

响应曲面法优化圣女果脯真空渗糖工艺研究

王文艳, 王育红, 蒋萌蒙, 钱志伟, 宿 时, 李俊华

(河南农业职业学院, 河南 郑州 451450)

摘 要:以圣女果为原料,在单因素基础上,以圣女果果脯的感官评分值为指标,研究了卡拉胶添加量、糖液浓度、真空渗透时间等因素对圣女果果脯真空渗糖工艺的影响,并采用响应曲面法优化了工艺条件。结果表明:优化后的最佳工艺条件为卡拉胶添加量 0.18%、糖液浓度 49%、真空渗透时间 25 min,制品的感官分值得达到 8.86,且产品色泽宜人、饱满,风味酸甜可口。

关键词:圣女果果脯;响应曲面;优化

中图分类号:TS 255.41 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)10-0123-04

圣女果属茄科茄属一年生草本植物又称樱桃小番茄^[1],植株生长迅速,种苗栽种 70 d 后果实即可成熟,能连续采摘 3 个月,产量超过 60 000 kg/hm²^[2]。果实肉质而多汁,营养价值高且风味独特。目前圣女果主要用于鲜食或加工成番茄酱及果脯等初级产品,其它加工产品尚不多见。因而,研究圣女果果脯的深加工可促进圣女果产业的进一步发展,有利于农民的增产增收。渗糖工艺也称加糖煮制工艺,是果脯加工的关键工序^[3],目的是使糖分更好地渗入果实,煮制技术的好坏会直接影响到产品的质量和品质。该试验以圣女果为原料,通过硬化、烫漂、糖制、干燥等工序,再添加赋形剂,通过真空渗透工艺等方法来提高圣女果果脯的渗透率及饱满度,以生产较高质量的圣女果果脯产品,为圣女果果脯的工业化生产提供指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试圣女果由河南农业高新科技园有限公司提供,蔗糖为市售,卡拉胶、CMC-Na、柠檬酸、 δ -葡萄糖内酯等均为食品级。

供试仪器:JD-200-2 电子天平(北京奥多利斯仪器有限公司),DZF-6020 真空干燥箱(上海齐欣科学仪器有限公司),DHG-9070A 电热鼓风干燥箱(上海申贤恒温设备厂),电磁炉,不锈钢锅。

1.2 试验方法

1.2.1 圣女果果脯工艺流程及操作要点

第一作者简介:王文艳(1978-),女,河南安阳人,硕士,讲师,研究方向为农产品贮藏与加工。E-mail:yforwy109@126.com

责任作者:钱志伟(1969-),男,河南洛阳人,硕士,教授,研究方向为食品分析。

基金项目:河南农业职业学院院级课题资助项目(KY2012-12)。

收稿日期:2013-12-12

女果→清洗→烫漂→去皮→刺孔→硬化→真空渗糖→糖制→烘烤→包装→成品。操作要点^[4-5]:选择色泽鲜艳、大小一致、无病虫害、八成熟新鲜圣女果 1 kg,清洗干净;将圣女果放入 2 kg 的 95℃热水中,烫漂 60 s,后置于 3 kg 的冷水中冷却去皮;用针将圣女果果实均匀刺透,平均每果上刺 10~12 个孔;将刺孔后的圣女果放入 δ -葡萄糖内酯溶液中浸泡 4 h 后漂洗干净。按照试验设计用量添加卡拉胶、蔗糖,再加入 3 g 的 CMC-Na,10 g 柠檬酸配成 1 kg 糖液;将圣女果放入真空干燥箱(真空度 0.09 MPa)进行真空抽气,抽气时间依照试验设计;最后常压 80℃糖煮 1 h;将浸渍好的圣女果果脯捞出,沥干糖液后在电热恒温鼓风干燥箱中 60℃烘干后,将圣女果果脯真空包装贮藏。

1.2.2 单因素试验设计 以感官评分为指标,分别选择不同的卡拉胶添加量(0%、0.050%、0.125%、0.200%、0.275%)、糖液浓度(12.5%、25.0%、37.5%、50.0%、62.5%)和真空渗透时间(0、10、20、30、40 min)进行单因素试验,探讨不同真空渗糖工艺对圣女果果脯产品品质的影响。

1.2.3 响应曲面法确定最佳工艺条件 采用 Design-Expert 8.0 软件中响应曲面设计程序,根据单因素试验确定的范围,以卡拉胶添加量、糖液浓度和真空渗透时间设计 3 因素 3 水平正交实验,以圣女果果脯产品的感官评分值为响应值,进行了 Box-Behnken 设计,优化真空渗糖工艺条件。试验因素与水平见表 1。

表 1 圣女果果脯真空渗糖工艺优化因素与水平

因素	水平		
	-1	0	1
X ₁ 卡拉胶添加量/%	0.050	0.125	0.200
X ₂ 糖液浓度/%	25.0	37.5	50.0
X ₃ 真空渗透时间/min	10	20	30

1.2.4 圣女果果脯评分标准 挑选 15 位富有经验的评判人员组成感官评分小组,随机抽取结束烘烤后在自然条件下放置 30 d 的圣女果果脯样品,以 10 分为满分,分别从外观、口感、色泽 3 个方面评价产品。圣女果果脯的感官评定标准^[6-8]见表 2。

表 2 圣女果果脯感官评定标准

项目	评分		
外观	外观颗粒饱满(3.6~4.0分)	颗粒较饱满,外观略有凹陷(3.1~3.5分)	干瘪,外观粗糙(0~3分)
口感	酸甜适口、细腻、柔软、有弹性。有圣女果果脯的果香味、无异昧(2.6~3.0分)	酸甜口味较适口、柔软、稍有弹性,无异味(2.1~2.5分)	酸甜口味不适口,略偏酸,偏甜,无弹性,偏硬,有异味(0~2分)
色泽	色泽鲜红、透明有光泽(2.6~3.0分)	色泽为红色,较透明,略带光(2.1~2.5分)	色泽为暗红色,不透明,无光泽(0~2分)

1.3 数据分析

试验数据采用 Design-Expert 8.0(State Ease Inc, Minneapolis,USA)软件内部程序进行回归分析和方差分析。

2 结果与分析

2.1 单因素试验结果与分析

2.1.1 不同卡拉胶添加量对圣女果果脯的影响 由图 1 可以看出,随着卡拉胶添加量增加,圣女果果脯的感官评分呈上升趋势,当卡拉胶添加量超过 0.125%时,此趋势变得缓慢。由于卡拉胶添加量的增加也会增加生产成本,所以选择卡拉胶合适的添加量为 0.125%。

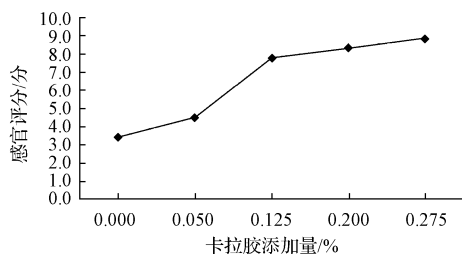


图 1 卡拉胶添加量对圣女果果脯的影响

2.1.2 不同糖液浓度对圣女果果脯的影响 由图 2 可以看出,随着糖液浓度的提高,圣女果果脯的感官评分呈上升趋势。随着糖液浓度的增加,产品的风味更加酸甜可口、外观更加鲜艳、饱满有光泽,而低糖液浓度的产品过酸,颜色发暗,无光泽。但是当糖液浓度过高(62.5%)时,会导致产品过粘,影响成型,且因甜度过大,掩盖了圣女果固有的果香味。而且随着人们健康意识的提高,生产低糖果脯已经成为发展的方向^[6]。该试验表明,圣女果果脯在 25%~50%糖液浓度中糖制,已经可以满足糖酸风味的调节,考虑综合饱满度和色泽等因素,选择糖液浓度为 25.0%~50.0%。

2.1.3 不同真空渗透时间对圣女果果脯的影响 通过抽真空可以将圣女果果实内部的空气排掉,糖分可以在较低温度下快速渗入达到平衡,从而加快糖制的速度,

提高产品的含糖量,并能减少营养成分的损失和减少产品软烂现象^[9]。由图 3 可以看出,随着真空渗透时间的延长,产品的分值呈上升趋势,0~20 min 上升趋势比较明显,20 min 后变化趋缓,因此,真空渗透时间选择 20~30 min 比较合适。

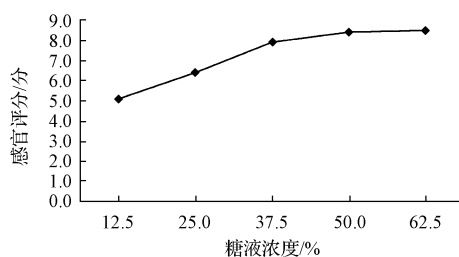


图 2 糖液浓度对圣女果果脯的影响

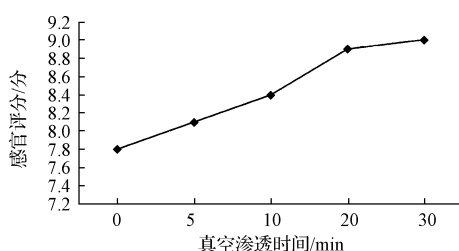


图 3 不同真空渗透时间对圣女果果脯的影响

2.2 响应面结果分析

2.2.1 响应面分析试验及方差分析 响应曲面试验优化设计结果见表 3。由表 4 可知,卡拉胶添加量、糖液浓度和真空渗透时间对圣女果果脯的感官分值均有极显著影响($P<0.0001$),而各因素卡拉胶添加量与糖液浓度($X_1 X_2$)、卡拉胶添加量与真空渗透时间($X_1 X_3$)之间的交互作用影响显著($P<0.05$),糖液浓度与真空渗透时间($X_2 X_3$)之间的交互作用影响极显著。通过对各影响因素进行回归分析,得到最佳的显著二次回归方程:

$$Y=7.70+0.55 X_1+0.96 X_2+0.29 X_3-0.12 X_1 X_2-0.13 X_1 X_3+0.29 X_2 X_3-0.063 X_1^2-0.19 X_2^2-0.43 X_3^2$$

表 3 响应曲面试验优化设计结果

试验号	因素			感官评分/分	
	X_1	X_2	X_3	实测值	预测值
1	0	0	0	7.72	7.70
2	0	0	0	7.83	7.70
3	-1	-1	0	5.81	5.82
4	-1	0	1	7.05	7.07
5	1	-1	0	7.13	7.15
6	1	1	0	8.84	8.84
7	1	0	1	7.91	7.92
8	0	-1	-1	6.12	6.12
9	0	0	0	7.65	7.70
10	0	0	0	7.72	7.70
11	0	-1	1	6.13	6.11
12	-1	1	0	7.98	7.97
13	-1	0	-1	6.25	6.24
14	0	1	-1	7.43	7.45
15	0	0	0	7.56	7.70
16	1	0	-1	7.61	7.59
17	0	1	1	8.62	8.62

表4 响应面优化试验结果的方差分析

来源	平方和	自由度	均方	F值	P值	显著性
模型	11.93	9	1.33	221.00	<0.0001	极显著
X_1	2.42	1	2.42	403.62	<0.0001	极显著
X_2	7.37	1	7.37	1229.68	<0.0001	极显著
X_3	0.66	1	0.66	110.29	<0.0001	极显著
$X_1 X_2$	0.053	1	0.053	8.82	0.0208	显著
$X_1 X_3$	0.063	1	0.063	10.42	0.0145	显著
$X_2 X_3$	0.35	1	0.35	58.06	0.0001	极显著
X_1^2	0.017	1	0.017	2.79	0.1389	显著
X_2^2	0.16	1	0.16	26.16	0.0014	显著
X_3^2	0.77	1	0.77	128.64	<0.0001	极显著
残差	0.042	7	5.996E-003			
失拟	2.250E-003	3	7.500E-004	0.076	0.9700	
纯误差	0.040	4	9.930E-003			
总和	11.97	16				

注: $R^2=0.9965$, $R_{adj}^2=0.9920$, 差异显著 $P<0.05$, $P<0.01$ 。

回归诊断结果表明, 此回归方程拟合度 $R^2=0.9965$, $R_{adj}^2=0.9920$, 失拟项不显著 ($P=0.9700$), 表明回归方程的拟合度和可信度均很高, 回归方程效果良好, 完全有效而且能够很好地对圣女果果脯的感官分值进行预测。

2.2.2 交互作用的结果与分析 由图4可知, 圣女果果脯的感官分值对渗糖的糖液浓度变化很敏感, 在25%~50%范围内随浓度的升高呈曲线性增高趋势。使用糖液浓度低, 产品的感官分值较低, 而当使用糖液浓度高时, 产品的感官分值较高, 并且此趋势还受卡拉胶添加量的影响, 添加量较低时圣女果果脯的感官分值随使用糖液浓度变化而变化幅度很大。产品的感官分值在卡拉胶添加量0.05%~0.20%范围内也呈现增高趋势, 其变化受使用糖液浓度的交互影响, 当糖液浓度较低时,

产品的感官分值随卡拉胶添加量变化的幅度较大, 而当糖液浓度较高时, 产品的感官分值随卡拉胶添加量变化的幅度较为平缓。果脯加工的关键工序是糖液煮制, 使用的糖液浓度高低直接影响到果脯的品质。试验表明, 较低的糖液浓度和卡拉胶添加量不利于圣女果果脯加工, 会影响其产品品质。由图5可知, 真空渗糖时间在10~30 min范围内, 圣女果果脯的感官分值呈现先升高后下降的趋势。真空渗糖时间从10 min延长到20 min, 产品分值呈上升趋势, 当达到一定值时, 继续将渗透时间从20 min延长至30 min, 产品分值开始下降。产品感官分值的变化趋势还受卡拉胶添加量的影响, 添加量较低时圣女果果脯的感官分值随真空渗糖时间变化而变化幅度很大, 在较高添加量时, 变化的幅度较小。产品分值在卡拉胶添加量0.05%~0.20%范围内也呈现增高趋势。真空渗透时间与卡拉胶添加量有交互作用。采用较短真空渗透时间加工的产品分值随卡拉胶添加量的增加具有较大的增加幅度, 即糖制时添加赋形剂量的多少对产品的品质影响更大, 而采用较长真空渗透时间加工的产品分值随卡拉胶添加量的增加具有相对较缓的增加幅度。由图5可知, 真空渗糖时间在10~30 min范围内, 圣女果果脯的感官分值呈现出先升高, 当达到一定值时, 又开始下降的趋势。糖制时间与糖液浓度有交互作用。当糖液浓度较低时, 随着圣女果糖制时间延长, 果脯分值增加显著, 达到高值后下降趋势相对平缓。当糖液浓度较高时, 果脯分值随糖制时间延长而变化的幅度趋缓。圣女

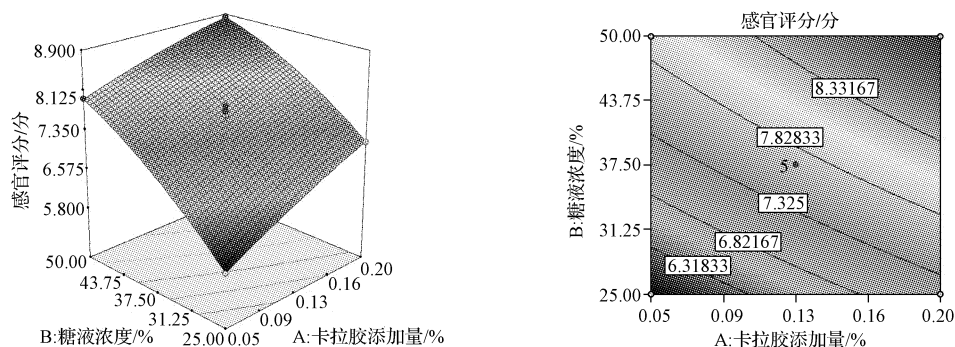


图4 卡拉胶添加量和糖液浓度交互作用对圣女果果脯的影响

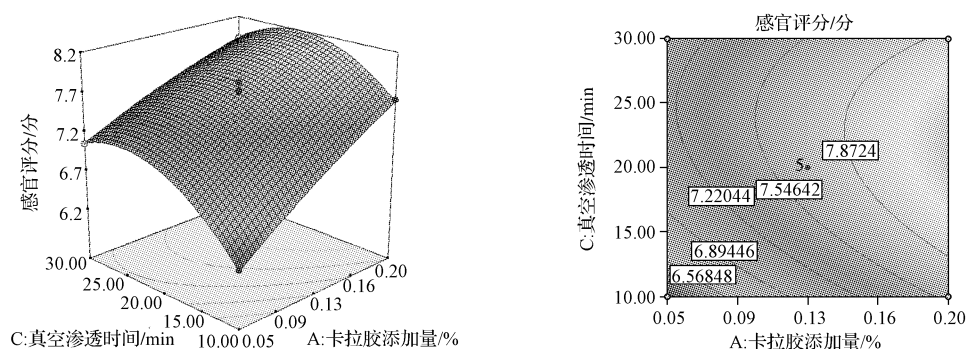


图5 卡拉胶添加量和真空渗透时间交互作用对圣女果果脯的影响

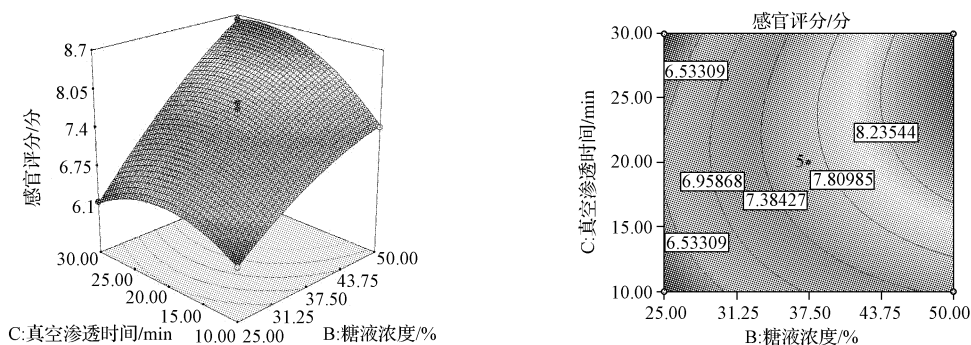


图6 糖液浓度和真空渗透时间交互作用对圣女果果脯的影响

果脯感官分值对糖制使用的糖液浓度变化敏感,在25%~50%范围内,产品分值随糖液浓度增加具有较大的增高幅度。糖液浓度与糖制时间同样具有交互作用。较长糖制时间产品分值的增高幅度要大于较短糖制时间的增高幅度。

2.2.3 圣女果果脯工艺条件的确定及验证 采用 Design-Expert 软件可得到优化的工艺条件,即卡拉胶添加量 0.18%、糖液浓度 49.13%、真空渗透时间 24.98 min。考虑到实际操作的可操作性,将优化的工艺条件修改为卡拉胶添加量 0.18%、糖液浓度 49%、真空渗透时间 25 min,并在此条件下进行验证试验,加工生产的圣女果果脯感官分值经评定为 8.86,与预测值 8.84 较为接近,表明该模型能较好地评价了卡拉胶添加量、糖液浓度和真空渗透时间等元素对圣女果果脯感官分值的影响效果。

3 讨论与结论

利用 Design Expert 试验设计软件,使用响应面法(RSM)建立了优化圣女果脯真空渗糖工艺的二次多项数学模型,经检验证明是合理可靠的。同时利用模型的响应面及其等高线对影响圣女果果脯的关键因子及其相互作用进行探讨,优化得到圣女果脯真空渗糖工艺参

数为卡拉胶添加量 0.18%、糖液浓度 49%、真空渗透时间 25 min。在此条件下生产的圣女果果脯感官分值为 8.86,外观颗粒较饱满,色泽鲜红,有光泽,酸甜适口、柔软,有弹性,具有圣女果果脯的果香味。

(该文作者还有贾彦杰,单位同第一作者。)

参考文献

- [1] 肖春玲,王雄艳,赵娅娅,等.乳酸菌发酵樱桃番茄果脯加工工艺研究[J].食品科学,2009,30(24):491-493.
- [2] 张培丽,杜征,吴颖华.微波渗糖工艺对圣女果果脯品质的影响[J].安徽农业科学,2009,29(5):214-217.
- [3] 叶兴乾.果品蔬菜加工工艺学[M].北京:中国农业出版社,2002.
- [4] 析芳斌,黄国成,陈发兴.真空浸糖樱桃番茄果脯加工工艺研究[J].中国农学通报,2011,27(23):140-144.
- [5] 郭磊,张聪,赵敏.微波圣女果脯的工艺研究[J].粮油加工,2010(1):90-92.
- [6] 孙来华,成坚,郭智函.低糖樱桃番茄脯的保形和保质研究[J].仲恺农业技术学院学报,2001,14(1):36-40.
- [7] 张培丽,杜征,吴颖华.硬化工艺对圣女果脯品质的影响[J].安徽农业科学,2009,37(17):8173-8174.
- [8] 张佰清.樱桃番茄果脯加工工艺的试验研究[J].食品与机械,2007,23(2):105-107.
- [9] 徐莉珍,吴婷婷,杨启财,等.佛手瓜果脯真空渗糖加工工艺研究[J].农产品加工,2009,166(3):138-141.

Optimization of Vacuuming Sugar Infusion Processing Technology of Preserved Cherry Tomato by Response Surface Methodology

WANG Wen-yan, WANG Yu-hong, JIANG Meng-meng, QIAN Zhi-wei, SU Shi, LI Jun-hua, JIA Yan-jie
(Henan Vocational College of Agriculture, Zhengzhou, Henan 451450)

Abstract: Taking cherry tomato as the raw material, basing on the results of single factor tests, the sensory value was chosen as the indicators, the effect of addition of carrageenan, sugar concentration and vacuum infiltration time on vacuuming sugar infusion processing of cherry tomato preserves were studied and process parameters were optimized by Response Surface Methodology (RSM). The results showed that the optimum process conditions for addition of carrageenan was 0.18%, sugar concentration was 49%, vacuum infiltration time was 25 min. Under these conditions, the sensory value of production was 8.86, which obtained better color and shape and flavor.

Key words: response surface methodology; cherry tomato preserves; optimization