

不同工艺条件对低硫杏脯二氧化硫残留量的影响

张 芳^{1,2*}

(1. 甘肃省农业科学院农产品贮藏加工研究所, 兰州 730070; 2. 甘肃省果蔬贮藏加工技术创新中心, 兰州 730070)

摘 要: **目的** 研究不同工艺参数对低硫杏脯二氧化硫残留量的影响, 探索最优控制工艺条件使低硫杏脯制品食用更安全。**方法** 采用单因素实验和正交实验, 分析真空度、真空预抽时间、焦亚硫酸钠溶液浓度和真空渗糖时间对低硫杏脯二氧化硫残留量的影响。**结果** 在真空度 0.08 Mpa、真空预抽时间 1 h、焦亚硫酸钠溶液浓度 0.2%、真空渗糖时间 2 h 条件下, 二氧化硫残留量最低, 仅为 0.0130 g/kg。**结论** 采用此工艺条件制成的杏脯, 食用安全性较高, 可以满足消费者对绿色食品消费的需求。

关键词: 杏脯; 低硫工艺; 二氧化硫残留量

Effect of different process conditions on sulfur dioxide residues of low-sulfur apricots

ZHANG Fang^{1,2*}

(1. Agricultural Product Storage and Processing Research Institute, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China; 2. Innovation Center of Fruit and Vegetable Storage and Processing of Gansu, Lanzhou 730070, China)

ABSTRACT: Objective To investigate the effect of different processing parameters on sulfur dioxide residue in low-sulfur preserved apricot, and explore the optimal control process conditions to make the low-sulfur preserved apricot products more safe to eat. **Methods** Single factor experiment and orthogonal experiment were carried out to analyze the effects of vacuum degree, vacuum pre-pumping time, sodium pyrosulfite solution concentration and vacuum sugar seepage time on sulfur dioxide residue in low-sulfur preserved apricot. **Results** Under the conditions that vacuum degree 0.08 MPa, vacuum pre pumping time 1 h, sodium pyrosulfite solution concentration 0.2%, and vacuum sugar seepage time 2 h, the sulfur dioxide residue was the lowest, and was only 0.0130 g/kg. **Conclusion** The preserved apricot made by this technology is safe and can meet the demand of consumers for green food.

KEY WORDS: apricots; low-sulfur process; sulfur dioxide residue

0 引 言

杏(*Prunus armeniaca* L.)属蔷薇科(Rosaceae)中典型的核果类果树^[1]。这种水果具有丰富的抗氧化分子,例如水溶性和脂溶性的酚类化合物、类胡萝卜素和维生素^[1-2]。杏

脯作为一种加工制品深受人们喜爱,但其在加工和贮藏过程中很容易发生褐变,严重影响杏脯的商品价值^[3]。传统的杏脯生产制作工艺常使用二氧化硫作为护色剂,它可以防止酶促和非酶促褐变反应,从而有助于维持杏脯的金黄色,能够使杏脯色泽鲜艳诱人^[4-6]。此外,二氧化硫在减少

基金项目: 2017 年度甘肃省林业厅科技计划项目(2017kj056)、现代农业产业技术体系建设专项资金项目(CARS-27)

Fund: Supported by 2017 Gansu Provincial Forestry Department Science and Technology Program (2017kj056), and the Special Fund for the Construction of Modern Agricultural Industry Technology System Program (CARS-27)

*通信作者: 张芳, 副研究员, 主要研究方向为果蔬品质提升与营养安全。E-mail: 513505089@qq.com

*Corresponding author: ZHANG Fang, Associate Professor, Agricultural Product Storage and Processing Research Institute, Gansu Academy of Agricultural Sciences, No.1 New Village, Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China. E-mail: 51350508@qq.com

微生物生长和防止昆虫损伤方面也非常有效^[7]。然而二氧化硫的过量或违规使用会造成一定的化学危害以及环境污染,而且亚硫酸盐作为一种过敏原,易在敏感个体中引起哮喘反应,危害人体健康^[8]。张芳等^[9-10]对无硫低糖杏脯生产中的关键工艺进行了探索,研究发现杏果经清洗、去核、浸泡、用特定浓度的无硫护色液烫漂、糖煮等过程后,能够有效抑制酶促褐变并保持杏脯色泽,但存在无硫杏脯产品货架期内褐变的现象,为了解决无硫杏脯产品货架期内褐变的问题特开展本研究,通过研究不同加工工艺过程中的参数控制对杏脯产品二氧化硫残留量的变化,找到加工低硫杏脯的较优工艺条件,为杏制品的新产品开发利用提供理论参考,并为低硫杏脯的工业化生产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1.1.1 原料

实验原料为兰州大接杏,成熟度适中,采自甘肃省农科院林果花卉研究所兰州杏实验园。

1.1.2 试剂

盐酸、硫酸、可溶性淀粉、氢氧化钠、碳酸钠、乙酸铅、硫代硫酸钠、碘、碘化钾、重铬酸钾(分析纯,天津市光复科技发展有限公司);焦亚硫酸钠(食品级,山东凯龙化工科技有限公司)。

1.1.3 仪器

CT3质构分析仪(美国 Brookfield 博勒飞公司);CR400色差计(日本美能达公司)。

1.2 实验方法

1.2.1 工艺流程

原料果分拣→清洗→去核、切片→硬化→真空预抽护色烫漂处理(真空度、真空预抽时间、焦亚硫酸钠浓度)→第1次糖煮→真空糖渍(真空渗糖时间)→第2次糖煮→真空糖渍→或常压糖渍48 h以上→烘制→包装贮藏→产品。

1.2.2 单因素实验设计

为了考察不同真空预抽时间、真空度、真空渗糖时间、不同焦亚硫酸钠浓度等因素对低硫杏脯的二氧化硫残留量的影响,进行单因素实验,实验时每次只变动1个因素,其他条件相同。

单因素实验基础杏脯工艺条件设置为:真空预抽时间1 h,真空度0.065 MPa,煮制温度95 °C,煮制时间100 s,焦亚硫酸钠浓度0.3%,真空渗糖时间2 h。

单因素实验水平具体见下表1。

真空预抽时间分别取1、2、3、4、5 h,真空度分别取0.035、0.045、0.055、0.065、0.075 MPa,不同焦亚硫酸钠浓度分别取0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%、0.6%,不同真空渗糖时间分别取1、2、3、4、5 h,对处理后的杏果肉进行杏脯生产工艺的样品进行二氧化硫残留量测定。

表1 单因素试验因素水平

因素	1	2	3	4	5	6
真空度/MPa	0.025	0.035	0.045	0.055	0.065	0.075
真空预抽时间/h	1	2	3	4	5	6
焦亚硫酸钠/%	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
真空渗糖时间/h	1	2	3	4	5	

1.2.3 正交优化实验设计

正交实验设计:在上述单因素实验的基础上,设计正交实验,选用 $L_{16}(4^4)$ 正交表,以不同真空度、真空预抽时间、焦亚硫酸钠添加量、真空渗糖时间为4因素,每因素选取4水平,确定杏脯二氧化硫残留量的最低护色工艺(具体见下表2)。

表2 实验因素水平表

	A 真空度/MPa	B 真空预抽时间/h	C 焦亚硫酸钠/%	D 真空渗糖时间/h
1	0.02	1	0.2	1
2	0.04	2	0.4	2
3	0.06	3	0.6	3
4	0.08	4	0.8	4

1.2.4 验证实验

使用上述正交实验得到的最佳护色工艺条件进行验证,设置3个样本重复,重复实验 $n=3$,分别观察使用该工艺条件制得的杏脯各项指进行感官性状评价以及二氧化硫残留量测定。

1.2.5 指标测定

(1)二氧化硫残留量测定方法参照国标的方法^[11-14]。

二氧化硫残留量按照GB 5009.34—2016《食品安全国家标准 食品中二氧化硫的测定》^[13]方法中的分光光度法进行检测,检出上限为0.35 g/kg。

(2)色泽测定

鲜杏和低硫杏脯的颜色按照国际照明委员会1976年制定的表色系统,应用色差计测量其色差值 L^* ,色彩指数 a^* 和 b^* ^[15-16]。则两者之间的 ΔE^*ab 可用下列公式(1)计算。

$$\Delta E^*ab = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (1)$$

ΔE^*ab 值越小,代表无硫护色杏脯与鲜杏的色差越小,褐变程度越小。

(3)质构的测定

鲜杏和低硫杏脯的质构采用CT3质构仪测定,数据较多,采用咀嚼性^[17-19]表示。

2 结果与分析

2.1 不同工艺条件对低硫杏脯二氧化硫残留量的影响

不同真空度、不同真空预抽时间、不同焦亚硫酸钠浓度、不同真空渗糖时间对低硫杏脯二氧化硫残留量的影响见图1~4。由图1~4可见,随着真空预抽时间、真空渗糖时间的延长、焦亚硫酸钠浓度的增大,杏脯中二氧化硫残留量逐渐增大,随着真空度的增大,杏脯中二氧化硫残留量呈不规则的变化趋势,通过后续优化试验使各工艺参数的阈值尽量保持在合理范围内。

2.2 正交实验设计

在上述单因素实验结果的基础上,设计正交实验,选用 $L_{16}4^5$ 正交表,以不同真空度、真空预抽时间、焦亚硫酸钠浓度、真空渗糖时间为4因素,每因素选取4水平,以杏脯二氧化硫残留量为指标,确定低硫杏脯的最佳护色工艺(具体见表3、4)。

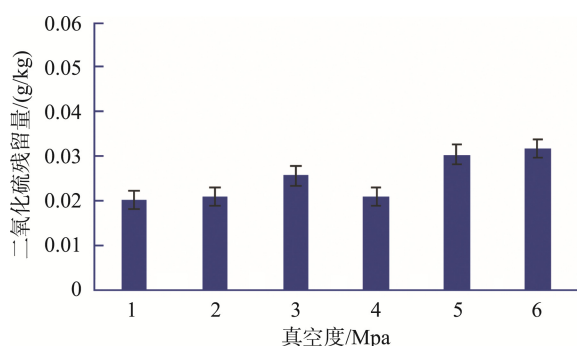


图1 不同真空度对低硫杏脯二氧化硫残留量的影响($n=3$)
Fig.1 Effects of different vacuums on sulfur dioxide residues of low-sulfur apricots ($n=3$)

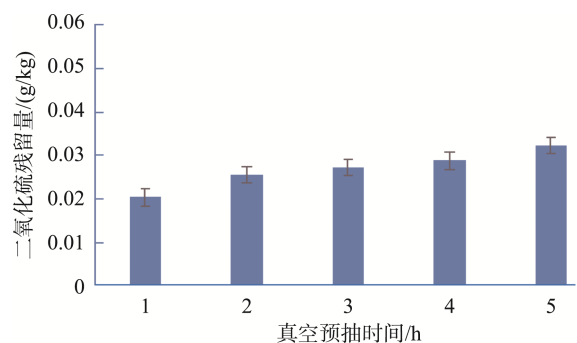


图2 不同真空预抽时间对低硫杏脯二氧化硫残留量的影响($n=3$)
Fig.2 Effects of different vacuum pre-pumping time on sulfur dioxide residues of low-sulfur apricots ($n=3$)

由表3、4可知,各实验因素对杏脯二氧化硫残留量有着重要的影响,首要显著因素为焦亚硫酸钠浓度和抽真空时间,其次是真空度、真空渗糖时间,因此各因素影响的主次顺序是焦亚硫酸钠浓度>真空预抽时间>真空度>真空渗糖时间,最优工艺为 $A_4B_1C_1D_2$,即处理参数为真空度0.08 Mpa、真空预抽时间1 h、焦亚硫酸钠溶液浓度0.2%、真空渗糖时间2 h,为低硫杏脯最佳护色工艺配方,在工艺条件制成的低硫杏脯二氧化硫残留量最低,色差值为26.41,色泽好,咀嚼性为3.4,柔软有韧性,块型整齐,金黄色,酸甜适中,无异味,有杏香味,品质最好。

2.3 验证实验

采用本实验条件下无硫杏脯最佳护色工艺,即采用焦亚硫酸钠溶液浓度0.2%、真空预抽时间1 h、真空度0.08 Mpa、真空渗糖时间2 h,进行了3次验证实验,实验结果杏脯中二氧化硫残留量分别为0.0133、0.0128、0.0131 g/kg,色差值分别为:24.32、23.98、24.31,平均值为24.20,咀嚼性分别为:3.6、3.5、3.7,平均值为3.6,验证结果较均一,说明此结果可信度较高,制成的杏脯平均二氧化硫残留量为0.0130 g/kg,色差值为24.20,咀嚼性为3.6,说明此护色工艺能使杏脯保持良好色泽、质构,易于咀嚼,口感良好。

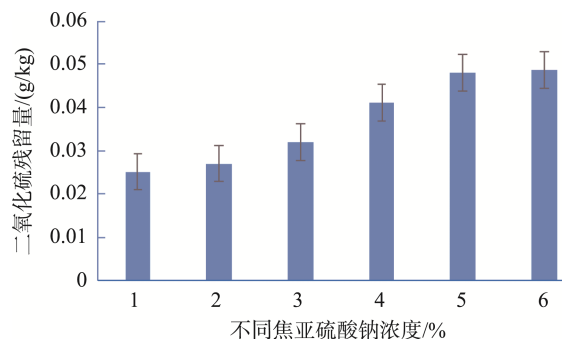


图3 不同焦亚硫酸钠浓度对低硫杏脯二氧化硫残留量的影响($n=3$)

Fig.3 Effects of different sodium caramelate concentrations on sulfur dioxide residues of low-sulfur apricots ($n=3$)

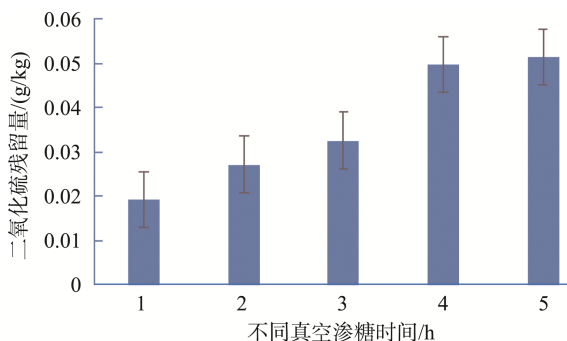


图4 不同真空渗糖时间对低硫杏脯二氧化硫残留量的影响($n=3$)
Fig.4 Effects of different vacuum oozing time on sulfur dioxide residues of low-sulfur apricots ($n=3$)

表 3 正交实验设计及结果
Table 3 Design and results of orthogonal experiment

实验号	A 护色真空度 /MPa	B 真空护色时间 /min	C 焦亚硫酸钠浓度 /s	D 真空渗糖时间 /°C	二氧化硫残留量	色差值	咀嚼性
1	1	1	1	1	0.0268	32.85	4.7
2	1	2	2	2	0.0365	29.36	3.9
3	1	3	3	3	0.0425	26.31	5.8
4	1	4	4	4	0.0615	25.76	3.6
5	2	1	2	3	0.0224	30.27	5.6
6	2	2	1	4	0.0246	26.41	2.1
7	2	3	4	1	0.0623	32.26	5.8
8	2	4	3	2	0.0520	28.31	6.3
9	3	1	3	4	0.0288	26.25	2.9
10	3	2	4	3	0.0688	24.31	5.5
11	3	3	1	2	0.0323	28.36	4.1
12	3	4	2	1	0.0320	30.35	7.2
13	4	1	4	2	0.0165	26.41	3.4
14	4	2	3	1	0.0612	29.12	3.9
15	4	3	1	4	0.0308	28.31	4.3
16	4	4	2	3	0.0085	27.61	4.4
k_1	0.042	0.024	0.023	0.046			
k_2	0.040	0.048	0.030	0.034			
k_3	0.040	0.042	0.046	0.036			
k_4	0.029	0.038	0.052	0.036			
R	0.013	0.024	0.029	0.012			
最优水平	A_4	B_1	C_1	D_2			

表 4 方差分析表
Table 4 Variance analysis table

因素	偏差平方和	自由度	F 比	F 临界值	显著性
真空度	0.001	3	2.000	3.290	
真空时间	0.002	3	4.000	3.290	*
焦亚硫酸钠浓度	0.004	3	6.000	3.290	*
真空渗糖时间	0.001	3	0.000	3.290	
误差	0.00	6			
总变异结果	0.007	6	12	3.290	

3 结论与讨论

通过开展不同工艺条件对杏脯二氧化硫残留量的影响实验,发现焦亚硫酸钠浓度和抽真空时间显著影响杏脯二氧化硫残留量,各因素影响的主次顺序是焦亚硫酸

钠浓度 > 真空预抽时间 > 真空度 > 真空渗糖时间,最优工艺为 $A_4B_1C_1D_2$,即处理参数为焦亚硫酸钠溶液浓度 0.2%、真空预抽时间 1 h、真空度 0.08 Mpa、真空渗糖时间 2 h,为低硫杏脯最佳护色工艺配方,在工艺条件制成的低硫杏脯二氧化硫残留量最低,为 0.0130 g/kg,色差

值为 24.20, 咀嚼性为 3.6, 其他感官指标正常, 无异味, 有杏香味, 品质最好。

本研究基于果脯食品安全角度考虑, 通过不同工艺条件对杏脯二氧化硫残留量的影响试验研究, 确保杏脯二氧化硫残留量达到国家标准 GB 2760—2016《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》^[20](二氧化硫残留量仅为国标限量的 2.6%), 满足消费者对绿色食品消费的需求。

参考文献

- [1] CETKOVIC G, CANADANOVIC-BRUNET J, VULIC J, *et al.* Antioxidant and sensorial properties of linden honey with dried apricots [J]. *Chem Biodivers*, 2014, 11(11): 1861–1870.
- [2] FRATIANNI A, NIRO S, MESSIA MC, *et al.* Kinetics of carotenoids degradation and furosine formation in dried apricots (*Prunus armeniaca* L.) [J]. *Food Res Int*, 2017, 99: 862–867.
- [3] 许勇泉, 尹军峰, 袁海波, 等. 果蔬加工中褐变研究进展[J]. *保鲜与加工*, 2007, 7(3): 11–14.
XU YQ, YIN JF, YUAN HB, *et al.* Research advances of browning during processing of fruits and vegetables [J]. *Stor Proc*, 2007, 7(3): 11–14.
- [4] 马燕, 何海宁, 张彦军, 等. 青海省枸杞中二氧化硫残留量状况分析[J]. *食品安全质量检测学报*, 2020, 11(14): 4620–4624.
MA Y, HE HN, ZHANG YJ, *et al.* Analysis of sulfur dioxide residues in *Lycium ruthenicum* in Qinghai province [J]. *J Food Saf Qual*, 2020, 11(14): 4620–4624.
- [5] 黄丽, 陈思伊, 庞洁, 等. 食品中二氧化硫残留量检测研究进展[J]. *中国食品添加剂*, 2020, (8): 123–128.
HUANG L, CHEN SY, PANG J, *et al.* A review of detection methods for sulfur dioxide residues in food [J]. *China Food Addit*, 2020, (8): 123–128.
- [6] SEN F, OZGEN M, ASMA BM, *et al.* Quality and nutritional property changes in stored dried apricots fumigated by sulfur dioxide [J]. *Hortic Environ Biotechnol*, 2015, 56(2): 200–206.
- [7] VALLY H, MISSO NL. Adverse reactions to the sulphite additives [J]. *Gastroenterol Hepatol Bed Bench*, 2012, 5(1): 16–23.
- [8] 张芳, 康三江, 苟丽娜, 等. 无硫杏脯褐变控制技术研究[J]. *食品研究与开发*, 2017, (23): 100–104.
ZHANG F, KANG SJ, GOU LN, *et al.* Study on browning control technology of apricot without sulphite [J]. *Food Res Dev*, 2017, (23): 100–104.
- [9] 张芳, 张永茂. 无硫低糖杏脯生产工艺的研究[J]. *中国食物与营养*, 2011, 17(4): 60–62.
ZHANG F, ZHANG YM. Study on technology of low-souger and sulfur-free preserved apricots [J]. *Food Nutr Chin*, 2011, 17(4): 60–62.
- [10] OMOLOLA AO, JIDEANI AI, KAPILA PF. Quality properties of fruits as affected by drying operation [J]. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 2017, 57(1): 95–108.
- [11] GB 2760—2014 食品安全国家标准 食品添加剂使用标准[S].
GB 2760—2014 National food safety standard-Standards of using food additives [S].
- [12] GB/T 5009.34—2003 食品安全国家标准 食品中亚硫酸盐的测定[S].
GB/T 5009.34—2003 National food safety standard-Determination of sulfite in foods [S].
- [13] GB/T 5009.34—2016 食品安全国家标准 食品中二氧化硫的测定[S].
GB/T 5009.34—2016 National food safety standard-Determination of sulfur dioxide in food [S].
- [14] 刘振林, 李光. 南京市市售部分干货中二氧化硫残留调查分析[J]. *食品安全质量检测学报*, 2016, 7(5): 1818–1821.
LIU ZL, LI G. Investigation and analysis of sulfur dioxide residue in part dry goods in Nanjing city market [J]. *J Food Saf Qual*, 2016, 7(5): 1818–1821.
- [15] 徐吉祥, 楚炎沛. 色差计在食品品质评价中的应用[J]. *现代面粉工业*, 2010, 24(3): 43–45.
XU JX, CHU YP. The application of chromometer in food quality evaluation [J]. *Mod Flour Mill Ind*, 2010, 24(3): 43–45.
- [16] AKYILDIZ A, ZORLUGENC FK, BENLI H, *et al.* Changes in color and total phenolic content of different cultivars of persimmon during dehydration [J]. *Int J Food Eng*, 2008, 4(7): 99–107.
- [17] 李里特. 食品物性学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001.
LI LT. Food property [M]. Beijing: China Agricultural Press, 2001.
- [18] 潘秀娟, 屠康. 质构仪质地多面分析(TPA)方法对苹果采后质地变化的检测[J]. *农业工程学报*, 2005, 21(3): 166–170.
PAN XJ, TU K. Comparison of texture properties of post-harvested apples using texture profile analysis [J]. *J Agric Eng*, 2005, 21(3): 166–170.
- [19] 匡凤军, 刘群, 曹倩蕾, 等. 质构仪在食品行业中的应用综述[J]. *现代食品*, 2020, (3): 112–115.
KUANG FJ, LIU Q, CAO QL, *et al.* Application of texture analyzer in food industries [J]. *Mod Food*, 2020, (3): 112–115.
- [20] GB 2760—2016 食品安全国家标准 食品添加剂使用标准[S].
GB 2760—2016 National food safety standard-Standards of using food additives [S].

(责任编辑: 于梦娇)

作者简介



张芳, 副研究员, 主要研究方向为果蔬品质提升与营养安全。
E-mail: 513505089@qq.com