

# 果胶酶澄清蜜瓜汁过程中甲醇含量的变化

## Changes of methanol content during pectinase clarification of honey melon juice

侯彦喜<sup>1,2,3</sup> 王明瑞<sup>1</sup> 李欣<sup>2</sup> 焦婵<sup>3</sup>

HOU Yan-xi<sup>1,2,3</sup> WANG Ming-rui<sup>1</sup> LI Xin<sup>2</sup> JIAO Chan<sup>3</sup>

(1. 开封大学材料与化学工程学院, 河南 开封 475004; 2. 开封市发酵食品工程技术研究中心, 河南 开封 475004; 3. 开封市发酵食品重点实验室, 河南 开封 475004)

(1. College of Materials and Chemical Engineering, Kaifeng University, Kaifeng, Henan 475004, China; 2. Kaifeng Fermented Food Engineering Technology Research Center, Kaifeng, Henan 475004, China; 3. Kaifeng Key Laboratory of Fermented Food, Kaifeng, Henan 475004, China)

**摘要:**目的:在优化果胶酶处理蜜瓜汁工艺过程中考察蜜瓜汁澄清效果与甲醇含量的关系。方法:以蜜瓜汁透光率和甲醇含量为指标,通过单因素与正交试验,研究果胶酶加入量、蜜瓜汁 pH 值、作用时间、处理温度对蜜瓜汁澄清效果和甲醇含量的影响。结果:对蜜瓜汁澄清效果和甲醇含量影响的因素顺序为蜜瓜汁 pH 值>果胶酶加入量>作用时间>处理温度,蜜瓜汁最优澄清效果和甲醇最高含量的条件均为果胶酶加入量 0.04 g/100 mL、蜜瓜汁 pH 值 4.0、作用时间 120 min、处理温度 35 ℃。在该工艺条件下,甲醇含量为 423.79 mg/L、蜜瓜汁透光率为 95.71%。结论:蜜瓜汁中甲醇含量与蜜瓜汁的澄清效果呈正相关,蜜瓜汁的透光率愈高,果胶分解愈完全,甲醇含量越高。

**关键词:**果胶酶;蜜瓜汁;澄清;透光率;甲醇

**Abstract: Objective:** The relationship between the clarification effect and methanol content of honeydew-melon juice was investigated during the optimization of pectinase treatment process. **Methods:** The effects of pectinase addition, pH value, reaction time, and processing temperature on the clarity and methanol content of honeydew-melon juice were investigated through single factor and orthogonal experiments, by using the transmittance and methanol content as indicators. **Results:** The order of influencing factors on clarity and methanol content of juice was pH value > pectinase addition > action time > temperature. The optimal conditions for producing honeydew-melon juice with high clarity and high methanol concentration

were 0.04 g/100 mL of pectinase addition, pH value of honey melon juice 4.0, action time 120 min, and treatment temperature 35 ℃. Under the control of these conditions, the amount of methanol produced was 423.79 mg/L, and the light transmittance of honeydew-melon juice was 95.71%. **Conclusion:** The methanol content is positively correlated with the clarity of honeydew-melon juice. More completed pectin decomposition and higher methanol content can result in higher light transmittance of honeydew-melon juice.

**Keywords:** pectinase; honeydew-melon juice; clarification; light transmittance; methanol

蜜瓜属厚皮甜瓜,为热敏性瓜果,加热灭菌处理会产生瓜的煮熟味,其异味的主要成分是 2 反,4 反-癸二烯醛和二甲基二硫醚<sup>[1]</sup>。2 反,4 反-癸二烯醛是由亚油酸甲酯氧化而产生的,亚油酸甲酯是由亚油酸和甲醇酯化所得;二甲基二硫醚是由甲醇与硫化氢、甲硫醇与氧反应生成,因而,蜜瓜异味的主要成分均与甲醇含量正相关。甲醇主要来源于瓜果汁加工原料中的果胶水解、蛋白质甘氨酸脱氨脱羧和甘氨酸脱羧亚硝酸化<sup>[2]</sup>,尤其是果胶在热、酸、碱或酶的作用下,果胶质的甲氧基和半乳糖醛酸中的酯键断裂,使甲氧基从半乳糖醛酸长链上游离出来,经过分子变形而形成的<sup>[3]</sup>。甲醇是一种无色并具有刺激性气味的有毒液体,能够破坏人体的视觉神经细胞和脑神经细胞,可以导致永久性失明<sup>[4]</sup>。当人体摄入 5 g 就会严重中毒,超过 12.5 g 就可能死亡<sup>[5]</sup>。在以瓜果为原料生产发酵酒或蒸馏酒的过程中,为了控制甲醇的产生,相关学者先后研究了苹果酒<sup>[6]</sup>、香梨酒<sup>[7]</sup>、葡萄酒<sup>[8]</sup>、红枣酒<sup>[9]</sup>等果胶酶处理与甲醇的关系,采取选用低甲氧基果胶原料、抑制果胶酯酶活性、加入氯化钙形成果胶酸钙沉

基金项目:开封市科技发展计划项目(编号:2002005)

作者简介:侯彦喜(1965—),男,开封大学教授,硕士。

E-mail:dedexy@126.com

收稿日期:2022-10-26 改回日期:2023-01-17

淀等方法以降低酒中甲醇的含量。

甜瓜果胶含量比较高,而且属于高甲氧基果胶<sup>[10]</sup>,如果用其作为原料在生产果汁、果酒的过程中加入果胶酶以获得理想的澄清效果,可能产生较多的甲醇。但有关利用果胶酶澄清处理蜜瓜汁过程中蜜瓜汁澄清效果与甲醇含量的关系的研究鲜见报道。研究拟通过试验考察果胶酶在澄清蜜瓜汁过程中对甲醇含量的影响,以期为甜瓜类等瓜果汁加工提供参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与仪器

#### 1.1.1 材料与试剂

蜜瓜:兰考蜜瓜,新鲜,大小均匀,成熟度适中;

果胶酶:酶活力为5万U/g,宁夏和氏璧生物技术有限公司;

半乳糖醛酸标准品:上海如吉生物科技发展有限公司;

牛血清白蛋白标准品:上海联迈生物工程有限公司;

考马斯亮蓝 G-250:上海源叶生物科技有限公司;

甲醇标准品:GBW06111,中国计量科学研究院;

氢氧化钠:分析纯,天津市德恩化学试剂有限公司;

2,6-二氯酚:纯度99%,上海如吉生物科技发展有限公司;

硫酸铜:分析纯,天津市化学试剂一厂;

酒石酸钾钠:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;

咪唑:GBW(E)130339,中国计量科学研究院;

无水乙醇:分析纯,天津市富宇精细化工有限公司。

#### 1.1.2 仪器与设备

气相色谱仪:CBM-10 AVP PLUS型,配氢火焰离子化检测器(FID),福立分析仪器有限公司;

紫外可见分光光度计:UV-1800PC-DS2型,上海美谱达仪器有限公司;

电子分析天平:AR2140型,美国新泽西奥豪斯公司;

榨汁机:JE-B05B型,余姚市灿虹电子商务公司;

离心机:TG16-WS型,上海卢湘仪离心机仪器有限公司;

数显糖度仪:TD-B型,东莞市东来达电子有限公司;

精密酸度计:PC-3C型,上海大普仪器有限公司;

数显恒温水浴锅:HH-1型,东莞市东来达电子有限公司;

恒温磁力搅拌器:85-2型,上海坤诚科学仪器有限公司。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 蜜瓜汁制备

蜜瓜→挑选→清洗→去皮、去籽→切块→榨汁(浆渣分离)→膜过滤→果胶酶解→离心(4 200 r/min, 10 min)→蜜瓜汁

1.2.2 2%果胶酶溶液制备 精确称取果胶酶2.00 g,溶

于50 mL蒸馏水中,搅拌至溶解,再用蒸馏水定容至100 mL,备用。

1.2.3 10%纤维素酶溶液制备 精确称取纤维素酶10.00 g,溶于50 mL蒸馏水中,搅拌至溶解,再用蒸馏水定容至100 mL,备用。

#### 1.2.4 测定方法

(1)透光率最适波长确定:取3份100 mL蜜瓜汁分别加入0.00,0.02,0.04 g果胶酶和0.20 g纤维素酶后混合均匀,35℃水浴锅酶解2 h,4 200 r/min离心10 min,以蒸馏水作为空白对照,在紫外可见分光光度计上于400~800 nm范围内进行光谱扫描,选择最适波长。

(2)透光率测定:取离心后的蜜瓜汁加入到1 cm比色皿中,以蒸馏水作参比,在最适波长下测定透光率。

(3)甲醇含量检测:按GB 5009.266—2016《食品安全国家标准 食品中甲醇的测定》执行。

(4)果胶定性检测:取2 mL蜜瓜汁注入试管中,加入95%乙醇4 mL,混合均匀后静置10 min,观察有无絮状物或沉淀生成。若无絮状物出现,可认为果胶基本被清除,无果胶存在的样品以“-”表示;若有絮状物出现,表明果胶还没有被完全清除,有果胶存在的样品以“+”表示,并以“+”的多少表示果胶残余的多少<sup>[11]</sup>。

(5)果胶定量检测:按NY/T 2016—2011《水果及其制品中果胶含量的测定 分光光度法》执行。

(6)可溶性固形物含量检测:用手持折光仪测定<sup>[12]</sup>。

(7)总糖检测:按GB 5009.9—2016《食品安全国家标准 食品中淀粉的测定》中第一法执行。

(8)还原糖检测:按GB 5009.7—2016《食品安全国家标准 食品中还原糖的测定》中第一法执行。

(9)总酸测定:按GB 12456—2021《食品安全国家标准 食品中总酸的测定》中第二法执行,以柠檬酸计。

(10) pH值检测:用pH计测定。

(11)维生素C含量检测:按GB 5009.86—2016《食品安全国家标准 食品中抗坏血酸的测定》中第三法执行。

(12)蛋白质含量检测:按GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》中第二法执行。

1.2.5 果胶酶处理单因素试验 果胶酶属水解酶,是一类能够降解果胶的多种酶总称,包括聚半乳糖醛酸酶(PG)、果胶酯酶(PE)和果胶裂解酶(PL)等<sup>[13]</sup>。果胶酶能够破坏瓜果汁的胶体系统,使瓜果汁的悬浮微粒失去保护而沉淀,其作用效果主要受到果胶酶浓度、瓜果汁pH值、作用温度和时间<sup>[14]</sup>等因素影响,因而,试验主要考察果胶酶加入量、蜜瓜汁pH值、果胶酶作用时间和处理温度等相关因素对蜜瓜汁澄清效果的影响,同时分析蜜瓜汁中甲醇含量。

(1)果胶酶加入量对蜜瓜汁透光率与甲醇含量的影

响:分别取 100 mL 鲜榨蜜瓜汁于 8 个 250 mL 三角瓶中,用 20% 的柠檬酸调 pH 值为 4.0,加入纤维素酶 0.20 g/100 mL,按每 100 mL 鲜榨蜜瓜汁分别加入 0.00,0.005,0.01,0.02,0.04,0.06,0.08,0.10 g 果胶酶并混合均匀,于 35 °C 水浴中酶解 2 h,取出离心,检测甲醇、透光率、果胶含量。

(2) 蜜瓜汁 pH 值对透光率与甲醇含量的影响:分别取 100 mL 鲜榨蜜瓜汁于 8 个 250 mL 三角瓶中,用 20% 的柠檬酸调 pH 值分别为 3.0,3.5,4.0,4.5,5.0,5.5,6.0,6.5(蜜瓜汁原始 pH),按 0.04 g/100 mL 加入果胶酶、0.20 g/100 mL 加入纤维素酶,于 35 °C 水浴中酶解 2 h,取出离心,检测甲醇、透光率、果胶含量。

(3) 果胶酶作用时间对蜜瓜汁透光率与甲醇含量的影响:分别取 100 mL 鲜榨蜜瓜汁于 8 个 250 mL 三角瓶中,用 20% 的柠檬酸调 pH 值为 4.0,按 0.04 g/100 mL 加入果胶酶、0.20 g/100 mL 加入纤维素酶并混合均匀,于 35 °C 水浴中酶解,分别于 0,0.5,1.0,1.5,2.0,2.5,3.0,3.5 h 取出离心,检测甲醇、透光率、果胶含量。

(4) 果胶酶处理温度对蜜瓜汁透光率与甲醇含量的影响:分别取 100 mL 鲜榨蜜瓜汁于 8 个 250 mL 三角瓶中,用 20% 的柠檬酸调 pH 值为 4.0,按 0.04 g/100 mL 加入果胶酶、0.20 g/100 mL 加入纤维素酶,于 20,25,30,35,40,45,50,55 °C 水浴中酶解 2 h,取出离心,检测甲醇、透光率、果胶含量。

1.2.6 正交试验 在单因素试验基础上,对影响蜜瓜汁澄清效果和甲醇含量的相关因素及参数进行综合考察。以蜜瓜汁透光率和蜜瓜汁中甲醇含量为指标,以果胶酶加入量、蜜瓜汁 pH 值、作用时间、处理温度进行四因素三水平正交试验。

## 2 结果与分析

### 2.1 透光率最适波长的确定

由图 1 可知,当波长为 650 nm 时,蜜瓜汁的透光率达到最大值,故确定蜜瓜汁透光率的最适测定波长为 650 nm。

### 2.2 单因素试验

#### 2.2.1 果胶酶加入量对蜜瓜汁透光率与甲醇含量的影响

如图 2 所示,蜜瓜汁透光率和甲醇含量随果胶酶加入量的增加而升高,在果胶酶加入量为 0.04 g/100 mL 时,蜜瓜汁中甲醇含量达到 423.56 mg/L,蜜瓜汁透光率达到 95.65%。继续增加果胶酶加入量,蜜瓜汁中甲醇含量基本不变,而蜜瓜汁透光率逐渐降低。通过果胶定性检测,蜜瓜汁中果胶含量随果胶酶加入量的增加而逐渐降低,在样品中果胶酶加入量 > 0.04 g/100 mL 时,果胶定性试验均表现为阴性反应。这表明当果胶酶加入量达到 0.04 g/100 mL 时,蜜瓜汁中的果胶分解基本完成,再增加果胶酶加入量,甲醇含量也不会增加,仅能导致酶蛋白

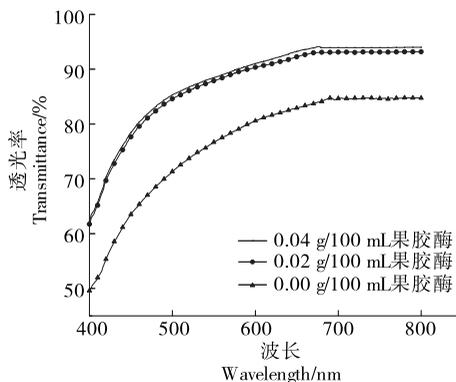


图 1 蜜瓜汁透光率随波长变化趋势

Figure 1 Variation trend of light transmittance of honeydew-melon juice with wave-length

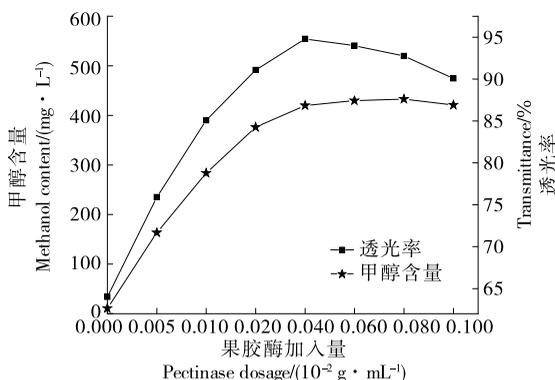


图 2 果胶酶加入量对蜜瓜汁透光率和甲醇含量的影响

Figure 2 Effects of pectinase addition on light transmittance and methanol content of honeydew-melon juice

过多引起透光率下降。

2.2.2 蜜瓜汁 pH 值对透光率与甲醇含量的影响 如图 3 所示,蜜瓜汁透光率和甲醇含量随蜜瓜汁 pH 值的增大而降低。pH 值为 3.0~4.5 时,蜜瓜汁中甲醇含量均在 423 mg/L 以上,透光率在 95% 以上。pH 值 > 4.5 并随 pH 值的增大,蜜瓜汁透光率和甲醇的含量迅速降低。通过果胶定性检测,蜜瓜汁中果胶含量随 pH 值的升高而增加,pH 值 > 4.5 后均表现为阳性反应。这是由于 pH 值对果胶酶的活性影响显著,果胶酶在 pH 值为 3.0~4.5 时活性较高,对蜜瓜汁中的果胶分解比较完全,蜜瓜汁 pH 值 > 4.5 即可抑制果胶酶的活性,果胶分解不完全,以致蜜瓜汁的透光率和甲醇含量均比较低。

#### 2.2.3 酶解作用时间对蜜瓜汁透光率与甲醇含量的影响

如图 4 所示,蜜瓜汁透光率和甲醇含量随果胶酶作用时间的增加而升高。在果胶酶处理 2 h,蜜瓜汁中甲醇含量达到 423.78 mg/L,蜜瓜汁透光率达到 95.68%,然后随着时间的增加蜜瓜汁透光率和甲醇含量基本不变。通过果胶定性检测,蜜瓜汁中果胶含量随果胶酶作用时间

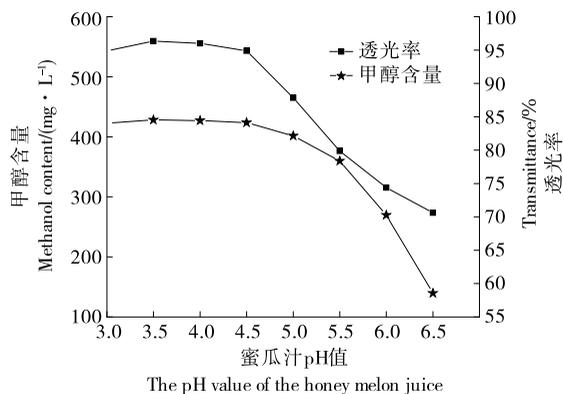


图3 蜜瓜汁 pH 值对透光率和甲醇含量的影响

Figure 3 Effects of pH value on light transmittance and methanol content of honeydew-melon juice

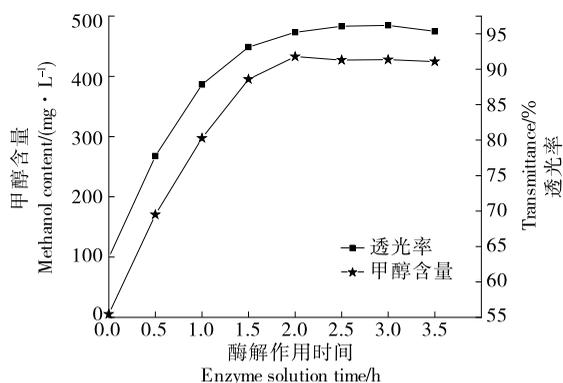


图4 酶解作用时间对蜜瓜汁透光率和甲醇含量的影响

Figure 4 Effects of enzymolysis time on light transmittance and methanol content of honeydew-melon juice

的增加而逐渐降低,在果胶酶处理 2 h 后均表现为阴性反应。这表明果胶酶作用 2 h 蜜瓜汁果胶分解基本完成,继续延长果胶酶澄清处理时间并不能增加蜜瓜汁中甲醇含量,也不能提高蜜瓜汁的澄清效果。

#### 2.2.4 酶解处理温度对蜜瓜汁透光率与甲醇含量的影响

如图 5 所示,酶解处理温度 < 35 ℃ 时,蜜瓜汁透光率和甲醇含量随酶解处理温度的升高而增加;酶解处理温度为 35 ℃ 时,蜜瓜汁中甲醇含量为 423.53 mg/L,蜜瓜汁透光率为 95.69%;酶解温度 > 35 ℃ 时,蜜瓜汁中甲醇含量和蜜瓜汁透光率随酶解处理温度的升高而降低。通过果胶定性检测,酶解处理温度在 35 ℃ 以下时,蜜瓜汁中果胶含量随酶解温度的升高而降低,酶解处理温度为 35 ℃ 时表现为阴性反应,随着酶解处理温度升高到 45 ℃ 后果胶试验均表现为阳性反应。说明酶解处理温度为 35 ℃ 时蜜瓜汁中的果胶分解基本完成,继续升高温度果胶酶活性受到抑制,影响蜜瓜汁果胶的分解而导致甲醇含量和透光率均降低。

#### 2.3 正交试验

根据单因素试验结果确定的因素水平取值见表 1。

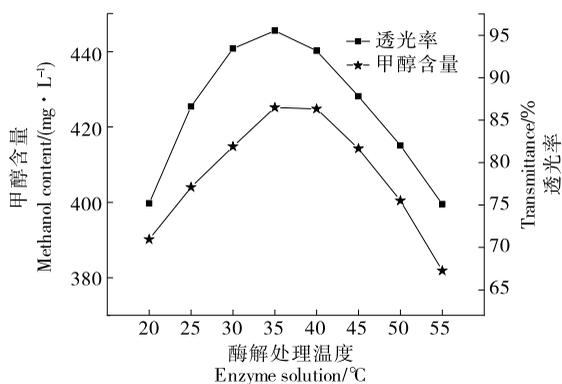


图5 酶解处理温度对蜜瓜汁透光率和甲醇含量的影响

Figure 5 Effects of enzymolysis temperature on light transmittance and methanol content of honeydew-melon juice

表 1 正交试验因素水平表

Table 1 Orthogonal test factor level table

水平	A 果胶酶加入量/ (10 <sup>-2</sup> g·mL <sup>-1</sup> )	B 蜜瓜汁 pH(25 ℃)	C 作用时 间/min	D 处理温 度/℃
1	0.02	4.00	90	25
2	0.04	4.50	120	30
3	0.06	5.00	150	35

由表 2 可知,对蜜瓜汁澄清效果影响的 4 个因素顺序为 B > A > C > D,澄清效果最优的工艺方案为 A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>D<sub>3</sub>,即果胶酶加入量 0.04 g/100 mL、蜜瓜汁 pH 值 4.0、作用时间 120 min、处理温度 35 ℃。在该工艺条件下,蜜瓜汁的透光率为 95.71%。该澄清方案与果胶酶澄清哈密瓜汁最优澄清方案<sup>[15]</sup>相似。然而,在蜜瓜汁澄清效果最优的工艺条件下,蜜瓜汁中甲醇含量达到最高值 423.79 mg/L。说明蜜瓜汁澄清效果愈佳,蜜瓜汁中的果胶分解愈完全,蜜瓜汁中的甲醇含量就越高。

#### 2.4 蜜瓜汁酶解澄清前后部分成分比较

如表 3 所示,经果胶酶澄清处理后的蜜瓜汁与原汁相比,甲醇含量由 13 mg/L 上升到 423.79 mg/L、果胶基本被分解,蛋白质基本被清除,酸度增加,总糖、还原糖、可溶性固形物(SSC)、维生素 C(V<sub>C</sub>)基本不变。

### 3 结论

在优化果胶酶澄清蜜瓜汁的工艺过程中,通过考察蜜瓜汁中甲醇含量的变化情况,发现蜜瓜汁中甲醇含量与蜜瓜汁中果胶的分解程度呈正相关,果胶分解愈完全,甲醇含量就愈高。在蜜瓜汁最优澄清工艺条件下,蜜瓜汁中甲醇含量达到最高值 423.79 mg/L。由于甲醇是蜜瓜异味成分的前体物质,所以,蜜瓜汁中的甲醇可能是导致蜜瓜汁加热灭菌处理变味的重要因素之一。因此,为了控制甲醇的产生,在利用果胶酶澄清技术时,需考虑瓜

表 2 L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>)正交试验结果

Table 2 The L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>) orthogonal test and analysis of test result

试验号	A	B	C	D	透光率/%	甲醇含量/(mg·L <sup>-1</sup> )
1	1	1	1	1	93.54	414.29
2	1	2	2	2	91.38	404.85
3	1	3	3	3	88.50	392.25
4	2	1	2	3	95.71	423.79
5	2	2	3	1	92.36	409.13
6	2	3	1	2	89.19	395.02
7	3	1	3	2	94.51	418.54
8	3	2	1	3	92.26	408.70
9	3	3	2	1	90.35	400.34
透光率	k <sub>1</sub>	91.14	94.59	91.66	92.08	
	k <sub>2</sub>	92.42	92.00	92.48	91.69	
	k <sub>3</sub>	92.37	89.35	91.79	92.15	
	R	1.28	5.24	0.82	0.46	
甲醇含量	k <sub>1</sub>	403.80	418.87	406.00	407.92	
	k <sub>2</sub>	409.31	407.56	409.66	406.14	
	k <sub>3</sub>	409.19	395.87	406.44	408.25	
	R	5.51	23.00	3.66	2.11	

表 3 蜜瓜汁酶解澄清前后部分成分比较表

Table 3 Comparison of components of honeydew-melon juice before and after clarification by enzymatic hydrolysis

样品	总糖/ (10 <sup>-2</sup> g·g <sup>-1</sup> )	还原糖/ (10 <sup>-2</sup> g·g <sup>-1</sup> )	SSC/ %	总酸/ (10 <sup>-2</sup> g·g <sup>-1</sup> )	pH(25 ℃)	V <sub>c</sub> / (10 <sup>-2</sup> mg·g <sup>-1</sup> )	蛋白质/ (10 <sup>-2</sup> g·g <sup>-1</sup> )	总果胶/ (10 <sup>-2</sup> g·g <sup>-1</sup> )	甲醇/ (mg·L <sup>-1</sup> )
原汁	9.3	7.6	12.0	0.12	6.5	18	0.280	0.340	13.00
澄清汁	9.1	7.5	12.3	0.35	4.1	17	0.005	0.003	423.79

果原料的果胶类别与含量,应针对含有不同类别果胶的瓜果选择不同的澄清方案,如何加工利用含有较高甲氧基果胶类瓜果并能控制甲醇的产生,有待于进一步研究。

参考文献

[1] 马永昆. 热力、非热力处理对哈密瓜汁香气、酶和微生物的影响[D]. 北京: 中国农业大学, 2004: 84.  
MA Y K. Effects of thermal and non thermal treatment on aroma, enzyme and microorganism of Hami melon juice[D]. Beijing: China Agricultural University 2004: 84.

[2] 白凤岐. 果胶含量和热处理对红枣白兰地甲醇和乙醇含量的影响[D]. 保定: 河北农业大学, 2015: 3.  
BAI F Q. Effect of pectin content and heat treatment on methanol and ethanol content of jujube brandy [D]. Baoding: Hebei Agricultural University, 2015: 3.

[3] 姚万欣. 固态发酵法生产梨酒中甲醇的生成控制研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2016: 10.  
YAO W X. Study on the control of methanol production in pear

wine by solid-state fermentation[D]. Taian: Shandong Agricultural University, 2016: 10.

[4] 张素敏, 隋韶奕, 王雪松, 等. 水果蒸馏酒中甲醇产生机理及控制技术研究进展[J]. 农业技术与装备, 2021(3): 48-49.  
ZHANG S M, SUI S Y, WANG X S, et al. Research progress on methanol production mechanism and control technology in fruit distilled wine[J]. Agricultural Technology and Equipment, 2021(3): 48-49.

[5] 张香, 秦丹, 曾璐, 等. 发酵型果酒中甲醇和杂醇油的研究进展[J]. 中国酿造, 2020, 39(8): 17-21.  
ZHANG X, QIN D, ZENG L, et al. Research progress of methanol and fusel oil in fermented fruit wine[J]. China Brewing, 2020, 39(8): 17-21.

[6] 文良娟, YONG D H, EDWARD E W. 果胶酶对苹果酒发酵中甲醇的影响[J]. 酿酒科技, 2008(8): 51-53.  
WEN L J, YONG D H, EDWARD E W. Effect of pectinase on methanol in cider fermentation[J]. Winemaking Technology, 2008 (8): 51-53.

(下转第 43 页)

- University (Natural Science Edition), 2020, 51(4): 587-592.
- [14] 张冬梅. 抗皮肤伤口纤维化结疤的仿生智能基质的构建及应用[D]. 无锡: 江南大学, 2020: 41-42.  
ZHANG D M. Construction and application of biomimetic smartmatrices for preventing fibrotic scarring of skin wound[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2020: 41-42.
- [15] AHAMEETHUNISA A R, HOPPER W. In vitro antimicrobial activity on clinical microbial strains and antioxidant properties of *Artemisia parviflora* [J]. *Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials*, 2012, 11(1): 1-7.
- [16] SURESH J, REDDY V, RAJAN D, et al. Antimicrobial activity of *Artemisia abrotanum* and *Artemisia pallens* [J]. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*, 2011, 3(2): 18-21.
- [17] ÁLVAREZ-MARTÍNEZ F J, BARRAJÓN-CATALÁN E, Herranz-López M, et al. Antibacterial plant compounds, extracts and essential oils: An updated review on their effects and putative mechanisms of action[J]. *Phytomedicine*, 2021, 90: 153626.
- [18] 黄海英, 李晓娟, 李正英. 诃子水提物抑菌活性成分稳定性[J]. *北方园艺*, 2020(5): 104-108.  
HUANG H Y, LI X J, LI Z Y. Study on the stability of antibacterial active components by aqueous extract of *Erminalia*[J]. *Northern Horticulture*, 2020(5): 104-108.
- [19] 王瑞, 李玉娟, 毕开顺. 解毒宣透汤水提物和醇提物化学指标及药效的比较研究[J]. *中药新药与临床药理*, 2002, 13(6): 403-405.  
WANG R, LI Y J, BI K S. Comparative study on chemical indexes and efficacy of water extract and alcohol extract of *Jie Du Xuan Tou Tang* [J]. *New Traditional Chinese Medicine and Clinical Pharmacology*, 2002, 13(6): 403-405.
- [20] 吴璐璐, 许剑锋, 赵勇. 拳参乙醇提取物和水提取物体外抗菌和抗氧化活性[J]. *江苏农业科学*, 2013, 41(5): 246-249.  
WU L L, XU J F, ZHAO Y. In vitro antibacterial and antioxidant activities of ethanol and water extract from *Panax quinquefolium* [J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2013, 41(5): 246-249.
- [21] 冯靖, 彭效明, 李翠清, 等. 银杏叶黄酮的抗氧化性及其稳定性研究[J]. *食品科技*, 2019, 44(4): 244-249.  
FENG J, PENG X M, LI C Q, et al. Antioxidant activity and stability of flavonoids from ginkgo leaves[J]. *Food Science and Technology*, 2019, 44(4): 244-249.
- [22] 黄诗琪, 冯卫华, 于立梅, 等. 香椿多酚抑菌特性研究[J]. *食品科技*, 2013, 38(11): 212-216.  
HUANG S Q, FENG W H, YU L M, et al. Antimicrobial properties of polyphenol in *Toona Sinensis*[J]. *Food Science and Technology*, 2013, 38(11): 212-216.
- [23] 孙晓晨, 张方, 邵华. 紫外线对人体健康影响[J]. *中国职业医学*, 2016, 43(3): 380-383.  
SUN X C, ZHANG F, SHAO H. Effects of ultraviolet radiation on human health [J]. *China Occupational Medicine*, 2016, 43(3): 380-383.
- [24] 国家质量监督检验检疫总局. 化妆品眼刺激性/腐蚀性的鸡胚绒毛尿囊膜试验: SN/T 2329—2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009: 3-6.  
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. *Cosmetics ocular irritant and corrosive HET-CAM test: SN/T 2329—2009* [S]. Beijing: Standards Press of China, 2009: 3-6.
- 
- (上接第 36 页)
- [7] 夏娜, 张双霞, 张莉, 等. 香梨酒中甲醇产生的原因及控制方法研究[J]. *中国食物与营养*, 2011, 17(9): 59-62.  
XIA N, ZHANG S X, ZHANG L, et al. Study on the causes and control methods of methanol production in pear wine [J]. *China Food and Nutrition*, 2011, 17(9): 59-62.
- [8] 李艳松, 文良娟. 果胶酶对葡萄酒酿制过程中甲醇含量的影响[J]. *食品工业*, 2012, 33(9): 17-20.  
LI Y S, WEN L J. Effect of pectinase on methanol content in wine brewing[J]. *Food Industry*, 2012, 33(9): 17-20.
- [9] 张倩茹, 尹蓉, 殷龙龙, 等. 红枣干红甲醇的控制研究[J]. *农产品加工*, 2021(8): 23-25.  
ZHANG Q R, YIN R, YIN L L, et al. Study on the control of methanol in dried red jujube[J]. *Agricultural Products Processing*, 2021(8): 23-25.
- [10] GUZEL M, AKPINAR O. Valorisation of fruit by-products: Production characterization of pectins from fruit peels[J]. *Food and Bioproducts Processing*, 2019, 115: 126-133.
- [11] 孙平. 食品添加剂[M]. 2版. 北京: 中国轻工业出版社, 2020: 298-299.  
SUN P. *Food additives*[M]. 2nd ed. Beijing: China Light Industry Press, 2020: 298-299.
- [12] 曹建康, 姜微波, 赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2022: 24-25.  
CAO J K, JIANG W B, ZHAO Y M. *Guidance on postharvest physiological and biochemical experiments of fruits and vegetables* [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2022: 24-25.
- [13] 杨同香, 吴孔阳, 白云飞, 等. 微生物果胶酶的研究进展[J]. *食品与机械*, 2020, 36(8): 201-209.  
YANG T X, WU K Y, BAI Y F, et al. Research progress of microbial pectinase[J]. *Food & Machinery*, 2020, 36(8): 201-209.
- [14] 胡小松, 李积宏, 崔雨林, 等. 现代果蔬汁加工工艺学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1995: 79-82.  
HU X S, LI J H, CUI Y L, et al. *Modern fruit and vegetable juice processing technology* [M]. Beijing: China Light Industry Press, 1995: 79-82.
- [15] 崔伟荣, 逢焕明, 杨静, 等. 果胶酶澄清哈密瓜汁工艺研究[J]. *新疆农业科学*, 2010, 47(4): 698-704.  
CUI W R, PANG H M, YANG J, et al. Study on the clarification of Hami melon juice with pectinase [J]. *Xinjiang Agricultural Science*, 2010, 47(4): 698-704.