结果表明,澳洲青苹果浆为假塑性非牛顿型流体,流动行为指数为 0.37。

关键词 澳洲青苹;冷破碎;营养指标;冷冻特性;流变特性

澳洲青苹(原名:Granny Smith,别名:史密斯),原产于澳大利亚,是世界知名的绿色苹果品种,具有加工和鲜食兼用的特点^[1-2]。其最大的优点是果实酸度高,原果汁的酸度可达到 5.4%~7.0%^[3]。我国于 1974 年从阿尔巴尼亚引入澳洲青苹品种,目前在陕西、甘肃、山西、山东、辽宁、河南等地均有种植,且澳洲青苹在全国苹果产区均表现出适应性强、树体健壮、树姿较直立、叶片翠绿、生长状况良好的态势^[4-5]。

作为世界上主要的苹果生产国,过去 20 年我国主要是以鲜食的苹果品种种植为主,因此很长一段时间我国生产的苹果浓缩汁一直达不到国际市场果汁酸度不得低于 2.0 的要求^[6-7],而国际国内苹果汁市场都急需优质高酸加工品种。作为高酸苹果的典型代表,澳洲青苹恰恰符合这一要求^[8]。

冷破碎技术^[9]是利用榨前分离工艺和冷破碎专利设备生产苹果果浆的一种低温加工技术。传统果汁加工中果皮、果籽及果梗中的果胶、农残、多酚及过氧化物酶等成分会大量进入果汁,影响果汁品质并增加果渣后续加工的难度,而冷破碎技术则可避免这些问题的发生。榨前分离工艺是一种利用新型打浆专

利设备与果汁工艺相结合的创新提汁方法,在榨汁前完成果肉浆与影响产品品质的不良成分(如果皮、果梗、果籽)的分离,降低了果浆中多酚氧化酶等的活性,减少了营养物质的损失;未破坏果肉中果胶酶的活性,有利于榨汁工序中果胶的分解,以提高果汁的色值^[10];同时降低农残,提高果汁产品的品质,且分离出的残渣如果籽^[11],果肉渣^[12],果皮^[13]均可分别得到有效利用,对于实现苹果的营养化功能化循环加工,提高苹果加工企业的清洁生产和节能减排水平具有重要意义。

本实验通过分析冷破碎澳洲青苹果浆的相关指标,评价其营养品质;并进一步通过研究其冰点特性和流变特性,确定其加工品质。

1 材料与方法

1.1 试验材料与试剂

材料:澳洲青苹,由环球园艺(西安)有限公司提供。

试剂:福林酚试剂购于 Sigma Chemical Co. (St. Louis, USA);无水乙醇、没食子酸、 Na_2CO_3 、 H_2SO_4 、吡唑、无水半乳糖醛酸、抗坏血酸、草酸、乙二醇、柠檬酸、柠檬酸钠等,均购于西安森博化玻仪器供应站(西安,中国),均为分析纯。

1.2 主要仪器与实验设备

手持糖度计(WYT(0%~80%)),上海仪电物理光学仪器公司;旋转蒸发器(RE-S2AA,上海亚荣生

第一作者:硕士研究生(邓红副教授为通讯作者, E-mail: hongden@snnu.edu.cn)。

基金项目:中央高校科研业务专项经费项目(GK201405005);农业部产业体系项目(CARS-28)

收稿日期:2016-04-18, 改回日期:2016-07-04

化设备厂);菲恰尔系列离心机(TDL-5A,上海安亭科学仪器厂);全自动电位滴定仪(877,瑞士万通科学仪器有限公司);可见分光光度计(722,上海市光谱仪器有限公司);全自动色差计(SC-80C,北京康光仪器有限公司);迷你低温数显温度计(TM-902C,深圳安普华电子科技有限公司);低温恒温反应浴(DFY5/40,巩义市予华仪器有限责任公司);回转式粘度计(RVDV-II + Pro,美国博利飞公司);高压均质机(panda plus,意大利帕尔玛公司);冷破碎设备(西安鼎合机械制造有限公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 试验原料(冷破碎果浆)的制备流程

澳洲青苹→清洗→冷破碎(榨前分离工艺)→巴杀灭酶→酶解→胶体磨均质→冷藏贮存待用

1.3.2 理化营养指标分析方法

1.3.2.1 含水量的测定

采用 GB5497—1985(105 ℃恒重法)方法测定样品中水分含量,重复3次,取平均值。

1.3.2.2 可溶性固形物含量的测定

采用手持糖度仪测定样品中总可溶性固形物(total soluble solid, TSS)含量。先校正手持糖度仪,然后擦干镜面测定固形物含量,重复上述操作3次,取平均值。

1.3.2.3 总糖的测定

参照文献^[15-16]制备样品,采用3,5-二硝基水杨酸比色法测定总糖含量。重复3次,取平均值。在3,5-二硝基水杨酸比色法分析中用到的葡萄糖标准曲线见图1,该曲线 R^2 值为0.990,得到的回归方程为 $y = 5.7107x + 0.0176$ 。

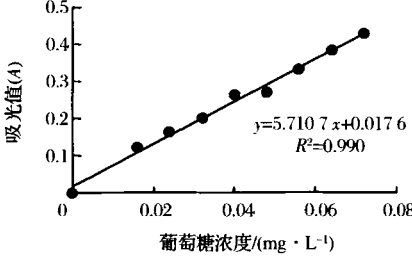


图1 葡萄糖标准曲线

Fig. 1 Standard curve for glucose

1.3.2.4 酸度的测定

采用全自动电位滴定仪直接测定样品的酸度。准确称量2.00 g的果浆于50 mL烧杯,加入28.00 g蒸馏水,将滴定仪所带转子放置于烧杯中,上机直接测定果浆的酸度。重复上述操作3次,取平均值。

1.3.2.5 总酚含量的测定

采用福林酚法^[17]测定总酚含量,结果以没食子酸含量计算。没食子酸标准曲线如图2所示,得到的回归方程为 $y = 0.0047x + 0.0023$, R^2 为0.995。

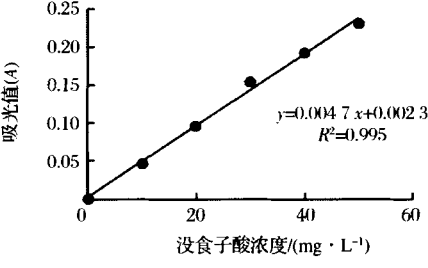


图2 总酚测定标准曲线

Fig. 2 Standard curve for polyphenols determination

澳洲青苹总酚提取液的制备:按料液比1:10(g:mL)加入体积分数65%乙醇溶液,在58 ℃水浴35 min后,将提取液在4 ℃、12 000 r/min的条件下离心10 min,取上清液于765 nm波长下测定其吸光值,利用没食子酸标准曲线计算总酚含量。重复操作3次,取平均值。

1.3.2.6 果胶含量的测定

参照 NY/T 2016—2011(分光光度法)测定样品中果胶的含量。重复操作3次,取平均值。分析所用的半乳糖醛酸标准曲线如图3所示,得到的回归方程为 $y = 0.0042x - 0.0017$, R^2 为0.994。

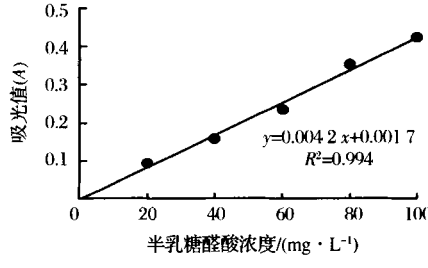


图3 半乳糖醛酸标准曲线

Fig. 3 Standard curve for galacturonic acid

1.3.2.7 膳食纤维含量的测定

参照国标 GB5009. 88—2014 方法测定样品中的膳食纤维含量。重复操作3次,取平均值。

1.3.2.8 V_c含量的测定

参照 GB 6195—1986《中华人民共和国国家标准水果、蔬菜维生素C含量测定法》中的2,6-二氯酚滴定法,测定果浆的V_c含量。重复操作3次,取平均值。

1.3.2.9 色泽的测定

本试验中果浆色泽^[18]的测定采用色差仪(即

L^* 、 a^* 、 b^* 数值模式)进行测定和评价,其中 L^* 称为明度指数, $L^*=0$ 表示黑色, $L^*=100$ 表示白色; a^* 、 b^* 代表一个直角坐标的2个方向, a^* 值为正值时数值越大,颜色越接近纯红色, $a^*=0$ 时为灰色, a^* 为负值时绝对值越大,颜色越接近纯绿色; b^* 为正值时数值越大,颜色越接近纯黄色, $b^*=0$ 时为灰色, b^* 为负值时绝对值越大,颜色越接近纯蓝色。将样品中心紧贴于测定容器探头处测定颜色,依据仪器显示结果记录 L^* 、 a^* 、 b^* 值。重复操作3次,取平均值。

1.3.3 果浆冰点特性的研究

1.3.3.1 果浆的冰点测定

参考文献^[19-20]方法,取约400 mL冷破碎澳洲青苹果浆,放入烧杯中,将烧杯置于盛有载冷剂(55%乙二醇, $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$)的低温恒温循环槽中央,在测定冰点期间均将冷媒温度设置为 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。将数显温度计的热电偶插入待测果浆中,要求感温探头位于浆液的正中央,浆液温度降至 $2.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时开始记时,每30 s记录1次温度,至浆液完全结冰后,测定结束。试液温度先随时间线性下降,达到过冷却点又上升,上升到某一温度值后就在这个相对稳定值附近波动,这个相对稳定的温度值就是该试液的冰点温度值。上述操作重复3次,取平均值。

1.3.3.2 不同pH值下冰点的测定

参考文献^[19]方法采用酸度计测定澳洲青苹果浆的pH值。经测定澳洲青苹果原浆的pH值为3.27,添加柠檬酸钠/柠檬酸溶液将其pH值调配至不同梯度,分别在pH值为3.27、3.90、4.22、4.52、4.88下测定果浆冰点,重复测定3次,取平均值。试验中果浆pH值的选取主要根据如下:首先,在实际生产加工中,由于原料可能来自不同采收期,其原料酸度^[21-22]会有变化;其次,由于果浆被应用于不同的产品领域(NFC果汁、果粉、果肉冰淇淋等),在产品生产的过程中,可能需要对果浆进行处理,如预浓缩或稀释,这也会造成酸度的不同;但与此同时,pH值又不能太高以防营养物质如 V_c 等的损失。基于上述原因,本实验根据原浆的pH值自行确定了试验的pH梯度。

1.3.3.3 不同TSS含量下冰点的测定

参考文献^[23]方法用手持糖度仪测定果浆TSS含量。经测定澳洲青苹果原浆的TSS值为 13.1°Brix ,利用旋转蒸发仪或者适量添加蒸馏水的方法将果浆的TSS含量调配至不同梯度,分别在TSS为7.0、10.5、13.1、19.3、23.5时测定冰点,并分别测定不同TSS下的pH值。重复测定3次,取平均值。

1.3.3.4 不同冷媒温度下冰点的测定

参考文献^[24]方法利用低温恒温浴设置不同冷媒温度,测定不同冷媒温度下澳洲青苹果浆的冰点,探讨冷媒温度与冰点的关系。分别在 -10 、 -15 、 -20 、 -25 、 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的冷媒温度下测定冷破碎澳洲青苹果浆的冰点温度。重复测定3次,取平均值。

1.3.4 果浆流变特性的研究

1.3.4.1 不同温度、不同剪切速率下的果浆剪切应力

参考文献^[25]方法,以冷破碎澳洲青苹果浆为样品,采用不同剪切速率(γ)分别在2、8、14、18、23、35、50、60 $^{\circ}\text{C}$ 下,用黏度计测定剪切应力(τ)。重复测定3次,取平均值。

1.3.4.2 不同浓度、不同剪切速率下的果浆剪切应力

在室温($20\text{ }^{\circ}\text{C}$)下,将冷破碎澳洲青苹果浆按原果浆含量为10%、50%、75%、100%的不同比例分别用蒸馏水稀释,均质后测定在不同剪切速率(γ)、不同浓度下的流变特性。重复测定3次,取平均值。

2 结果与讨论

2.1 冷破碎澳洲青苹果浆主要营养成分测定结果

按照1.3.2.1~1.3.2.9的方法进行分析,冷破碎澳洲青苹果浆中主要指标的含量测定结果如表1所示。

表1 澳洲青苹的主要指标

Table 1 The main indicators of Granny Smith

测定指标	原果	果浆
可溶性固形物/ $^{\circ}\text{Brix}$	13.62 ± 0.125	13.1 ± 0.236
含水量/%	81.26 ± 0.639	84.63 ± 0.562
总糖/%	14.26 ± 1.62	13.69 ± 1.97
酸度/%	0.659 ± 0.023	0.777 ± 0.018
总酚/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	101.82 ± 0.861	33.65 ± 0.480
果胶含量/%	0.865 ± 0.065	0.341 ± 0.036
膳食纤维含量/%	3.321 ± 0.956	1.313 ± 0.531
V_c 含量/($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	87.21 ± 1.94	80.67 ± 2.08
L^* 值	46.12 ± 0.086	41.19 ± 0.022
a^* 值	6.12 ± 0.186	8.41 ± 0.436
b^* 值	43.16 ± 0.043	50.85 ± 0.019

根据段亮亮^[11]等的研究结果以及表1的2组数据对比可以看出,冷破碎澳洲青苹果浆的TSS含量与澳洲青苹果原果(13.62°Brix)相比几乎无差异,酸度有较小差别,果浆酸度0.777%稍大于果实酸度0.659%。特别是 V_c 含量也只有微小变化,澳洲青

苹果实 V_c 含量为 87.2 mg/kg, 果浆 V_c 含量 80.67 mg/kg, 保持率达到了 92.5%。

此外, 冷破碎澳洲青苹果浆与澳洲青苹果原果相比, 果浆中总酚含量下降为原果的 33.05%, 果胶含量下降为原果的 39.40%, 膳食纤维含量下降为原果的 39.53%, 变化极为显著。其原因是这些成分主要存在于澳洲青苹果的果皮中, 而冷破碎技术在榨汁前去掉了果皮果籽等不良成分, 避免了其在压榨过程中对果汁品质的影响。因而与传统榨汁方式所得的果浆相比, 经冷破碎工艺所得的澳洲青苹果浆具有更加优良的口感和加工品质。

此外, 颜色测定结果表明果浆为淡黄绿色, 基本保持了澳洲青苹果的淡白绿色特性。由于冷破碎技术在榨汁前已经去掉了果皮等含有大量多酚及色素类物质的部分, 从而使冷破碎澳洲青苹果浆的色泽比全果榨汁所得果浆的颜色稍浅一些。

表 1 数据表明, 冷破碎澳洲青苹果浆营养丰富、酸度高、色泽好, 是目前最适宜加工的优良品种。试验同时说明采用冷破碎技术获得的澳洲青苹果浆极大限度保留了原果的营养品质, 可以进一步用于加工高品质果粉、果肉饮料等产品。

2.2 冷破碎澳洲青苹果浆的冰点特性

2.2.1 果浆冰点曲线及冰点温度

根据 1.3.3.1 中方法进行试验, 测得冷破碎澳洲青苹果浆冰点曲线结果如图 4 所示。

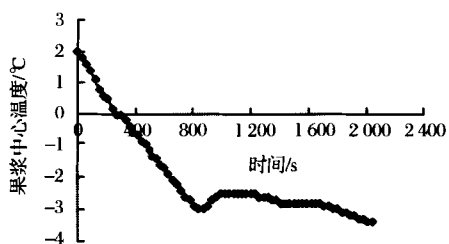


图 4 时间与果浆中心温度的关系

Fig. 4 Relationship between time and the temperature of pulp center

由图 4 可以看出, 随着冷冻时间的延长, 冷破碎澳洲青苹果浆的冷冻曲线先迅速下降, 温度降到 $-3.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时突然上升至 $-2.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, 保持一段时间后, 又缓慢下降。据此可知澳洲青苹果浆的冰点温度为 $-2.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, 冷点为 $-3.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

2.2.2 pH 与冰点温度的相关性

根据 1.3.3.2 中方法进行试验, 测得不同 pH 值下冷破碎澳洲青苹果浆的冰点, 结果如图 5 所示。

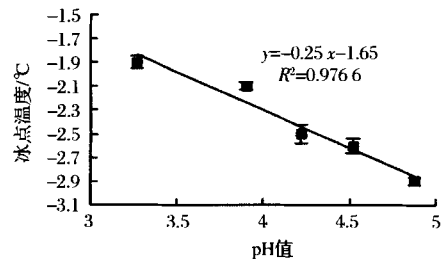


图 5 pH 值与冰点温度的关系

Fig. 5 Relationship between pH value and freezing temperature

由图 5 可以看出, 随着 pH 值的升高, 冷破碎澳洲青苹果浆的冰点反而降低。因此可知, 冷破碎澳洲青苹果浆的冰点温度与果浆 pH 值呈负相关, 得到的回归方程为 $y = -0.25x - 1.65$, $R^2 = 0.9766$ 。

由于不同采收期澳洲青苹果原料的成熟度不同, 酸度差异比较大, 所以加工后冷破碎果浆产品的 pH 也不同, 分析不同 pH 值下的冰点主要是为成熟度不同的澳洲青苹果浆在冰温贮藏及实际生产中的应用提供基础数据。

2.2.3 TSS 与冰点温度的相关性

根据 1.3.3.3 中方法进行试验, 测得不同 TSS 含量下的冷破碎澳洲青苹果浆冰点, 结果如图 6 所示。

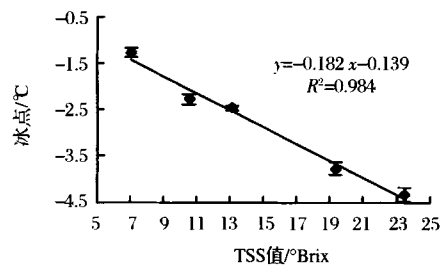


图 6 TSS 含量与冰点温度的关系

Fig. 6 Relationship between TSS content and freezing temperature

由图 6 可以看出, 随着 TSS 含量的增加, 果浆冰点温度不断降低。TSS 含量体现的是果蔬细胞内部的糖分、有机酸、无机盐、果胶、醇类、维生素等可溶性成分汁液的浓度, 冰点温度随着 TSS 含量增大而明显下降, 主要是因为 TSS 含量越高, 水分就越少, 组织结冰也就越困难, 从而使冰点温度降低。

由图 7 可知, TSS 含量与冷破碎澳洲青苹果浆冰点温度呈负相关, 这与王颖等^[24]的研究结论一致。试验得到回归方程为 $y = -0.182x - 0.139$, $R^2 = 0.984$ 。

2.2.4 pH 值与 TSS 含量的相关性

根据 1.3.3.3 中方法进行试验, 测得不同 TSS 含

量值下的冷破碎澳洲青苹果浆相应的 pH 值,结果如图 7 所示。

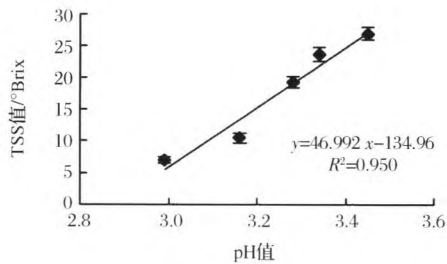


图 7 pH 值与 TSS 值的相关性

Fig. 7 Relationship between pH value and TSS content

由图 7 可以看出,随着 TSS 含量的增加,果浆 pH 值增大。因此可知,TSS 含量与 pH 值呈正相关,得到回归方程为 $y = 46.992x - 134.96$, $R^2 = 0.950$ 。此结果表明 pH 与冰点呈负相关的原因是在不同 pH 值下冷破碎澳洲青苹果浆的 TSS 含量发生了较大变化,从而影响到了果浆的冰点。

2.2.5 冷媒温度与冰点出现时间的关系

根据 1.3.3.4 中方法进行试验,测定不同冷媒温度下的冰点及冰点出现时间,结果如图 8 所示。

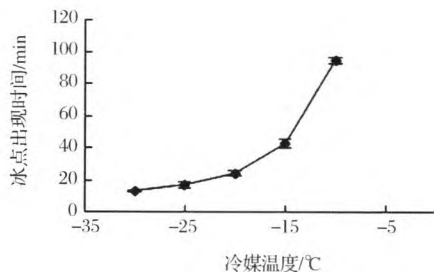


图 8 冷媒温度与冰点出现时间的关系

Fig. 8 Relationship between the temperature of cold media and the time of freezing point

经测定可知,冷破碎澳洲青苹果浆冰点温度并不随冷媒温度的变化而变化。但是由图 8 可以看出,随着冷媒温度的升高,冰点出现的时间越来越晚。

综合以上分析可知,TSS 值直接影响果浆的冰点温度。冷破碎澳洲青苹果浆中含有多种成分,对其冷冻特性产生不同的影响,其冰点温度随不同成分含量的变化而变化,同时,国内外许多相关研究也表明冰点受多种因素的影响^[16-19]。但综合考量,在实际应用中,TSS 值简单易测且试验表明其与冰点呈显著线性相关性,所以通过测定果蔬的 TSS 值可以初步进行冰点的预测,从而为冰温贮藏时最佳贮藏温度的选择

提供可靠的理论和数据参考。

2.3 冷破碎澳洲青苹果浆的流变特性

2.3.1 不同温度下果浆的流变特性分析

根据 1.3.4.1 进行试验,不同温度下的流变特性结果如图 9 所示。从图 9 中可以看出,剪切应力与剪切速率之间不呈直线关系,从而反映出冷破碎澳洲青苹果浆为非牛顿模型。

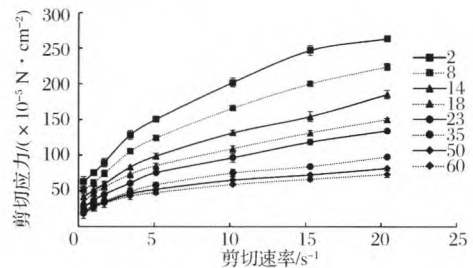


图 9 冷破碎澳洲青苹果浆在不同浓度下的流变学特性

Fig. 9 Rheological properties of Granny Smith pulp at different concentrations

用非牛顿流体的一般表达式 $\tau = k(\dot{\gamma})^n$ 对图 9 中各温度条件下测得的剪切应力与剪切速率数据进行回归分析^[26-28],得到各条曲线的流体稠度系数 k 和流动行为指数 n (见表 2)。

由表 2 可知,流动行为指数小于 1,说明澳洲青苹果浆呈现假塑性流体特性;黏度系数随温度的升高而减小,反映出温度升高黏度下降的特性;但流动行为指数随温度的升高未有较大变化。

表 2 澳洲青苹果浆在不同温度下的流体特性参数

Table 2 The fluid characteristic parameters of Granny Smith pulp under different temperature

温度/℃	黏度系数(k)	行为指数(n)	相关系数
2.0	81.66	0.378 6	0.934 7
8.0	67.31	0.383 9	0.937 9
14.0	54.34	0.379 0	0.920 7
18.0	47.44	0.367 1	0.925 4
23.0	38.44	0.403 7	0.913 4
35.0	30.85	0.378 9	0.917 2
50.0	28.55	0.353 7	0.907 6
60.0	26.30	0.350 7	0.896 3

2.3.2 不同浓度下的流变特性分析

根据 1.3.4.2 进行试验,不同浓度下的流变特性结果见图 10-A~10-D。

将图 10-A~10-D 中各质量分数下的流变学特性曲线用 $\tau = k(\dot{\gamma})^n$,即非牛顿流体的一般表达式

进行回归分析,得到流体黏度系数 k 和流动行为指数 η ,同时将图 10 的数据用线性回归分析法得出 k 和 η ,结果见表 3。

由表 3 可知,随着果浆质量分数的降低,果浆的黏度系数明显减小,且流动行为指数增大。尤其是当果浆浓度为 50% 以下时,流体的行为系数变成 1。

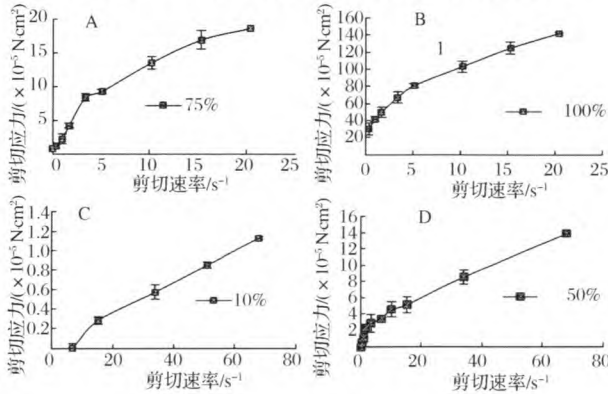


图 11 不同浓度的果浆流变学特性

Fig. 11 Rheological properties of fruit pulp with different concentrations

表 3 澳洲青苹果浆含量不同时的流体特性参数

Table 3 The fluid characteristic parameters of Granny Smith pulp under pulp content

果浆含量/%	黏度系数(k)	行为指数(η)	相关系数
100.0	42.94	0.383 9	0.924 7
75.0	3.51	0.538 1	0.926 7
50.0	0.191	1.000 0	0.956 4
10.0	0.017 7	1.000 0	0.988 4

这说明随着澳洲青苹果浆质量分数的降低,果浆中黏性物质的含量也随之降低,流体的黏度减小,同时流体的流动行为指数大幅增加,即随着果浆质量分数的降低,流体行为指数更接近于牛顿流体。当果浆的质量分数为 10% 时,剪切力与剪切速率呈直线关系,说明澳洲青苹果浆质量分数降低时流体特性呈现出牛顿流体的特性^[24-25]。

3 结论

(1) 试验分析可知冷破碎澳洲青苹果浆的酸度较大(酸度 0.777%),总可溶性固形物含量高(13.1°Brix),营养丰富(总糖 13.69%、总酚 33.65 mg/L、果胶 0.341%、膳食纤维 1.313%、Vc 含量 80.67 mg/kg);且很好地保留了原果肉的色泽,是一种品质优良的加工原料,值得深入研究。

(2) 本试验确定了冷破碎澳洲青苹果浆的冰点温度(-2.5℃),且发现冰点温度与 TSS 呈极显著负

相关,生产中可通过 TSS 含量初步推测其冰点;冰点温度与 pH 成显著负相关,冷媒温度的变化不影响冰点温度,对于澳洲青苹果浆在冰温条件下的贮藏具有指导意义。

(3) 试验确定冷破碎澳洲青苹果浆为假塑性非牛顿型流体(流动行为指数 0.37),且不随温度的变化而变化;但在稀释过程中随着果浆质量分数的降低其流体性质向牛顿型流体转变,这一特性说明在进一步开发澳洲青苹果浆相关产品时需要注意果浆在配方中的比例,应针对物料的流动特性设计工艺及选择设备,保障实际加工生产的顺利进行。

参 考 文 献

- [1] 王琴. 一个世界知名的绿色加工品种—澳洲青苹[J]. 内蒙古林业调查设计, 2009,32(6):56-57.
- [2] 张磊,卫建国,段晓凤,等. ‘澳洲青苹’在宁夏的生态适应性分析[J]. 中国农学报, 2015,31(19):48-53.
- [3] LARA I, VENDRELL M. Relationships between ethylene, abscisic acid and quality during postharvest storage of ‘Granny Smith’ apples[J]. Post Harvest Biology and Technology, 1998,13(1):11-18.
- [4] 孙太峰,刘晋联. 澳洲青苹及其丰产栽培技术[J]. 烟台果树, 2008,3(103):33-34.
- [5] 李志超. 华北地区“澳洲青苹”栽培管理要点[J]. 现代农村科技, 2009(14):29.
- [6] 张晓光,柴小娥. 我国加工专用高酸型苹果产业化发展的现状与对策[J]. 杨凌职业技术学院学报, 2004,3(1):4-9.
- [7] BORDONABA J G, MATTHIEU-HURTIGER V, WESTER-CAMP P, et al. Dynamic changes in conjugated trienols during storage may be employed to predict superficial scald in ‘Granny Smith’ apples[J]. LWT-Food Science and Technology, 2013(54):535-541.
- [8] 李世平. 对美国苹果品种结构产生巨大影响的绿色苹果品种—澳洲青苹[J]. 辽宁果树, 1985,Z1:70-72.
- [9] 孙娇娇,郭玉蓉. 苹果营养化全果利用技术创新及产品开发[J]. 农业工程技术:农产品加工业, 2014,(4):23-26.
- [10] DENG Hong, YOU Yina, XIA Qiumin, et al. A crushing separation machine(CSM) for producing apple juice with low enzymatic browning[J]. Fruit Processing, 2015(9/10):182-188.
- [11] 高霞. 苹果籽油的提取、理化性质及抗氧化作用研究[D]. 西安:陕西师范大学, 2007.
- [12] 付成程,郭玉蓉,薛战峰,等. 苹果肉渣膳食纤维蛋糕的研制及其质构分析[J]. 农产品加工·学刊, 2012(11):39-42.
- [13] 段亮亮. 不同品种苹果香气特征及品质分析[D]. 西

- 安:陕西师范大学,2011.
- [14] 华精意. “果品榨前分离设备”研制成功[J]. 食品开发, 2010(3):72-72.
- [15] 刘靖. 食品生物化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2007.
- [16] 赵光远. 混浊苹果汁的研制及其储藏稳定性的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2005.
- [17] 郭娟, 艾志录, 崔建涛, 等. 苹果渣中多酚物质的福林法测定[J]. 食品工业科技, 2006, 27(2): 178-180.
- [18] 陈贤爽, 王锦涛, 鲁周民. 打浆时间对枇杷果浆品质的影响[J]. 西北林学院学报, 2015, 30(5): 157-160.
- [19] 尚海涛, 凌建刚, 朱麟, 等. 葡萄冰点测定及冰温贮藏实验的研究[J]. 制冷学报, 2014, 35(10): 55-60.
- [20] CHEN C S, NGUYEN T K, BRAD-DOCK R J. Relationship Between freezing point depression and solute composition of fruit juice systems[J]. Journal of Food Science, 1990, 55(2): 566-569.
- [21] 冯悦悦, 李喜宏, 邵重晓, 等. 新疆红提葡萄贮藏期冰点研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(8): 356-358, 373.
- [22] 王志华, 王文辉, 姜云斌, 等. 采收期对澳洲青苹果果采后品质及虎皮病的影响[J]. 保鲜与加工, 2010, 10(6): 10-14.
- [23] 阎瑞香, 贾凝, 宋茂树, 等. 蒜薹冰点温度、可溶性固形物含量与含水量相关性的研究[J]. 食品科学, 2007, 28(10): 554-557.
- [24] 王颀, 李里特, 丹阳, 等. 果品蔬菜冰点同可溶性固形物含量关系的研究[J]. 制冷学报, 2005(1): 14-18.
- [25] 于甜. 软质食品流变学特性及测量方法的研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2012.
- [26] GARRIDO J I, LOZANO J E, GENOVESE D B. Effect of formulation variables on rheology, texture, colour, and acceptability of apple jelly: Modelling and optimization[J]. LWT-Food Science and Technology, 2015, 62(1): 325-332.
- [27] XU Bao-guo, ZHANG Min, Bhandari B, et al. Effect of ultrasound-assisted freezing on the physico-chemical properties and volatile compounds of red radish[J]. Ultrasonics Sonochemistry, 2015, 27(1): 316-324.
- [28] 陈剑兵. 影响带肉果蔬汁流变特性的因素研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2006.

The material properties of Granny apple pulp by cold crushing technique

LI Han, SHI Jing, ZHANG Zhi-yu, DENG Hong*, MENG Yong-hong,
GUO Yu-rong, XUE Jia

(College of Food Engineering and Nutritional Science, Shaanxi Normal University, Xi'an 710119, China)

ABSTRACT Granny Smith is a typical high acidity apples and is also the preferred kind in apple processing. Cold crushing method is an advanced technology that separate apple peel, fruit seeds and stalks from apples to manufacture high-quality products. The material properties including nutritional properties, freezing point characteristics and rheological behavior were explored to provide a theoretical basis for deep processing and utilization of Granny Smith. The results showed that the water content of Granny Smith pulp was 84.63% and total soluble solid was 13.1 °Brix, acidity was 0.777%, total sugar content was 13.69% and total phenol content was 33.65 mg/L, pectin, dietary fiber and Vc content were 0.341%, 1.313% and 80.67 mg/kg respectively. The color of apple pulp was light greenish yellow, basically as the same color with the original fruit. The pulp color brightness (L^* value), color redness (a^* value) and color yellowness (b^* value) were 41.19, 8.41 and 0.85 respectively. The experiment confirmed that the freezing point of Granny Smith fruit pulp was $-2.5\text{ }^{\circ}\text{C}$. But the freezing point temperature was significantly negatively correlated with total soluble solid (TSS) and pH. The changes of the temperature of cold media did not lead to the change of freezing points during the test period. Rheological property measurement results showed that Granny Smith pulp was a type of pseudo-plastic, non Newtonian fluid with the flow behavior index of 0.37. The results of this study provided theoretical and experimental basis for the further exploration and development in manufacturing Granny Smith pulp.

Key words Granny Smith; cold crushing; nutrition indicators; freezing characteristics; rheological properties