

中温协同超高压处理对草莓汁贮藏品质的影响

Effect of ultra-high pressure combined with mild-temperature processing on quality of strawberry juice during storage

尹琳琳¹ 杨建涛¹ 刘海涛¹ 叶 韬¹ 汪 姣¹ 陈计峦²

YIN Lin-lin¹ YANG Jian-tao¹ LIU Hai-tao¹ YE Tao¹ WANG Jiao¹ CHEN Ji-luan²

(1. 淮南师范学院生物工程学院, 安徽 淮南 232001; 2. 石河子大学食品学院, 新疆 石河子 832001)

(1. College of Biological Engineering, Huainan Normal University, Huainan, Anhui 232001, China;
2. College of Food, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832001, China)

摘要:研究中温协同超高压(45 ℃、400 MPa、15 min)技术对鲜榨草莓汁在 4 ℃贮藏条件下的微生物、流体特性、组织和色泽稳定性的影响。结果表明:与单纯超高压技术相比,中温协同超高压处理能达到较好的杀菌效果且在贮藏期间无微生物增值(对数值小于 1),霉菌、酵母菌均无检出;鲜榨草莓汁的流变学特性更偏向于假塑性流体、黏度增大;组织中间果胶含量升高、悬浮稳定性增强;色泽稳定性方面亮度增加,而红色度减弱(a^* 减小)、黄色度增加(b^* 增大), ΔE 变化较大,浊度与褐变度无明显差异($P>0.05$)。经中温协同超高压处理后,4 ℃贮藏期间鲜榨草莓汁的各项品质的稳定性均优于单纯超高压。

关键词:草莓汁;超高压;中温;贮藏品质

Abstract: In order to study the effect of ultra-high pressure combined with mild-temperature processing (45 ℃, 400 MPa, 15 min) on microorganism, fluid properties, texture and the color stability of fresh strawberry juice when stored at 4 ℃, and the pure ultra-high pressure was as control. The result showed that the ultra-high pressure combined mild-temperature treatment could sterilized efficiently and no increasing microorganism was found (<10 CFU/mL) during storage, and mold and yeast were not detected. Compared with pure ultra-high pressure processing, the rheological properties tended to increase the pseudoplastic fluid, the viscosity, pectin content, cloudy stability, brightness, weaken the red degrees (a^* reduced), increase the yellow degree (b^* increased), and changed ΔE greatly. However the turbidity and browning degree showed no

significant difference ($P>0.05$) of fresh strawberry after ultra-high pressure combined with mild temperature treated. The quality of ultra-high pressure combined mild-temperature treated fresh strawberry were better than that of pure ultra-high pressure processing during storage at 4 ℃.

Keywords: strawberry juice; ultra-high pressure; mild-temperature; storage quality

目前,草莓加工制品一般以传统热力杀菌产品为主,但因其属于热敏性水果,热力杀菌后其感官品质、组织状态、营养成分等会被严重破坏^[1]。超高压技术 (ultra-high pressure, UHP) 是目前研究最为成熟的一种非热力杀菌技术,近年来一直深受人们关注,欧美、日本现已有超高压产品上市。超高压技术不仅具有抑制、杀灭微生物的作用,而且还能较好地保持热敏性果蔬汁食品本身特有的色、香、味^[2]。目前已有的研究多为单纯超高压处理对草莓汁微生物、酶及品质的影响^[3-5],但研究结果不甚理想。单纯采用超高压处理浆果类水果往往所需压力大(>600 MPa),处理时间长(>20 min),这样无疑会提高成本,增大推广难度。同时,单纯超高压处理不能达到完全灭菌的效果,尤其是耐压产芽孢细菌更是较难控制,且酶灭活程度也受限制^[3]。所以人们^[6-8]尝试研究超高压技术与温度、pH 值、加压方式、保压时间、天然保鲜剂等协同处理对食品灭菌、杀菌及品质的影响。有研究^[9-10]指出,中温协同高压杀菌、灭酶具有较好的效果,也可相应地降低超高压设备的工作压力,为技术产业化创造了有利条件。目前已有的温度协同超高压处理技术均仅对新处理前后的样品做指标观察^[11-12]。本研究拟着重体现该技术条件下,鲜榨草莓汁在贮藏条件下的品质变化情况,注重新技术保藏条件的研究。选取本地种植草莓为试验材料,借助中温协同超高压对鲜榨草莓汁进行处理,并以单纯超高压处理做对照,研究中温辅助超高压处理对鲜榨草莓汁在贮藏期

基金项目: 淮南师范学院 2014 年校级科研基金项目 (编号: 2014xj53); 安徽省大学生创新创业训练计划项目 (编号: AH201410381051)

作者简介: 尹琳琳,女,淮南师范学院助教,硕士。

通讯作者: 陈计峦 (1973—),女,石河子大学教授,博士。

E-mail: chenjiluan@163.com

收稿日期: 2015—09—24

内其流体特性、组织状态、颜色等品质及微生物的稳定性,以期为超高压技术在鲜榨草莓汁加工保藏中更为广泛地应用提供理论依据。

1 材料与方

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

新鲜草莓:丰香,采摘自合肥市长丰县草莓园,糖度为 8.6 °Brix,pH 为 3.47,可滴定酸为 0.983 %;

真空包装袋:聚乙烯,18 cm×25 cm,宏业包装有限公司;

孟加拉红培养基、营养琼脂培养基、95 %乙醇、半乳糖酸、浓硫酸、氢氧化钠、四硼酸钠:分析纯,国药集团化学试剂有限公司。

1.1.2 主要仪器设备

超高压设备:HPP.L2-600/0.6 型,天津华泰森森生物工程股份有限公司;

真空包装机:DZ-260 型,东莞樟木头佳威机械厂;
白度色度测定仪:YT-48A 型,杭州研特科技有限公司;
流变仪:DV-II 型,美国博力飞有限公司;
浊度仪:XZ-0101 型,上海海争电子科技有限公司;
紫外—可见分光光度计:UV1800,日本岛津仪器有限公司;

打浆机:HX-502 型,深圳华凯电器有限公司;
电子天平:FA2004 型,南京东迈仪器科技有限公司。

1.2 方法

1.2.1 鲜榨草莓汁的制备

新鲜草莓→去萼→纯净水冲洗→低温榨汁→过滤(4 层纱布)→装袋(聚乙烯塑料袋,每袋约 30 mL)→真空包装机包装

1.2.2 超高压处理及贮藏期试验 将包装好的草莓汁放入超高压设备处理釜中,选取处理参数 400 MPa,常温(25 °C),15 min(以下简称 UHP)与 400 MPa,15 min,45 °C(以下简称 T-UHP),进行超高压处理。处理后样品于 4 °C 冰箱保存,次日检测,作为新处理样品(即第 0 周)数据。处理前后样品于 4 °C 冰箱保存,进行各项指标检测,每周一次,持续 4 周。同时做空白样对照试验:包装好的鲜榨草莓汁不经 UHP 及 T-UHP 处理,与处理后的样品同放于 4 °C 冰箱保存,相同条件下一同检测。

1.2.3 微生物检测 草莓汁中菌落总数测定按 GB 4789.2—2010《食品微生物学检验 菌落总数测定》执行;霉菌、酵母菌测定按 GB 4789.15—2010《食品微生物学检验 霉菌、酵母菌计数》执行。试验数据均为 3 个平行,数据为 3 组平均值。

1.2.4 黏度及流变特性的测定 旋转流变仪通过实测旋转转子的力矩和转速,推求试样所受剪应力和剪应变速度之间的关系。旋转圆筒黏度计因其测量系统采用圆柱形转筒,使被测试样受到剪切而得名。被测样品从冰箱取出后使用流动水恢复温度,在室温条件(25 °C)下测定。本试验选用低

黏度专用转子 S61 与样品杯。剪切速率设定为 0,50,100,150,200,250,300 s⁻¹ 分别测定原样、常温超高压处理、超高压中温协同处理及各贮藏期内的鲜榨草莓汁样品。以剪切速率为 150 s⁻¹ 条件下,测定各草莓汁样品的黏度值。

1.2.5 果胶含量的测定 参照文献[13]。

1.2.6 浊度的测定 样品从冰箱取出后用流动水回复至常温后,摇匀置于样品杯,采用标准品标定后的浊度仪测定。

1.2.7 悬浮稳定性的测定 取温度回复后样品 20 mL,于 4 200 r/min 离心 15 min,测定离心后上层液体和离心前样品的浊度值。悬浮稳定性以样品离心前后浊度值比值的百分数表示。

1.2.8 色泽的测定 使用色度仪测定,色度仪在使用之前需要用黑色皿进行调零,然后再用白色进行校准(以 A372 为标准,即 R475:83.99,Rx:87.75,Ry:87.68,Rz:83.46);测定时样品分别倒入比色杯(加入量为比色杯的 1/3),依次测取 R475,Rx,Ry,Rz 的数据,即可得到 L^*,a^*,b^* 的数值,其中, L^* 表示样品亮度; a^* 表示样品红绿度; b^* 表示样品黄蓝度, ΔE 表示样品色泽变化程度。 ΔE 通过式(1)计算:

$$\Delta E^2 = (L_i^* - L_0^*)^2 + (a_i^* - a_0^*)^2 + (b_i^* - b_0^*)^2, \tag{1}$$

式中:

L_0^*,a_0^* 和 b_0^* ——对照样品测定值;

L_i^*,a_i^* 和 b_i^* ——处理及贮藏后样品测定值。

1.2.9 褐变度的测定 在常温(25 °C)时,取 1 mL 左右样品于石英比色皿,在紫外分光光度计上快速测定其 420 nm 处的吸光值。

1.2.10 数据处理与分析 采用 Microcal Origin 8.0 软件制图,并对数据进行方差分析,显著性水平取 0.05,即 $P < 0.05$ 时,差异显著;褐变度(吸光度 A)用一级反应力学描述:

$$\frac{At}{A_0} = \exp(-Kt), \tag{2}$$

式中:

t ——贮藏时间,min;

K ——一级反应动力学常数;

At ——处理因素 t 时鲜榨草莓汁吸光度 A 的测定值;
 A_0 ——未处理样品 A 值。

2 结果与分析

2.1 中温协同超高压处理对鲜榨草莓汁贮藏期内微生物的影响

鲜榨草莓汁贮藏期间菌落总数的变化情况见表 1。由表 1 可知,UHP 样品中菌落总数对数值由 3.94 降至 1.95,T-UHP 处理后则降为 1 以下,两种处理条件下鲜榨草莓汁中菌落总数对数值均少于 2,达到 GB 19297—2003 标准的要求。在 4 °C 贮藏条件下,对照样品中菌落数的对数值第 1 周急剧增加,而从第 2 周开始逐渐降低,至第 3 周小于 1。鲜榨草莓汁从第 2 周出现涨袋,原果汁成分因微生物大量繁殖严重破坏,在整个贮藏期呈现从快速生长期到衰亡期的变化规律。UHP 样品从第 0 周到第 2 周几乎没有变化,菌落总数

均在安全范围内,而从第 3 周开始菌落数增加较快并超过 GB 19297—2003 标准限值,这与 Lavinias F C 等^[14]研究发现单纯超高压 400 MPa,3 min 处理的腰果梨汁在 4 ℃贮藏期间菌落无明显增殖的结果不同,可能是介质不同对微生物的抗压保护作用或菌群差异等。而 T-UHP 处理样品中菌落总数到第 4 周仍没有变化,其对数值维持在 1 以内。这可能有两个原因:① 单纯超高压对包装袋产生破坏作用,使复合膜结构产生膜间裂缝及膜内部裂缝导致贮藏期间微生物从外界环境侵入包装袋内的,而中温协同有缓冲高压对包装袋破坏的作用^[15];② 中温协同作用大大提高了超高压技术对鲜榨草莓汁的杀菌效果,延长微生物安全贮藏期,即中温协同作用抑制微生物生长、高压损伤恢复作用效果显著^[7]。鲜榨草莓汁中霉菌、酵母菌从 0 周与贮藏期间均未检出。

表 1 处理前后鲜榨草莓汁中菌落总数在贮藏期间的变化[†]
Table 1 The total numbers of colony changes in fresh strawberry juice before and after treated during the storage lg(CFU/mL)

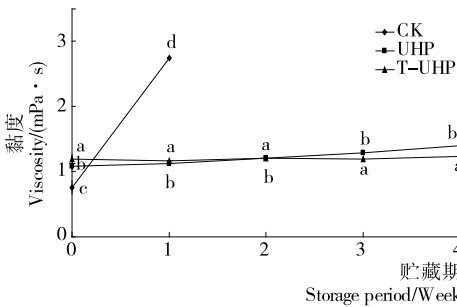
样品	第 0 周	第 1 周	第 2 周	第 3 周	第 4 周
对照	3.94±1.7 ^b	4.82±1.3 ^a	3.92±1.1 ^b	≤1.0 ^c	≤1.0 ^c
UHP	1.95±1.0 ^b	1.97±0.6 ^b	1.94±0.8 ^b	2.25±0.7 ^a	2.46±0.6 ^a
T-UHP	≤1.0 ^a	≤1.0 ^a	≤1.0 ^a	≤1.0 ^a	≤1.0 ^a

† 同组数据肩标小写字母不同,表示差异显著(P<0.05)。

2.2 T-UHP 处理鲜榨草莓汁及贮藏期内品质稳定性的变化

2.2.1 黏度及流变特性的变化 由图 1 可知,T-UHP 及 UHP 处理后鲜榨草莓汁的黏度值增加,且中温协同作用的效果更为显著(P<0.05),曹霞敏等^[12-13]研究发现超高压处理后橙汁、调配草莓汁的黏度增大,可能是高压增加了果汁组织内容物溶出或一定的压缩作用,同时中温辅助有助于果胶类物质从细胞壁溶出。同时从贮藏期内各样品的黏度值变化可以看出,对照样品放置 1 周后黏度已急剧增加(0.76 mPa·s 到 2.74 mPa·s),UHP 样品的黏度值随着贮藏时间延长也出现增大,但不显著(P>0.05)。常彦等^[16]认为超高压处理前后果汁中因有果胶酶等,果胶类大分子物质在贮藏过程中被分解,果汁黏度值降低。而本试验结果则相反,这可能与贮藏过程中微生物大量繁殖,代谢废物积累,果汁变黏稠的程度大于果胶类物质被分解的速度有关。T-UHP 草莓汁的黏度值整个贮藏期内几乎没有变化,保持较高的黏度稳定性。

图 2 为流变仪测定鲜榨草莓汁经处理前后的流变参数曲线,即剪切应力(τ)随剪切速率(γ)变化曲线图。处理前后的鲜榨草莓汁流型均符合 $\tau=k\gamma^n$, $n<1$ 时,表明鲜榨草莓汁属于假塑性流体,即剪切变稀,且经 UHP 及 T-UHP 处理后流型不变,但 n 值有变化,即偏离牛顿流体的程度不同,见表 2。 n 值为对照样品>UHP 样品>T-UHP 样品,稠度系数 k 经 T-UHP 处理后变化较显著(P<0.05)。果汁的流变特性与其中的大分子物质如果胶、纤维素形成的网络结构有关,在用旋转流变仪测定流变参数曲线时,随着剪切速率增



同组数据肩标小写字母不同,表示差异显著(P<0.05)

图 1 处理前后鲜榨草莓汁黏度在贮藏期间的变化
Figure 1 Changes of the viscosity in fresh strawberry juice before and after treated during storage

大,此网络结构被破坏,剪切应力增加幅度减小,黏度减小^[17]。而中温协同超高压处理更大程度的增加了大分子内容物的溶出,造成鲜榨草莓汁流型更加偏离牛顿流体,假塑性增强。纵伟等^[10,18]研究证明温度对超高压处理猕猴桃果汁的假塑性的提高起正协同作用。

图 3 显示,UHP 样品的流变曲线到第 4 周时偏离鲜处理样品,且倾向于牛顿流体(n 值增大为 0.935 8),这与果汁中的大分子物质随贮藏时间的延长被未钝化的酶降解有关^[19]。中温协同超高压草莓汁的流变曲线到第 4 周稍偏离贮藏前样品(第 0 周),但不显著(P>0.05)。对照样品到第 3 周因组织严重黏稠无法测定流变曲线。说明 UHP 与 T-UHP 对鲜榨草莓汁在贮藏期组织状态均有较好的稳定作

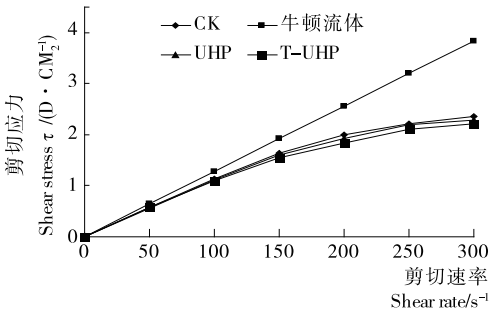


图 2 处理前后鲜榨草莓汁流变参数曲线
Figure 2 The τ — γ curve of fresh strawberry juice before and after treated

表 2 处理前后鲜榨草莓汁在贮藏期间流变特性参数 k 与 n 的变化[†]

Table 2 Changes of the rheological characteristic parameter k and n of fresh strawberry juice before and after treated during storage

样品	$k/(mPa \cdot s^n)$	n	R^2
CK	0.019 65 ^b	0.881 8 ^b	0.991 4
UHP	0.019 49 ^b	0.879 6 ^b	0.987 2
UHP(4 周后)	0.015 85 ^c	0.935 8 ^a	0.891 7
T-UHP	0.022 40 ^a	0.845 5 ^c	0.995 1
T-UHP(4 周后)	0.023 70 ^a	0.819 2 ^c	0.914 2

† 同列数据肩标小写字母不同,表示差异显著(P<0.05)。

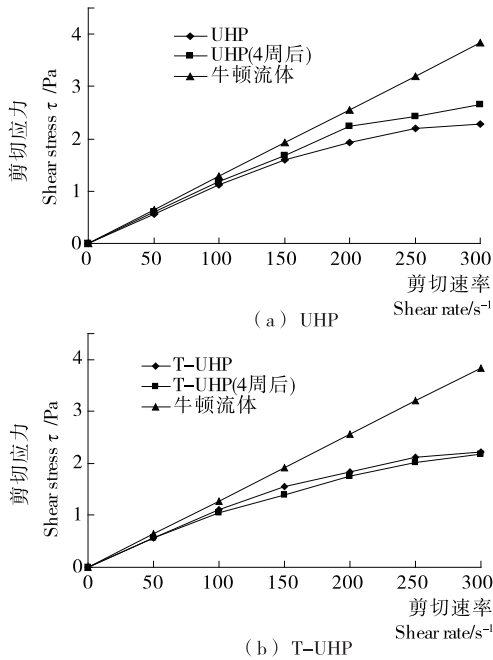
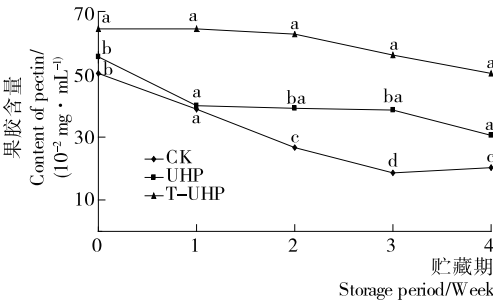


图3 处理后鲜榨草莓汁在贮藏4周后的流变参数曲线
Figure 3 The $\tau-\gamma$ curve of treated fresh strawberry juice after four weeks

用,而后者作用较为显著,黏度及流变曲线在贮藏期间几乎没有变化,尤其在第0~3周没有发生变化。

2.2.2 果胶含量的变化 由图4可知,与对照样相比,UHP与T-UHP草莓汁中的果胶含量均增加,且后者增加显著,与相同条件草莓汁的黏度值变化一致。说明超高压作用有利于果汁中果胶类物质的溶出,而中温协同处理促进了这一作用^[11]。随着贮藏时间的延长,各样品中果胶含量呈递减趋势,尤其是对照样品变化显著($P<0.05$;第2周降幅为50%左右);UHP样品降低速度减缓,T-UHP样品在贮藏期间无明显变化,这与样品中的PME酶活性密切相关,张波波等^[20]研究发现中温协同超高压处理与单纯超高压相比,在刚处理后不能有效钝化PME,但可以有效钝化贮藏期PME活性。

2.2.3 浊度的变化 由图5可知,在第0周时,UHP处理草莓汁的浊度值有所降低,而T-UHP处理后则有一定升高,但二者变化均不显著($P>0.05$)。随着贮藏时间的延长对照样



果胶含量以半乳糖醛酸果胶计

图4 处理前后鲜榨草莓汁中果胶含量在贮藏期间的变化
Figure 4 Changes of the pectin content in fresh strawberry juice before and after treated during storage

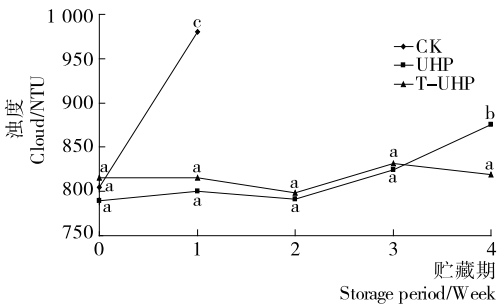


图5 处理前后鲜榨草莓汁浊度在贮藏期间的变化
Figure 5 Cloud of fresh strawberry juice changes before and after treated during storage

品与UHP处理样品的浊度值均呈升高趋势,对照样品贮藏1周后则因果汁品质破坏严重,浊度升高显著。UHP样品第4周时浊度变化显著,这可能是果汁中残存微生物与酶活性在贮藏期间发生积累代谢产物、降解作用等原因使果汁产生的后浑浊造成的,同时也与草莓汁在贮藏过程中黏稠度增大有关。而T-UHP处理则减弱了鲜榨草莓汁在贮藏期间浑浊度增加的现象,变化不显著($P>0.05$)。

2.2.4 悬浮稳定性的变化 悬浮稳定性表征数值越接近100%,表明果汁越稳定。由图6可知,与UHP相比,T-UHP处理显著地提高了鲜榨草莓汁的悬浮稳定性($P<0.05$),这可能是超高压作用对草莓汁中的悬浮组织成分有一定的破碎作用,增加了其沉淀稳定性,而中温辅助作用强化了这种粉碎作用,使草莓汁中较大的组织更加细化,能够在离心过程中稳定地悬浮于果汁中而不被离心出来。Goodner等^[21]研究发现温度结合超高压处理可使橙汁更加稳定。在贮藏期间,UHP处理果汁随贮藏时间延长,悬浮稳定性下降较为显著,这可能与黏度、浊度变化密切相关。贮藏期间黏度及浊度增加会加快悬浮物聚结沉淀,造成悬浮稳定性下降。而T-UHP作用处理样品在贮藏期间能保持很好的组织悬浮稳定性。

2.2.5 色泽的变化 图7为鲜榨草莓汁经T-UHP处理前后及其在储藏期间色泽的变化。由图7可知,T-UHP处理后鲜榨草莓汁的亮度提高(L^* 变大)、红色度减弱(a^* 减小)、黄色加深(b^* 变大),UHP处理草莓汁色泽无明显变化,

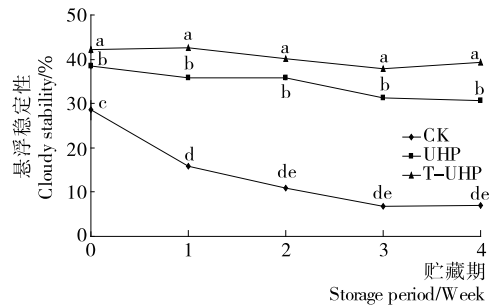
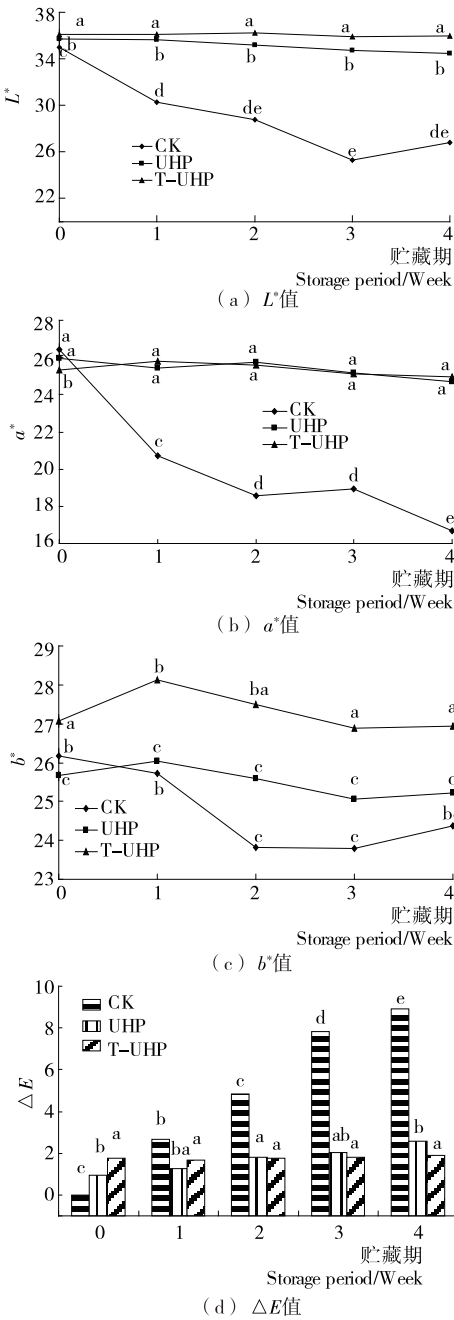


图6 处理前后鲜榨草莓汁悬浮稳定性在贮藏期间的变化
Figure 6 Cloudy stability of fresh strawberry juice changes before and after treated during storage



同组数据肩标小写字母不同,表示差异显著($P<0.05$)
Figure 7 处理前后鲜榨草莓汁色泽在贮藏期间的变化
Figure 7 Colour of fresh strawberry juice changes before and after treated during storage

说明即使中温仍对草莓汁的色泽有一定影响(ΔE 值接近 2)。在贮藏期间, b^* 变化不显著,对照样的 L^* 和 a^* 在贮藏期内均出现显著下降,说明鲜榨草莓汁随着贮藏时间延长,亮度及红色度逐渐减弱, ΔE 显著变大($\Delta E \geq 2$ 时,样品总色差变化显著),这与草莓汁在贮藏期间环境条件如光照、包装空气残留、自身酶活性、悬浮稳定性、花色苷降解等因素密切相关^[7]。UHP 处理草莓汁的色泽在前 3 周较为稳定,而到第 4 周出现显著变化($\Delta E=2.57$),T-UHP 处理样品的 L^* 、 a^* 、 b^* 及总色差 ΔE 在整个贮藏期间均无显著变化($P>0.05$),具有较高的色泽稳定性。说明 UHP 作用有助于

草莓汁在贮藏期间色泽的稳定性,但并不能保证色泽长期稳定,而 T-UHP 作用则对其具有显著改善,且随着贮藏时间的延长色泽能够保持较好的稳定性。

2.2.6 褐变度的变化 为更为直观地分析处理前后鲜榨草莓汁在贮藏期间发生褐变的程度及变化速度,采用一级动力学方程拟合的方式绘图,根据变化速率常数 K 和相关系数 R^2 进行统计分析鲜榨草莓汁在贮藏期间其褐变度的变化规律。

由表 3 可知,处理前后鲜榨草莓汁在贮藏期间的褐变度的一级动力学公式有较高的拟合度, R^2 均在 0.9 以上,可以依此分析贮藏期间鲜榨草莓汁的褐变变化规律。由图 8 可知,处理前后鲜榨草莓汁在贮藏期间的褐变度均呈增加趋势,经 UHP 与 T-UHP 处理后,鲜榨草莓汁的褐变变化速率常数 K 与原样对照均减小,且 $K_{T-UHP} < K_{UHP}$,说明随着贮藏时间的延长,T-UHP 处理后草莓汁褐变速度小于 UHP 处理($P<0.05$)。这可能是 T-UHP 处理能较好地抑制 PPO 酶活性,使酶促褐变得到更好的控制。而褐变度仍逐渐增大的原因之一可能是 PPO 酶并未被完全灭活,在贮藏期间依然会引起酶促褐变;此外,还包括非酶促褐变^[22]。

3 结论

(1) 与对照样相比,UHP 与 T-UHP 均减缓了鲜榨草莓汁在 4 °C 贮藏期间的微生物增值、流体特性变化、黏度值增大、果胶含量降低、组织稳定性减弱、色泽变化及褐变速度增大等不利于其贮藏品质保持的趋势,对鲜榨草莓汁的贮藏性能的提高均起到促进作用,且 T-UHP 效果更为突出。

表 3 处理前后鲜榨草莓汁在贮藏期间鲜榨草莓汁 A 值变化动力学参数

Table 3 The kinetic constants of the first-order model fitted to A values of fresh strawberry juice before and after treated during storage

样品	k	R^2
CK	0.229 4 ^a	0.937 2
UHP	0.149 4 ^b	0.941 0
T-UHP	0.132 7 ^c	0.946 4

† 同列数据肩标小写字母不同,表示差异显著($P<0.05$)。

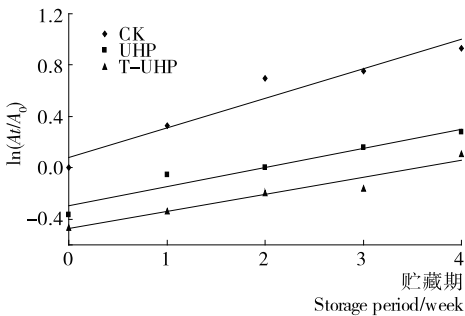


Figure 8 处理前后鲜榨草莓汁在贮藏期间 $\ln(A_t/A_0)$ 的变化
Figure 8 Changes of $\ln(A_t/A_0)$ during storage of fresh strawberry juice before and after treated

(2) 酶活性是影响果汁贮藏品质的重要因素,与其品质变化如色泽、稳定性等密切相关。本研究尚缺对其内在联系的深入探索,综合分析影响果汁贮藏特性因素,更有利于为超高压技术在果汁加工保藏中的应用提供科学全面的理论依据。

参考文献

[1] 胡花丽,李鹏霞,王毓宁,等.气调贮藏对草莓细胞壁酶活性的影响[J].食品与机械,2011,27(1):98-101.

[2] 陆怡,颜惠庚,沈士明.超高压生物处理技术及装备研究进展[J].食品与机械,2007,23(5):28-29.

[3] 张波波,王丹,马越,等.超高压和 UHT 对草莓汁中多酚氧化酶活性的影响[J].食品与机械,2014,30(1):145-148.

[4] 段虎,潘润淑,王祎娟,等.超高压结合低温处理对牛肉组织结构及理化特性的影响[J].食品与机械,2012,28(4):152-154.

[5] 柳青,赵晓燕,张超,等.超高压处理对草莓汁贮藏期微生物及品质的影响[J].中国食品学报,2014,11(14):111-114.

[6] 曾庆梅,谢慧明,潘见,等.超高压处理对枯草芽孢杆菌超微结构的影响[J].高压物理学报,2006,20(1):83-87.

[7] 周婧琦,赵光远,张培旗,等.热协同超高压处理对浑浊梨汁中微生物的影响[J].食品科学,2008,29(8):50-52.

[8] 尹琳琳.超高压技术对哈密瓜汁风味及品质影响的研究[D].石河子:石河子大学,2010:67-78.

[9] ISLAM M S, INOUE A, IGURA N, et al. Inactivation of bacillus spores by the combination of moderate heat and low hydrostatic pressure in ketchup and potage [J]. Int. J. Food Microbiol., 2006, 107(2): 124-130.

[10] 方亮,江波,张涛.高压中温协同处理对猕猴桃果汁流变特性的影响初探[J].食品与发酵工业,2008,34(3):169-171.

(上接第 31 页)

4 结论

为了苹果分级需要,提出了一种基于 HMM 的苹果分级方法。利用 HSV 模型提取苹果颜色特征,利用 Hu 不变矩提取苹果形状特征,通过 Lloyd 算法对提取的特征量进行编码,并将其作为 HMM 的输入特征向量,按照分级要求,通过标准样本进行训练,构建了 3 种标准状态的苹果优化模型库,利用 HMM 模式识别方法,将测试样本代入优化模型库中,对苹果类别进行了分类识别,在此基础上,结合苹果分级标准,完成苹果等级分级。试验结果表明,该方法分类识别结果正确。该方法提取了影响鲜苹果等级重要特征量颜色与形状,结合 HMM 进行信息融合及识别,是一种苹果分级有效方法。由于本试验着重于分级方法的研究,对图像采集及预处理研究较少,同时本研究未涉及的还有苹果的大小,这些可能会影响分类结果,今后可以考虑对图像采集、预处理进行深入研究,以及考虑苹果大小对识别结果影响的研究,同时可在特征提取中引入区间,通过区间提高结果的可靠性。

参考文献

[1] 饶秀勤,应义斌.水果按表面颜色分级的方法[J].浙江大学学报:工学版,2009,43(5):869-871.

[11] 赵光远,李娜,白艳红,等.热协同高压处理对鲜榨桃汁品质影响的研究[J].广西轻工业,2006(6):1-3.

[12] POLYDERA A C, STOFOROSB N G, TAOUKIS P S. Quality degradation kinetics of pasteurised and high pressure processed fresh navel orange juice, nutritional parameters and shelf life[J]. Innov. Food Science Emerg. Tech., 2005, 6: 1-9.

[13] 曹霞敏,毕秀芳,李仁杰,等.超高压和热杀菌对草莓浊汁及清汁品质的影响[J].高压物理学报,2014,28(5):631-640.

[14] LAVINAS F C, MIGUEL M A, LOPES M L, et al. Effect of high hydrostatic pressure on cashew apple (An acardium occidentale L.) juice preservation[J]. Food Sci., 2008, 73(6): 273-277.

[15] 丘苑新,叶盛英.超高压下食品组分与包装材料的相互影响[J].食品与机械,2015,31(2):178-182.

[16] 常彦.超高压技术对草莓汁杀菌、钝酶及品质影响的研究[D].晋中:山西农业大学,2013:36-40.

[17] 洪漫兴,阮征.食品流变特性研究进展[C]//广东省食品学会年会论文集.广东:广东省食品学会工作委员会,2014:190-194.

[18] 纵伟,赵光远.超高压对鲜切猕猴桃果片多聚半乳糖醛酸酶及品质的影响[J].食品与机械,2006,22(5):40-42.

[19] 宋洪波,杜吉涛,安凤平,等.柚子浓缩汁及清汁的流变学特性[J].福建农业大学学报:自然科学版,2007,64(3):422-426.

[20] 张波波,王丹,马越,等.超高压技术对草莓汁果胶甲酯酶钝化作用的研究[J].食品工业科技,2013,34(24):314-316.

[21] GOODNER J K, BRADDOCK R J, PARISH M E, et al. Cloud stabilization of orange juice by high pressure processing[J]. Food Science, 1999, 64(4): 699-700.

[22] 许文文,曹霞敏,刘凤霞,等.超高压处理的草莓果肉饮料在贮藏过程中的品质变化[J].高压物理学报,2013,27(2):137-144.

[2] 郭丹,韩英群,郝义.秋富红苹果冷藏期及货架期生理品质变化[J].食品与机械,2015,31(4):126-129.

[3] 刘璇,王沛,毕金峰,等.基于层次分析法的晚熟品种苹果脆片品质评价[J].食品与机械,2012,28(5):46-50.

[4] 殷勇,陶凯,于慧春.基于机器视觉的苹果分级中特征参量选择方法[J].农业机械学报,2012,43(6):118-127.

[5] 李先锋,朱伟兴,花小朋,等.基于 D-S 证据理论的决策级多特征融合苹果分级方法[J].农业机械学报,2011,42(6):188-192.

[6] 赵茂程,侯文军.基于神经网络的苹果自动分级方法[J].南京林业大学学报:自然科学版,2009,33(1):136-138.

[7] 姚立健,边起,雷良育,等.基于 BP 神经网络的水果分级研究[J].浙江农业学报,2012,24(5):926-930.

[8] 黄星奕,魏海丽,赵杰文.实时在线检测苹果果形的一种计算方法[J].食品与机械,2006,22(1):27-29.

[9] XIE Feng-yun, HU You-min, WU Bo, et al. A generalized interval probability-based optimization method for training generalized hidden Markov model[J]. Signal Processing, 2014, 94(1): 319-329.

[10] 周萧,王岩.基于 Hu 不变矩的叶片图像识别技术的研究[J].伺服控制,2011(6):70-72.

[11] XIE Feng-yun, HU You-min, WANG Yan, et al. A generalized Markov chain model based on generalized interval probability[J]. Science China Technological Sciences, 2013, 56(9): 2 132-2 136.