

# 不同取汁工艺对青竹梅出汁率及品质的影响

林炎娟, 姜翠翠, 周丹蓉, 梁华梯, 方智振, 潘少霖, 叶新福\*

(福建省农业科学院, 果树研究所, 福州 350013)

**摘要: 目的** 探讨不同取汁工艺对青竹梅出汁率及品质的影响。**方法** 以新鲜青竹梅为实验材料, 研究水浴提取法、超声波辅助提取法和复合酶法对青竹梅出汁率的影响, 对比分析3种方法在最优条件下的出汁率、可溶性固形物、可滴定酸、总糖、类黄酮和总酚等指标差异。**结果** 水浴提取法最优工艺料液比1:4(g:mL), 水浴温度80℃, 水浴时间60 min, 出汁率52.4%; 超声波辅助提取法最优工艺: 料液比1:4(g:mL), 超声波功率140 W, 提取温度60℃, 提取时间20 min, 出汁率53.2%; 复合酶解法最优工艺: 果胶酶添加量为0.6%, 纤维素酶添加量为0.2%, 酶解温度40℃, 酶解时间90 min, 出汁率66.6%。**结论** 3种方法均可有效提高青竹梅出汁率, 但复合酶法出汁率最高且综合营养成分提取效果最好。

**关键词:** 青竹梅; 出汁率; 水浴提取法; 超声波辅助提取法; 复合酶解法

## Effects of different juice extraction processes on juice yield and quality of *Prunus mume*

LIN Yan-Juan, JIANG Cui-Cui, ZHOU Dan-Rong, LIANG Hua-Di, FANG Zhi-Zhen,  
PAN Shao-Lin, YE Xin-Fu\*

(Fruit Research Institute, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou 350013, China)

**ABSTRACT: Objective** To investigate the effects of different juice extraction techniques on the juice yield and quality of *Prunus mume*. **Methods** The fresh *Prunus mume* was used as experimental material to study the effects of water bath extraction method, ultrasonic-assisted extraction method and enzymatic hydrolysis method on the juice yield. The 3 methods were compared under optimal conditions with nutritional index, such as juice yield, soluble solids, titratable acid, total sugar, flavonoids and total phenol. **Results** The optimal process of water bath extraction as follows, material to liquid ratio was 1:4(g:mL), temperature was 80℃, time was 60 min, and the juice yield was 52.4%. The optimal process of ultrasonic-assisted extraction method as follows, material to liquid ratio was 1:4(g:mL), ultrasonic power was 140 W, extraction temperature was 60℃, time was 20 min, and the juice yield was 53.2%. The optimal process of enzymatic hydrolysis extraction as follows, pectinase addition was 0.6%, cellulase addition was 0.2%, temperature was 40℃, time was 90 min, the juice yield was 66.6%. **Conclusion** All the three methods can effectively improve the juice yield of *Prunus mume*, but the enzymatic hydrolysis extraction has the highest juice yield and the best comprehensive nutrient extraction.

**KEY WORDS:** *Prunus mume*; juice rate; water bath extraction; ultrasonic-assisted extraction; enzymatic hydrolysis extraction

基金项目: 福建省农业科学院创新团队项目(STIT2017-1-4)、福建省属公益类科研院所基本科研专项(2018R1013-4)

Fund: Supported by Fruit Tree Innovation Team of Fujian Academy of Agricultural Sciences (STIT2017-1-4), and the Special Project for Public Welfare Research Institutes in Fujian (2018R1013-4)

\*通讯作者: 叶新福, 研究员, 主要研究方向为品质遗传育种。E-mail: yexinfu@126.com

\*Corresponding author: YE Xin-Fu, Professor, Fruit Research Institute&Fujian Academy of Agricultural Sciences. No.100, Pudang, Jin'an District, Fuzhou 350013, China. E-mail: yexinfu@126.com

## 1 引言

青梅又称为果梅、酸梅,富含维生素、氨基酸、有机酸和总酚等营养成分,具有解毒解热、杀菌止泻、止咳止痛、生津止渴和消除疲劳等药用功效,是一种药食两用资源<sup>[1]</sup>。其鲜果有机酸含量高,糖分少,口味较酸,且含有大量苦杏仁碱,目前主要用于加工果脯、蜜饯和保健食品等<sup>[2,3]</sup>。近年来,随着青梅的保健功效被大众熟知,青梅功效产品市场需求大大提升,青梅制成汁液是一种较好保存原有的营养价值和疗效成分的加工方法<sup>[4,5]</sup>。由于青梅果肉高度酯化果胶和纤维素含量较高,在果浆黏度大的情况下直接机械取汁出汁率不高<sup>[6]</sup>,且不同取汁工艺对青梅果的营养成分会造成不同程度的损失。水浴提取法是传统加工方法,操作简单,效率高,但水浴提取温度一般较高,易造成营养物质损失,且电耗成本高。目前,超声波技术和酶解方法应用于果蔬提取方面已有较多的研究。超声波利用其空化作用等极端物理特性,可加速植物细胞壁组织破碎,使果肉组织在较低温度和较短时间就能将其成分快速溶出<sup>[7]</sup>,从而提高提取率,有效降低提取温度和缩短提取时间。酶解作用主要是通过进一步破坏和水解细胞壁物质,使胞内物质溶出,使细胞壁不溶性大分子降解至可溶性,降低果肉组织黏度,加快组织溶出,从而提高出汁率和提取速度,并可较大程度保留果肉营养成分<sup>[8]</sup>。最常见的应用于取汁工艺的是果胶酶,它可有效地切割并降解果胶的复杂分子链结构,水解果肉组织中的果胶物质及多糖,破坏植物细胞壁网状结构<sup>[6,9]</sup>,降低果肉浆液黏度,使胞内内容物最大限度地释放出来,进而提高生产效率和出汁率<sup>[10]</sup>。此外,果肉细胞壁还有纤维素等物质结合,使细胞壁呈现稳定的化学结构,利用果胶酶和纤维素酶协同作用,酶解细胞壁中的果胶和纤维素等大分子,从而破坏果胶和纤维素等大分子构成的网络结构,使果汁完全溶出<sup>[11]</sup>。

不同果种和品种水果的取汁工艺最优条件不同,且水浴提取法、超声波辅助提取法和复合酶法应用于青梅取汁工艺的综合研究报道较少,因此,本文通过研究上述 3 种方法对青竹梅出汁率及品质的影响,为青梅精深加工提供理论依据。

## 2 材料与方法

### 2.1 材料、仪器与试剂

新鲜青竹梅购自福建省诏安县红星乡青竹梅果园,果胶酶(500 U/mg)、纤维素酶(50 U/mg)均购自上海源叶生物科技有限公司。

TM-767III型搅拌机(中山市小太阳有限公司);DK2-1型电热恒温振荡水槽(上海一恒科技有限公司);SK5210HP型超声波清洗器(海科导超声仪器有限公司);JA2003N 型

电子分析天平(上海佑科仪器仪表有限公司);PAL-1 型数显折射仪(日本 ATAGO 公司);TU-1900 型双光束紫外可见分光光度计(北京普析通用仪器有限责任公司)。

氢氧化钠(分析纯,国药集团化学试剂有限公司);酚酞(分析纯,麦克林生化科技有限公司)。

### 2.2 实验方法

#### 2.2.1 原料制备及处理

挑选八九成熟、无机械损伤和病虫害的青竹梅,经过清洗、沥干,去核、切块,进行以下四种处理:1)对照:称取定量果肉直接加 4 倍水搅拌,后先用 3 层纱布粗滤,再用 1 层 120 目绢布;2)水浴提取法:称取定量的果肉,加入定量水搅拌,后置于电热恒温振荡水槽中,反应结束,取出冷却,同上过滤;3)超声波辅助提取法:称取定量的果肉,加入定量水搅拌,后置于超声波清洗器中,反应结束,取出冷却,同上过滤;4)复合酶解法:称取定量的果肉,加入定量水搅拌,后添加酶置于电热恒温振荡水槽中,反应结束,进行 100 °C 下灭酶 2 min,同上过滤。

#### 2.2.2 指标测定方法

出汁率计算公式如下<sup>[6]</sup>:出汁率(%)=
$$\frac{\text{青梅汁质量}-\text{加水质量}}{\text{青梅果质量}} \times 100$$

可溶性固形物含量采用 PAL-1 迷你数显折射仪测定;可滴定酸含量的测定参照国家标准 GB/T 12456-2008《食品中总酸的测定》<sup>[12]</sup>测定,结果以苹果酸计;总糖、类黄酮和总酚含量均采用苏州科铭生物科技有限公司试剂盒测定。

### 2.3 实验设计

#### 2.3.1 水浴提取对青竹梅出汁率的影响

考察不同料液比(g/mL)(料液比 1:2、1:3、1:4、1:5、1:6 g/mL,于 80 °C 下水浴 1 h)对青竹梅出汁率的影响;考察不同温度(料液比 1:4 g/mL,于 60、70、80、90、100 °C 下水浴 1 h,)对青竹梅出汁率的影响;考察不同时间(料液比 1:4, g/mL,于 80 °C 下水浴 0.5、1.0、1.5、2.0、2.5 h)对青竹梅出汁率的影响。在单因素实验基础上,以  $L_9(3^4)$  正交实验确定最优工艺参数,因素水平如表 1 所示。

表 1 水浴提取法正交实验因素水平

Table 1 Factors and standards of orthogonal test of water bath extraction

水平	因素		
	料液比 (g/mL)	水浴温度 /°C	水浴时间 /min
1	1:3	60	30
2	1:4	70	60
3	1:5	80	90

### 2.3.2 超声波辅助提取对青竹梅出汁率的影响

考察不同料液比(料液比 1:2、1:3、1:4、1:5、1:6, g/mL, 于超声波功率 140 W、60 °C下提取 35 min)对青竹梅出汁率的影响; 考察不同超声波功率(料液比 1:4 g/mL, 于超声波功率 80、110、140、170、200 W、60 °C下提取 35 min,)对青竹梅出汁率的影响; 考察不同提取温度(料液比 1:4 g/mL, 超声波功率 200 W, 分别于 40、50、60、70、80 °C下提取 35 min)对青竹梅出汁率的影响; 考察不同提取时间(料液比 1:4 g/mL, 于超声波功率 200 W 和 60 °C下, 提取 0.5、1.0、1.5、2.0、2.5 h)对青竹梅出汁率的影响。在单因素实验基础上, 以  $L_9(3^4)$  正交实验确定最优工艺参数, 因素水平如表 2 所示。

表 2 超声波辅助提取法正交实验因素水平  
Table 2 Factors and standards of orthogonal test of ultrasonic-assisted extraction

水平	因素			
	料液比/(g/mL)	超声波功率/W	超声温度/°C	超声时间/min
1	1:2	140	50	20
2	1:3	170	60	35
3	1:4	200	70	50

### 2.3.3 酶解对青竹梅出汁率的影响

考察不同果胶酶添加量(添加 0.02%、0.03%、0.04%、0.05%、0.06%果胶酶, 于 40 °C下酶解 1.5 h)对青竹梅出汁率的影响; 考察不同纤维素添加量(每克果肉中添加 0.01%、0.02%、0.03%、0.04%、0.05%纤维素酶, 于 40 °C下酶解 1.5 h)对青竹梅出汁率的影响; 考察不同酶解温度(添加 0.05%果胶酶, 添加 0.02%纤维素酶, 于 30、35、40、45、50 °C下酶解 1.5 h)对青竹梅出汁率的影响; 考察不同酶解时间(添加 0.05%果胶酶, 添加 0.02%纤维素酶, 于 40 °C下酶解 0.5、1.0、1.5、2.0、2.5 h)对青竹梅出汁率的影响。在单因素实验基础上, 以  $L_9(3^4)$  正交实验确定最优工艺参数, 因素水平如表 3 所示。

## 2.4 数据处理

数据运用 SPSS 24.0 软件进行正交实验设计、极差分析和方差分析, 利用 Excel 软件作图。

表 3 酶解法正交实验因素水平

Table 3 Factors and standards of orthogonal test of enzymatic hydrolysis extraction

水平	因素			
	果胶酶添加量/%	纤维素酶添加量/%	酶解温度/°C	酶解时间/min
1	0.04	0.02	35	60
2	0.05	0.03	40	90
3	0.06	0.04	45	120

## 3 结果与分析

### 3.1 水浴提取法

#### 3.1.1 单因素实验

不同料液比、温度和水浴时间的水浴提取对青竹梅出汁率的影响如图 1 所示, 随料液比增加, 青竹梅出汁率呈上升后稳定的趋势, 在料液比为 1:3(g/mL)时已有较高的出汁率, 料液比继续提高, 出汁率不再增长。随水浴温度逐渐提高, 青竹梅出汁率呈上升后下降趋势, 有研究报道, 加热破坏果实细胞壁, 加速果肉组织液溶出, 提高浸提速度<sup>[13]</sup>, 在 80 °C达最高值, 继续升高温度后, 出汁率反而急剧下降, 这可能是由于水分大量蒸发损失导致出汁率下降。随水浴时间延长青竹梅出汁率呈上升后下降趋势, 在水浴时间为 30 min 和 60 min 时具有较高的出汁率, 水浴时间越长果肉组织液溶出越多, 从而提高出汁率, 而当水浴时间过长果汁内水分蒸发反而降低出汁率。

#### 3.1.2 正交实验

由表 4 可知, 水浴提取法的最优因素水平组合为  $A_2B_3C_2$ , 方差分析结果显示, 3 个因素均为显著影响因子, 影响顺序依次是水浴温度 > 料液比 > 水浴时间。因此, 以出汁率为指标, 水浴提取法最佳工艺参数为料液比 1:4(g/mL)、水浴温度 80 °C、水浴时间 60 min。

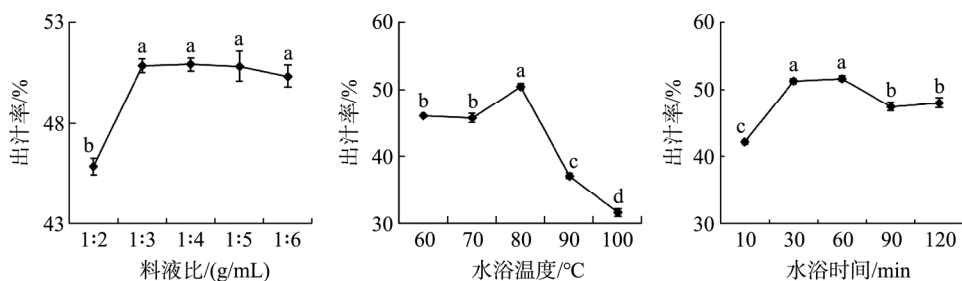


图 1 不同料液比、温度和时间对青竹梅出汁率的影响( $n=3$ )

Fig.1 Effect of material to liquid ratio, temperature and time on juice yield of *Prunus mume* ( $n=3$ )

表4 水浴提取法正交实验  
Table 4 Orthogonal test of water bath extraction

实验号	A	B	C	D 空列	出汁率/%
1	1	1	1	1	46.7
2	1	2	2	2	47.9
3	1	3	3	3	46.4
4	2	1	2	3	46.6
5	2	2	3	1	48.0
6	2	3	1	2	51.9
7	3	1	3	2	44.1
8	3	2	1	3	44.3
9	3	3	2	1	49.2
k1	47.0	45.8	47.7	48.0	
k2	48.8	46.7	47.9	48.0	
k3	45.9	49.2	46.2	45.8	
极差	3.0	3.4	1.7	2.2	

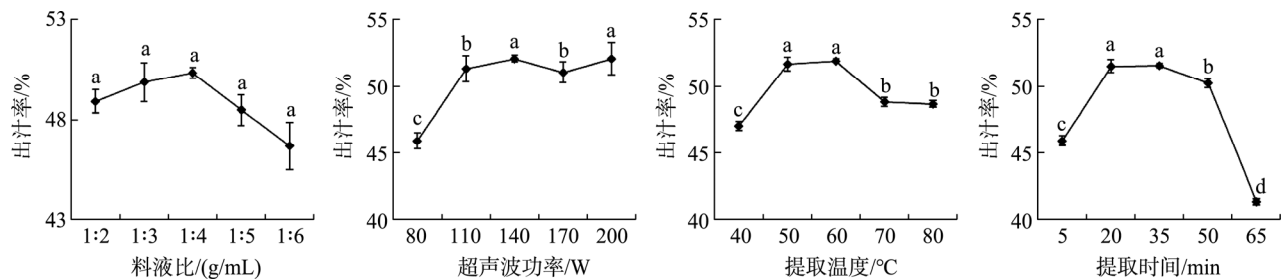


图2 不同料液比、超声波功率、提取温度和提取时间对青竹梅出汁率的影响( $n=3$ )

Fig.2 Effect of material to liquid ratio, ultrasonic power, temperature and time on juice yield of *Prunus mume* ( $n=3$ )

表5 超声波辅助提取法正交实验  
Table 5 Orthogonal test of ultrasonic-assisted extraction

实验号	A	B	C	D	出汁率/%
1	1	1	1	1	49.2
2	1	2	2	2	49.1
3	1	3	3	3	46.1
4	2	1	2	3	51.1
5	2	2	3	1	48.9
6	2	3	1	2	47.9
7	3	1	3	2	48.7
8	3	2	1	3	49.7
9	3	3	2	1	51.9
k1	48.1	49.7	48.9	50.0	
k2	49.3	49.2	50.7	48.5	
k3	50.1	48.6	47.9	49.0	
极差	2.0	1.0	2.8	1.5	

### 3.2 超声波辅助提取法

#### 3.2.1 单因素实验

不同料液比、超声波功率、提取温度和提取时间的超声波辅助提取对青竹梅出汁率的影响如图2所示,随料液比、提取温度提高和提取时间延长,青竹梅出汁率基本均呈现先上升后下降趋势,分别在料液比为1:4(g:mL)时、提取温度为60℃、提取时间为20 min时有最高的出汁率。而随超声波功率升高,青竹梅出汁率呈波动上升趋势,110 W后趋于稳定,这是因为超声波主要利用空化作用加速组织液溶出,而空化作用的产生大小与超声波强度有关,仅在一定范围内会呈现正相关,达到一定强度后处于饱和,超声波功率上升,其空化作用强度不再加强甚至会下降,并且不同的提取物和提取目的有着不同的适宜超声波功率<sup>[14-16]</sup>。

#### 3.2.2 正交实验

由表5可知,超声波辅助提取法的最优因素水平组合为 $A_3B_1C_2D_1$ ,方差分析结果显示4个因素均为显著影响因素,影响顺序依次是提取温度>料液比>提取时间>超声波功率。因此,以出汁率为指标,超声波辅助提取法最佳工艺参数为料液比1:4(g:mL)、超声波功率为140 W、提取温度为60℃、提取时间为20 min。

### 3.3 复合酶解法

#### 3.3.1 单因素实验

不同果胶酶添加量、纤维素酶添加量、酶解温度和酶解时间对青竹梅出汁率的影响如图3所示,随果胶酶添加量青竹梅出汁率呈现先下降后上升趋势,在果胶酶添加量为0.03%时出现下降,可能是由于酶量的增加,导致了果实中纤维素、半纤维素和多糖类物质部分溶入果汁中,提高果汁粘稠度而降低了出汁率<sup>[17]</sup>,而继续增加果胶酶量,大量分解果胶提高的出汁率大于粘稠度降低的出汁率,从而提高总体出汁率。随纤维素酶添加量增加青竹梅出汁率呈逐渐上升趋势,在果胶酶添加量为0.05%、纤维素酶添加量为0.02%时有最高出汁率,添加果胶酶和纤维素酶可显著提高出汁率,在一定范围内随添加量增加而提高,这是由于酶用量少时,果胶和纤维素物质未分解完全,提高用量后可加快

酶解速度, 而当果胶和纤维物质分解已达饱和, 再提高酶用量导致分解产物过多溶于果汁中提高粘稠度, 反而抑制出汁率提高。随酶解温度升高和酶解时间延长, 青竹梅出汁率呈先上升后下降趋势, 分别在 45 °C 和 90 min 时有最高的出汁率。这是由于酶是一种蛋白质, 过高和过低的温度都会钝化酶降低活性, 只有在最适温度条件时酶活性最高, 而果胶酶和纤维素酶酶解果胶和纤维素等底物均需要一定时间, 待一定时间后果胶、纤维素等物质水解已达饱和, 继续延长

酶解时间, 并不再提高出汁率<sup>[18,19]</sup>。

### 3.3.2 正交实验

由表 6 可知, 超声波辅助提取法的最优因素水平组合为  $A_3B_1C_2D_2$ , 方差分析结果显示 4 个因素均为显著影响因素, 影响顺序依次是果胶酶添加量 > 纤维素酶添加量 > 酶解时间 > 酶解温度。因此, 以出汁率为指标, 超声波辅助提取法最佳工艺参数为果胶酶添加量为 0.6%、纤维素酶添加量为 0.2%、酶解温度为 40 °C、酶解时间为 90 min。

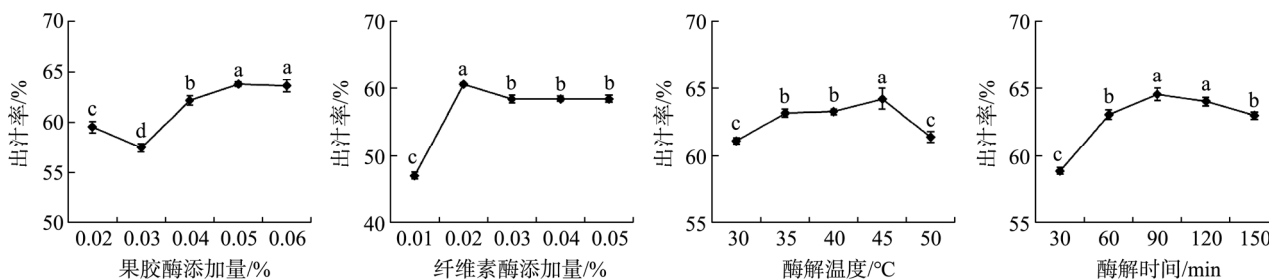


图 3 不同果胶酶添加量、纤维素酶添加量、酶解温度和酶解时间对青竹梅出汁率的影响(n=3)  
Fig.3 Effect of pectinase dosage, cellulase dosage, temperature and time on juice yield of *Prunus mume* (n=3)

表 6 复合酶解法正交实验  
Table 6 Orthogonal test of enzymatic hydrolysis extraction

实验号	A	B	C	D	出汁率/%
1	1	1	1	1	61.9
2	1	2	2	2	62.1
3	1	3	3	3	59.9
4	2	1	2	3	65.6
5	2	2	3	1	62.7
6	2	3	1	2	62.7
7	3	1	3	2	66.2
8	3	2	1	3	64.9
9	3	3	2	1	62.9
k1	61.3	64.5	63.2	62.5	
k2	63.7	63.2	63.5	63.7	
k3	64.7	61.8	62.9	63.5	
极差	3.4	2.7	0.6	1.2	

### 3.4 验证及对比实验

正交实验最佳工艺条件下实验结果如表 7 所示, 水浴提取法、超声波辅助提取法和复合酶解法的出汁率分别比对照提高了 10.2%、11.0%和 24.4%。

从表 7 可看出, 3 种方法提取汁的可溶性固形物含量和可滴定酸含量均低于对照, 这可能是由于 3 种方法的出汁率提高, 总容积提高, 从而成分浓度有所降低。水浴提取法提取汁中总糖、类黄酮和总酚含量指标均低于对照, 可能是由于高温水浴提取对使一部分活性成分损失。而超声波辅助提取法总糖含量低于对照, 类黄酮和总酚含量高于对照, 这可能是超声波辅助提取促进了类黄酮和总酚含量的提取效果。复合酶解法提取汁中总糖、类黄酮和总酚含量均高于对照, 这可能是由于酶解作用时细胞壁物质降解, 组织充分溶出, 促进营养成分溶出提取。由此说明, 复合酶解法在提取营养成分方面具有显著优势。

表 7 不同取汁工艺对青竹梅出汁率及营养物质的影响(n=3)  
Table 7 Effect of extraction process on juice yield and nutrients of *Prunus mume* (n=3)

处理组	出汁率/%	可溶性固形物/%	可滴定酸/%	总糖/(mg/mL)	类黄酮/(mg/100 mL)	总酚/(mg/100 mL)
对照	42.2 ± 0.35	1.3 ± 0.06	0.91 ± 0.01	1.69 ± 0.08	5.97 ± 0.20	9.04 ± 0.18
水浴提取法	52.4 ± 0.53	1.1 ± 0.00	0.81 ± 0.02	1.44 ± 0.04	5.82 ± 0.16	8.90 ± 0.08
超声波辅助提取法	53.2 ± 0.35	1.1 ± 0.00	0.80 ± 0.03	1.28 ± 0.02	7.41 ± 0.17	10.12 ± 0.08
复合酶解法	66.6 ± 0.15	1.2 ± 0.00	0.86 ± 0.02	2.29 ± 0.02	6.41 ± 0.27	9.80 ± 0.24

## 4 结论与讨论

本研究采用3种方法对青竹梅进行取汁,并在单因素试验基础上进行工艺优化,结果表明,水浴提取法最优工艺:料液比 1:4(g:mL),水浴温度 80 °C,水浴时间 60 min;超声波辅助提取法最优工艺:料液比 1:4(g:mL),超声波功率 140W,提取温度 60 °C,提取时间 20 min;复合酶解法最优工艺:果胶酶添加量为 0.6%,纤维素酶添加量为 0.2%,酶解温度 40 °C,酶解时间 90 min。结果显示,在最优条件下,复合酶法提取青竹梅出汁率最高,并且提取汁的综合营养指标最佳。孙昞等<sup>[20]</sup>研究发现果胶酶可增加软枣猕猴桃出汁率将近 27%;刘功良等<sup>[21]</sup>利用果胶酶可将脐橙出汁率提高到 53.93%;赵能等<sup>[22]</sup>通过研究纤维素酶-果胶酶复合处理可将胡萝卜出汁率提高至 79%,优于单一酶处理效果。姜守军等<sup>[23]</sup>研究发现酶法处理不仅提高了葡萄出汁率,还可促进葡萄汁保留色泽。张丽霞等<sup>[24]</sup>研究认为利用果胶酶与果浆复合酶双酶水解可显著提高黑莓出汁率,且可降低果汁换浊度,改善果汁品质。本结果与上述报道类似,果胶酶与纤维素酶复合处理显著提高了青竹梅出汁率,并较大幅度保留了青竹梅提取汁的营养成分。青竹梅果中含有大量的果胶、纤维素等,导致压榨出汁较少,且汁液浑浊粘稠,出汁率低,并且这些粘稠物质溶于提取汁中会进行一些缓慢的物理化学变化,降低提取汁的稳定性,导致果汁变质、变色等<sup>[24]</sup>。综上所述,本研究可为青梅深加工产品开发及实际生产应用等提供理论指导依据。

## 参考文献

- 李升锋,徐玉娟,刘学铭,等.一种青梅原汁的生产工艺及营养成分分析[J].食品科技,2006,31(11):190-192.  
Li SF, Xu YJ, Liu XM, *et al.* A kind of produce technique of sour plum fumet and analysis of its nutrition composition [J]. Food Sci Technol, 2006, 31(11): 190-192.
- 陆玲.青梅晶的加工技术[J].食品科技,2002,11(11):55.  
Lu L. Processing technology of plum extract concentrated liquid [J]. Food Sci Technol, 2006, 31(11): 190-192.
- 李海林.青梅的保健价值及其开发利用[J].食品研究与开发,2004,25(1):101.  
Li HL. The health value of green plum and its development and utilization [J]. Food Res Dev, 2004, 25(1): 101.
- 郑宝东,孟鹏,郑金贵.不同青梅品种果汁加工品质比较研究[J].福建农业学报,2005,20(1):61-64.  
Zheng BD, Meng P, Zheng JG. Processing juice quality characters of different *Prunus mume* varieties [J]. Fujian J Agric Sci, 2005, 20(1): 61-64.
- 孟鹏,郑宝东.酶法高透光率青梅汁生产工艺的研究[J].农产品加工学刊,2006,4:43-45.  
Meng P, Zheng BD. Study on the manufacturing procedure of high transparency *Prunus mume* juice by using enzyme [J]. Acad Period Farm Prod Process, 2006, 4: 43-45.
- 叶倩雯,刘长海,廖堪义.复合酶法提取青梅汁的工艺研究[J].农产品加工,2014,9(6):30-34.  
Ye QW, Liu CH, Liao KY. Study on the technology of extracting green plum juice by compound enzymatic method [J]. Farm Prod Process, 2014, 9(6): 30-34.
- 王长春,林向阳,巫春宁,等.水浴提取、超声波和微波辅助提取枇杷叶中熊果酸的比较研究[J].食品安全质量检测学报,2013,4(2):563-568.  
Wang CC, Lin XY, Wu CN, *et al.* Effect of water bath extraction, ultrasonic and microwave assisted extraction on ursolic acid from loquat leaves [J]. J Food Saf Qual, 2013, 4(2): 563-568.
- 王海莹,李燕,邹盈,等.果胶酶和纤维素酶对尤力克柠檬出汁率的影响[J].农产品加工学刊,2010,3(3):56-58.  
Wang HT, Li Y, Zhou Y, *et al.* Effects of pectinase and cellulase on the juice extraction rate of eureka lemon [J]. Acad Period Farm Prod Process, 2010, 3(3): 56-58.
- 薛洁,贾士儒,王异静.果胶酶在欧李果汁加工中的应用[J].食品科学,2007,28(1):120-122.  
Xue J, Jia SR, Wang YJ. Application of pectinase on treatment of *Cerasus humilis* juice [J]. Food Sci, 2007, 28(1): 120-122.
- 钱慧碧,李亚东,辛秀兰,等.果胶酶提高越橘汁出汁率及稳定性研究[J].江苏农业科学,2009,1(6):346-349.  
Qian HB, Li YD, Xin XL, *et al.* Study on improving juice yield and stability of blueberry by pectinase [J]. Jiangsu Agric Sci, 2009, 1(6): 346-349.
- 王新惠,白婷,梁琴,等.酶法提高草莓出汁率的研究[J].食品研究与开发,2015,36(20):1-4.  
Wang XH, Bai T, Liang Q, *et al.* Technology for high extraction rate of juice from strawberry by enzyme method [J]. Food Res Dev, 2015, 36(20): 1-4.
- GB/T 12456-2008 食品中总酸的测定[S].  
GB/T 12456-2008 Determination of total acid in food [S].
- 徐飞,钮福祥,张爱君,等.不同提取工艺对山楂汁质量的影响[J].安徽农业科学,2006,34(11):2512-2513.  
Xu F, Niu FX, Zhang AJ, *et al.* Effect of different extraction techniques on the quality of hawthorn juice [J]. J Anhui Agric Sci, 2006, 34(11): 2512-2513.
- 于修焯,李志西,杜双奎.苹果籽油超声波辅助浸提及产品理化特性研究[J].农业工程学报,2005,21(9):155-159.  
Yu XZ, Li ZX, Du SK. Ultrasonic extraction of apple seed oil and its physical-chemical properties [J]. Trans Chin Soc Agric Eng, 2005, 21(9): 155-159.
- 徐怀德,闫宁环,陈伟,等.黑莓原花青素超声波辅助提取优化及抗氧化性研究[J].农业工程学报,2008,24(2):264-269.  
Xu HD, Yan NH, Chen W, *et al.* Ultrasonic assisted extraction technology and its antioxidative activity of blackberry anthocyanin [J]. Trans Chin Soc Agric Eng, 2008, 24(2): 264-269.
- 夏涛,时思全,宛晓春.微波、超声波对茶叶主要化学成分浸提效果的研究[J].农业工程学报,2004,20(6):170-173.  
Xia T, Shi SQ, Wan XC. Effects of microwave and ultrasound assisted extraction of main chemical components of tea [J]. Trans Chin Soc Agric Eng, 2004, 20(6): 170-173.
- 李静燕,杨玉玲,李春阳,等.酶法提高草莓出汁率的工艺优化[J].江西农业学报,2011,23(9):155-158.

- Li JY, Yang YL, Li CY, *et al.* Optimization of technology for high extraction rate of juice from strawberry by enzyme method [J]. *Acta Agric Jiangxi*, 2011, 23(9): 155–158.
- [18] 张兴龙, 王维琴, 余丹丹. 果胶酶提高‘宁海白’枇杷果浆出汁率的工艺优化[J]. *食品工业科技*, 2013, 34(12): 258–260, 266.
- Zhang XL, Wang WQ, Yu DD. Optimization of the ‘Ninghaibai’ loquat fruit pulp juice yield by means of pectinase [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2013, 34(12): 258–260, 266.
- [19] 杨辉, 陈永康, 张智锋. 果胶酶提高苹果出汁率工艺条件的优化[J]. *食品科技*, 2006, 31(5): 76–78.
- Yang H, Chen YK, Zhang ZF. Optimization of technological parameters of the apple juice treating with pectase [J]. *Food Sci Technol*, 2006, 31(5): 76–78.
- [20] 孙旸, 孙春玉, 马骥, 等. 果胶酶提高软枣猕猴桃出汁率研究[J]. *中国酿造*, 2011, 30(9): 115–117.
- Sun Y, Sun CY, Ma J, *et al.* Increasing juice yield of actinidia arguta with pectinase [J]. *Chin Brew*, 2011, 30(9): 115–117.
- [21] 刘功良, 陶嫦立, 白卫东, 等. 果胶酶用于制取德庆贡柑果汁的优化工艺研究[J]. *安徽农业科学*, 2011, 39(13): 7699–7700.
- Liu GL, Tao CL, Bai WD, *et al.* Study on optimized process of the produce of deqing tribute orange juice with pectinase [J]. *J Anhui Agric Sci*, 2011, 39(13): 7699–7700.
- [22] 赵能, 罗安伟, 姚婕, 等. 响应面试验优化胡萝卜浆复合酶解工艺[J]. *食品科学*, 2015, 36(16): 83–87.
- Zhao N, Luo AW, Yao J, *et al.* Optimization of enzymatic hydrolysis of carrot pulp with cellulase and pectinase for increased juice yield by response surface methodology [J]. *Food Sci*, 2015, 36(16): 83–87.
- [23] 姜守军, 周广麒. 果胶酶提高葡萄出汁率及色泽的影响[J]. *食品与机械*, 2007, 23(3): 155–156.
- Jiang SJ, Zhou GQ. Research on grape juice colour and grape juice yield using pectinase [J]. *Food Mach*, 2007, 23(3): 155–156.
- [24] 张丽霞, 周剑忠, 刘红锦, 等. 双酶水解制备黑莓澄清汁的工艺优化[J]. *农业工程学报*, 2010, 26(10): 372–376.
- Zhang LX, Zhou JZ, Liu HJ, *et al.* Process optimization of preparation of clarified blackberry juice using two commercial enzymes [J]. *Trans Chin Soc Agric Eng*, 2010, 26(10): 372–376.

(责任编辑: 韩晓红)

### 作者简介



林炎娟, 硕士, 主要研究方向为果品保鲜与加工。

E-mail: linyanjuan916@126.com



叶新福, 博士, 研究员, 主要研究方向为品质遗传育种。

E-mail: yexinfu@126.com