

王逸夫, 谢裕俊, 马晓鹏, 等. 中草药保鲜剂对鲜切甘薯品质及褐变的影响[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(9): 160–166.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.09.029

中草药保鲜剂对鲜切甘薯品质及褐变的影响

王逸夫, 谢裕俊, 马晓鹏, 叶夏芳, 吕尊富, 陆国权

(浙江农林大学, 浙江杭州 311300)

摘要:以甘草、甘草 + 高良姜、甘草 + 高良姜 + 丹参 3 种中草药配方为保鲜剂, 在常温下通过浸泡中草药保鲜剂组合研究中草药保鲜剂对鲜切甘薯的保鲜效果。以中草药配方、浸泡时长、取样时间为因素, 采用正交试验设计, 根据鲜切甘薯的品质变化及褐变影响, 确定适合鲜切甘薯保鲜的中草药保鲜方案。结果表明, 甘草、甘草 + 高良姜、甘草 + 高良姜 + 丹参 3 种中草药剂配方对鲜切甘薯的过氧化物酶活性均有显著抑制作用, 但相较于对照组多酚氧化酶活性则出现在取样时间内维持较高的水平。中草药处理后鲜切甘薯初期褐变度虽略高于对照组, 但在后期却有较好的表现, 部分组合能够有效缓解褐变的程度。综合表明, 鲜切甘薯经甘草组和甘草 + 高良姜组浸泡 3 min 后, 其失重率、瞬时散失率、过氧化氢酶活性、胶黏性、咀嚼性均好于其他处理组, 具有较好的保鲜效果。

关键词:中草药保鲜剂; 鲜切甘薯; 褐变; 甘草; 高良姜; 品质

中图分类号: S531.09 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2021)09-0160-07

甘薯, 别称番薯、红薯等, 其块根中富含淀粉、糖和纤维素等营养物质以及多种活性物质, 如花青素、类胡萝卜素和多酚等, 具有良好的抗氧化、抗癌、抗衰老等作用, 因此, 在很多发达国家都将其视为健康食品^[1-2]。随着人们营养健康意识的不断增强和薯类主食化战略的不断推进, 甘薯产业开始转型升级, 其产品逐渐向精深加工方向发展^[3-4]。如今, 鲜切果蔬已经成为一种消费时尚, 简便快捷的预处理产品更能适应现在快节奏的生活, 受到消费者的好评^[5], 鲜切甘薯也不例外。鲜切甘薯是指将新鲜的甘薯通过分级、清洗、整修、去皮、切分、保鲜、包装等一系列处理^[6], 加工成供消费者即食或餐饮业直接使用的一种新式甘薯产品。但目前市面上还未普遍出现, 其原因在于鲜切甘薯保鲜技术尚不成熟。甘薯切分后代谢反应迅速活化, 呼吸作用加强, 同时鲜切表面极易受到微生物侵染而引起腐败等品质下降表现, 失水速率大幅提高, 甘薯货架期缩短严重。此外, 机械切割造成的细胞破裂导致酶和底物混合, 产生酶促褐变反应^[7-9], 切分表面

褐变, 失去新鲜产品的特征, 大大降低了商品的价值。本试验主要研究不同种类的中草药剂对鲜切甘薯保鲜效果的影响, 其目的为寻找绿色健康的中药材保鲜剂^[10-13], 为商品化鲜切甘薯的保鲜途径提供多项选择。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

材料:甘薯来自浙江省杭州市临安区板桥镇农场新收鲜薯, 品种为心香, 薯块大小一致, 无虫无病; 甘草、高良姜和丁香购自聚珍良元旗舰店; 丹参和香茅草分别购自宝域旗舰店和珈祁堂旗舰店。

仪器:商用手摇切片机(上海日灿日用品有限公司); MP2002 电子天平(上海舜宇恒平科学仪器有限公司); 便携式色差仪(上海汉谱光电科技有限公司); T6-新世纪分光光度计(北京普析通用仪器有限责任公司); TMS-PRO 质构仪(美国 Food Technology 公司)。

1.2 试验方法

1.2.1 原料的处理方法 (1) 本试验于 2019 年 9 月在浙江农林大学完成。取甘薯洗净, 去皮, 去掉薯块两端, 用切片机将其切成厚度为 0.6 cm 的薯片, 备用。(2) 中草药提取液的制备^[14]: 将甘草、高良姜、丹参、丁香、香茅草分别取 200 g 并各加 1 L 自来水煮沸至沸腾后再用火文煮 30 min, 过滤药渣, 重新定容至 1 L, 将药液放入高压蒸汽锅中 121 ℃

收稿日期: 2020-08-31

基金项目: 国家甘薯产业技术体系专项资金(编号: CARS-10-B20); 2019 年校级学生科研训练项目(编号: 113-2013200126)。

作者简介: 王逸夫(1998—), 男, 浙江温州人, 研究方向为农学。

E-mail: 1325276230@qq.com。

通信作者: 陆国权, 博士, 教授, 研究方向为薯类加工与贮藏。

E-mail: lugq10@zju.edu.cn。

10 min 灭菌,冷却后放入 4 ℃ 冰箱保存。

1.2.2 中草药保鲜剂的选择 取薯片分别放入药液中浸泡 5 min,用 40 ℃ 烘箱处理 10 min,去除表面水分。将样品装入真空袋包装,置于常温。每隔 6 h 记录样品的褐变情况,通过观察评定对 5 份中草药剂进行排序,选择前 3 个作为后续试验材料。

1.2.3 不同中草药保鲜剂的配比处理 根据预先单因素试验结果,选择保鲜效果相对好的,并将排名第 1 的中草药与排名第 2、第 3 的中草药分别进行 1:1 及 1:1:1 配比,将薯片放入药剂中分别浸泡 3、6、9 min,将浸泡好的样品沥干,铺于台面,间隔 4、8、16、24、36 h 分别取样,以未经过浸泡的薯片作为对照组进行试验。

1.2.4 颜色亮度及饱和度变化的测定 用色差仪进行测量,分别测出各样品的 L 值、 a 值和 b 值。用 L 表示亮度, a 表示红绿色, b 表示黄蓝色,用 C 表示其颜色鲜艳程度, L 、 C 值越大,表示其颜色越鲜艳。

$$C = \sqrt{L^2 + a^2 + b^2}.$$

1.2.5 失重率及瞬时散失率的测定 失重率及瞬时散失率的测定采用质量法^[15]。公式如下:

$$\text{失重率} = \frac{\text{不同时间样品质量} - \text{样品初质量}}{\text{样品初质量}} \times 100\%;$$

$$\text{瞬时散失率} = \frac{\text{不同时间样品失重率} - \text{前一时间样品失重率}}{2 \text{ 次测定时间差}}.$$

1.2.6 褐变度的测定 取甘薯样品 1 g,分 3 次加入 2 mL 蒸馏水研磨匀浆,于 800 r/min 离心 10 min,取上清液 2 mL,加入 5 mL 浓度为 95% 的乙醇摇匀,于 800 r/min 离心 15 min,在 420 nm 波长下测定其吸光度,结果以 $D_{420 \text{ nm}}$ 表示。

1.2.7 多酚氧化酶的测定 酶液的制备:称取 5 g 组织样品,置于研钵中,加入 5 mL 提取缓冲液,在冰浴条件下研磨成匀浆,于 4 ℃、8 000 r/min 离心 30 min,收集上清液即为酶液提取液,低温保存备用。活性测定:取 1 支试管,加入 4 mL 50 mmol/L、pH 值为 5.5 的乙酸-乙酸钠缓冲液和 1.0 mL 50 mmol/L 邻苯二酚溶液,最后加入 100 μL 酶提取液,同时立即开始计时。将反应混合液导入比色杯中,置于分光光度计样品室中。以蒸馏水为参比,在反应 15 s 时开始记录反应体系在波长 420 nm 处的吸光度,作为初始值,然后每隔 1 min 记录 1 次,连续测定,至少获得 6 个点的数据,重复 3 次。

1.2.8 过氧化物酶的测定 称取组织 1 g 放于研钵中,加 5 mL 0.05 mol/L 的磷酸缓冲液(pH 值为

5.5)在冰浴中研磨成匀浆。将匀浆全部转入离心管中,在 3 000 r/min、4 ℃ 条件下离心 10 min,上清液为酶粗提取液,4 ℃ 保存备用。取酶液 100 μL ,加 2.9 mL 0.05 mol/L 磷酸缓冲液(pH 值为 5.5)、1 mL 0.05 mol/L 愈创木酚溶液、1.0 mL 2% H_2O_2 ,在 37 ℃ 水浴中混合均匀,于 470 nm 处测定其吸光度,连续记录 3 min。以不加酶的反应混合液作为对照,每 30 s 读 1 次数,以 1 min 吸光度变化 0.01 为一个酶活单位。

1.2.9 硬度、胶黏性、咀嚼性测定 采用质构分析仪测定^[16-17]。

2 结果与分析

2.1 中草药保鲜剂的选择

在观察时间内,丁香组、丹参组和香茅草组最先出现轻微的褐化现象,其中丁香药液对鲜切甘薯的染色较为严重,对甘薯色泽品质影响较为严重,这是由于其本身颜色较深,尽管丁香提取物在其他食品上已有了保鲜效果^[18-19]。丹参组虽然出现褐化现象,但是褐化面积较小。甘草组和高良姜组至试验结束没有发生明显的褐化现象,但是高良姜组极易出现鲜切甘薯软化的现象,这可能与高良姜具有促进细胞渗透的作用有关^[20]。通过综合分析,各中草药剂的保鲜效果为甘草 > 高良姜 > 丹参 > 香茅草 > 丁香,故本试验选择甘草、高良姜和丹参 3 种中草药剂作为研究对象。

2.2 不同中草药剂对鲜切甘薯色差值的影响

由表 1 可知,各处理组中甘草+高良姜组合的 3 种浸泡时长下色差值的相对变化均偏小,说明该药剂组合对鲜切甘薯的护色具有良好的效果。丹参药剂相对于甘草和高良姜颜色较深,因此随着浸泡时间的增加,甘草+高良姜+丹参组的初始色差值不断上升。而甘草组随着浸泡时间的增加,色差值不断降低,但变化趋势相对不变,因此认为甘草能够提亮鲜切甘薯,对于短期护色具有一定效果。

2.3 不同中草药剂对鲜切甘薯失重率的影响

由表 2 可知,除甘草组浸泡 3 min 4 h 取样外,在取样时间内各处理组的失重率均高于对照组。而 3 min 浸泡的甘草组失重率在处理组中是与对照组最相近的,对水分的保持能力较其他组合好。在 3 种浸泡时长中,甘草+高良姜组有 2 次高于或等于其他同浸泡时长的处理组。周莹等认为高良姜具有促渗透的作用^[20],而甘草可能也存在类似的

表 1 不同浸泡时间处理后 3 种不同中草药剂配方下甘薯色差值随时间的变化

浸泡时长 (min)	中草药组合	色差值(NBS)				
		4 h 取样	8 h 取样	12 h 取样	24 h 取样	36 h 取样
3	甘草	6.04	6.14	6.32	8.48	12.63
	甘草 + 高良姜	3.60	3.08	4.56	5.44	10.27
	甘草 + 高良姜 + 丹参	2.99	3.02	4.11	4.79	8.64
6	甘草	4.87	5.13	4.52	6.84	11.93
	甘草 + 高良姜	3.02	1.86	1.00	2.92	5.57
	甘草 + 高良姜 + 丹参	4.84	4.16	4.16	5.60	11.74
9	甘草	2.13	2.30	3.40	4.67	6.81
	甘草 + 高良姜	3.23	1.51	2.03	3.83	7.70
	甘草 + 高良姜 + 丹参	6.33	4.96	4.21	6.19	9.17
	对照	2.28	5.20	5.46	6.75	10.39

表 2 不同浸泡时间处理后 3 种不同中草药剂配方下甘薯失重率随时间的变化

浸泡时长 (min)	中草药组合	失重率(%)				
		4 h 取样	8 h 取样	12 h 取样	24 h 取样	36 h 取样
3	甘草	3.12	9.56	13.49	24.57	36.04
	甘草 + 高良姜	3.92	10.60	14.30	25.92	37.68
	甘草 + 高良姜 + 丹参	5.36	12.05	16.39	30.23	42.71
6	甘草	4.76	11.46	15.65	27.26	38.65
	甘草 + 高良姜	4.76	11.88	15.63	27.63	39.20
	甘草 + 高良姜 + 丹参	4.12	10.43	13.93	25.00	36.44
9	甘草	5.49%	13.11	17.56	29.51	41.67
	甘草 + 高良姜	5.57	12.84	16.93	28.65	39.92
	甘草 + 高良姜 + 丹参	5.41	12.47	16.37	28.27	40.11
	对照	3.18	7.76	12.37	20.41	29.70

作用,鲜切甘薯在浸泡过程中吸收药液,因此各处理组的初期含水量相对高于对照组。由于在试验过程中材料是铺于桌面的,受到空气流动及温度等的影响,处理组的水分蒸发量高于对照组,所以各处理组的失重率基本高于对照组。

2.4 不同中草药剂对鲜切甘薯瞬时散失率的影响

由表 3 可知,对照组的瞬时散失率在 8 ~ 12 h 取样时间段高于各处理组,其余时间段低于其他处理组。而 3 min 浸泡的甘草 + 高良姜 + 丹参组合和 9 min 浸泡的甘草组合相对于其他组的瞬时散失率较高,不利于鲜切甘薯的保鲜。3 min 浸泡的甘草 + 高良姜 + 丹参组合在不同的取样时间下瞬时散失率皆低于其他处理组,对水分的保持能力较好。对照组在 12 ~ 24 h 取样时间段的瞬时散失率都低于各处理组,认为是在夜间各组的水分散失速度减缓,清晨处理组鲜切甘薯表面的中草药成分吸水能力更强,延缓了水分散失的速度,因而瞬时散

失率相对对照组低。

表 3 不同浸泡时间处理后 3 种不同中草药剂配方下甘薯瞬时散失率随时间的变化

浸泡 时长 (min)	中草药组合	瞬时散失率(%)			
		取样 时间段 4 ~ 8 h	取样 时间段 8 ~ 12 h	取样 时间段 12 ~ 24 h	取样 时间段 24 ~ 36 h
3	甘草	1.61	0.98	0.92	0.96
	甘草 + 高良姜	1.67	0.92	0.97	0.98
	甘草 + 高良姜 + 丹参	1.84	1.08	1.15	1.04
6	甘草	1.68	1.05	0.97	0.95
	甘草 + 高良姜	1.78	0.94	1.00	0.96
	甘草 + 高良姜 + 丹参	1.58	0.88	0.92	0.95
9	甘草	1.90	1.11	1.00	1.01
	甘草 + 高良姜	1.82	1.02	0.98	0.94
	甘草 + 高良姜 + 丹参	1.76	0.98	0.99	0.99
	对照	1.17	1.15	0.67	0.77

2.5 不同中草药剂对鲜切甘薯褐变度的影响

由表 4 可知,3 min 浸泡的甘草组合 36 h 取样时的褐变度最低,甘草 + 高良姜组合次之,说明对鲜切甘薯的褐变抑制效果较好。6 min 浸泡的甘草 + 高良姜 + 丹参组合和 9 min 浸泡的甘草组合在 36 h 取样时褐变度高于对照组,褐变抑制效果较差。丹参含有大量的二萜类化合物,这也是丹参的药理活性所在,大部分二萜类化合物呈现红

色^[21-22],因此初期甘草 + 高良姜 + 丹参组的褐变度随浸泡时间不断上升。可能是中草药都含有一定的色素物质,所以处理组的初期褐变度略高于对照组,而在后期对照组褐变度急剧上升,而处理组的褐变度稳定变化,认为中草药中含有稳定鲜切甘薯化学成分的物质。处理组中部分突变的数值,可能与甘薯的个体差异较大有关。

表 4 不同浸泡时间处理后 3 种不同中草药剂配方下甘薯褐变度随时间的变化

浸泡时长 (min)	中草药组合	褐变度[L/(g · cm)]					
		0 h 取样	4 h 取样	8 h 取样	12 h 取样	24 h 取样	36 h 取样
3	甘草	0.132	0.172	0.168	0.182	0.281	0.265
	甘草 + 高良姜	0.132	0.242	0.142	0.214	0.304	0.335
	甘草 + 高良姜 + 丹参	0.132	0.234	0.134	0.132	0.317	0.429
6	甘草	0.132	0.212	0.200	0.213	0.478	0.398
	甘草 + 高良姜	0.132	0.279	0.283	0.157	0.357	0.388
	甘草 + 高良姜 + 丹参	0.132	0.249	0.240	0.210	0.270	0.483
9	甘草	0.132	0.188	0.254	0.235	0.271	0.493
	甘草 + 高良姜	0.132	0.278	0.231	0.316	0.273	0.412
	甘草 + 高良姜 + 丹参	0.132	0.311	0.282	0.250	0.427	0.406
	对照	0.132	0.152	0.201	0.208	0.231	0.472

注:褐变度以吸光度为依据,褐变越严重吸光度越高。

2.6 不同中草药剂对鲜切甘薯多酚氧化酶的影响

多酚氧化酶在植物中多以潜伏形式存在,能与相关膜系统紧密结合,在成熟、伤害、衰老或胁迫条件下,膜受伤害而活化,并导致多酚氧化酶活性增加,这种诱导的多酚氧化酶仅在受诱导部位出现,具有防御性的保卫功能^[23]。由表 5 可知,对照组多酚氧化酶活性在 4 h 取样时较大,之后其活性维持在较低水平。3 min 浸泡的甘草 + 高良姜组合的多

酚氧化酶活性在 36 h 取样时相对其他处理组低,与对照组数值较为接近,保鲜效果相对较好。而处理组的多酚氧化酶活性在 8 h 取样之后整体陆续出现维持在较高水平的现象,在 36 h 取样时 6 min 浸泡的甘草 + 高良姜 + 丹参组合的多酚氧化酶活性最高,不利于鲜切甘薯的保鲜。

多酚氧化酶作为催化剂,能和反应的原有底物形成一系列中间产物,散失活性^[24]。因此,在对照

表 5 不同浸泡时间处理后 3 种不同中草药剂配方下甘薯多酚氧化酶活性随时间的变化

浸泡时长 (min)	中草药组合	多酚氧化酶活性(U/g)					
		0 h 取样	4 h 取样	8 h 取样	12 h 取样	24 h 取样	36 h 取样
3	甘草	0.379	0.314	1.188	0.488	1.321	1.413
	甘草 + 高良姜	0.379	0.263	0.200	0.277	0.899	0.656
	甘草 + 高良姜 + 丹参	0.379	0.523	1.199	1.413	1.451	1.441
6	甘草	0.379	0.468	0.413	1.330	1.197	1.373
	甘草 + 高良姜	0.379	0.357	0.763	0.692	0.998	0.763
	甘草 + 高良姜 + 丹参	0.379	0.622	1.138	1.208	1.027	1.542
9	甘草	0.379	0.521	1.451	1.237	1.436	1.215
	甘草 + 高良姜	0.379	0.503	0.161	1.270	0.923	1.442
	甘草 + 高良姜 + 丹参	0.379	0.608	0.756	0.413	0.637	1.096
	对照	0.379	0.950	0.358	0.367	0.431	0.458

组中多酚氧化酶活性在 4 h 取样时达到最高,之后下降平稳。但各处理组中的多酚氧化酶活性普遍存在较高的活性,可能甘草等中草药中存在能够维持多酚氧化酶活性的物质。

2.7 不同中草药剂对鲜切甘薯过氧化物酶活性的影响

过氧化物酶是引起鲜切薯类褐变的主要酶^[24]。由表 6 可知,对照组过氧化物酶活性呈上升趋势,在 24、36 h 取样时活性较强,而各处理组的过氧化物酶活性上升相对较少,可见 3 种中草药配方均有抑

制过氧化物酶活性的作用。甘草 + 高良姜组 3 种浸泡时长下的过氧化物酶活性抑制效果排前 3,且随着浸泡时间的增加,活性抑制效果下降,推测鲜切甘薯内的水分含量越多酶活性越强,且因为水分子较中草药的其他成分更易进入细胞,因此效果略有下降。3 min 甘草处理组在 36 h 取样时过氧化物酶活性突升,这可能是甘薯的个体差异或者受到微生物侵染问题的影响。甘草 + 高良姜组在不同的浸泡时长中,具有稳定的表现,可见其对过氧化物酶活性具有稳定的抑制作用。

表 6 不同浸泡时间处理后 3 种不同中草药剂配方下甘薯过氧化物酶活性随时间的变化

浸泡时长 (min)	中草药组合	过氧化物酶活性(U/g)					
		0 h 取样	4 h 取样	8 h 取样	12 h 取样	24 h 取样	36 h 取样
3	甘草	0.080	0.031	0.151	0.103	0.223	0.487
	甘草 + 高良姜	0.080	0.026	0.052	0.090	0.200	0.228
	甘草 + 高良姜 + 丹参	0.080	0.052	0.097	0.196	0.324	0.314
6	甘草	0.080	0.047	0.053	0.140	0.241	0.282
	甘草 + 高良姜	0.080	0.036	0.055	0.105	0.242	0.217
	甘草 + 高良姜 + 丹参	0.080	0.062	0.076	0.165	0.143	0.354
9	甘草	0.080	0.052	0.104	0.147	0.171	0.268
	甘草 + 高良姜	0.080	0.044	0.068	0.136	0.174	0.232
	甘草 + 高良姜 + 丹参	0.080	0.061	0.108	0.085	0.254	0.262
	对照	0.080	0.098	0.118	0.170	0.560	0.748

2.8 不同中草药剂对鲜切甘薯硬度的影响

硬度是反映果实质地及衡量贮藏效果的一个重要指标^[25-26]。由表 7 可知,对照组的硬度值呈波动性变化,分别在 4、24 h 取样时出现 2 个峰值。与对照组相比,多数处理组的第 1 个峰值出现晚于对照组,原因认为是浸泡后的鲜切甘薯含水量高于对照组,虽然水分散失速率高于对照组,但依旧延缓

了其因水分散失造成的鲜切甘薯硬度问题。3 min 浸泡的甘草 + 高良姜 + 丹参组合的硬度值在 0 至 24 h 取样内变化起伏不大,维持在一定的水平,说明在 24 h 取样内短时间浸泡甘草药剂对保持鲜切甘薯的硬度变化具有延缓作用,可见其保鲜效果良好。

表 7 不同浸泡时间处理后 3 种不同中草药剂配方下甘薯硬度随时间的变化

浸泡时长 (min)	中草药组合	硬度值(N)					
		0 h 取样	4 h 取样	8 h 取样	12 h 取样	24 h 取样	36 h 取样
3	甘草	119.26	113.17	113.14	110.68	110.98	124.50
	甘草 + 高良姜	110.61	137.07	102.72	123.79	110.58	117.82
	甘草 + 高良姜 + 丹参	89.65	112.72	119.41	118.14	106.73	141.55
6	甘草	88.35	104.84	132.18	87.85	113.64	128.59
	甘草 + 高良姜	87.10	85.51	133.44	88.87	118.12	109.01
	甘草 + 高良姜 + 丹参	100.21	115.38	121.75	111.33	110.51	133.12
9	甘草	116.44	125.80	156.87	125.01	115.06	127.52
	甘草 + 高良姜	107.85	100.63	119.34	126.70	110.13	119.86
	甘草 + 高良姜 + 丹参	93.37	109.56	99.99	121.30	101.73	115.36
	对照	106.18	119.31	97.28	94.41	114.56	110.88

2.9 不同中草药剂对鲜切甘薯胶黏性的影响

胶黏性影响了鲜切甘薯的食用品质^[25-26]。由表 8 可知,对照组甘薯的胶黏性呈现先上升后下降的趋势,在 8 h 取样时胶黏性数值最高。处理组中除 3 min 浸泡后的甘草 + 高良姜 + 丹参组、6 min 浸

泡后的甘草组、9 min 浸泡后的甘草 + 高良姜组在后期出现较大起伏外,其余处理组的胶黏性维持在一个稳定水平,可见中草药剂对于维持鲜切甘薯的胶黏性具有一定作用,能够延缓鲜切甘薯的胶黏性变化。

表 8 不同浸泡时间处理后 3 种不同中草药剂配方下甘薯胶黏性随时间的变化

浸泡时长 (min)	中草药组合	胶黏性(N)					
		0 h 取样	4 h 取样	8 h 取样	12 h 取样	24 h 取样	36 h 取样
3	甘草	20.86	18.49	17.93	20.05	20.40	22.75
	甘草 + 高良姜	19.31	18.40	17.55	19.22	19.61	19.91
	甘草 + 高良姜 + 丹参	17.15	18.66	19.97	21.54	20.97	27.31
6	甘草	17.05	20.04	19.82	19.16	22.90	27.99
	甘草 + 高良姜	18.21	15.68	20.31	15.12	21.89	19.21
	甘草 + 高良姜 + 丹参	19.34	18.26	19.51	20.17	19.92	22.97
9	甘草	20.04	20.60	24.84	21.17	20.64	21.60
	甘草 + 高良姜	16.60	16.89	18.71	20.77	38.72	23.58
	甘草 + 高良姜 + 丹参	19.75	17.47	22.38	20.02	20.45	22.18
	对照	18.44	23.75	29.90	22.52	19.64	19.58

2.10 不同中草药剂对鲜切甘薯咀嚼性的影响

咀嚼性是鲜切甘薯的一项食品品质指标^[25-26]。由表 9 可知,对照组咀嚼性呈现先上升后下降的趋势,在 12 h 取样时有明显下降,8 h 取样时为最大值。3 min 浸泡时长的各处理组的初始咀嚼性与对照组相近,随着浸泡时间的增加,除甘草处理组外其余组咀嚼性出现明显下降趋势,对于鲜切甘薯的品质影响较大。中草药剂对于鲜切甘薯的咀嚼性

数值波动有较大的影响,随着浸泡时间的增加,各药剂处理组的咀嚼性波动增加,可以认为在鲜切甘薯变质的生理变化过程中,中草药剂打乱了其中变化,具体作用机制需要进一步探讨。其中,3 min 浸泡的甘草 + 高良姜组合的咀嚼性变化趋势与对照组相反,呈现先下降后上升的变化趋势,但在取样时间内的咀嚼性波动性较小,对于鲜切甘薯的品质有较好的保持作用。

表 9 不同浸泡时间处理后 3 种不同中草药剂配方下甘薯咀嚼性随时间的变化

浸泡时长 (min)	中草药组合	咀嚼性(mJ)					
		0 h 取样	4 h 取样	8 h 取样	12 h 取样	24 h 取样	36 h 取样
3	甘草	87.31	74.98	78.56	79.19	71.48	76.38
	甘草 + 高良姜	79.17	75.78	64.43	68.31	75.38	81.68
	甘草 + 高良姜 + 丹参	87.16	79.98	63.21	76.91	85.53	123.73
6	甘草	66.24	66.38	68.30	60.50	90.11	81.70
	甘草 + 高良姜	63.16	59.81	79.51	49.87	76.18	58.58
	甘草 + 高良姜 + 丹参	70.93	66.17	84.89	72.34	67.85	91.31
9	甘草	77.38	77.23	89.44	67.68	67.63	89.23
	甘草 + 高良姜	60.82	50.91	72.97	71.48	72.17	76.92
	甘草 + 高良姜 + 丹参	52.75	50.47	76.49	64.65	64.65	67.99
	对照	83.49	88.76	99.31	68.65	68.49	63.44

3 讨论与结论

在储藏过程中,鲜切甘薯的品质下降,主要是由水分散失、褐变、硬度等品质变化所引起。本试

验采用 3 种中草药配方,在一定程度上对鲜切甘薯的保鲜具有一定作用,3 种中草药配方间的差异并不显著,相比于对照组,3 种中草药处理组都在过氧化物酶活性的抑制上具有显著作用,推测可能是甘

草中的甘草次酸^[27]抑制了过氧化物酶的活性,具体的作用机制需要进一步探讨。而相对于单一的甘草药剂,另外 2 种复合药剂的多个指标出现较大的波动,这可能是不同中草药间相互产生了作用或者高良姜中某部分成分单独引起的,这其中的作用机制需要进一步研究。

浸泡时间的长短会影响鲜切甘薯吸收药剂的效果及内部变化,在众多处理组中,3 min 浸泡时长的甘草组和甘草 + 高良姜组在失重率、瞬时散失率、过氧化氢酶活性、胶黏性、咀嚼性相对于其他处理组表现良好,保鲜效果显著。中草药之间相互作用或与鲜切甘薯发生反应或因甘薯个体差异影响,造成指标波动性较大,其中的机制需要进一步研究。

参考文献:

- [1] Wang S N, Nie S P, Zhu F. Chemical constituents and health effects of sweet potato[J]. Food Research International, 2016, 89(1): 90 – 116.
- [2] 王 丽, 王 辉, 段丽丽, 等. 甘薯品质相关性分析及主成分分析[J]. 食品工业, 2016, 37(1): 286 – 290.
- [3] 吴 凯, 陆国权. 基于知识产权视角的临安甘薯产业发展对策探析[J]. 南方农业, 2019, 13(31): 74 – 76, 80.
- [4] 周志林, 唐 君, 曹清河, 等. 淀粉专用型甘薯品质形成规律及其与主要农艺性状的相关性[J]. 江苏农业学报, 2020, 36(2): 277 – 283.
- [5] 胡叶静, 李保国, 张 敏, 等. 鲜切果蔬保鲜技术及方法研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(22): 276 – 281.
- [6] 程 双, 胡文忠, 马 跃, 等. 鲜切果蔬酶促褐变发生机理的研究[J]. 食品工业科技, 2010(1): 74 – 77, 80.
- [7] 王礼群, 刘 硕, 杨春贤, 等. 鲜切甘薯不同部位褐变机理差异[J]. 食品科学, 2018, 39(1): 285 – 290.
- [8] Pan Y F, Chen L, Pang L L, et al. Ultrasound treatment inhibits browning and improves antioxidant capacity of fresh – cut sweet potato during cold storage[J]. The Royal Society, 2020, 10(16): 9193 – 9202.
- [9] Gao L, Li K D, Zhu M P, et al. Study on browning degree of fresh – cut purple sweet potato and its inhibition during storage[J]. Advances in Manufacturing Science and Engineering, 2013, 712/713/714/715: 409 – 414.
- [10] 刘娅玲, 郑 艳. 中草药型果蔬防腐保鲜剂研究进展[J]. 食品工业科技, 2012, 33(7): 449 – 452.
- [11] 杜小琴, 吴中宝. 中草药提取液在果蔬防腐保鲜上的研究进展[J]. 分子植物育种, 2018, 16(8): 2696 – 2701.

- [12] 许牡丹, 刘 青, 刘 艳, 等. 可食中草药保鲜剂对大枣贮藏品质的影响[J]. 食品科技, 2011, 36(3): 38 – 41.
- [13] 欧阳秋飞, 杨建波, 杨翠凤, 等. 中草药提取物在芒果抑菌保鲜中的应用研究进展[J]. 中国南方果树, 2019, 48(2): 171 – 176.
- [14] 司春灿, 林 英, 韩文华, 等. 7 种中草药的不同提取方法提取液对 2 株埃希氏大肠杆菌抑菌效果试验[J]. 黑龙江畜牧兽医: 下半月, 2018(18): 175 – 178.
- [15] 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, 2007: 3 – 4.
- [16] 潘 超. 迷你甘薯块根大小和短期储藏对其食用品质的影响[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2015: 10 – 15.
- [17] 邱天越. 甘薯块根发芽过程主要成分的变化规律及其与发芽特性的关系[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2018: 32 – 38.
- [18] Echeverría I, López – Caballero M E, Gómez – Guillén M C, et al. Active nanocomposite films based on soy proteins – montmorillonite – clove essential oil for the preservation of refrigerated bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) fillets[J]. International Journal of Food Microbiology, 2018, 266: 142 – 149.
- [19] Salgado P R, Mauri a N, Montero M P, et al. Sunflower protein films incorporated with clove essential oil have potential application for the preservation of fish patties[J]. Food Hydrocolloids, 2013, 33(1): 74 – 84.
- [20] 周 莹, 朱卫丰, 章 明, 等. 高良姜及其化学成分调控物质能量代谢的药理学研究进展[J]. 中药新药与临床药理, 2017, 28(1): 127 – 132.
- [21] Issah S, Bonaventure K, Francis K, et al. Quality and shelf – life of sweet potato as influenced by storage and postharvest treatments[J]. Trends in Horticultural Research, 2017, 7(1): 1 – 10.
- [22] Jia Q, Zhu R, Tian Y, et al. *Salvia miltiorrhiza* in diabetes: a review of its pharmacology, phytochemistry, and safety[J]. Phytomedicine, 2019, 58: 152871.
- [23] 刘程惠, 胡文忠, 姜爱丽, 等. 不同贮藏温度下鲜切马铃薯的生理生化变化[J]. 食品与机械, 2008, 24(2): 38 – 42.
- [24] 胡文忠, 姜爱丽, 庞 坤, 等. 鲜切苹果的呼吸强度及乙烯生成量变化的研究[J]. 大连民族学院学报, 2007, 9(1): 37 – 40, 69.
- [25] 林 婕, 邱万伟, 萧国庆, 等. 温度对甘薯贮藏品质的影响研究[J]. 食品工业, 2016, 37(3): 64 – 67.
- [26] Philip D C, Norhashila H, Rosnah S, et al. Quality evaluation of sweet potatoes (*Ipomoea batatas* L.) of different varieties using laser light backscattering imaging technique[J]. Scientia Horticulturae, 2020, 260(1): 1 – 10.
- [27] 吴宗耀, 牛李义, 梁喜爱. 甘草化学成分及药理作用分析[J]. 河南中医, 2010, 30(12): 1235 – 1236.