基于超高压处理的猕猴桃原浆制备研究

卢亚婷,高欣羽,罗仓学

(陕西科技大学食品科学与工程学院,陕西　西安　710021)

摘　要:为优化猕猴桃超高压灭菌条件下原浆制作工艺,对3种不同原浆制作工艺分别进行单因素优化试验,筛选出两种产品色泽和稳定性较好的工艺,并对这两种工艺所制作样品进行4 ℃储藏40 d的品质对比。结果表明,在最大程度保留猕猴桃原浆绿色,提高其稳定性的条件下,3种工艺的优选次序为:对辊式挤压制浆>胶体磨制浆>高压微射流制浆;与胶体磨工艺相比,对辊式挤压工艺制作的产品在4 ℃条件下储藏30 d内无明显的自然分层,产品VC损失较少;优化后的制浆工艺为:采用对辊式挤压工艺,挤压次数为1次。按照该工艺制作的猕猴桃原浆色泽相对均一,以青绿色为主,VC含量为40~50 mg/100 g。

关键词:猕猴桃原浆;高压微射流;对辊式挤压;超高压处理;强化分层率

Study on Preparation of Kiwifruit Pulp Based on Ultra-High Pressure Treatment

LU Yating, GAO Xinyu, LUO Cangxue

(School of Food Science & Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

Abstract: To optimize the production process of kiwifruit pulp under ultra-high pressure sterilization conditions, single factor optimization experiments were conducted on three different kinds of pulp production processes, and two processes with better product color and stability were selected. The quality of the samples prepared by these two processes was compared after being stored at 4 ℃ for 40 days. The results showed that under the conditions of preserving the green color of raw kiwifruit pulp to the maximum and improving the stability, the optimal order of these three processes was determined as follows: roll extrusion pulping>colloid grinding pulping>high pressure microjet pulping. Compared with the colloid milling process, there was no obvious natural stratification within 30 days during storage at 4 ℃, and the VC content loss was less. The optimized pulping process was identified as follows: the roller extrusion process was used to extrude 1 time. According to the optimal technology, the color of the kiwifruit pulp was mainly green and relatively uniform with VC content of 40~50 mg/100 g.

Key words: kiwifruit pulp; high-pressure microjet; roller extrusion; ultra-high pressure treatment; forced stratification rate

中图分类号:TS255.44　　**文献标识码:**A　　DOI:10.3969/j.issn.1009-6221.2024.03.005

猕猴桃因口感细腻,清香多汁,富含VC而深受消费者喜爱,被誉为"VC之王"[1]。猕猴桃属于呼吸跃变型浆果,贮藏期较短,这使得其鲜食销售受到限制[2]。市售猕猴桃产品以果脯、果酱、复合果汁为主[3]。实践表明,传统的加工技术极易破坏猕猴桃原有的清香风味和热敏性营养成分[2]。超高压处理是

基金项目:陕西省重点研发计划(2020NY-133);大学生创新创业训练计划项目(2022007)

作者简介:卢亚婷(1979—),女,汉族,硕士,高级实验师,研究方向为果蔬资源深加工及生物质综合利用。

一个纯物理过程,对色素、维生素和风味物质等化合物几乎没有影响[4]。超高压技术因其“非热处理”的独特优势而成为果蔬加工研究的焦点,目前主要集中应用于苹果汁[5]、番茄汁[6-7]、葡萄汁[8]、草莓果酱[9]、猕猴桃汁[10-13]等的加工中。方亮[11]对猕猴桃汁相关酶活性随温度的变化及果汁的品质进行了研究。王颖[12]研究了中华猕猴桃汁的超高压应用。王凌云等[13]对猕猴桃果肉饮料杀菌工艺及效果进行了初步研究。邓红等[14]对比分析了不同杀菌方式对猕猴桃汁品质的影响。目前的研究大多以猕猴桃果浆为基础开展研究。邓红等[15]重点分析对比了传统工艺制作的果浆与超高压杀菌处理冷破碎工艺果浆之间品质的差异性。试验结果表明,冷破碎工艺果浆能较好地保留原果的品质,有利于提高后续加工产品的质量。由以上分析可以看出,基于超高压处理的原料制浆前处理工艺研究相对较少,而原浆直接影响超高压“非热处理”产品的品质。鉴于猕猴桃果品的特殊性,开展猕猴桃制浆前处理工艺研究仍是超高压技术在猕猴桃加工中的关键点,同时其也可为超高压技术在猕猴桃果汁中的应用提供技术参考和依据。

1　材料与方法

1.1　材料与设备

1.1.1　材料与试剂

徐香猕猴桃,产于陕西省西安市周至县。

草酸、抗坏血酸、碳酸氢钠,天津科密欧化学试剂有限公司;2,6-二氯靛酚,上海阿拉丁生化科技股份有限公司。

1.1.2　仪器与设备

DZ-5002S双室真空包装机,郑州星火包装机械有限公司;HPP.L3-600/3超高压处理设备,天津市华泰森淼生物工程技术有限责任公司;BS323S电子天平,赛多利斯科学仪器(北京)有限公司;CT15RT台式高速冷冻离心机,天美仪拓试验室设备(上海)有限公司;CM-5色差仪,柯尼卡美能达北京分公司;MS60E-1磨浆机,宁波市江北新丰机械有限公司;MF1101P-EH微射流设备,上海迈克孚生物科技有限公司;JMS胶体磨,廊坊市盛通机械有限公司;对辊式挤压破碎机,江苏靖江食品机械制造有限公司;LS13320激光粒度仪,美国Beckman公司。

1.2　方法

1.2.1　猕猴桃果肉原浆制备及超高压处理工艺

取无病虫害的猕猴桃,清洗泥沙后去皮,切片(约5 mm厚),单层装盘,急速冷冻至物料中心温度为4~6 ℃,破碎制浆后装入铝箔真空袋(18 cm×25 cm),装样量150 mL,真空封口后于300 MPa下超高压处理10 min,处理后的样品于4 ℃冷藏待测。

1.2.2　猕猴桃原浆制备工艺优化单因素试验设计

采用对辊式挤压破碎机对猕猴桃果肉初步破碎后过60目筛布,滤液经过不同的制浆工艺制备原浆后进行超高压处理,以初步破碎后过60目筛布的滤液为对照,对比分析3种制浆工艺对产品品质的影响。

胶体磨制浆工艺:在预试验的基础上,固定子磨盘0度对应转子刻度盘数字为4,进料量为0.3 L/min,考察研磨次数分别为1、2、3、4次时对猕猴桃原浆品质的影响。

高压微射流制浆工艺:考察压力分别为50、80、110、140、170 MPa时对猕猴桃原浆品质的影响。

对辊式挤压制浆工艺:调节辊间隙,控制原浆出汁量为2 L/min,考察挤压次数分别为1、2、3、4次时对猕猴桃原浆品质的影响。

1.2.3　测定项目与方法

1.2.3.1　强化分层率

强化分层率可体现产品的稳定性。准确量取10 mL样品于25 mL离心管内,在3 500 r/min下离心10 min,取出离心管,精确量取上清液并记录其体积。计算上清液体积占总体积的百分比。体积百分比越大表示分层率越小,说明该体系越稳定。强化分层率计算公式为:

$$强化分层率(\%)=\frac{V_1}{V_0}\times 100$$

式中:V_1为样品离心后上清液体积,mL;V_0为量取的样品总体积,mL。

1.2.3.2　色泽

使用CM-5色差仪,在反射模式下,将质量约20 g的猕猴桃果肉原浆置于直径为5.5 cm的玻璃培养皿中,样品均匀覆盖平皿。评估样品色泽的参数有L^*(亮度)、a^*(绿红)和b^*(黄蓝)。总色差(ΔE)是处理组与对照组(以猕猴桃初步破碎后过60目筛布的滤液在10 min内的测定值为对照)整体色差差异的参数,其计算公式如下:

$$\Delta E=\sqrt{\Delta L^{*2}+\Delta a^{*2}+\Delta b^{*2}}$$

式中:ΔL^*为处理组与对照组L^*值之差;Δa^*为处理组与对照组a^*值之差;Δb^*为处理组与对照组b^*值之差。

1.2.3.3　自然分层率

自然分层率是用来表示样品在储存过程中的稳定性指标,通常在相同时间内,自然分层率越小,说明样品的稳定性越好。准确量取20 mL果汁于刻度

试管中,4 ℃下静置,每10 d读取下层沉淀的体积。

自然分层率计算公式为:

$$自然分层率(\%)=\frac{V_1}{V_0}\times 100$$

式中:V_1为下层沉淀体积数,mL;V_0为量取的样品总体积(20 mL)。

1.2.3.4 猕猴桃原浆VC含量

参照GB 5009.86—2016《食品安全国家标准 食品中抗坏血酸的测定》[16]中的2,6-二氯酚靛酚滴定法测定。

1.2.4 数据处理

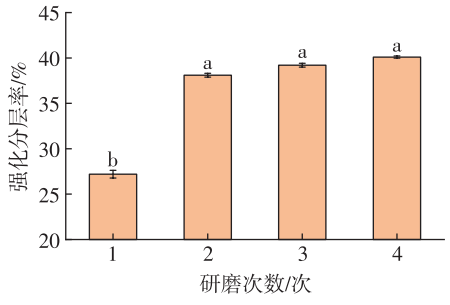
所有指标均重复测定3次,结果以$\bar{x}\pm s$表示,采用Origin 2018软件进行图表绘制,SPSS 17.0对试验所得数据进行分析处理,Duncan法进行多重比较,以$P<0.05$作为差异显著性判断标准。

2 结果与分析

2.1 不同制浆工艺对猕猴桃原浆稳定性及色泽的影响

2.1.1 胶体磨制浆工艺对强化分层率及色泽的影响

由图1可以看出,采用胶体磨研磨1次与研磨2次的猕猴桃原浆强化分层率之间呈显著性差异($P<0.05$),研磨2次与研磨3次及4次之间均无显著性差异(研磨2次的强化分层率为38.1%,研磨4次的强化分层率为39.8%)。随着研磨次数增多,产品细化程度逐渐增强,颗粒粒径减小并趋于均匀,产品稳定性增强。综上,研磨2次与研磨1次相比,猕猴桃原浆稳定性有显著性差异($P<0.05$),继续增加研磨次数,原浆稳定性不再有显著性变化。



注:图中不同小写字母表示差异显著,图2、图3同。

图1 不同胶体磨研磨次数下猕猴桃原浆的强化分层率

Fig.1 Forced stratification rates of kiwifruit pulp under different colloid grinding times

由表1可知,随着研磨次数的增多,猕猴桃原浆L^*值和b^*值均逐渐减小,而a^*值逐渐由负值增大到正值,说明产品的亮度降低,绿色减弱而变为偏黄色。在研磨2次时,产品色差值ΔE为8.32,之后,随着研磨次数增多,色差值ΔE虽然增加,但变化幅度减小。分析原因:随着研磨次数的增多,原料中更多易引起色泽变化的物质由于细化后接触空气,加速了产品色泽的变化,但随着研磨次数的继续增大,引起色泽变化的物质已经充分暴露,因此,色泽劣变的趋势虽然依旧存在,但劣变幅度减小。

表1 不同胶体磨研磨次数对猕猴桃原浆色泽的影响

Table 1 Effect of different colloid grinding times on the color of kiwifruit pulp

研磨次数/次	L^*值	a^*值	b^*值	ΔE值
对照	46.28±0.28 a	−6.68±0.18 a	38.80±0.28 a	
1	42.24±0.18 b	−4.68±0.12 b	36.86±0.19 b	4.91±0.75 c
2	40.63±0.28 c	−2.64±0.10 c	34.23±0.32 c	8.32±0.74 b
3	40.02±0.22 c	−0.80±0.09 d	32.26±0.22 d	10.79±1.06 a
4	39.68±0.19 c	0.62±0.09 d	30.98±0.23 d	12.57±1.21 a

注:同一列数据后不同小写字母表示差异具有显著性($P<0.05$)。以下各表同。

2.1.2 高压微射流制浆工艺对强化分层率及色泽的影响

由图2可知,高压微射流压力为80 MPa和110 MPa时,得到的猕猴桃原浆强化分层率分别为34.1%和40.2%,二者间存在显著性差异($P<0.05$),110、140、170 MPa三个压力下得到的原浆强化分层率差异不显著。造成以上结果的原因可能为随着压力增大,样品加速通过细孔模块泄压时压差增大,流体粒子发生冲击、空化和消流,高压微射流压力在80 MPa和110 MPa下猕猴桃果浆的强化分层率之间表现出显著差异($P<0.05$),随着处理压力的继续增大,原浆物料细化达到一定程度后,不再显著变化。即压力继续增大,强化分层率变化不明显。

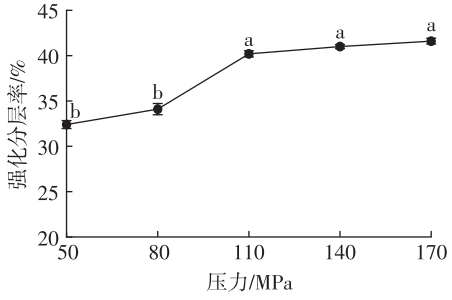


图2 不同高压微射流压力下猕猴桃原浆的强化分层率

Fig.2 Forced stratification rates of kiwifruit pulp under different high pressure microjet pressures

由表2可以看出,随着高压微射流压力的增大,产品L^*值和b^*值均逐渐减小,a^*值由-6.68增大到1.68。说明随着压力增大,产品亮度显著降低,绿色损失较多。原因可能是高压微射流工艺中,物料在较高的压力条件下,剪切应力会使原浆部分流体细

胞破坏[17]。高压微射流在分散、均质液体的同时,易发生热效应[18]从而对生物体中的酶和微生物有一定的影响[19]。从表2可以看出,产品色差值ΔE也随着压力增大逐渐增大,当压力为80 MPa时达到了13.85,表明产品已经有明显的色泽变化。原因可能为高压微射流的热效应使猕猴桃原浆中大量的多酚类物质氧化,加速了色泽的变化[20]。

表2　高压微射流压力对猕猴桃原浆色泽的影响

Table 2　Effects of high-pressure microjet pressures on the color of kiwifruit pulp

压力/MPa	L^*值	a^*值	b^*值	ΔE值
对照	46.28±0.28 a	−6.68±0.18 a	38.80±0.28 a	
50	40.62±0.22 b	−2.62±0.14 b	33.86±0.18 b	8.50±0.82 c
80	38.64±0.28 c	−0.68±0.16 c	28.94±0.16 c	13.84±1.03 b
110	36.26±0.21 d	−0.22±0.10 c	28.64±0.22 c	15.66±1.13 b
140	32.46±0.33 e	1.22±0.09 d	28.36±0.18 c	19.04±2.07 a
170	32.24±0.29 e	1.68±0.11 d	28.66±0.27 c	19.23±1.75 a

2.1.3　对辊式挤压制浆工艺对强化分层率及色泽的影响

由图3可以看出,对辊式挤压工艺下,挤压1次与挤压2次、3次的强化分层率均无显著性差异。挤压1次的强化分层率为38.2%,挤压4次时为40.1%,二者间差异显著($P<0.05$)。随着对辊式挤压次数增多,产品的强化分层率增大,但变化较小。分析原因可能为对辊式挤压制浆是通过控制出汁率调节辊轴间距,在最优的出汁率条件下,辊轴间距一定,所以浆料粒径相对均匀。

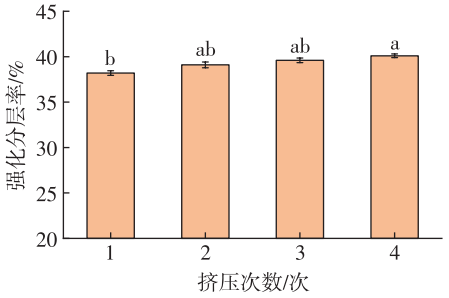


图3　不同对辊式挤压次数下猕猴桃原浆的强化分层率

Fig.3　Forced stratification rates of kiwifruit pulp under different roll extrusion times

由表3看出,随着挤压次数增多,L^*值和b^*值逐渐减小,a^*值逐渐增大。表明亮度逐渐减小,黄色逐渐增多。试验结果中a^*值一直为负值,表明产品颜色仍维持在绿色范围内。这可能是因为对辊式挤压是通过辊轴挤压制浆,不会破碎原料细胞,减少了引起颜色变化的物质暴露的机会,因此在一定的挤压次数内能较好地保留原浆色泽。

表3　对辊式挤压制浆的挤压次数对原浆色泽的影响

Table 3　Effects of extrusion times in roller extrusion pulping on the color of kiwifruit pulp

次数/次	L^*值	a^*值	b^*值	ΔE值
对照	46.28±0.28 a	−6.68±0.18 a	38.80±0.28 a	
1	44.62±0.22 b	−5.62±0.14 b	36.82±0.16 b	2.79±0.51 d
2	42.62±0.25 c	−4.28±0.10 b	34.56±0.32 c	6.11±0.58 c
3	40.44±0.32 c	−3.80±0.09 c	33.68±0.22 c	8.28±0.58 b
4	39.82±0.19 c	−2.42±0.09 c	30.68±0.41 d	11.22±0.30 a

对比分析以上3种工艺制备原浆的结果可以看出,在最大程度保留绿色、减少色差、提高稳定性的条件下,3种工艺的优选次序为:对辊式挤压制浆>胶体磨制浆>高压微射流制浆。

2.2　猕猴桃果肉原浆破碎工艺对比优化

2.2.1　对比试验

在3种工艺的单因素试验基础上,通过对比分析不同工艺条件下猕猴桃果肉原浆的强化分层率和色泽优劣,初步确定胶体磨工艺研浆2次和对辊式工艺挤压1次的产品色泽和稳定性较好。对以上两种工艺条件下制备的猕猴桃果浆经过超高压处理之后,4 ℃储藏40 d内自然分层率、色泽变化以及VC含量对比的试验结果见表4。

由表4可知,两种工艺所制作的产品L^*值和b^*值均随着储存时间的延长逐渐减小,a^*值逐渐增大。表明产品亮度在变暗,绿色逐渐减退。由ΔE值可以看出,相同条件下,胶体磨工艺制备的原浆色泽整体较对辊式挤压的色泽差,胶体磨制浆储藏30 d的ΔE值为20.07,对辊式挤压为16.98。由自然分层率可以看出,储藏21~30 d,胶体磨工艺制备的原浆出现了沉淀,30 d时分层率为16%,而对辊式挤压工艺没有出现分层。由VC含量可以看出,两种工艺制备的原浆均随着储藏时间的延长逐渐减少。其中,胶体磨工艺制备的原浆VC损失较严重。对辊式挤压工艺在细化原料时对原料细胞损伤小,从而减少了细胞中会引起色泽变化物质暴露的机会,因此原浆能较好地保留绿色,且能基本维持原有体系的稳定性,胶体磨工艺细化物料时,虽然能达到相同的细度,但是损伤了物料细胞,打破了原有电荷平衡体系后,加速了原浆的褐变和劣变,同时在贮存时由于小分子聚集使原浆产生了絮凝和沉淀[17,21]。

由单因素试验和对比试验结果可以看出初筛的最优猕猴桃制浆制工艺为:猕猴桃果肉初步破碎,过60目筛布之后的果肉原浆采用对辊式挤压破碎工艺挤压破碎1次,装袋,真空封口后进行超高压处理。

表4　两种工艺制备的原浆对比试验结果

Table 4　Comparative test results of the protoplasm prepared by the two processes

制浆工艺	储藏时间/d	L^*值	a^*值	b^*值	ΔE值	自然分层率/%	VC含量/(mg·100 g^{-1})
对照	0	45.66±0.18 a	−6.28±0.12 a	38.28±0.26 a			48.26
胶体磨工艺	10	39.24±0.21 b	−1.26±0.16 b	30.21±0.28 b	11.47±1.58 c	—	38.84
	20	33.52±0.28 c	0.28±0.21 c	29.86±0.18 b	16.17±1.19 b	—	33.32
	30	30.26±0.18 d	2.24±0.28 d	28.64±0.22 b	20.07±1.70 a	16	28.76
	40	29.24±0.18 d	2.68±0.24 d	27.96±0.28 c	21.36±1.85 a	34	22.58
对辊式挤压工艺	10	40.22±0.21 b	−3.68±0.28 b	33.68±0.24 b	7.58±1.81 d	—	40.82
	20	36.82±0.20 c	−0.42±0.22 c	30.68±0.28 c	13.05±1.33 c	—	36.56
	30	34.24±0.19 c	1.26±0.28 d	28.22±0.09 c	16.98±1.09 b	—	34.68
	40	32.29±0..22 d	1.98±0.16 d	27.86±0.28 c	18.85±1.72 a	11	32.62

注:—表示无相关指标。

2.2.2　最优猕猴桃制浆工艺验证试验

初步破碎后的果肉原浆经过60筛布过滤之后,再进行对辊式挤压破碎1次制浆,装袋,真空封口后在300 MPa下超高压处理10 min,样品冷却后4 ℃冷藏待测。其中,以猕猴桃经过破碎后,60目筛布过滤的滤液在10 min内测定的相应指标作为对照。测试样品随机分为3组,结果见表5。

由表5可以看出,最优猕猴桃制浆工艺制作的原浆经过3次测定,a^*值均为负值,表明产品以绿色为主,色差ΔE值均小于3,产品色泽相对均一,以青绿色为主,产品的VC含量在40~50 mg/100 g范围,能很好地保留原有VC含量。

表5　验证试验结果

Table 5　Results of verification test

组别	L^*值	a^*值	b^*值	ΔE值	VC含量/(mg·100 g^{-1})
对照	46.12±0.18 a	−5.98±0.06 a	38.68±0.16 a		46.28
1	45.32±0.18 a	−5.02±0.16 a	34.22±0.26 b	1.25±0.21 b	42.65
2	44.82±0.25 b	−5.64±0.21 a	36.02±0.19 b	2.24±0.12 a	40.21
3	45.12±0.22 a	−4.98±0.18 a	35.68±0.16 b	2.03±0.56 a	43.28

3　结论

(1)在最大程度保留绿色、减少色差、提高稳定性的条件下,3种工艺的优选次序为:对辊式挤压制浆>胶体磨制浆>高压微射流制浆。

(2)与胶体磨工艺相比,对辊式挤压工艺的产品在4 ℃条件下储藏30 d内无明显的自然分层,产品VC损失较少。

(3)优化后的制浆工艺为:采用对辊式挤压工艺挤压1次制浆后装袋,真空封口后于300 MPa下超高压处理10 min。所得猕猴桃原浆色泽相对均一,以青绿色为主,VC含量为40~50 mg/100 g。

参考文献:

[1] 徐小彪,张秋明. 中国猕猴桃种质资源的研究与利用[J]. 植物学通报,2003,20(6):648-655. DOI:10.3969/j.issn.1674-3466.2003.06.002.

[2] 李岚欣,孙洁,辛奇,等. 乡村振兴背景下我国猕猴桃产业技术高质量发展分析[J]. 保鲜与加工,2022,22(7):82-90. DOI:10.3969/j.issn.1009-6221.2022.07.012.

[3] 李华丽,魏仲珊,邓萍,等. 猕猴桃的营养价值及其加工应用[J]. 湖南农业科学,2019(1):119-122. DOI:10.16498/j.cnki.hnnykx.2019.001.031.

[4] OEY I, LILLE M, VAN LOEY A, et al. Effect of high-pressure processing on colour, texture and flavour of fruit-and vegetable-based food products: A review[J]. Trends in Food Science and Technology, 2008, 19(6): 320-328. DOI:10.1016/j.tifs.2008.04.001.

[5] SZCZEPAŃSKA J, PINTO C A, SKĄPSKA S, et al. Effect of static and multi-pulsed high pressure processing on the rheological properties, microbial and physicochemical quality, and antioxidant potential of apple juice during refrigerated storage[J/OL]. LWT-Food Science and Technology, 2021,150 [2023-07-15].https://sci-hub.se/10.1016/j.lwt.2021.112038. DOI:10.1016/J.LWT.2021.112038.

[6] KUBO M T K, AUGUSTO P E D, CRISTIANINI M. Effect of high pressure homogenization (HPH) on the physical stability of tomato juice[J]. Food Research International, 2013, 51 (1): 170-179. DOI:10.1016/j.foodres.2012.12.004.

[7] 王欢欢,马越,赵晓燕,等. 超高压处理压力对鲜榨番茄汁品质的影响[J]. 食品科技,2018,43(9):84-89. DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2018.09.015.
[8] 杨培玉,张波,蒋玉梅,等. 超高压处理对蛇龙珠葡萄中酚类物质的影响[J]. 食品与发酵工业,2023,49(17):110-119. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.032632.
[9] 杨斯超,花成. 草莓果酱超高压杀菌与贮藏稳定性研究[J]. 现代食品,2021,29(19):95-98. DOI:10.16736/j.cnki.cn41-1434/ts.2021.19.025.
[10] PATRIGNANI F, MANNOAAI C, TAPPI S, et al. (Ultra) high pressure homogenization potential on the shelf-life and functionality of kiwifruit juice[J/OL]. Frontiers in Microbiology, 2019, 10[2023-07-15]. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2019.00246/full. DOI:10.3389/fmicb.2019.00246.
[11] 方亮. 超高压处理对猕猴桃果汁杀菌钝酶效果和品质的影响[D]. 无锡:江南大学, 2008:11-12. DOI:10.7666/d.y1585097.
[12] 王颖. 基于超高压技术的猕猴桃汁加工工艺研究[D]. 合肥:合肥工业大学,2012:6-7. DOI:10.7666/d.Y2177988.
[13] 王凌云,罗仓学. 超高压果肉饮料储藏期维生素C含量的变化[J]. 食品研究与开发,2017,38(4):182-185. DOI:10.3969/j.issn.1005-6521.2017.04.042.
[14] 邓红,刘旻昊,马婧,等. UHP与HTST杀菌处理的猕猴桃NFC果汁贮藏期品质变化[J]. 食品工业科技,2020,41(9):269-277,296. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2020.09.044.
[15] 邓红,马婧,李涵,等. 超高压杀菌处理冷破碎猕猴桃果浆贮藏期的品质变化[J]. 食品与发酵工业,2019,45(8):123-129,135. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.017979.
[16] 食品安全国家标准　食品中抗坏血酸的测定:GB 5009.86—2016[S]. 北京:中国标准出版社,2016.
[17] MERT I D. The applications of microfluidization in cereals and cereal-based products: An overview[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2020, 60(6): 1007-1024. DOI:10.1080/10408398.2018.1555134.
[18] BUCCI A J, VAN HEKKEN D L, TUNICK M H, et al. The effects of microfluidization on the physical, microbial, chemical, and coagulation properties of milk[J]. Journal of Dairy Science, 2018, 101(8): 6990-7001. DOI: 10.3168/jds.2017-13907.
[19] GUO X J, CHEN, M S, LI Y T, et al. Modification of food macromolecules using dynamic high pressure microfluidization: A review[J]. Trends in Food Science & Technology, 2020, 100: 223-234. DOI:10.1016/j.tifs.2020.04.004.
[20] LIU W, LIU J H , XIE M Y, et al. Characterization and high-pressure microfluidization-induced activation of polyphenoloxidase from Chinese pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai)[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2009,57(12): 5376-5380. DOI: 10.1021/jf9006642.
[21] TPIVONEN P M A, BRUMMELL D A. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables[J]. Postharvest Biology and Technology, 2008, 48(1): 1-14. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2007.09.004.

收稿日期:2023-09-08

(上接第33页)

[22] 食品安全国家标准　食品酸度的测定: GB 5009.239—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
[23] 中华人民共和国卫生部. 食品卫生微生物学检验　糖果、糕点、蜜饯检验: GB/T 4789.24—2003[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
[24] 刘旸旸, 刘博, 唐玲,等. 响应面法优化番石榴菠萝皮银耳茶果酱配方研究[J]. 保鲜与加工, 2023, 23(7): 35-42. DOI:10.3969/j.issn.1009-6221.2023.07.005.
[25] 中国商业联合会. 果酱: GB/T 22474—2008[S]. 北京:中国标准出版社, 2008.
[26] 中华人民共和国卫生部. 糕点、面包卫生标准: GB 7099—2003[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.

收稿日期:2023-09-11