

鲜切紫甘蓝加压氩气 保鲜处理条件的响应面优化

王冉冉^{1,2}, 赵欣^{1,*}, 易若琨¹, 廖祥平², 邢亚阁³, 许青莲³, 苟俊⁴, 陈存坤⁵

(1. 重庆第二师范学院, 重庆市功能性食品协同创新中心, 重庆 400067;

2. 重庆第二师范学院生物与化学工程学院, 重庆 400067;

3. 西华大学食品与生物工程学院粮油与食品安全省级重点实验室, 四川成都 610039;

4. 四川省绿茵农业开发有限公司阿坝州分公司, 四川马尔康 624000;

5. 国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津), 农业部农产品采后生理

与贮藏保鲜重点开放实验室, 天津市农产品采后生理与贮藏保鲜重点实验室, 天津 300384)

摘要:以高原特色蔬菜紫甘蓝为试材, 研究加压氩气保鲜处理对鲜切紫甘蓝贮藏期间品质的影响, 进而优化鲜切紫甘蓝加压氩气处理条件。在单因素实验基础上, 采用 Box-Behnken 响应面设计法, 建立失重率为响应值的多元回归方程, 优化鲜切紫甘蓝加压氩气处理工艺。结果表明: 鲜切紫甘蓝加压氩气最佳处理条件为: 加压氩气处理压强 1.0 MPa、保压时间 61 min、加压时间 99 s 和撤压时间 148 s。贮藏结束后, 鲜切紫甘蓝失重率为 3.57%, 与非加压处理条件下测得的失重率 5.98% 相比, 降低了 42.0%, 保鲜效果明显提升。

关键词:鲜切, 紫甘蓝, 加压氩气, 响应面法, 保鲜

Optimization of Preservation Technology of Pressurized Argon of Fresh-cut Red Cabbage by Response Surface Methodology

WANG Ran-ran^{1,2}, ZHAO Xin^{1,*}, YI Ruo-kun¹, LIAO Xiang-ping²,
XING Ya-ge³, XU Qing-lian³, GOU Jun⁴, CHEN Cun-kun⁵

(1. Chongqing Collaborative Innovation Center for Functional Food,
Chongqing University of Education, Chongqing 400067, China;

2. College of Biological and Chemical, Chongqing University of Education, Chongqing 400067, China;

3. Provincial Key Laboratory of Grain, Oil and Food Safety, College of Food
and Bioengineering, Xihua University, Chengdu 610039, China;

4. Sichuan Province Green Agriculture Development Co., Ltd. ABA branch, Barkam 624000, China;

5. National Engineering Technology Research Center for Preservation of Agricultural Products (Tianjin),
Key Laboratory of Physiological and Storage of Agricultural Products after Harvest in the Ministry of Agriculture,
Tianjin Key Laboratory of Postharvest Physiology and Storage of Agricultural Products, Tianjin 300384, China)

Abstract: Using the plateau characteristic vegetable of red cabbage as experimental test material, this study explored the effect of pressurized argon preservation treatment on the storage quality of fresh-cut purple cabbage, and then optimized the preservation process of pressurized argon of fresh-cut red cabbage. Moreover, by single factor and Box-Behnken response surface methodology, the multiple regression model of weight loss rate of fresh-cut red cabbage was established to optimize the preservation process of pressurized argon of fresh-cut red cabbage. The results showed that the best conditions were the pressure argon treatment pressure, 1.0 MPa, pressure holding time, 61 min, pressure time 99 s, and withdrawal pressure time 148 s, respectively. After 20 d storage, the weight loss rate of fresh-cut red cabbage was 3.57%, and compared with the weight loss rate measured under non-pressure treatment, it decreased by 42.0%. The effect of retaining freshness was obviously improved.

Key words: fresh-cut; red cabbage; pressurized argon; response surface methodology; preservation

中图分类号: TS255.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2019)07-0253-06

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2019.07.043

引文格式: 王冉冉, 赵欣, 易若琨, 等. 鲜切紫甘蓝加压氩气保鲜处理条件的响应面优化[J]. 食品工业科技, 2019, 40(7): 253-258.

收稿日期: 2018-08-16

作者简介: 王冉冉(1990-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 食品加工技术, E-mail: 1241255282@qq.com。

* 通讯作者: 赵欣(1981-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 食品营养和功能性食品的开发, E-mail: zhaoxin@cque.edu.cn。

基金项目: 重庆高校创新团队建设计划资助项目(CXTDX201601040)。

鲜切果蔬是指对新鲜果蔬进行修整、切分(去皮)、包装及冷藏等加工制得的果蔬制品,具有新鲜、安全和营养,满足消费者对烹饪的即时诉求等特点^[1]。紫甘蓝色泽鲜艳,富含膳食纤维以及多种维生素和矿物质,具有较佳的药食两用价值^[2]。高原特色蔬菜紫甘蓝的膳食纤维、维生素种类及矿物质含量均高于其他地区紫甘蓝;花色苷类物质多于其他地区紫甘蓝数倍,更有效增强机体的抗氧化能力^[3]。然而,鲜切加工往往会造成贮藏期间鲜切果蔬营养成分的损失及水分的散失,采取措施减少鲜切果蔬抗氧化物质的损失、提高抗氧化能力以及减少其褐变的产生正受到越来越多的关注^[4]。加压惰性气体保鲜技术是指惰性气体在一定温度和压力下溶于鲜切果蔬细胞间或细胞内水中,此时的水分被“结构化”,形成笼形水合物,减少了水分的流动性,减缓了鲜切果蔬生理代谢速率^[5]。Wu等^[6]在4℃下对鲜切菠萝进行1.6~2.2 MPa加压氩气处理43~65 min,结果表明该处理可有效地维持其营养成分和感官品质,锁住细胞内水分,较好的维持其细胞表面微观结构。Mattsson等^[7]研究发现,鲜切胡萝卜经过超高压处理后,其细胞膜透性减弱,细胞壁碱溶性果胶增加,可保持鲜切胡萝卜的货架期硬度。目前,尚未有关于加压氩气处理对鲜切紫甘蓝贮藏品质影响的研究。

本文研究不同加压氩气处理条件加压氩气处理压强、保压时间、加压时间和撤压时间对鲜切紫甘蓝贮藏品质的影响,通过单因素实验和Box-Behnken响应面法对加压氩气处理条件进行优化,以期控制鲜切紫甘蓝的水分散失,减轻褐变,改善鲜切紫甘蓝的品质,延长其货架期。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

紫甘蓝 四川省绿茵农业开发有限公司阿坝州分公司;氩气 四川侨源气体股份有限公司;聚乙烯/尼龙(PE/PA)复合包装材料(15 cm×25 cm, 80.06 mm) 上海锦蕊新材料科技有限公司;次氯酸钠 成都市科龙试剂有限公司;95%乙醇 成都市科龙试剂有限公司;以上化学试剂均为分析纯。

GSH-10 高压反应釜 威海环宇化工机械有限公司;TDL-40B 离心机 湖南星科科学仪器有限公司;722s 分光光度计 尤尼柯(上海)仪器有限公司;TP-602 电子天平 北京赛多利斯仪器系统有限公司;DZ-580A 真空充气包装机 诸城市舜康包装机械有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 鲜切紫甘蓝加压氩气的保鲜处理 将新鲜紫甘蓝用100 mg·L⁻¹的次氯酸钠溶液浸泡5 min,然后用去离子无菌水冲洗,室温下放置沥干。将新鲜紫甘蓝修整后去除根蒂部位,接着将可食部分切分成(40×10) mm大小,然后用100 mg·L⁻¹的次氯酸钠溶液浸2 min,再用无菌水清洗。随后将鲜切紫甘蓝在110×g 4℃条件下离心1 min^[8]。将离心过后的鲜切紫甘蓝放入高压容器中,密封,抽真空后,通入氩气,进行加压处理。然后采用PE/PA复合包装材

料进行氮气气调包装^[9-10],最后摆放于4℃的冷库展示架上贮藏。每个因素对应的每个水平或者响应面法试验中对应的每组试验为一个处理,每个处理6袋,50 g/袋,在20 d的贮藏周期内,每4 d取样测定一次。

1.2.2 单因素实验 采用单因素实验^[11-12]研究加压氩气处理压强(0.0、0.5、1.0、1.5和2.0 MPa)、保压时间(20、40、60、80和100 min)、加压时间(80、90、100、110和120 s)和撤压时间(90、120、150、180和210 s)4个因素对鲜切紫甘蓝失重率和褐变度的影响。加压氩气处理压强、保压时间、加压时间和撤压时间4个因子的固定水平分别为1.0 MPa、60 min、100 s和150 s,在对各因素进行单因素实验探究时,其他因素均取固定水平。

1.2.3 Box-Behnken 试验设计 在单因素实验基础上,采用Box-Behnken响应面法^[13-14]设计4因素3水平实验,以20 d后失重率(%)为响应值,确定鲜切紫甘蓝贮藏期间加压氩气最佳处理条件,试验因素及水平编码如表1所示。

表1 Box-Behnken 试验因素及水平编码

Table 1 Levels of the variables tested in the Box-Behnken

因素	水平		
	1	0	-1
A 加压氩气处理压强(MPa)	1.25	1.00	0.75
B 保压时间(min)	67	60	53
C 加压时间(s)	110	100	90
D 撤压时间(s)	165	150	135

1.2.4 失重率的测定 采用谢国芳等^[15]的方法,运用称重法测定,具体可用以下公式表示:

$$\text{失重率}(\%) = \frac{M_0 - M_1}{M_0} \times 100 \quad \text{式(1)}$$

其中: M_0 :样品的初始重量,g; M_1 :贮藏一定时间后样品的重量,g。

1.2.5 褐变度的测定 采用杨志娟等^[16]的方法,取样5 g,倒入95%乙醇15 mL,研磨均匀,2000 r/min离心15 min,取上清液于420 nm处测定吸光度A,即为样品褐变度。空白组样液制备时即为将样品替换为同等质量的蒸馏水。

1.3 数据处理

采用SPSS 19软件对数据进行统计分析,各项指标结果以“平均数±标准偏差”表示,n=3,采用S-N-K法进行差异显著性分析($p < 0.05$),图中标注不同字母的数据表示数据间具有显著性差异($p < 0.05$);采用Origin 8.6作图。

2 结果与分析

2.1 单因素实验结果分析

2.1.1 不同加压氩气处理压强对鲜切紫甘蓝失重率和褐变度的影响 如图1、图2所示,随着贮藏时间延长,各处理组鲜切紫甘蓝失重率和褐变度上升趋势为先明显后平稳。贮藏20 d后,2 MPa加压氩气处理的鲜切紫甘蓝具有最大的失重率,为6.53%,无

加压氩气处理的鲜切紫甘蓝具有最大的褐变度,为0.997。由图2可明显看出,随着处理氩气压强的增加,鲜切紫甘蓝褐变度呈现先明显减少后增加的趋势。当加压氩气处理压强为1.0 MPa时,鲜切紫甘蓝具有最小的失重率和褐变度,第20 d时分别为3.83%和0.628,可有效保持其贮藏期间水分,维持其正常色泽。加压氩气处理可实现细胞间水分的结构化,减缓呼吸代谢和酶促褐变的发生^[17]。因此,适宜的加压氩气处理压强为1.0 MPa。

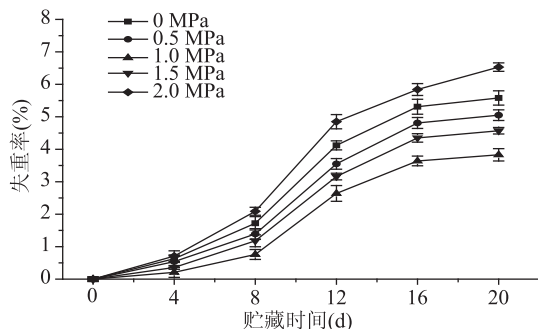


图1 不同加压氩气处理压强对鲜切紫甘蓝贮藏期间失重率的影响

Fig.1 Effects of different argon treatment pressure on weight loss rate of fresh-cut red cabbage during storage

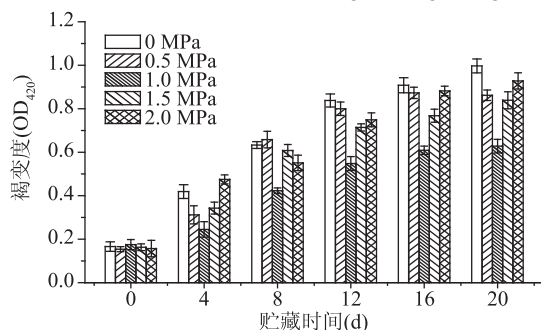


图2 不同加压氩气处理压强对鲜切紫甘蓝贮藏期间褐变度的影响

Fig.2 Effects of different argon treatment pressure on browning degree of fresh-cut red cabbage during storage

2.1.2 不同保压时间对鲜切紫甘蓝失重率和褐变度的影响 随着贮藏时间的延长,鲜切紫甘蓝失重率(图3)和褐变度(图4)均呈明显上升趋势。从图4可明显看出,鲜切紫甘蓝的褐变度随着保压时间的增加先明显减少后增加。贮藏20 d时,当保压时间为60 min时,鲜切紫甘蓝具有最小的失重率和褐变度,其值分别为3.83%和0.631,此时对鲜切紫甘蓝保鲜效果最佳;当保压时间为80 min时,鲜切紫甘蓝失重率和褐变度较小,分别为4.44%和0.741,保鲜效果次之。张秋婷等^[18]在400 MPa压强处理下,保压5 min,可明显抑制鲜切苹果水分散失,抑制感官色泽劣变,减轻果蔬组织褐变程度。因此,考虑实际情况,确定适宜的保压时间为60 min。

2.1.3 不同加压时间对鲜切紫甘蓝失重率和褐变度的影响 随着贮藏时间的延长,鲜切紫甘蓝失重率(图5)和褐变度(图6)均呈现出上升趋势,且16~20 d时,上升趋势变得较为平缓。随着加压时间不断减

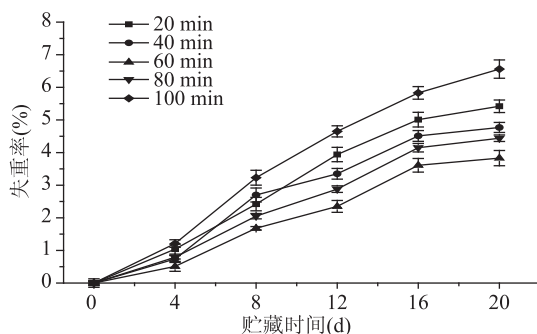


图3 不同保压时间对鲜切紫甘蓝贮藏失重率的影响

Fig.3 Effects of different holding time on weight loss rate of fresh-cut red cabbage during storage

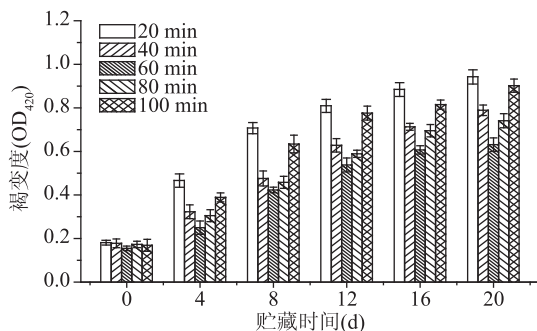


图4 不同保压时间对鲜切紫甘蓝贮藏期间褐变度的影响

Fig.4 Effects of different holding time on browning degree of fresh-cut red cabbage during storage

小,样品褐变度先明显减小后增加。贮藏20 d,当加压时间为100 s时,鲜切紫甘蓝失重率和褐变度均最小,分别为3.83%和0.642,保鲜效果最佳。当加压时间过长或者较短时,易破坏组织细胞结构,营养物质流失,组织细胞内过氧化物酶与残留在细胞内的氧气接触,造成褐变的发生^[19]。因此,结合实际生产,确定适宜的加压时间为100 s。

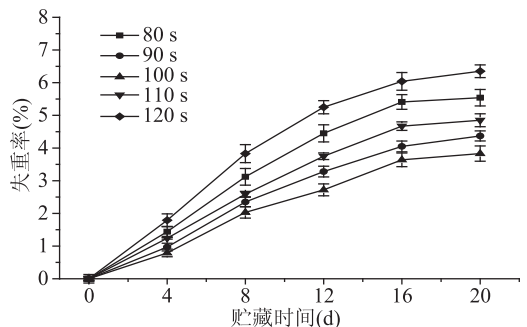


图5 不同加压时间对鲜切紫甘蓝贮藏期间失重率的影响

Fig.5 Effects of different pressure time on weight loss rate of fresh-cut red cabbage during storage

2.1.4 不同撤压时间对鲜切紫甘蓝失重率和褐变度的影响 由图7~图8可知,随着撤压时间不断减小,鲜切紫甘蓝失重率、褐变度基本呈现出先减少后明显增加的趋势。在贮藏结束后,当撤压时间为150 s时,鲜切紫甘蓝具有最小的失重率和褐变度,其值分别为3.85%和0.632;当撤压时间为210 s时,对鲜切紫甘蓝的保鲜效果最差,其失重率和褐变度均最大,其值分别为6.49%和0.993。汪薇等^[20]研究可知,当

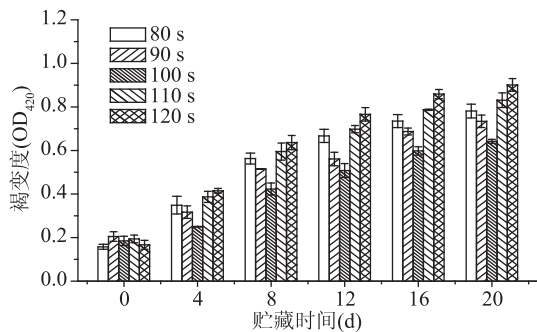


图6 不同加压时间对鲜切紫甘蓝贮藏期间褐变度的影响

Fig.6 Effects of different pressure time on browning degree of fresh-cut red cabbage during storage

撤压时间处于120~170 s范围内时,鲜切莲藕的细胞模结构较为完整,可有效减少水分散失;另外氩气在高压状态下进入鲜切莲藕组织的微气孔,将微气孔中的氧气赶出,残留的氩气分子能在贮藏期间有效抑制组织细胞发生酶促褐变,减轻褐变度。因此,确定适宜的撤压时间为150 s。

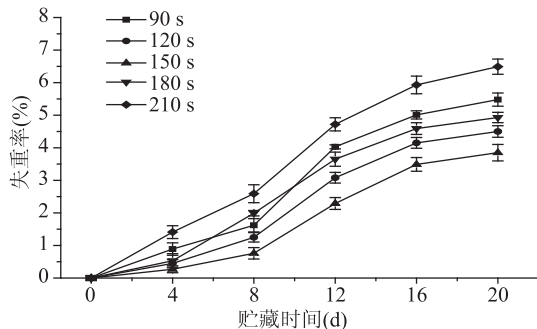


图7 不同撤压时间对鲜切紫甘蓝贮藏期间失重率的影响

Fig.7 Effects of different pressure removal time on weight loss rate of fresh-cut red cabbage during storage

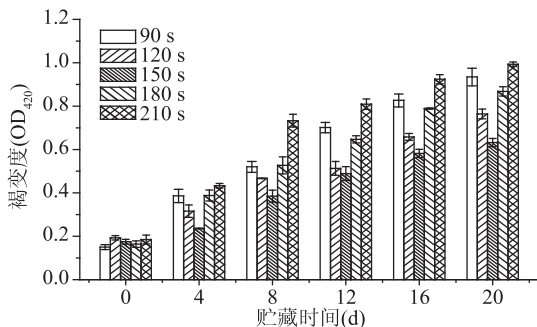


图8 不同撤压时间对鲜切紫甘蓝贮藏期间褐变度的影响

Fig.8 Effects of different pressure removal time on browning degree of fresh-cut red cabbage during storage

2.2 Box-Behnken 试验设计及结果

在单因素实验基础上,采用 Box-Behnken 响应面设计,以 A 加压氩气处理压强 1.0 MPa、B 保压时间 60 min、C 加压时间 100 s 和 D 撤压时间 150 s 为中心点,以失重率(%)为响应值,进行响应面优化分析实验。试验设计及结果见表2。

对29组试验的响应值进行二次回归分析,回归方差分析见表3。经过回归拟合分别得到失重率(Y)为目标函数的四元二次回归方程:

表2 Box-Behnken 试验设计及结果

Table 2 Experimental design and results of the Box-Behnken

试验号	A	B	C	D	失重率(%)	
					实验值	预测值
1	-1	-1	0	0	6.27	7.31
2	1	-1	0	0	6.37	7.18
3	-1	1	0	0	6.53	7.23
4	1	1	0	0	4.58	5.05
5	0	0	-1	-1	5.52	5.84
6	0	0	1	-1	5.99	5.89
7	0	0	-1	1	5.33	6.93
8	0	0	1	1	4.91	6.09
9	-1	0	0	-1	8.32	8.02
10	1	0	0	-1	5.83	5.42
11	-1	0	0	1	8.32	7.22
12	1	0	0	1	8.72	7.51
13	0	-1	-1	0	7.54	6.53
14	0	1	-1	0	6.18	5.54
15	0	-1	1	0	7.12	6.25
16	0	1	1	0	5.52	5.03
17	-1	0	-1	0	7.31	7.00
18	1	0	-1	0	5.62	5.65
19	-1	0	1	0	6.44	6.41
20	1	0	1	0	5.15	5.45
21	0	-1	0	-1	7.19	7.45
22	0	1	0	-1	5.19	5.41
23	0	-1	0	1	7.38	7.16
24	0	1	0	1	7.26	7.00
25	0	0	0	0	3.45	3.74
26	0	0	0	0	4.18	3.74
27	0	0	0	0	4.14	3.74
28	0	0	0	0	3.10	3.74
29	0	0	0	0	3.83	3.74

表3 Box-Behnken 试验设计的回归分析表

Table 3 Regression results from the test of Box-Behnken experiments

差异来源	平方和	均方	标准误差	F 值	p 值
模型	48.02	3.43	0.43	3.65	0.0106 *
A	3.99	3.99	0.28	4.25	0.0584 -
B	3.64	3.64	0.28	3.88	0.0691 -
C	0.47	0.47	0.28	0.50	0.4919 -
D	1.25	1.25	0.28	1.34	0.2672 -
AB	1.05	1.05	0.48	1.12	0.3082 -
AC	0.040	0.040	0.48	0.043	0.8395 -
AD	2.09	2.09	0.48	2.22	0.0158 *
BC	0.014	0.014	0.48	0.015	0.9032 -
BD	0.88	0.88	0.48	0.94	0.3486 -
CD	0.20	0.20	0.48	0.21	0.0432 *
A ²	17.05	17.05	0.38	18.15	0.0008 **
B ²	11.47	11.47	0.38	12.21	0.0036 **
C ²	3.82	3.82	0.38	4.07	0.0633 -
D ²	18.39	18.39	0.38	19.57	0.0006 **
剩余项	13.15	0.94			
失拟项	12.30	1.23		5.75	0.0532 -
纯误差	0.86	0.21			
决定系数	R ² = 0.9850		R ² _{Adj} = 0.9401		

注:“**”表示差异极显著($p < 0.01$);“*”表示差异显著($p < 0.05$);“-”表示差异不显著($p > 0.05$)。

$$Y = 3.74 - 0.58A - 0.55B - 0.20C + 0.32D - 0.51AB + 0.100AC + 0.72AD - 0.060BC + 0.47BD - 0.22CD + 1.62A^2 + 1.33B^2 + 0.77C^2 + 1.68D^2$$

由表3数据可知,该回归模型的 p 值为0.0106,小于0.05,说明该模型显著,回归方程可正确反映失重率与四因素之间的关系。模型的失拟项 p 值为0.0532,大于0.05,对失重率的影响不显著,以上证明回归模型与实际实验具有较高的拟合度。决定系数 R^2 为0.9850,表明采用Box-Behnken响应面设计所得回归模型可靠,可实现对鲜切紫甘蓝贮藏期间加压氩气处理工艺实验的理论预测。

在失重率(Y)模型中,AD、CD对失重率的影响显著($p < 0.05$); A^2 、 B^2 和 D^2 的 p 值均小于0.01,对失重率的影响极显著; A 、 B 、 C 、 D 、 AB 、 AC 和 BC 、 BD 、 C^2 的 p 值均大于0.05,对失重率的影响不显著;各因素对失重率的影响为: $A > B > D > C$ 。

2.2.1 响应面分析与优化 如图9所示,各因素两两之间交互效应的大小可由等高线的形状体现,椭圆形反映因素两两之间有着显著的交互作用,而圆形则反映因素两两之间交互作用不显著。因素 A 和 D 以及 C 和 D 等高线形状为椭圆形,则说明以上因素两两之间交互作用显著。

通过对方程(Y)求导可得模型预测的最小失重率为3.47%,此时,加压氩气处理压强为1.07 MPa、保压时间为61.20 min、加压时间为99.30 s和撤压时间为148.40 s。

2.2.2 Box-Behnken模型验证试验 结合实际情况,将预测条件优化为加压氩气处理压强1.0 MPa、保压时间61 min、加压时间99 s和撤压时间148 s。采用优化后的加压氩气处理工艺对鲜切紫甘蓝进行处理,贮藏结束后,其失重率为3.57%,与失重率理论值3.47%仅相差0.1%,表示该响应面回归模型具有一定可行性和准确性。另外,与非加压处理条件下测得的失重率5.98%相比,优化后失重率降低了42.0%。

3 结论

在单因素实验基础上,应用Box-Behnken响应面设计法对鲜切紫甘蓝贮藏环节中的加压氩气处理工艺进行优化。鲜切紫甘蓝贮藏环节中加压氩气处理最佳工艺为:加压氩气处理压强1.0 MPa、保压时间61 min、加压时间99 s和撤压时间148 s。在此优化条件下,贮藏20 d后,鲜切紫甘蓝失重率为3.57%,与非加压处理条件下测得的失重率5.98%相比,优化后失重率降低了42.0%,保鲜效果明显提升。

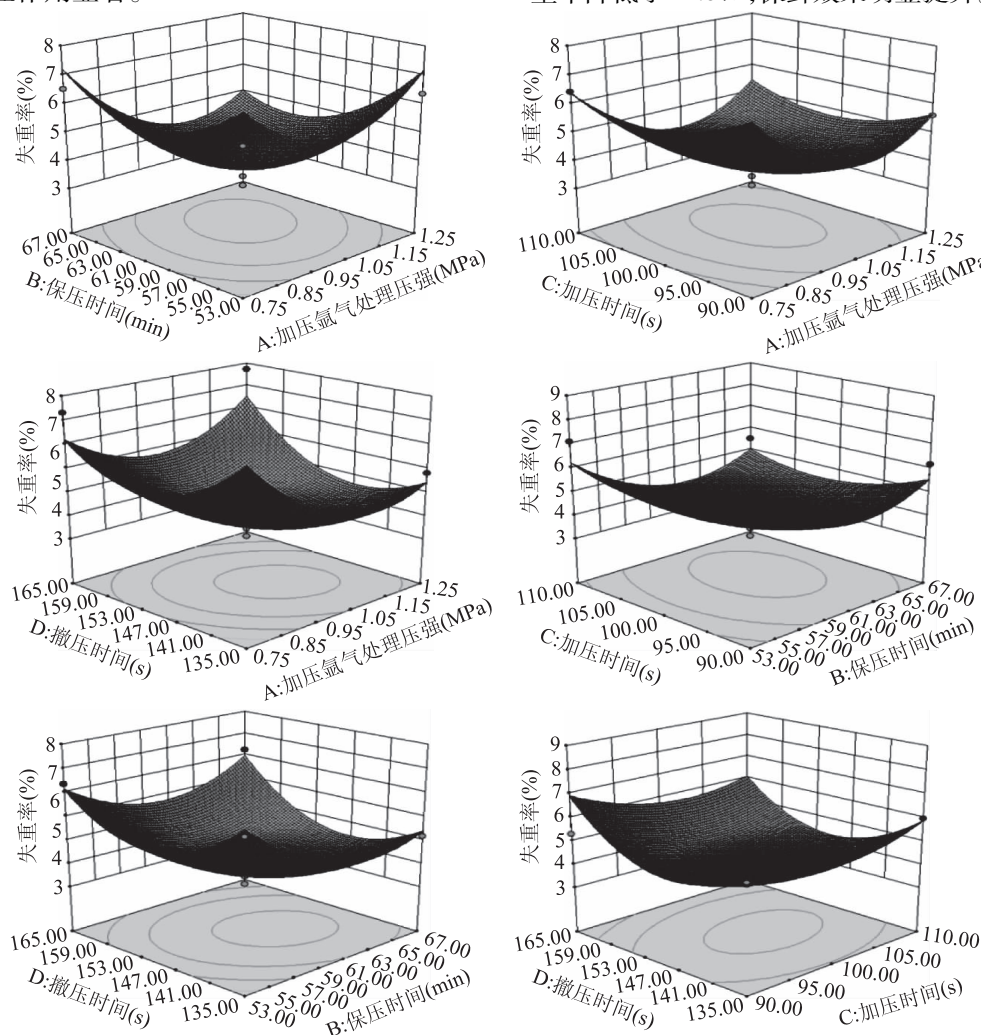


图9 各因素交互作用对失重率影响的响应面图

Fig.9 Surface of mutual-influence for between any two of A,B,C and D on the weight loss rate

参考文献

- [1] 王智荣, 杨琦, 吕新刚, 等. 物理方法在鲜切苹果保鲜中的应用研究进展[J]. 食品科学, 2018, 39(7): 338-343.
- [2] Sinha D, De D, Goswami D, et al. Fabrication of DSSC with nanostructured ZnO photo anode and natural dye sensitizer[J]. Materials Today Proceedings, 2018, 5(1): 2056-2063.
- [3] Jiang L, Chen Z, Liu L, et al. Effect of chlorine dioxide on decontamination of fresh-cut coriander and identification of bacterial species in fresh-cutting process[J]. Journal of Food Processing & Preservation, 2017, 42(2): e13465.
- [4] 孙雅馨, 康旭蕾, 梁栋, 等. 超高压对鲜切胡萝卜硬度的影响及机制研究[J]. 食品工业科技, 2017, 38(11): 200-204.
- [5] 郭嘉. 氩气 MAP 技术在新鲜浆果包装中的应用[D]. 西安: 西安理工大学, 2009.
- [6] Wu Z S, Zhang M, Adhikari B. Application of high pressure argon treatment to maintain quality of fresh-cut pineapples during cold storage[J]. Journal of Food Engineering, 2012, 110(3): 395-404.
- [7] Mattsson L, Williams H, Berghel J. Waste of fresh fruit and vegetables at retailers in Sweden - Measuring and calculation of mass, economic cost and climate impact[J]. Resources Conservation & Recycling, 2018, 130(130): 118-126.
- [8] 孟祥勇. 加压氩气及其联合处理对鲜切青椒和黄瓜保鲜的影响及其机理研究[D]. 无锡: 江南大学, 2013.
- [9] Singh A K, Goswami T K. Controlled atmosphere storage of fruits and vegetables: A review[J]. Journal of Food Science and Technology Mysore, 2006, 43(1): 1-7.
- [10] 吕小京, 操德群, 徐年军. 响应面试验优化酶解法制备海洋微藻拟球藻抗氧化肽工艺[J]. 食品科学, 2018, 39(6): 183-188.
- [11] 王冉冉, 蒋子敬, 谢凌宇, 等. 响应面法优化棕榈油基烘烤专用脱模剂制备工艺及其脱模特性[J]. 食品工业科技, 2017, 38(12): 207-213.
- [12] 李明, 赵良忠, 李新社, 等. 响应面法优化葛根酸豆奶配方[J]. 食品工业科技, 2017, 10(23): 151-158.
- [13] Elazazy M S, Elhamshary M, Sakr M, et al. Plackett-burman and Box-Behnken designs as chemometric tools for micro-determination of L-ornithine. [J]. Spectrochimica Acta Part a Molecular & Biomolecular Spectroscopy, 2018, 193(9): 397-406.
- [14] 王冉冉, 曹亚楠, 邢亚阁, 等. 棕榈油基烘烤专用脱模剂配方及乳化工艺的研究[J]. 中国粮油学报, 2017, 32(8): 92-97.
- [15] 谢国芳, 谭书明. 运输条件对鲜食青棒豆货架期品质的影响[J]. 食品工业科技, 2018(1): 297-301.
- [16] 杨志娟, 雷晓凌, 孔嘉碧, 等. 降低香蕉酱褐变度的工艺条件研究[J]. 现代食品科技, 2010, 26(9): 962-964.
- [17] 于晓霞. 酸性电解水对鲜切果蔬杀菌和保鲜效果的研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2015.
- [18] 张秋婷, 林素丽, 朱松明, 等. 超高压与微酸性电解水结合对鲜切果蔬的杀菌效果研究[J]. 农业机械学报, 2017, 48(3): 338-344.
- [19] Garcia E, Barrett D M. Preservative treatments for fresh-cut fruits and vegetables[J]. Fresh, 2002(4): 12.
- [20] 汪薇, 李晓, 杨宏, 等. 超高压处理对鲜切莲藕品质及其贮藏性的影响[J]. 华中农业大学学报, 2016(2): 101-107.

因本刊已被《中国知网》
(包括“中国知网”优先数字出版库)
独家全文收录, 所以所付稿酬中
已包含该网站及光盘应付的稿酬。