

# 毛茶茶多酚提取工艺优化 及其对鲜切苹果品质的影响

管馨馨, 胡文忠\*, 李婉莹, 陈晨, 孙小渊, 龙娅, 郝可欣

(1. 大连民族大学生命科学院, 辽宁大连 116600;

2. 生物技术与资源利用教育部重点实验室, 辽宁大连 116600)

**摘要:**以茶多酚的含量为指标, 利用响应面试验优化毛茶中茶多酚的最佳提取工艺, 用茶多酚含量为 0、2、4、8 mg/mL 的毛茶提取液浸泡鲜切苹果, 从  $\Delta E$ 、失重率、硬度、可滴定酸含量、可溶性固形物及感官评定等方面评价其对鲜切苹果的保鲜效果。实验结果表明, 毛茶中提取茶多酚的最佳工艺条件为: 提取时间 65 min, 提取温度 55 °C, 超声频率为 65 kHz, 该条件下实验所得提取物茶多酚的含量为 19.312 mg/g。毛茶茶多酚提取物处理鲜切苹果结果表明, 毛茶茶多酚提取物能延缓鲜切苹果失重率及硬度的下降, 还能延缓鲜切苹果中可滴定酸及可溶性固形物的含量下降, 并且能较好地维持鲜切苹果的感官品质, 4 mg/mL 的毛茶茶多酚提取物能很好地对鲜切苹果进行保鲜。

**关键词:**毛茶, 茶多酚, 鲜切苹果, 品质

## Optimization of Extraction Process of Tea Polyphenols from Maocha Tea and Its Effect on Quality of Fresh-Cut Apples

GUAN Qing-xin, HU Wen-zhong\*, LI Wan-ying, CHEN Chen, SUN Xiao-yuan, LONG Ya, HAO Ke-xin

(1. College of Life Science, Dalian Minzu University, Dalian 116600, China;

2. Key Laboratory of Biotechnology and Bioresources Utilization, Ministry of Education, Dalian 116600, China)

**Abstract:** Using the content of tea polyphenols as the index, the optimal extraction process of tea polyphenols in Maocha was optimized by response surface test, and freshly cut apples were soaked with Maocha extract with tea polyphenol content of 0, 2, 4, and 8 mg/mL. The fresh-keeping effect on fresh-cut apples was evaluated by  $\Delta E$ , weight loss rate, hardness, titratable acid content, soluble solids and sensory evaluation. The experimental results showed that the optimum conditions for extracting tea polyphenols from Maocha were as follows: Extraction time 65 min, extraction temperature 55 °C, ultrasonic frequency 65 kHz. Under this condition, the content of tea polyphenols in the extract was 19.312 mg/g. The results of the treatment of fresh-cut apples with Maocha tea polyphenol extract showed that it could reduce the weight loss rate and hardness of fresh-cut apples, and also also delay the decline of titratable acid and soluble solids in fresh-cut apples, and better maintain the sensory quality of fresh-cut apples, 4 mg/mL of Maocha tea polyphenol extract could preserve fresh-cut apples well.

**Key words:** Maocha; tea polyphenols; fresh cut apples; quality

中图分类号: TS255.36

文献标识码: B

文章编号: 1002-0306(2019)23-0124-06

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2019.23.021

引文格式: 管馨馨, 胡文忠, 李婉莹, 等. 毛茶茶多酚提取工艺优化及其对鲜切苹果品质的影响[J]. 食品工业科技, 2019, 40(23): 124-129.

鲜切苹果是经筛选、清洗、去皮、切分、修整、保鲜、包装等处理环节后, 提供给消费者的一种使用方

收稿日期: 2019-03-28

作者简介: 管馨馨(1994-), 女, 硕士, 研究方向: 食品科学, E-mail: 2728468842@qq.com。

\* 通讯作者: 胡文忠(1959-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 食品科学, E-mail: hzw@dlnu.edu.cn。

基金项目: “十三五”国家重点研发计划项目(2016YFD0400903); 国家自然科学基金项目(31471923, 31172009); 国家“十二五”科技支撑计划项目(2012BAD38B05)。

研究[J]. 食品工业, 2017, 38(10): 158-161.

[27] 刘玉兰. 油脂制取与加工工艺学[M]. 北京: 科学出版社, 2009.

[28] 陈中伟, 丁芬, 吴其飞, 等. 亚临界丙烷、超临界 CO<sub>2</sub> 及正

己烷对米糠油提取品质的对比研究[J]. 中国粮油学报, 2017, 32(3): 36-47.

[29] 赵德义, 徐爱遐, 张博勇, 等. 杜仲籽油与紫苏籽油脂肪酸组成的比较研究[J]. 西北植物学报, 2005, 25(1): 191-193.

便、营养卫生的即食性农产品<sup>[1]</sup>。苹果适合鲜切加工处理程序,符合现代人对果蔬产品高营养、方便快捷的追求。近年来,鲜切苹果因含有丰富的抗氧化物质和营养成分,已经成为一种热门零食出现在餐饮业和零售行业中。然而,鲜切苹果的保鲜是一项技术难题,鲜切加工处理苹果加快了组织的衰老进程,从而引起腐败变质的发生,同时由于酶促反应、质地软化和营养流失,使鲜切苹果通常只有较短的货架期,且造成其感官品质下降<sup>[2]</sup>。因此,一种高效简单、绿色安全的保鲜方式,成为鲜切苹果保鲜领域的研究重点。

目前,鲜切果蔬的保鲜方式分为物理保鲜(光电保鲜、高压保鲜、气调保鲜、温度调控)、化学保鲜(杀菌剂、褐变抑制剂)、生物保鲜(植物源保鲜剂、动物源保鲜剂、微生物保鲜剂)<sup>[3-5]</sup>。其中生物保鲜方法因具安全、天然、高效等特点得到了广泛的研究与应用,已有研究证实柑橘皮精油、黄连、连翘提取物、蒜姜提取液等含有优良保鲜成分的物质可有效延长鲜切果蔬的货架期,对鲜切果蔬的保鲜效果明显<sup>[6]</sup>。

毛茶是绿茶经日晒干燥而得的青毛茶,其不仅是制成紧茶、方茶、茯砖等紧压茶的主原料<sup>[7]</sup>,还可用作进出口等用途。毛茶加工工艺简单,成本低,收敛性好,茶多酚类化合物(黄酮类、酚酸类、花色苷)是毛茶含有的主要活性成分,兼具抗氧化、抗肿瘤、抗辐射、抗动脉粥样硬化等多种药理功效。茶多酚体外抗氧化实验表明<sup>[8]</sup>,茶多酚单体对自由基有着较强的清除作用,其结构可以提供多个羟基使自由基灭活,具有较强的抗氧化能力。目前,有研究将其应用于鲜切果蔬的保鲜加工,如李晶莹等<sup>[8]</sup>将茶多酚涂膜应用于鲜切青椒和黄瓜,结果得出2%的茶多酚涂抹可以有效减缓两种蔬菜感官品质的降低,降低了其质量损失,贮藏时间也得到延长;李素清等<sup>[9]</sup>将茶多酚和其他三种褐变抑制剂进行复合浸泡处理鲜切蒜薹,实验处理结果表明该保鲜剂能有效控制鲜切蒜薹相对电导率的上升,使其细胞膜保持完整,同时也抑制丙二醛、多酚氧化酶酶活性以及硝基氮含量的积累,减缓其成熟衰老进程。但是青毛茶提取液在鲜切果蔬保鲜领域的研究鲜有报道,因此本实验利用响应面法研究青毛茶中茶多酚的提取工艺,在此基础上,研究不同浓度浓度青毛茶提取液对鲜切苹果品质维持及鲜度的影响,以期开发出一种新型、绿色的天然植物源保鲜剂。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

毛茶 于2018年采自贵州省铜仁市松桃县;红富士 购于大连经济开发区沃尔玛超市;没食子酸标准品、碳酸钠、草酸、碳酸氢钠、氢氧化钠、酚酞、抗坏血酸、氯化钠、2,6-二氯酚靛酚、酚酞、邻苯二甲酸氢钾 天津市科密欧化学试剂有限公司;福林酚 北京索莱宝;以上试剂 均为分析纯。

CR400/CR410 型色差计 日本 Konica Minolta 公司;WYT-32 手持阿贝折光仪 上海精密仪器仪表有限公司;T25 基本型高剪切分散匀浆机 德国

IKA 公司;PL203 型精密电子天平 上海梅特勒托利多;BR4i 型台式高速冷冻离心机 法国 Jouan 公司;SIM-F140 型制冰机 日本三洋公司;UV-2600 紫外分光光度计 日本岛津公司;GY-2 硬度计 北京东南仪成设备有限公司;LD-85 箱式冷冻干燥仪 上海驭铭实业有限公司。

### 1.2 实验方法

1.2.1 毛茶中茶多酚的提取工艺 取2.0 g 毛茶加入10 mL 水制得毛茶提取液,置于棕色试剂瓶于室温下(25 ℃)、频率40 kHz 下超声浸提60 min<sup>[11-12]</sup>,提取液于10000 r/min、4 ℃离心10 min,取上清液于4 ℃冰箱中备用。

#### 1.2.2 单因素实验

1.2.2.1 提取时间对毛茶茶多酚含量的影响 将2.0 g毛茶加入10 mL 水制得毛茶提取液置于棕色试剂瓶于室温下(25 ℃),频率40 kHz 下超声浸提20、40、60、80、100 min<sup>[12]</sup>,研究提取时间对毛茶茶多酚含量的影响。

1.2.2.2 提取温度对毛茶茶多酚含量的影响 将2.0 g毛茶加入10 mL 水制得毛茶提取液置于棕色试剂瓶分别于25、35、45、55、65 ℃,频率40 kHz 下超声浸提60 min<sup>[12]</sup>,研究提取温度对毛茶茶多酚含量的影响。

1.2.2.3 超声频率对毛茶茶多酚含量的影响 将2.0 g毛茶加入10 mL 水制得毛茶提取液置于棕色试剂瓶于温度25 ℃,分别在频率为20、40、60、80、100 kHz的条件下超声浸提60 min<sup>[12]</sup>,研究超声频率对毛茶茶多酚含量的影响。

1.2.3 响应面试验 以时间(A)、温度(B)、频率(C)为三个因素,根据 Design Expert 8.0.0 软件设计3 水平响应面试验,试验因素水平见表1。

表1 响应面试验设计与水平

Table 1 Factors and levels of response surface experiment

水平	因素		
	A 提取时间 (min)	B 提取温度 (℃)	C 超声频率 (kHz)
-1	70	35	50
0	80	45	60
1	90	55	70

1.2.4 茶多酚含量的测定方法 配制质量浓度为1 mg/mL的没食子酸标准品母液,稀释成不同质量浓度的没食子酸溶液(10、20、40、80、120、160 μg/mL),采用紫外分光光度法在765 nm 处测定不同浓度没食子酸的吸光度,以浓度为横坐标,吸光度为纵坐标,制得没食子酸质量浓度和吸光度之间的回归线方程  $y = 0.0006x + 0.0169$  ( $R^2 = 0.990$ ),该曲线适用范围为0~160 μg/mL。

茶多酚含量的测定使用国标法<sup>[13]</sup>,1 mL 的上清液加入5 mL 的福林酚反应,再加入4 mL 7.5% 碳酸钠溶液用蒸馏水定容至100 mL,在765 nm 波长测定,平行测定3 次,根据标准曲线计算茶多酚含量。

1.2.5 鲜切苹果的保鲜试验 将毛茶茶多酚提取物

冷冻浓缩至粉末,将粉末用去离子水配制成茶多酚含量为 0.1 g/mL 的原液,分别配制成浓度为 2、4、8 mg/mL 的毛茶提取液 (MC),以去离子水为对照组 (CK)。按照下述操作处理鲜切苹果:将清洗后的苹果去皮去核后切成 1 cm<sup>3</sup> 大小的立方体,KB 组和 MC 组浸泡 1 min,沥干,置于提前灭菌的保鲜托盘内 (15 cm × 11 cm × 3.5 cm),用聚乙烯保鲜膜密封包装,4 ℃ 冷藏。定期取样用于测定各个指标,每项指标重复测 3 次。

### 1.2.6 指标的测定

**1.2.6.1 色差值** 色差值采用色差计测定,用其测定  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  值,色差计校正后的  $L^* = 97.63$ ,  $a^* = 0.3112$ ,  $b^* = 0.3189$ ,采用色差值  $\Delta E$  来表示总的颜色差异。计算公式如下:

$$\Delta E = \sqrt{(a^* - a_0)^2 + (b^* - b_0)^2 + (L^* - L_0)^2}$$

**1.2.6.2 失重率** 以第 0 d 果实质量 ( $m_0$ ) 与每次测定天数果实质量 ( $m_1$ ) 之差占起始果实质量的百分比表示。

$$\text{失重率}(\%) = [(m_0 - m_1) / m_0] \times 100$$

**1.2.6.3 硬度** 用 GY-2 型号的果实硬度计,将果实硬度计竖直地放于苹果块上方,当探头达到果实的表面用力按压即可,记录此时的刻度值,苹果硬度的单位为 10<sup>5</sup> Pa。

**1.2.6.4 可滴定酸含量** 酸碱滴定法,参照 Pilar 等<sup>[14]</sup> 的方法,结果按照苹果酸的换算系数计算。

**1.2.6.5 可溶性固形物** 采用手持阿贝折光仪测定鲜切苹果中可溶性固形物的含量。

**1.2.6.6 感官评定** 选具有食品专业知识的相关人员 10 人,按评分标准对鲜切苹果进行感官评估,评定标准见表 2。

表 2 鲜切苹果感官评分标准

Table 2 The sensory scoring standard of fresh-cut apple

指标 (权重因子)	评分标准	分值(分)
色泽 (0.3)	色泽明亮,新鲜,无缺陷	8~9(优)
	色泽微暗,较新鲜,略有缺陷	4~7(中)
	色泽较暗,有明显菌斑	1~3(差)
气味 (0.4)	苹果果香味,香气柔和协调	8~9
	果香味较淡,香气比较柔和	4~7
	果香味不协调,出现异味	1~3
质感 (0.3)	质脆,苹果硬度适中,新鲜状态	8~9
	质软,较为新鲜	4~7
	出现腐烂,不可食用	1~3

## 1.3 数据处理

对实验所得数据结果采用 Origin 8.0 和 Design Expert 软件进行分析。 $P < 0.05$  表示差异显著, $P < 0.001$  表示差异极显著。

## 2 结果与分析

### 2.1 提取工艺对毛茶中茶多酚含量的影响

**2.1.1 提取时间对毛茶茶多酚含量的影响** 由图 1 可知,茶多酚的含量随着超声时间的延长呈现先上升后下降的趋势,当超声时间为 80 min,茶多酚的含

量达到最大值 ( $17.876 \pm 0.028$ ) mg/g,随即开始下降,这可能是超声时间过长,茶叶组织内的不溶物及粘性物质等混入提取液,导致溶液中杂质增加,粘度增加,传质阻力随即升高,因此影响了多酚的溶出。此外,超声引起的机械效应和空化效应可以有效破坏茶叶细胞组织,使位于组织细胞间隙中的茶多酚溶解出来<sup>[14-15]</sup>。超声时间太长,超声波较强的剪切力会使茶多酚的分子结构破坏,茶多酚也会因暴露于空气中过久发生氧化和分解。因此,将提取时间确定为 80 min。

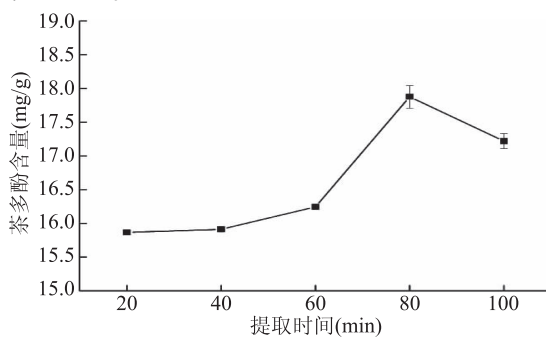


图 1 提取时间对毛茶中茶多酚含量的影响

Fig.1 Effect of extraction time

on tea polyphenol content in Maocha

**2.1.2 提取温度对毛茶茶多酚含量的影响** 由图 2 可以看出,随着提取温度的升高,茶多酚含量呈现先上升后下降的趋势,从 25~45 ℃ 中,随着温度的提高,茶多酚含量逐渐上升,当提取温度为 45 ℃ 时,毛茶中的茶多酚含量达到峰值 ( $16.680 \pm 0.028$ ) mg/g,此时茶叶中的茶多酚近乎溶出。当提取温度大于 45 ℃ 时,茶多酚含量呈现下降趋势。这可能是由于温度升高使得茶叶片颗粒间的运动加快;当温度偏高时,茶叶片中的水溶性物质可能会挥发,油溶性物质会更多的溶出,与多酚类物质竞争,从而影响茶多酚的含量<sup>[16]</sup>。因此将 45 ℃ 作为毛茶茶多酚提取的最佳提取温度。

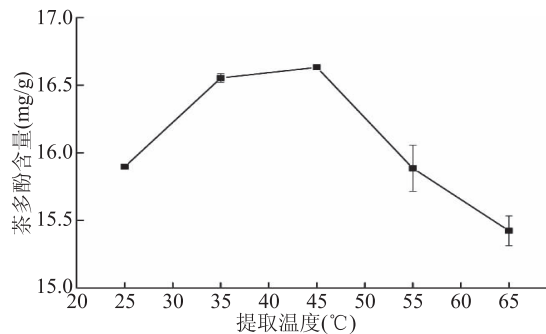


图 2 提取温度对毛茶中茶多酚含量的影响

Fig.2 Effect of extraction temperature

on tea polyphenol content in Maocha

**2.1.3 超声频率对毛茶茶多酚含量的影响** 随着超声频率的上升,茶多酚含量出现先上升后下降的趋势,当超声频率为 60 kHz,毛茶中提取的茶多酚含量最高,为 ( $16.061 \pm 0.034$ ) mg/g。在茶叶组织内,茶多酚与蛋白质等通常以氢键的力相结合,超声频率过低不能破坏它们间的相互作用力,因而影响茶多

酚的含量;但是超声频率过大会使脂溶性物质大量溶出,反而使茶多酚的含量大大下降<sup>[11]</sup>。因此,将60 kHz选用为毛茶茶多酚提取的最佳超声频率。

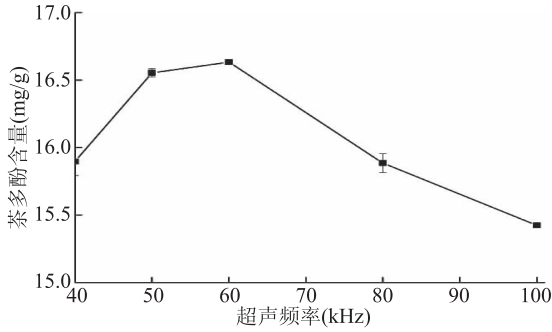


图3 超声频率对毛茶中茶多酚含量的影响  
Fig.3 Effect of ultrasonic frequency on tea polyphenol content in Maocha

## 2.2 响应面试验结果

2.2.1 回归方程显著性分析 采用 Design-expert V8.0.6 软件中 Box-Benken 试验设计进行响应面分析,结果见表3。

表3 响应面试验设计及结果

Table 3 Design and results of response surface experiment

试验号	A	B	C	茶多酚含量 (mg/g)
1	1	0	-1	15.123
2	0	-1	-1	15.347
3	0	1	1	16.960
4	0	0	0	18.118
5	0	0	0	17.477
6	0	1	-1	14.677
7	0	0	0	18.449
8	1	-1	0	14.505
9	-1	-1	0	15.407
10	0	0	0	18.487
11	1	1	0	15.530
12	-1	0	-1	15.950
13	0	-1	1	14.400
14	-1	1	0	15.720
15	0	0	0	17.677
16	-1	0	1	15.526
17	1	0	1	15.298

通过响应面试验求得回归方程  $Y = 18.04 - 0.46A + 0.52B + 0.14C - 0.054AB + 0.15AC + 0.81BC - 1.12A^2 - 1.25B^2 - 1.45C^2$ ,由表4 显著性分析结果可以得出,该模型的决定系数  $R^2$  为 0.953,拟合情况较好,实验结果科学无异常说明所建立的模型可行性较高。失拟项  $P = 0.4621 > 0.05$ ,说明失拟项差异不显著,其中模型交互项 BC 及二次项  $A^2$ 、 $B^2$  和  $C^2$  影响极显著 ( $P < 0.01$ ),一次项 A、B 影响显著 ( $P < 0.05$ ),而 C 及 AB 和 AC 对茶多酚含量的影响不显著 ( $P > 0.05$ ),说明提取温度和超声频率的交互作用对茶多酚含量有显著影响。

表4 响应面模型方差分析

Table 4 Response surface model analysis of variance

差异来源	平方和	自由度	均方	F 值	P
模型	29.76	9	3.31	15.76	0.0007
A	1.71	1	1.71	8.14	0.0246
B	2.16	1	2.16	10.28	0.0149
C	0.15	1	0.15	0.7	0.4294
AB	0.012	1	0.012	0.056	0.8204
AC	0.09	1	0.09	0.43	0.5344
BC	2.61	1	2.61	12.43	0.0097
$A^2$	5.26	1	5.26	25.05	0.0016
$B^2$	6.54	1	6.54	31.15	0.0008
$C^2$	8.85	1	8.85	42.2	0.0003
残差	1.47	7	0.21		
失拟性	0.65	3	0.22	1.05	0.4621
纯误差	0.82	4	0.21		
总差	31.23	16			
决定系数 $R^2$				0.953	
调整决定系数 $R^2_{adj}$				0.8925	

2.2.2 最优提取工艺的确定和模型验证 通过响应面优化得到毛茶提取茶多酚的最佳工艺为:提取时间 63.2 min,提取温度 56.25 °C,超声频率为 66 kHz,在该条件下提取的茶多酚含量预计为  $(18.160 \pm 0.011)$  mg/g。为检验优化参数结果,将试验参数进行验证,根据操作的可行性,修正提取参数为:提取时间 65 min,提取温度 55 °C,超声频率为 65 kHz,此条件下实验所得的茶多酚含量为  $(19.312 \pm 0.009)$  mg/g,略高于预测值。说明基于响应面所得的优化提取工艺参数科学有效,有实际意义。

## 2.3 毛茶茶多酚提取物对鲜切苹果保鲜效果的影响

2.3.1 毛茶茶多酚提取物对鲜切苹果色差值的影响 鲜切加工产品的色泽是消费者考量其外观品质的重要指标,色差值  $\Delta E$  表示样品的样色的总变化程度。如图4 所示,对照组和 2 mg/mL 处理组鲜切苹果的  $\Delta E$  值随着贮藏时间的延长色差变化程度较大,而 4,8 mg/mL 毛茶茶多酚提取物处理组在贮藏期间的  $\Delta E$  变化较为平缓。这说明毛茶茶多酚提取物浸泡处理延缓了鲜切苹果  $\Delta E$  值的下降,在贮藏期间,4,8 mg/mL 处理组鲜切苹果的  $\Delta E$  值低于对照组且

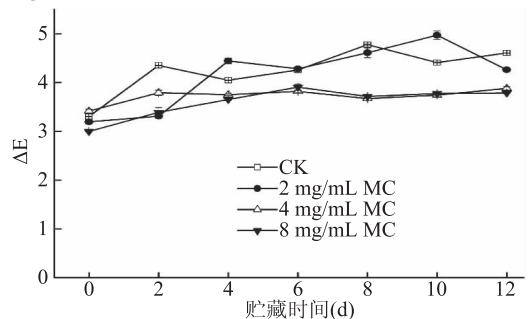


图4 毛茶茶多酚提取物对鲜切苹果  $\Delta E$  的影响  
Fig.4 Effect of tea polyphenol extract of Maocha tea on  $\Delta E$  of fresh-cut apple

存在差异显著 ( $P < 0.05$ ), 较好地维持了鲜切苹果的颜色外观, 有利于保持其商品价值。

**2.3.2 不同处理对鲜切苹果失重率的影响** 由图 5 可知, 鲜切苹果在贮藏期间质量损失率增加, 所有处理组在贮藏前期的质量下降较多, 这可能是因为鲜切苹果在贮藏前期的呼吸作用较强, 组织内部的营养成分消耗较大, 而贮藏末期, 果实的呼吸速度会随之组织的衰老而减缓, 营养物质的消耗也随之减小<sup>[2-3,17]</sup>。对照组的质量损失率整体增长最快, 处理组的质量损失率增长较为缓慢, 这表明毛茶提取液处理可以减缓苹果质量的下降速度。其中, 8 mg/mL 毛茶处理组对鲜切苹果重量的维持较好 ( $P < 0.05$ ), 2、4 mg/mL 毛茶处理组不存在显著性差异 ( $P > 0.05$ )。

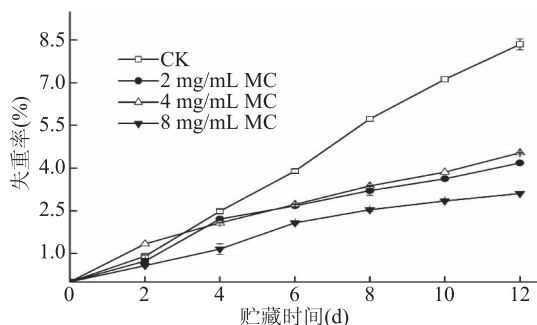


图 5 毛茶茶多酚提取物对鲜切苹果失重率的影响  
Fig.5 Effect of tea polyphenol extract of Maocha tea on weight loss rate of fresh-cut apple

**2.3.3 不同处理对鲜切苹果硬度的影响** 硬度是评判鲜切果蔬质量属性的重要指标之一。组织软化随即会发生刺激反应、老化、腐败等, 其是造成鲜切苹果货架期缩短的主要原因<sup>[18]</sup>。由图 6 可看出, 处理组和对照组的鲜切苹果的硬度在贮藏期间不断下降, 贮藏 4~12 d, 对照组的硬度下降速率最快, 贮藏 8 d 后, 毛茶提取液处理组的硬度得到了较好的维持, 硬度值下降速率减缓。这可能是因为毛茶茶多酚提取物在鲜切苹果贮藏后期可以阻隔其水分及营养物质的流失, 从而减缓了鲜切苹果硬度值的降低。其中, 2 mg/mL 毛茶处理可以有效维持鲜切苹果的硬度, 4、8 mg/mL 毛茶处理组不存在显著差异 ( $P > 0.05$ ), 二者对硬度的保持效果好于对照组。

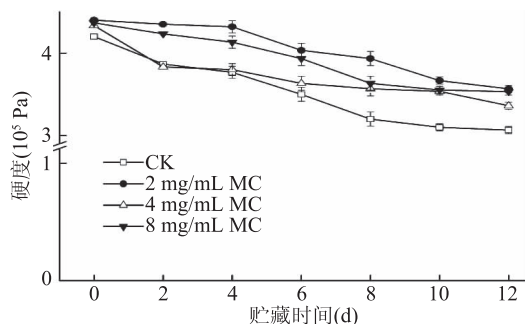


图 6 毛茶茶多酚提取物对鲜切苹果硬度的影响  
Fig.6 Effect of tea polyphenol extract of Maocha tea on the hardness of fresh-cut apple

**2.3.4 不同处理对鲜切苹果可滴定酸的影响** 苹果

中含有丰富的有机酸, 贮藏期间过程中可滴定酸的含量对果蔬的口味、风味和贮藏特性有着重要影响<sup>[18]</sup>, 从图 7 可知, 各处理组的可滴定酸的含量整体呈下降趋势, 且对照组可滴定酸下降的速率最快, 2、4 mg/mL 毛茶茶多酚提取物处理组间不存在显著差异 ( $P > 0.05$ ), 贮藏 6 d 后, 4 mg/mL 毛茶茶多酚提取物处理组鲜切苹果内可滴定酸含量高于 8 mg/mL 毛茶茶多酚提取物处理组, 且差异显著 ( $P < 0.05$ )。

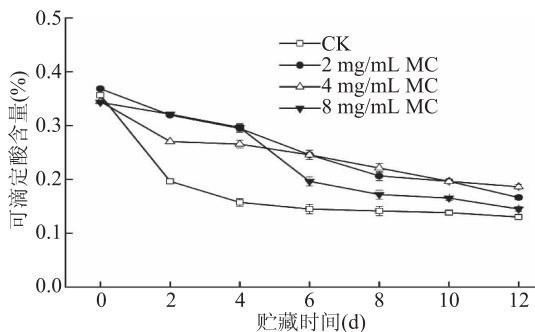


图 7 毛茶茶多酚提取物对鲜切苹果可滴定酸的影响  
Fig.7 Effect of tea polyphenol extract of Maocha tea on titratable acid of fresh-cut apple

**2.3.5 不同处理对鲜切苹果可溶性固形物含量的影响** 可溶性固形物是指果实体细胞液内的多种营养成分及矿物质等, 以碳水化合物为主, 是评判果实品质、成熟程度的重要指标<sup>[19]</sup>。从图 8 可以看出, 各处理组的鲜切苹果中可溶性固形物含量随着贮藏时间的增加而逐渐下降。贮藏期间, 4 mg/mL 毛茶处理组对鲜切苹果中的可溶性固形物的维持程度较好, 且在贮藏时间为 2~6 d, 2 mg/mL 毛茶处理组的鲜切苹果中的可溶性固形物下降速度最慢, 毛茶处理组对鲜切苹果中可溶性固形物的影响不存在显著差异 ( $P > 0.05$ )。

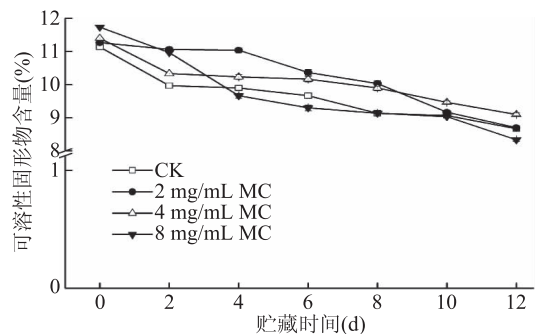


图 8 毛茶茶多酚提取物对鲜切苹果可溶性固形物的影响  
Fig.8 Effect of tea polyphenol extract of Maocha tea on soluble solids of fresh-cut apple

**2.3.6 不同处理对鲜切苹果感官评分的影响** 随着贮藏时间的增加, 鲜切苹果的感官评分逐渐降低, 其中 4 mg/mL 处理组的鲜切苹果感官维持最好, 分数最高。2、8 mg/mL 处理组的鲜切苹果感官评分次之, 对照组的鲜切苹果感官品质较差。从感官评分结果可以看出, 毛茶茶多酚提取物浓度过高反而会影响鲜切苹果的感官品质, 这有可能是毛茶茶多酚提取物的浓度大时会对鲜切苹果体内自由基及抗氧化酶活性产生影响, 导致其品质下降, 影响感官色

泽;同时抑制了脂肪酸、氨基酸等次级代谢物生成途径<sup>[20]</sup>,进而对鲜切苹果的口感和风味产生了不好的影响。

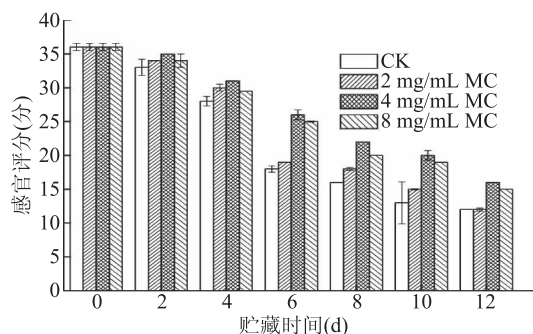


图9 毛茶茶多酚提取物对鲜切苹果感官的影响

Fig.9 Effect of polyphenol extract of Maocha tea on the sensory of fresh-cut apple

### 3 结论

毛茶中提取茶多酚的最佳工艺条件为:提取时间 65 min,提取温度 55 ℃,超声频率为 65 kHz;该条件下实验所得的提取物茶多酚的含量为 19.312 mg/g。新鲜苹果经鲜切处理后,变暗速度增快,质地软化,水分及可滴定酸的含量会流失,某种程度上造成其感官品质的下降。本实验结果表明,不同浓度的毛茶茶多酚提取物对鲜切苹果的保鲜起到了一定的效果,能延缓鲜切苹果失重率及硬度的下降,还能减缓鲜切苹果中可滴定酸等营养物质的流失,同时较好地维持了鲜切苹果的感官品质,综合考虑,4 mg/mL 的毛茶茶多酚提取物能很好地对鲜切苹果进行保鲜。此外,毛茶原料来源广、成本低,将其应用于鲜切果蔬保鲜方向有着更为广阔的发展空间,同时有待于从基因表达等分子水平上深入研究毛茶茶多酚提取物对鲜切果蔬保鲜的作用研究机制,以期研发出一种绿色、高效的天然保鲜剂。

#### 参考文献

[1] Li W, Li L, Cao Y, et al. Effects of PLA film incorporated with ZnO nanoparticle on the quality attributes of fresh-cut apple[J]. *Nanomaterials*, 2017, 7(8): 207.  
 [2] Arjun P, Semwal D K, Semwal R B, et al. Quality retention and shelf-life improvement of fresh-cut apple, papaya, carrot and cucumber by chitosan- soy based edible coating [J]. *Current Nutrition & Food Science*, 2015, 11(4): 282-291.  
 [3] 王智荣, 郑力榕, 吕新刚, 等. 化学处理在鲜切苹果保鲜中的应用研究进展[J]. *食品与发酵工业*, 2018(7): 2-9.  
 [4] 董妍, 胡文忠, 姜爱丽. 鲜切果蔬中生物保鲜剂的研究进展[J]. *食品安全质量检测学报*, 2015(7): 2409-2414.  
 [5] 孙树杰, 王士奎, 李文香, 等. 中草药提取液对鲜切西兰花保鲜效果的影响[J]. *食品科学*, 2012, 33(6): 283-287.

[6] Jian-Qing W, Yan Y, Zheng-Wei J, et al. Fresh-keeping effect of fennel and lemon grass essential oil on fresh-cut netted melons[J]. *Packaging Engineering*, 2010, 31(21): 4-7.  
 [7] Sagara Y, Miyata Y, Nomata K, et al. Green tea polyphenol suppresses tumor invasion and angiogenesis in N-butyl-(-4-hydroxybutyl) nitrosamine-induced bladder cancer [J]. *Cancer Epidemiology*, 2010, 34(3): 350-354.  
 [8] 李晶莹, 王筠婷, 葛婷, 等. 2种天然食品防腐剂在鲜切蔬菜保鲜中的应用研究[J]. *食品工程*, 2015(4): 29-32.  
 [9] 李素清, 陈真华, 丁捷, 等. 鲜切蒜薹复合保鲜剂的配方优化及其保鲜作用[J]. *食品工业科技*, 2014, 35(24): 326-331.  
 [10] 张雪娇, 金晨钟, 胡一鸿, 等. 响应面法优化超声提取木槿花多酚的工艺研究[J]. *食品工业科技*, 2015, 36(21): 228-231.  
 [11] Prakash M J, Sivakumar V, Thirugnanasambandham K, et al. Model development and process optimization for solvent extraction of polyphenols from red grapes using box-behnenken design[J]. *Preparative Biochemistry*, 2014, 44(1): 12.  
 [12] GB/T 8313-2018. 茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法[S].  
 [13] Pilar H M, Eva A, Valeria D V, et al. Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria ananassa*) quality during refrigerated storage [J]. *Food Chemistry*, 2008, 110(2): 428-435.  
 [14] Biesaga M, Pyrzyńska, Krystyna. Stability of bioactive polyphenols from honey during different extraction methods [J]. *Food Chemistry*, 2013, 136(1): 46-54.  
 [15] Panja P. Green extraction methods of food polyphenols from vegetable materials [J]. *Current Opinion in Food Science*, 2017, 17: 1-10.  
 [16] Raybaudi - Massilia R M, Mosqueda - Melgar J, Angel Sobrino - López, et al. Shelf-life extension of fresh-cut "Fuji" apples at different ripeness stages using natural substances [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2007, 45(2): 265-275.  
 [17] 姜爱丽, 钟璐, 胡文忠, 等. 3种褐变抑制剂对减轻鲜切苹果褐变效果的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2010, 12(7): 45-48.  
 [18] Krishnamoorthy M, Vijayan A B, Mishra S P, et al. Quality retention and shelf-life improvement of fresh-cut apple, papaya, carrot and cucumber by chitosan-soy based edible coating [J]. *Current Nutrition & Food Science*, 2015, 11(4): 283-291.  
 [19] Chiabrando V, Glacalone G. Maintaining quality of fresh-cut apple slices using calcium ascorbate and stored under modified atmosphere [J]. *Acta Alimentaria*, 2013, 42(2): 245-255.  
 [20] Tardelli F, Guidi L, Massai R, et al. Effects of 1-methylcyclopropene and post-controlled atmosphere air storage treatments on fresh-cut ambrosia apple slices [J]. *Journal of the Science of Food & Agriculture*, 2012, 93(2): 262-270.

权威 · 高效 · 核心 · 领先 · 精湛 · 实用