

不同贮藏温度下山梨酸钾和焦亚硫酸钠对南酸枣皮浆品质的影响

Effects of potassium sorbate and sodium pyrosulfite on storage quality of *Choerospondias axillaris* peel pulp in different temperature

王日思^{1,2} 褚贝贝² 凌华山³ 陈明舜²

WANG Ri-si^{1,2} CHU Bei-bei² LING Hua-shan³ CHEN Ming-shun²

陈 军² 刘成梅² 刘继延³

CHEN Jun² LIU Cheng-mei² LIU Ji-yan³

(1. 江西旅游商贸职业学院经济管理学院, 江西 南昌 330100; 2. 南昌大学食品科学与技术国家重点实验室, 江西 南昌 330047; 3. 江西齐云山食品有限公司, 江西 崇义 341000)

(1. College of Economics and Management, Jiangxi Tourism and Commerce Vocational College, Nanchang, Jiangxi 330100, China; 2. State Key Laboratory of Food Science and Technology, Nanchang University, Nanchang, Jiangxi 330047, China; 3. Jiangxi Qiyunshan Food Co., Ltd., Chongyi, Jiangxi 341000, China)

摘要:在不同贮藏温度(4, 25, 35 ℃)下, 研究山梨酸钾或焦亚硫酸钠对南酸枣皮浆菌落总数、 L^* 值、多酚含量、DPPH自由基清除力和pH的影响。结果表明:0.050%山梨酸钾或0.015%~0.050%焦亚硫酸钠均可有效抑制南酸枣皮浆微生物生长;0.015%焦亚硫酸钠在南酸枣皮打浆过程和贮藏前期具有较好的护色效果, 但随贮藏时间的延长, 其护色效果与0.050%山梨酸钾的无显著差异($P>0.05$), 且二者对南酸枣皮打浆和贮藏过程中多酚含量和DPPH自由基清除率的影响无显著差别($P>0.05$);低温(4 ℃)有利于南酸枣皮浆贮藏;在贮藏过程中 L^* 值和多酚含量变化分别符合一级和零级降解动力学模型。

关键词:南酸枣; 山梨酸钾; 焦亚硫酸钠; 贮藏温度

Abstract: The effects of preservative (potassium sorbate or sodium pyrosulfite) on storage quality such as total colony number, colour L^* value, polyphenol content, DPPH radical scavenging activity and pH of *Choerospondias axillaris* peel pulp at 4, 25 and 35 ℃ were first studied. The results showed that 0.050% potassium sorbate and 0.015% ~ 0.050% sodium pyrosulfite could effectively inhibit the growth of microorganism. 0.015% so-

dium pyrosulfite had a good color protection effect during the pulping process and early storage stage of the pulp, but there was no significant difference between 0.015% sodium pyrosulfite and 0.050% potassium sorbate was found, when the storage time was prolonged ($P>0.05$). There was no significant difference in the polyphenols content and the free radicals scavenging rate of DPPH for the two groups during the pulping and storage process of pulp ($P>0.05$). Low temperature (4 ℃) was beneficial to the storage of pulp and the changes of L^* value and polyphenol content were in accordance with the first-order and zero-order degradation kinetics models, respectively.

Keywords: *Choerospondias axillaris* potassium sorbate; sodium pyrosulfite; storage

南酸枣又名广枣, 主要分布于中国江西、湖南、湖北、云南和广西等气候温湿适宜、土壤条件合适的暖温带地区, 其干燥成熟果实为蒙药的习用药材, 可用于治疗心肌梗死、心律失常等心脑血管疾病。南酸枣鲜果味酸、涩, 不耐储藏, 主要用于加工枣糕, 而南酸枣糕加工过程会产生大量的枣皮^[1-2], 常作为废弃物被丢弃, 不仅造成资源浪费, 还污染环境。将南酸枣皮处理成其他产品的原料是一种有效的转化途径^[3]。南酸枣皮在加工前通常需要打浆处理, 而打浆过程往往伴随褐变反应及营养物的损失。因此, 研究南酸枣皮在打浆及枣皮浆贮藏过程的品质变化, 对开发南酸枣皮具有非常重要的意义。

基金项目:江西省重大研发专项(编号:20173ABC28005)

作者简介:王日思, 女, 江西旅游商贸职业学院助教, 南昌大学在读博士研究生。

通信作者:陈军(1986—), 男, 南昌大学副教授, 博士。

E-mail: chen-jun1986@hotmail.com

收稿日期:2019-08-28

在食品加工贮藏过程中通常会加入防腐剂,山梨酸钾和焦亚硫酸钠是两种常用的防腐剂,能有效抑制食品微生物生长繁殖、保持品质、延长货架期^[4-6]。研究表明,山梨酸钾可有效保持罗望子产品贮藏期间营养和外观品质^[7];焦亚硫酸钠对双孢蘑菇有保鲜和护色的效果^[8],对核桃青果有较好的保藏效果^[9]。然而,关于山梨酸钾和焦亚硫酸钠在南酸枣皮打浆及贮藏过程中的应用尚未见诸于报道。贮藏过程中,温度对食品颜色和营养素影响较大^[10];Liu等^[11]报道温度对红萝卜花色苷有一定影响;Pinheiro等^[12]研究表明较低温不利于番茄贮藏,并对各指标建立了动力学模型。

试验拟选择4℃作为低温贮藏温度、25℃作为常温贮藏温度、35℃作为加速贮藏温度,分别对3个贮藏温度下南酸枣皮浆的重要指标(菌落总数、 L^* 值、多酚含量、DPPH自由基清除力和pH)进行监测,并分析 L^* 值和多酚降解反应动力学,评价山梨酸钾和焦亚硫酸钠对南酸枣皮浆贮藏品质的影响,旨在为南酸枣皮产品的开发提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

南酸枣皮:江西省齐云山食品有限公司;
山梨酸钾、焦亚硫酸钠:食品级,河南千志商贸有限公司;
平板计数琼脂:北京陆桥技术股份有限公司;
福林酚:分析纯,北京索莱宝科技有限公司;
没食子酸标准品:分析纯,阿拉丁试剂有限公司;
芦丁(>99.9%)、DPPH(>99.9%):美国Sigma公司;

氯化钠、无水乙醇、氯化铁、碳酸钠、硝酸铝、氢氧化钠:分析纯,天津市大茂化学试剂厂。

1.2 仪器与设备

紫外—可见分光光度计:722N型,上海精密科学仪器有限公司;
电子天平:FA2004型,上海舜宇恒平科学仪器有限公司;
立式压力蒸汽灭菌器:LDZX-50KB型,上海申安医疗器械厂;
恒温恒湿培养箱:HWS-250型,上海森信实验仪器有限公司;
电子恒温水浴锅:HWS12型,上海恒科科学仪器有限公司;
冷冻干燥机:AlpHa1-2LD型,德国Christ公司;
高速组织捣碎机:DS-1型,上海精科实业有限公司;
台式离心机:TDL-5-A型,上海安亭科学仪器厂;

便携式色差仪:HP-2136型,上海谱熙光电科技有限公司;

pH计:PHSJ-4F型,上海精密仪器仪表有限公司。

1.3 方法

1.3.1 南酸枣皮浆制备及贮藏 选取同批次,颜色一致,无腐烂变质的新鲜南酸枣皮,用流动水清洗并沥干。南酸枣皮与水按质量比5:2混合,各处理组分别添加焦亚硫酸钠或山梨酸钾至不同浓度(以南酸枣和水的总质量计,见表1)。将南酸枣皮用高速组织捣碎机打成匀浆,分装,分别于4,25,35℃下贮藏,测定不同贮藏时间(0,10,30,60,90 d)的菌落总数、 L^* 值、多酚、DPPH自由基清除率和pH,并对 L^* 值和多酚降解动力学进行模拟,研究不同贮藏温度下山梨酸钾和焦亚硫酸钠对南酸枣皮浆贮藏品质的影响。

表1 南酸枣皮浆中山梨酸钾和焦亚硫酸钠的质量浓度[†]
Table 1 Mass concentration of potassium sorbate and sodium metabisulfite in *Choerospondias axillaris* peel pulp

组号	浓度/%	组号	浓度/%
控制组	—	B ₁	0.015
A ₁	0.015	B ₂	0.025
A ₂	0.025	B ₃	0.035
A ₃	0.035	B ₄	0.050
A ₄	0.050		

[†] A_i为山梨酸钾试验组;B_i为焦亚硫酸钠试验组。

1.3.2 菌落总数测定 按GB 4789.2—2016执行。
1.3.3 L^* 值测定 采用色差仪^[13]。
1.3.4 多酚含量测定 参考李倩等^[14]的方法稍作修改。将南酸枣皮浆进行冷冻干燥,冻干后的南酸枣皮进行粉碎,精确称取0.5 g南酸枣皮粉末,用60%乙醇以料液比1:60(g/mL)、60℃水浴提取1.5 h,冷却至室温后,定容至50 mL容量瓶中,摇匀。4 000 r/min离心10 min,弃沉淀。取0.1 mL上清液于10 mL离心管,加8.15 mL蒸馏水,混合后加0.25 mL福林酚试剂,混匀,在5~8 min内加入7.5% Na₂CO₃溶液0.5 mL,混匀,室温下避光静置2 h,于760 nm处测吸光度。以0.1 mL蒸馏水作为空白对照,以没食子酸标准样品为标准对照,结果表示为每克干物质的没食子酸当量。
1.3.5 DPPH自由基清除能力测定 参考Miao等^[15]的方法并稍作修改。吸取1.3.4中上清液0.1 mL,加入DPPH溶液5.9 mL,充分震荡,暗处反应30 min,515 nm处测定吸光度。按式(1)计算DPPH自由基清除率。

$$c = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\%, \tag{1}$$

式中：

c ——清除率，%；

A_0 ——空白对照组吸光值；

A_1 ——样品组吸光值。

1.3.6 pH 测定 参考 Liang 等^[4]的方法稍作修改。准确称取冻干的南酸枣皮粉末 0.5 g，加入 30 mL 蒸馏水，80 ℃水浴 0.5 h，冷却至室温，定容至 50 mL，摇匀，过滤取上清液，用 pH 计直接测定 pH 值。

1.3.7 降解动力学分析 参考 Valdivia-Nájar 等^[16-17]的方法，分别按式(2)、(3)对储藏过程中 L^* 值和多酚数据进行零级或一级降解动力学模型拟合。

$$Kt = C_0 - C, \tag{2}$$

$$Kt = \ln(C_0/C), \tag{3}$$

式中：

K ——降解速率常数；

t ——时间，d；

C ——研究因子；

C_0 ——初始因子。

1.3.8 数据分析 采用 SPSS 25.0 软件的 Tukey 方法对各组变量进行显著性分析，小写字母不同表示在同温度下各组之间具有显著性差异；采用 Origin 2017 软件对数据进行作图和线性拟合。

2 结果与分析

2.1 南酸枣皮打浆及贮藏期间菌落总数变化

由表 2 可知，控制组在 4, 25, 35 ℃下均不能有效贮藏，25, 35 ℃下贮藏 10 d 菌落总数超标，4 ℃下贮藏 60 d 菌落总数超标； A_1 、 A_2 、 A_3 组在 25, 35 ℃下贮藏 10 d 菌落

表 2 不同贮藏温度下南酸枣皮浆的菌落总数[†]

Table 2 The total colony count of *Choerospondias axillaris* peel pulp under different storage temperature

温度/ ℃	组别	菌落总数/ $\lg(\text{CFU} \cdot \text{g}^{-1})$				
		0 d	10 d	30 d	60 d	90 d
4	控制组	3.93±2.75	4.11±3.52	5.40±4.79	超标	—
	A_1	3.26±2.03	3.33±2.13	3.47±2.25	3.58±2.43	3.85±2.76
	A_2	2.13±1.54	2.48±1.54	2.79±1.54	2.95±2.14	3.65±2.63
	A_3	1.78±1.62	2.10±0.85	2.51±1.32	2.88±2.69	3.41±2.69
	A_4	1.00±0.85	1.00±0.85	1.00±0.85	1.00±0.85	1.39±0.85
	B_1	1.00±0.85	1.00±0.85	1.00±0.85	1.00±0.85	1.18±1.04
	B_2	1.00±0.85	1.00±0.85	1.00±0.85	1.00±0.85	1.30±1.15
	B_3	1.00±0.78	1.00±0.85	1.00±0.85	1.00±0.78	1.40±0.85
25	B_4	1.00±0.78	1.00±0.85	1.00±0.85	1.00±0.70	1.18±0.85
	控制组	3.93±2.75	超标	—	—	—
	A_1	3.26±2.04	超标	—	—	—
	A_2	2.13±1.54	超标	—	—	—
	A_3	1.78±1.62	6.47±4.73	超标	—	—
	A_4	1.00±0.78	1.54±1.00	1.18±0.85	1.18±0.85	1.70±1.15
	B_1	1.00±0.85	1.00±0.85	1.30±1.15	1.48±1.45	1.70±1.45
	B_2	1.00±0.85	1.00±0.85	1.30±1.00	1.00±0.60	1.65±0.85
35	B_3	1.00±0.85	1.00±0.85	1.15±1.00	1.00±0.70	1.48±1.15
	B_4	1.00±0.78	1.00±0.85	0.70±0.48	0.70±0.48	1.15±1.00
	控制组	3.93±2.75	超标	—	—	—
	A_1	3.26±2.03	超标	—	—	—
	A_2	2.13±1.54	超标	—	—	—
	A_3	1.78±1.62	超标	—	—	—
	A_4	1.00±0.78	1.00±0.85	1.18±0.85	1.18±0.85	1.85±1.45
	B_1	1.00±0.78	1.00±0.85	1.54±1.54	1.47±1.15	1.93±1.54
	B_2	1.00±0.78	1.00±0.85	1.30±1.00	1.30±1.15	2.13±1.84
	B_3	1.00±0.85	1.00±0.85	1.30±1.15	1.30±0.90	1.85±0.85
	B_4	1.00±0.85	1.00±0.85	1.00±0.85	1.15±1.00	1.54±0.25

[†] DB 36/1090—2018《江西省地方标准 南酸枣糕生产卫生规范》规定菌落总数超过 3.0×10^5 CFU/g 视为超标。

总数超标,4℃下贮藏90 d有大量菌落生长;而A₁组和B₁、B₂、B₃、B₄组在试验过程中各贮藏温度下菌落总数均未超标,表明0.050%山梨酸钾和0.015%~0.050%焦亚硫酸钠可有效抑制微生物生长,延长南酸枣皮浆贮藏期。此外,焦亚硫酸钠相对山梨酸钾具有更好的抑菌效果。山梨酸钾的作用机理是损害微生物细胞中脱氢酶系统,而焦亚硫酸钠是溶于水后会产生亚硫酸,其能消耗食品中的O₂使好氧性微生物缺氧而致死,并能抑制某些微生物生理活动中酶的活性,因此对细菌的杀灭作用强,但对酵母菌的作用弱。综上可知,菌落总数增长与贮藏温度呈正相关,低温有助于抑制南酸枣皮浆微生物繁殖。考虑到生产成本以及两种防腐剂可能对南酸枣皮色泽和抗氧化产生影响,后续研究中焦亚硫酸钠仅采用最低浓度0.015%作为考察组,与0.050%山梨酸钾进行比较。

2.2 L*值变化

由图1可知,B₁组初始L*值显著高于控制组和A₁组,表明B₁组亮度优于控制组和A₁组的,可能是由于焦亚硫酸钠在打浆过程中起到了护色作用,焦亚硫酸钠溶解到水中产生的亚硫酸是强还原剂,具有漂白作用^[4,18]。

4℃下各组L*值变化较缓慢,贮藏前10 d,B₁组显著高于控制组和A₁组(P<0.05);当贮藏时间为60 d时,A₁组和B₁组间无显著差异(P>0.05)。25、35℃下L*值变化较快,当贮藏时间为10 d时,A₁组和B₁组间无显著差异(P>0.05)。这可能是由于低温(4℃)可以有效抑制褐变,而且低温(4℃)条件下,焦亚硫酸钠能起到更好的护色作用。因此,焦亚硫酸钠作为防腐剂,低温储藏有利于保持南酸枣皮浆的品质,在南酸枣皮开发时可优先考虑。

2.3 多酚含量变化

多酚类物质是南酸枣皮中重要的营养物以及抗氧化物质之一,也是果蔬发生酶促褐变的主要因素^[19-20]。由图2可知,A₁组、B₁组和控制组三者初始值差异不显著(P>0.05),说明0.050%山梨酸钾和0.015%焦亚硫酸钠对南酸枣皮打浆过程中多酚含量无显著影响;同一温度下,A₁组和B₁组贮藏相同时间,二者多酚含量无显著差异(P>0.05),表明0.050%山梨酸钾和0.015%焦亚硫酸钠对南酸枣皮浆多酚含量影响无显著区别;4℃下贮藏90 d后,多酚含量>86.00 mg/g,25℃下贮藏90 d后,多酚含量下降至71.00 mg/g,35℃下贮藏90 d后,多酚含

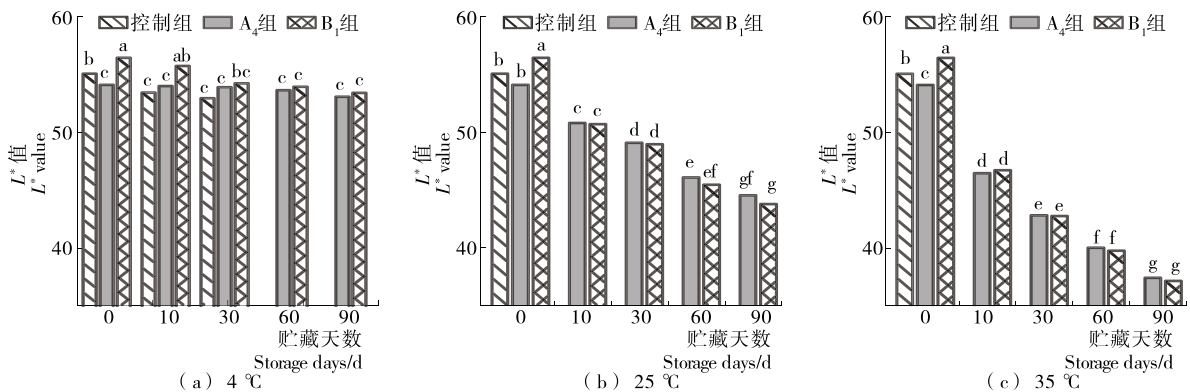


图1 不同贮藏温度下南酸枣皮浆的L*值

Figure 1 L* value of *Choerospondias axillaris* peel pulp at different storage temperature

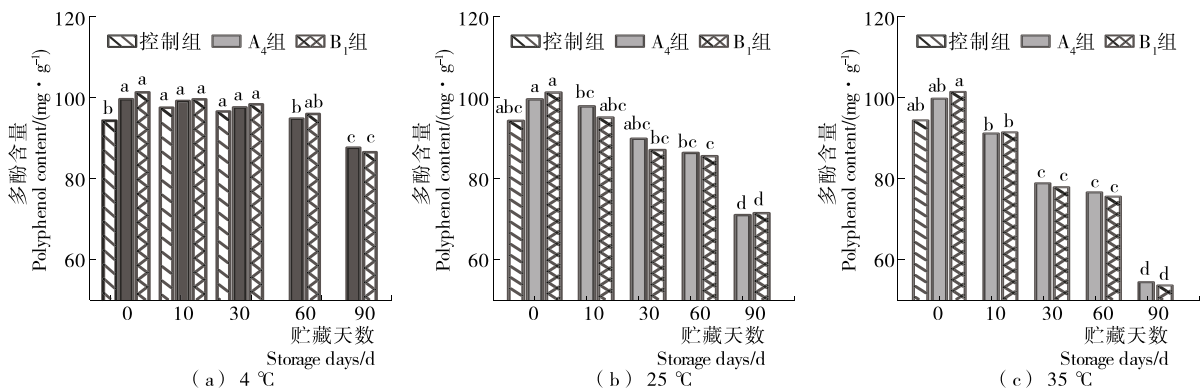


图2 不同贮藏温度下南酸枣皮浆的多酚含量

Figure 2 Polyphenol content of *Choerospondias axillaris* peel pulp at different storage temperature

量下降至 53.00 mg/g,与贮藏过程中南酸枣皮浆 L^* 值变化相似。因此,温度是影响南酸枣皮浆多酚物质的重要因素,低温(4℃)对南酸枣皮浆多酚降解抑制效果更好,而防腐剂不是影响多酚含量的因素。

2.4 DPPH 自由基清除率变化

虽然山梨酸钾一般作为防腐剂,其抗氧化能力较弱,焦亚硫酸钠在作为防腐剂的同时还具有一定的抗氧化性。由图 3 可知, A_1 组、 B_1 组和控制组三者之间并无显著性差异($P>0.05$),说明 A_1 组 和 B_1 组处理对南酸枣皮打浆时 DPPH 自由基清除率变化无显著影响。焦亚硫酸钠的抗氧化性在试验中未体现出来,可能是由于添加量太低。同一温度下,随着时间的延长,防腐剂对 DPPH 自由基清除率的影响无显著差异($P>0.05$);温度对南酸枣皮浆 DPPH 自由基清除率有显著影响($P<0.05$),其中低温(4℃)对抑制 DPPH 自由基清除率下降有较好效果。此外,DPPH 自由基清除率变化趋势与多酚相似,可能是由于多酚类物质是影响抗氧化能力的主要因素之一^[21]。

2.5 pH 值变化

pH 是南酸枣皮浆和食品贮藏的重要指标^[22-23],由

图 4 可知, A_1 组初始 pH 最大, B_1 组次之、控制组最小,且贮藏期内 A_1 组和 B_1 组 pH 值均高于控制组,可能是因为山梨酸钾和焦亚硫酸钠酸性较控制组低,与南酸枣皮浆发生不同程度的中和反应从而使 pH 升高。 A_1 组 pH 值在 4℃下无显著变化($P>0.05$),在 25、35℃下有显著下降的趋势($P<0.05$),说明低温(4℃)可以抑制 0.050% 山梨酸钾南酸枣皮浆的 pH 值下降。这可能是由于低温和山梨酸钾协同作用抑制了产酸菌的活性,减少了酸性物质的产生。 B_1 组 pH 值在不同贮藏温度下均产生了显著下降($P<0.05$),表明所选贮藏温度对 0.015% 焦亚硫酸钠南酸枣皮浆的 pH 值影响较小。

2.6 贮藏过程中 L^* 值和多酚降解动力学分析

由表 3 可知, L^* 值在各温度的一级反应模型决定系数累加值均大于零级反应模型的,说明一级反应降解动力学模型更适合描述南酸枣皮浆贮藏过程中的 L^* 值变化^[24-25]。由表 4 可知,南酸枣皮浆贮藏过程中多酚含量变化更符合零级反应降解动力学模型。同一温度下,0.050% 山梨酸钾和 0.015% 焦亚硫酸钠处理组 L^* 值和多酚降解速率常数差异不大,与贮藏 90 d 后 A_1 组和 B_1 组

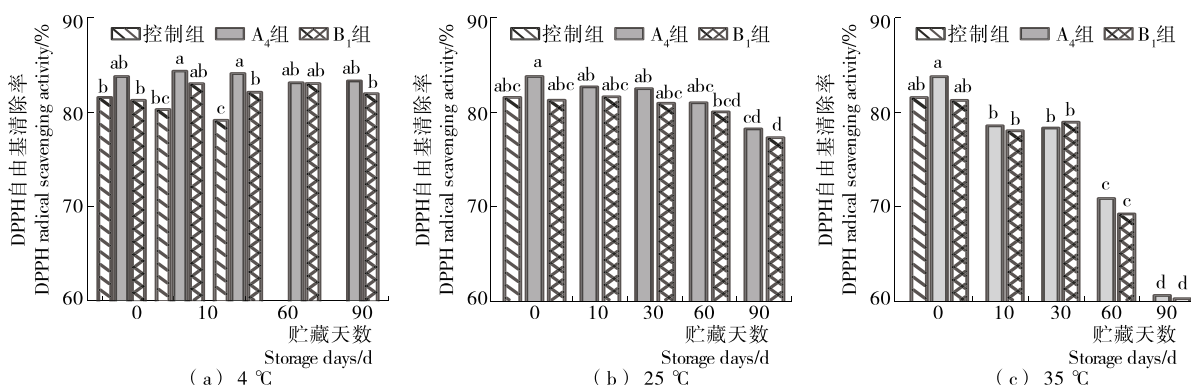


图 3 不同贮藏温度下南酸枣皮浆的 DPPH 自由基清除率

Figure 3 DPPH free radical scavenging rate of *Choerospondias axillaris* peel pulp at different storage temperature

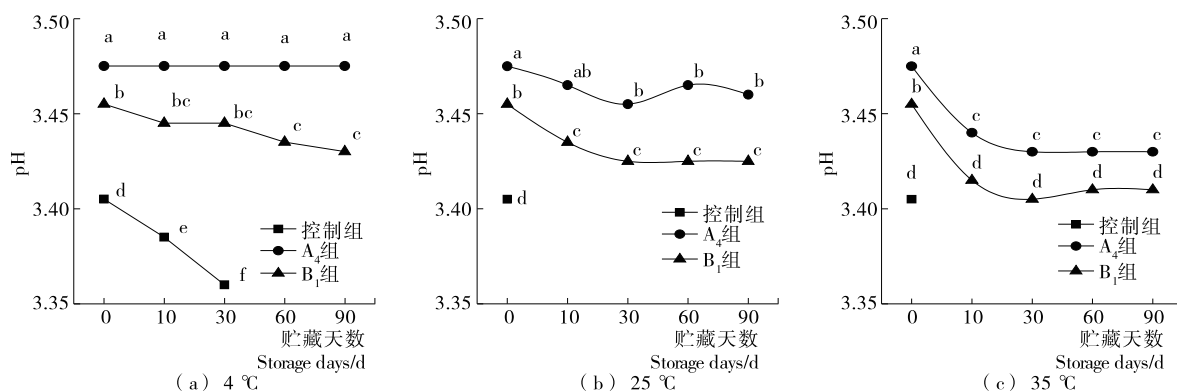


图 4 不同贮藏温度下南酸枣皮浆的 pH

Figure 4 pH of *Choerospondias axillaris* peel pulp at different storage temperature

表 3 南酸枣皮浆 L^* 值反应速率及决定系数

Table 3 Reaction rate and determining coefficient of L^* value in each group of *Choerospondias axillaris* peel pulp

组别	绝对温度/K	零级			一级		
		K	R^2	ΣR^2	K	R^2	ΣR^2
0.050%山梨酸钾	277.15	0.010 74	0.925		2.003 75E-04	0.924	
	298.15	0.098 58	0.903	2.596	0.002 02	0.921	2.666
	308.15	0.159 17	0.768		0.003 59	0.821	
0.015%焦亚硫酸钠	277.15	0.033 46	0.956		6.100 45E-04	0.959	
	298.15	0.123 71	0.812	2.482	0.002 52	0.846	2.584
	308.15	0.180 22	0.714		0.004 00	0.779	

表 4 南酸枣皮浆多酚降解速率及决定系数

Table 4 Degradation rate and determining coefficient of polyphenol in different groups of *Choerospondias axillaris* peel pulp

组别	绝对温度/K	零级			一级		
		K	R^2	ΣR^2	K	R^2	ΣR^2
0.050%山梨酸钾	277.15	0.126 13	0.894		0.001 34	0.882	
	298.15	0.301 45	0.937	2.742	0.003 54	0.917	2.694
	308.15	0.447 48	0.911		0.005 99	0.895	
0.015%焦亚硫酸钠	277.15	0.146 88	0.841		0.001 56	0.825	
	298.15	0.293 49	0.910	2.661	0.003 44	0.907	2.635
	308.15	0.470 89	0.910		0.006 30	0.903	

L^* 值和 多 酚 含 量 无 显 著 差 异 结 果 一 致, 而 同 一 防 腐 剂 组 在 不 同 温 度 下 L^* 值 和 多 酚 含 量 降 解 速 率 差 异 显 著 ($P < 0.05$), 表 明 温 度 对 L^* 值 和 多 酚 降 解 影 响 较 大, 与 2.2、2.3 分 析 结 果 一 致。

3 结 论

研 究 了 不 同 温 度 下 山 梨 酸 钾 和 焦 亚 硫 酸 钠 对 南 酸 枣 皮 打 浆 及 其 贮 藏 品 质 的 影 响。结 果 表 明, 焦 亚 硫 酸 钠 既 可 以 作 为 防 腐 剂 也 可 以 作 为 护 色 剂, 且 抑 菌 效 果 优 于 山 梨 酸 钾; 防 腐 剂 的 加 入 对 打 浆 和 贮 藏 过 程 中 多 酚 含 量 和 DPPH 自 由 基 清 除 率 无 显 著 性 影 响 ($P > 0.05$), 但 会 不 同 程 度 地 升 高 浆 液 的 pH; 低 温 (4 ℃) 有 利 于 南 酸 枣 皮 浆 贮 藏; 贮 藏 过 程 中 南 酸 枣 皮 浆 L^* 值 和 多 酚 含 量 分 别 符 合 一 级 和 零 级 降 解 动 力 学 模 型。后 续 可 考 察 浓 度 $< 0.015\%$ 时 焦 亚 硫 酸 钠 对 南 酸 枣 皮 贮 藏 效 果 的 影 响。

参 考 文 献

[1] LI Qian, CHEN Jun, LI Ti, et al. Comparison of bioactivities and phenolic composition of *Choerospondias axillaris* peels and fleshes[J]. Journal of the Science of Food & Agriculture, 2016, 96(7): 2 462-2 471.

[2] LI Qian, CHEN Jun, LI Ti, et al. Impact of in vitro simulated digestion on the potential health benefits of proanthocyanidins from *Choerospondias axillaris* peels [J]. Food Research International, 2015, 78: 378-387.

[3] 王召君. 南酸枣风味研究及营养强化枣糕制备[D]. 南昌: 南昌大学, 2014: 3.

[4] LIANG Yu-shen, CHEN Nan-lun, KE Lih-shang. Influence of dipping in sodium metabisulfite on pericarp browning of li-tchi cv. Yu Her Pau (*Feizixiao*) [J]. Postharvest Biology and Technology, 2012, 68: 72-77.

[5] 田静, 薛美昭, 仪慧兰. SO₂ 保鲜剂对玫瑰香葡萄灰霉菌的抑制作用[J]. 食品工业科技, 2018, 39(10): 298-302.

[6] JUNQUEIRA-GONCALVES M P, ALARCONB E, NIRANJAN K. The efficacy of potassium sorbate-coated packaging to control postharvest gray mold in raspberries, blackberries and blueberries [J]. Postharvest Biology and Technology, 2016, 111: 205-208.

[7] PRECIADO-INIGA G E, AMADOR-ESPEJO G G, BARCENAS M E. Blanching and antimicrobial mixture (potassium sorbate-sodium benzoate) impact on the stability of a tamarillo (*Cyphomandra betacea*) sweet product preserved by hurdle technology[J]. Journal of Food Science and

- Technology, 2018, 55(2): 740-748.
- [8] 陶海霞, 于安芬, 白滨, 等. 焦亚硫酸钠对双孢蘑菇鲜品颜色和质量安全性的影响[J]. 甘肃农业科技, 2019, 52(4): 27-35
- [9] 杨红军, 叶乃玲, 马红梅, 等. 核桃青果采后生理及保藏技术研究[J]. 陕西农业科学, 2016, 62(7): 5-11.
- [10] OCHOA M R, KESSELER A G, VULLIOUD M B, et al. Physical and chemical characteristics of raspberry pulp: Storage effect on composition and color[J]. LWT-Food Science and Technology, 1999, 32(3): 149-153.
- [11] LIU Jia, Dong Nan, WANG Qiang, et al. Thermal degradation kinetics of anthocyanins from Chinese red radish (*Raphanus sativus* L.) in various juice beverages[J]. European Food Research and Technology, 2014, 238(2): 177-184.
- [12] PINHEIRO J, ALEGRIA C, ABREU M, et al. Kinetics of changes in the physical quality parameters of fresh tomato fruits (*Solanum lycopersicum*, cv. 'Zinac') during storage[J]. Journal of Food Engineering, 2013, 114(3): 338-345.
- [13] CHUNG H S, KIM H S, LEE Y G, et al. Effect of deastringency treatment of intact persimmon fruits on the quality of fresh-cut persimmons[J]. Food Chemistry, 2015, 166: 192-197.
- [14] 李倩, 李佩, 徐金龙, 等. 响应面法优化南酸枣皮中多酚提取工艺[J]. 食品工业科技, 2012, 33(20): 251-254.
- [15] MIAO Jing, LI Xia, ZHAO Cheng-cheng, et al. Active compounds, antioxidant activity and α -glucosidase inhibitory activity of different varieties of *Chaenomeles* fruits[J]. Food Chemistry, 2018, 248: 330.
- [16] VALDIVIA-NAJAR C G, MARTIN-BELLOSO O, SOLIVA-FORTUNY R. Kinetics of the changes in the antioxidant potential of fresh-cut tomatoes as affected by pulsed light treatments and storage time[J]. Journal of Food Engineering, 2018, 237: 146-153.
- [17] PELEG M. Theoretical study of aerobic vitamin C loss kinetics during commercial heat preservation and storage[J]. Food Research International, 2017, 102: 246-255.
- [18] 卜智斌, 唐道邦, 徐玉娟, 等. 不同护色剂对龙眼原浆色泽和多酚含量的影响[J]. 食品科学, 2013, 34(24): 289-293.
- [19] 程建军, 王震新, 于静海, 等. 苹果梨和鸭梨酶促褐变机理的研究[J]. 食品科学, 2000, 21(2): 71-73.
- [20] 高路, 李新华. 紫甘薯贮藏期间多酚氧化酶活性及褐变强度变化的研究[J]. 食品科学, 2008, 29(6): 424-427.
- [21] SANCHO L E G G, YAHIA E M, GONZALEZ-AGUILAR G A. Identification and quantification of phenols, carotenoids, and vitamin C from papaya (*Carica papaya* L. cv. *Maradol*) fruit determined by HPLC-DAD-MS/MS-ESI[J]. Food Research International, 2011, 44(5): 1 284-1 291.
- [22] KHAN U, ULLAH J, SAEED B, et al. Effect of potassium sorbate and sodium benzoate on the quality and shelf-life of strawberry jam during storage[J]. Journals of Agricultural and Biological Sciences, 2014, 9(12): 454-458.
- [23] AKHTAR S, RIAZ M, AHMAD A, et al. Physico-chemical, microbiological and sensory stability of chemically preserved mango pulp[J]. Pakistan Journal of Botany, 2010, 42(2): 853-862.
- [24] FRELKA J C, PHINNEY D M, WICK M P, et al. Reverse stability kinetics of meat pigment oxidation in aqueous extract from fresh beef[J]. Journal of Food Science, 2017, 82(12): 2 910-2 914.
- [25] DEYLAMI M Z, RAHMAN R A, TAN C P, et al. Effect of blanching on enzyme activity, color changes, anthocyanin stability and extractability of mangosteen pericarp: A kinetic study[J]. Journal of Food Engineering, 2016, 178: 12-19.

(上接第 40 页)

- [22] VICINI S, CASTELLANO M, MAURI M, et al. Gelling process for sodium alginate: New technical approach by using calcium rich micro-spheres [J]. Carbohydrate Polymers, 2015, 134: 767-774.
- [23] NAKAUMA M, FUNAMI T, FANG Ya-peng, et al. Calcium binding and calcium-induced gelation of normal low-methoxyl pectin modified by low molecular-weight polyuronate fraction[J]. Food Hydrocolloids, 2017, 69: 318-328.
- [24] 曾瑞琪, 李苇舟, 赵欣, 等. 魔芋胶—黄原胶复配体系流变特性及其凝胶形成动力学分析[J]. 食品科学, 2018, 39(9): 39-46.
- [25] 朱建华, 邹秀容, 丘秀珍, 等. 蔗糖共溶质对琼脂—魔芋胶共混体系溶胶—凝胶转变过程流变学性质及结构形成动力学的影响[J]. 食品科学, 2019(12): 37-45.
- [26] 傅玉颖, 沈亚丽, 陈国文, 等. Na^+ 和 Ca^{2+} 浓度对魔芋葡甘聚糖与黄原胶凝胶动态流变特性的影响[J]. 农业工程学报, 2018, 34(1): 301-307.
- [27] 朱慧, 吴伟都, 潘永明, 等. 黄原胶与阴离子瓜尔胶复配溶液的流变特性研究[J]. 中国食品学报, 2014, 14(5): 55-62.
- [28] HIGIRO J, HERALD T J S. Rheological study of xanthan and locust bean gum interaction in dilute solution[J]. Food Research International, 2006, 39(2): 165-175.
- [29] 周盛华. 黄原胶在水溶液中的构象转变及其流变学研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2008: 14-16.
- [30] 吴伟都, 王雅琼, 朱慧, 等. 二价离子对黄原胶溶液流变特性的影响研究[J]. 食品科技, 2012(7): 224-228.