

# 添加胡萝卜对低温羊肉蒸煮火腿色泽与亚硝酸盐残留量的影响\*

郑佳飞, 邹延军, 翁梅芬, 樊明明

(江南大学 食品学院, 江苏 无锡, 214122)

**摘要** 以胡萝卜浆替代无机亚硝酸盐应用到低温羊肉蒸煮火腿生产中, 通过肉糖葡萄球菌和木糖葡萄球菌发酵达到火腿的护色效果。研究了胡萝卜浆添加量、菌种配比、发酵温度和发酵时间对低温羊肉蒸煮火腿色泽和亚硝酸盐残留量的影响。采用响应面分析法(RSM), 结合感官评定对各参数进行了优化。结果表明: 胡萝卜浆添加量、发酵温度和发酵时间对产品色泽和亚硝酸盐残留量影响较大, 胡萝卜浆添加量 17.5%, 发酵温度 25℃, 发酵时间 3.5 h 时, 护色效果较好, 最终产品的  $a^*$  值  $15.26 \pm 0.55$ , 亚硝酸盐残留量  $(2.97 \pm 0.03) \text{ mg/kg}$ , 感官评分  $8.14 \pm 0.18$ , 与直接添加  $150 \text{ mg/kg NaNO}_2$  的产品相比, 添加胡萝卜显著降低了亚硝酸盐残留量, 提高了产品的安全性, 同时保持了产品较好的组织状态、风味和色泽, 总体可接受度高。

**关键词** 胡萝卜; 低温羊肉蒸煮火腿; 亚硝酸盐残留量; 色泽

亚硝酸盐作为肉制品中常用的添加剂, 具有抑菌、抗氧化的作用, 同时对发色和肉制品风味的形成有重要贡献<sup>[1-3]</sup>。但亚硝酸盐在酸性条件中容易产生 N-亚硝胺类化合物, 对人体健康产生不良影响<sup>[4]</sup>。因此各国都在积极寻找亚硝酸盐较为理想的替代物<sup>[5]</sup>。

天然肉制品<sup>[6]</sup>概念的提出为解决这一问题提供了新的思路。研究发现, 韭菜、菠菜、芹菜和胡萝卜等蔬菜中都含有较高的硝酸盐含量<sup>[6-7]</sup>。将蔬菜作为硝酸盐的天然来源, 利用木糖葡萄球菌和肉糖葡萄球菌将硝酸盐转化成亚硝酸盐可以起到间接腌制的效果<sup>[8-9]</sup>。目前, Magrinya<sup>[10]</sup>已经将芹菜浓缩汁用于腌肉制品中, 认为芹菜浓缩汁可以很好的替代无机亚硝酸盐; Toukalas<sup>[11]</sup>也已将冻干的韭菜粉用于发酵香肠中, 认为添加 0.84% 的韭菜粉可以减少  $75 \text{ mg/kg NaNO}_2$  的使用。国内在这方面也做了较多的研究<sup>[12-14]</sup>。但多数蔬菜本身的色泽对肉制品的色泽会造成负面的效果<sup>[7]</sup>, 因此应选择合适的蔬菜作为天然硝酸盐来源。胡萝卜本身色泽为橘红色, 对肉制品负面影响较小, 除此之外, 胡萝卜中丰富的膳食纤维、胡萝卜素等具有很高的应用价值<sup>[15-18]</sup>。本试验以胡萝卜为硝酸盐的天然来源, 以肉糖葡萄球菌 (*Staphy-*

*lococcus carnosus*) 和木糖葡萄球菌 (*Staphylococcus xylosus*) 作为发酵剂<sup>[19]</sup>, 研究其在低温羊肉蒸煮火腿中的应用。以期利用天然植物替代无机亚硝酸盐、改善产品的安全品质, 同时为拓展农产品加工思路提供理论支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 原料、试剂与仪器

新鲜胡萝卜, 购自本地超市; 苏尼特羊后腿, 内蒙古小尾羊牧业集团提供; 复合磷酸盐、异抗坏血酸钠、盐酸萘乙二胺、对氨基苯磺酸, 均为分析纯试剂, 国药集团化学试剂有限公司; 肉糖葡萄球菌 (*S. carnosus*)、木糖葡萄球菌 (*S. xylosus*), 购自广东省微生物菌种保藏中心 (GIMCC)。

色彩色差计 (CR-400), 日本柯尼卡美能达公司; T-18 基本型分散机, 德国 IKA 公司; SPX 型智能生化培养箱, 南京实验仪器厂; HH-S 水浴锅: 郑州长城科工贸有限公司; 火腿蒸煮模具 ( $14 \times 6 \times 6$ ) cm。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 低温蒸煮羊肉火腿工艺流程及操作要点

胡萝卜浆 + 发酵剂

↓

原料肉 → 清洗 → 修整分割 → 发酵与腌制 → 装模  
蒸煮 → 包装 → 成品

胡萝卜浆: 将胡萝卜切碎后与水 1:1 (g: mL) 混合打浆,  $16\ 000 \text{ r/min}$  下打浆 4 min, 至胡萝卜粒径达

第一作者: 硕士研究生 (邹延军副教授为通讯作者, E-mail: huan-  
nyanjun@jiangnan.edu.cn)。

\* 内蒙古产学研合作项目 (内蒙古自治区软科学研究计划  
(2013X10001-1))

收稿日期: 2014-10-14, 改回日期: 2014-11-04

到 300 ~ 400  $\mu\text{m}$ 。

分割:试验中将原料肉切成(5×3×2) cm 的肉块。

发酵与腌制:根据实验添加一定量胡萝卜浆后补水至肉重 40%、发酵剂(接种量  $10^7$  CFU/g)、复合磷酸盐 0.5%  $m$ (三聚磷酸盐): $m$ (焦磷酸盐): $m$ (六偏磷酸盐)=2:2:1、异抗坏血酸钠 0.05%、食盐 2.5% 后按照实验温度、时间进行发酵,发酵结束后在 2~4  $^{\circ}\text{C}$  下腌制 48 h。

配料、装模、蒸煮:添加白砂糖 2.5%,味精 0.5%,大豆蛋白 3%,搅拌充分后装模,80  $^{\circ}\text{C}$  蒸煮 1 h。

### 1.2.2 胡萝卜添加量的单因素试验

保持菌种比例 1:1,总接种量  $10^7$  CFU/g,发酵温度 30  $^{\circ}\text{C}$ ,发酵时间 9 h,分别在胡萝卜添加量为 5%、10%、15%、20%、25% 下测定其色泽和亚硝酸盐残留量。

### 1.2.3 菌种配比单因素试验

在胡萝卜添加量 15%,总接种量  $10^7$  CFU/g,发酵温度 30  $^{\circ}\text{C}$ ,发酵时间 9 h,测定单一肉糖葡萄球菌(肉糖)、木糖葡萄球菌(木糖)及肉糖:木糖复配质量比 1:2、1:1、2:1 时产品的色泽和亚硝酸盐残留量。

### 1.2.4 发酵温度单因素试验

保持胡萝卜添加量 15%,菌种比例 1:1,总接种量  $10^7$  CFU/g,发酵时间 9 h,分别在发酵温度 15、20、25、30、35  $^{\circ}\text{C}$  下测定色泽和亚硝酸盐残留量。

### 1.2.5 发酵时间单因素试验

保持胡萝卜添加量 15%,菌种比例 1:1,总接种量  $10^7$  CFU/g,发酵温度为 30  $^{\circ}\text{C}$ ,分别在发酵时间为 3、6、9、12、15 h 下测定色泽和亚硝酸盐残留量。

### 1.2.6 响应面实验设计

根据 Box-Behnken 试验设计原理,在单因素实验

的基础上,选取对响应值影响显著的胡萝卜浆添加量(A)、发酵温度(B)和发酵时间(C)3个因素进行中心组合实验,以红度  $a^*$  和亚硝酸盐残留量作为双响应值。利用 Design-Expert8.0.6 软件进行响应面设计及数据处理,共 17 个实验点,5 个中心点重复实验,各因素及水平编码见表 1。

表 1 响应面实验因素水平编码表

Table 1 Factors and levels of response surface experiments

因素	水平		
	-1	0	1
A(胡萝卜添加量/%)	10	15	20
B(发酵温度/ $^{\circ}\text{C}$ )	25	30	35
C(发酵时间/h)	3	6	9

### 1.2.7 低温羊肉蒸煮火腿指标测定及感官评定

以直接添加 150 mg/kg  $\text{NaNO}_2$  作为对照组,按照原料肉清洗,修整分割后进行腌制,装模蒸煮进行制作,与实验组进行对比,对色泽和亚硝酸盐含量进行测定并进行感官评定。

采用色彩色差计(CR-400/410)对低温羊肉蒸煮火腿色泽进行测定<sup>[19]</sup>。选用指标  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  进行评价。

采用 GB 5009.33-2010(食品中亚硝酸盐与硝酸盐的测定)中的盐酸萘乙二胺法对产品的亚硝酸盐残留量进行测定。

由食品加工专业的研究生共 10 人组成评定小组,评定分数见表 2<sup>[20]</sup>,评定方法采用 10 分制,按组织状态、色泽、风味、口感指标进行综合评价。最后按照组织状态 15%、色泽 25%、风味 25%、口感 35% 的权重,评价产品的整体可接受性。

表 2 感官评定标准

Table 2 Sensory evaluation standards

项目	评价内容	标准	评分
组织状态	切面是否平整,组织是否致密	切面平整,光滑致密,有光泽和弹性,有少许气孔	10
色泽	观察着色情况,肉色与胡萝卜分布是否均匀	色泽深浅适中,有微红色,肉色及胡萝卜分布均匀	10
风味	产品有无异味及特有的肉香味	无异味,具有羊肉特有的肉香味	10
口感	产品是否粗糙,咀嚼性、硬度、嫩度是否良好	产品细腻,咀嚼性、硬度、嫩度良好	10

### 1.2.8 数据处理

每个样品实验重复 3 次,取平均值。实验数据用 Excel 2007 和 SPSS 20 进行分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 单因素实验结果及分析

#### 2.1.1 胡萝卜浆添加量对低温羊肉蒸煮火腿色泽和亚硝酸盐残留量的影响

胡萝卜本身的色泽为橘红色,添加量的不同不仅直接影响到最终产品的色泽,还会间接影响到发酵转化后的亚硝酸盐的量,进而影响产品色泽。

从图 1 可以看出,胡萝卜浆添加量对产品的色泽

影响较为明显。随胡萝卜浆添加量的增大,亮度  $L$  整体差异较小;红度  $a^*$  逐渐增大,且当添加量大于 15% 时具有较好的红度值,大于 20% 时,随添加量的增大,  $a^*$  之间的差异不显著 ( $P > 0.05$ );黄度  $b^*$  呈明显上升趋势,当添加量大于 15% 时,  $b^*$  之间的差异有所减小。随添加量的增大,亚硝酸盐残留量逐渐上升,当添加量大于 15% 时,亚硝酸盐残留量差异有所减小,但都维持在较低的水平,可能是由于胡萝卜浆中  $V_C$  及多酚物质的消除<sup>[21-23]</sup> 造成。综合色泽、亚硝酸盐进行考虑,最终选取添加量 10%、15%、20% 做响应面分析。

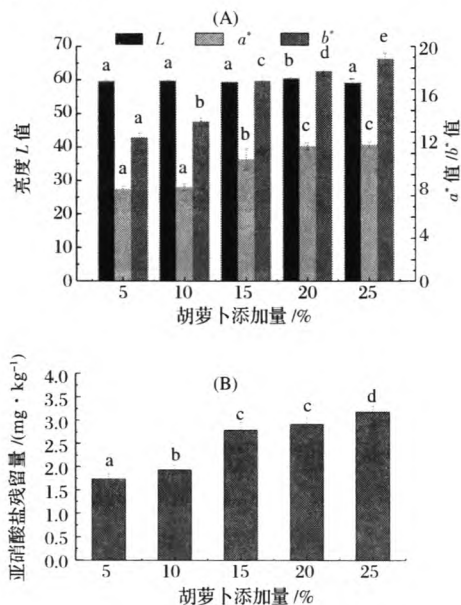


图1 胡萝卜添加量对低温羊肉蒸煮火腿色泽(A)和亚硝酸盐残留量的影响(B)

Fig. 1 Effects of different added carrot on color and residual nitrite of pasteurized mutton ham

a ~ e 相同字母表示差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 不同字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )

### 2.1.2 菌种比例对低温羊肉蒸煮火腿色泽和亚硝酸盐残留量的影响

研究菌种比例对低温羊肉蒸煮火腿色泽和亚硝酸盐残留量的影响,从图2可以看出,菌种比例对最终产品的亮度  $L$  的影响并不显著,对于红度值和黄度值来说,菌种的复配相对单一菌种的使用  $a^*$  和  $b^*$  有所增大,但不同复配比例之间的差异不明显 ( $P > 0.05$ );菌种比例的改变也同样没有对最终产品的亚硝酸盐残留量造成较为显著的影响,因此认为菌种配比不适宜作为试验中响应面的影响因子来进行考察。由于菌种复配对产品的风味有较好的影响<sup>[24]</sup>,且考

虑到实验操作的便利,最终以肉糖葡萄球菌和木糖葡萄球菌 1:1 的比例进行接种。

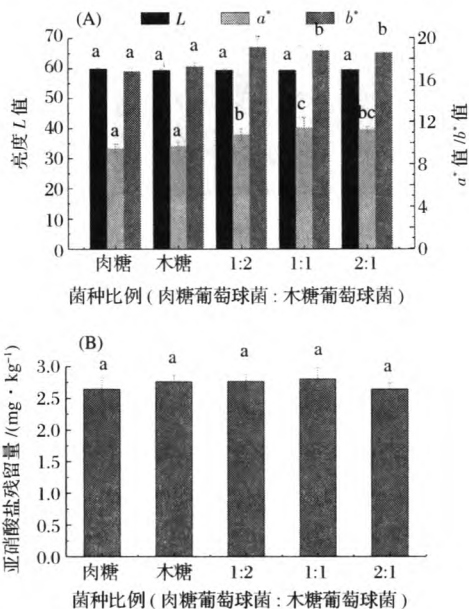


图2 菌种比例对低温羊肉蒸煮火腿色泽(A)和亚硝酸盐残留量的影响(B)

Fig. 2 Effects of strains ratio on color and residual nitrite of pasteurized mutton ham

a ~ c 相同字母表示差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 不同字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )

### 2.1.3 发酵温度对低温羊肉蒸煮火腿色泽和亚硝酸盐残留量的影响

适宜的发酵温度影响发酵微生物的生长和硝酸盐还原酶的活性,有利于胡萝卜浆中的硝酸盐转化成亚硝酸盐,起到良好的护色效果。

从图3可以看出,发酵温度对亮度  $L$  的影响较小;从发酵温度对  $a^*$  和  $b^*$  的影响来看,随发酵温度的增大,  $a^*$  和  $b^*$  呈上升趋势,当温度大于 25 °C 时,  $a^*$  值和  $b^*$  的增大趋势放缓,各组之间差异不显著 ( $P > 0.05$ )。从发酵温度对产品亚硝酸盐残留量的影响来看,随发酵温度的增大,亚硝酸盐残留量逐渐上升,当温度大于 30 °C 时,亚硝酸盐残留量差异不显著 ( $P > 0.05$ )。综合色泽、亚硝酸盐残留量考虑,最终选取发酵温度 25、30、35 °C 进行响应面分析。

### 2.1.4 发酵时间对低温羊肉蒸煮火腿色泽和亚硝酸盐残留量的影响

在选择合适的发酵温度后,需要一定的发酵时间促进胡萝卜浆中的硝酸盐转化成亚硝酸盐<sup>[25]</sup>。从图4可以看出,发酵时间的改变,各组之间  $a^*$  值差异显著 ( $P < 0.05$ ),  $L$  值和  $b^*$  值的差异显著性较小。在发

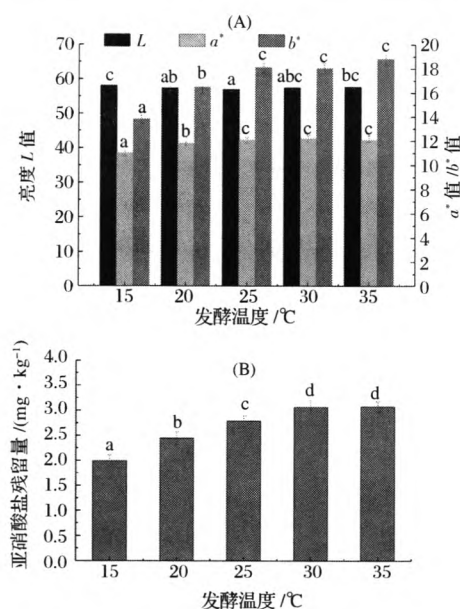


图3 发酵温度对低温羊肉蒸煮火腿色泽(A)和亚硝酸盐残留量的影响(B)

Fig. 3 The effects of fermentation temperature on color and residual nitrite of pasteurized mutton ham

a ~ d 相同字母表示差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 不同字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )

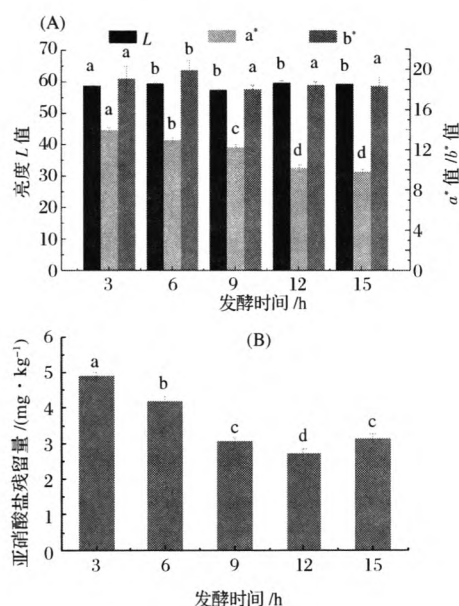


图4 发酵时间对低温羊肉蒸煮火腿色泽(A)和亚硝酸盐残留量的影响(B)

Fig. 4 The effects of fermentation time on color and residual nitrite of pasteurized mutton ham

a ~ d 相同字母表示差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 不同字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )

酵时间 3 h 时, 低温羊肉蒸煮火腿具有较好的  $a^*$ , 但

随着发酵时间的延长,  $a^*$  值呈现一定的下降趋势, 分析原因可能是由于发酵剂硝酸盐还原酶活性较强, 短时间就可将硝酸盐转化成亚硝酸盐<sup>[26]</sup>, 随着时间的延长, 转化后的亚硝酸盐受到胡萝卜浆中  $V_c$  及多酚物质的消除而降低, 护色效果受到一定的影响。

从发酵时间对亚硝酸盐残留量的影响来看, 当发酵时间从 3 h 延长至 12 h 时, 亚硝酸盐残留量显著下降 ( $P < 0.05$ )。这与  $a^*$  值变化趋势呈现一定的正相关。综合考虑色泽和亚硝酸盐残留量, 最终选取发酵时间 3、6、9 h 进行响应面分析。

## 2.2 响应面法分析和优化

### 2.2.1 响应面实验设计及结果

选取胡萝卜添加量(A)、发酵温度(B)和发酵时间(C)作为影响因子, 以低温羊肉蒸煮火腿红度值  $a^*$  ( $Y_1$ ) 和亚硝酸盐残留量( $Y_2$ ) 2 个指标作为响应值, 进行响应面分析实验, 实验方案及结果如表 3 所示。

表3 响应面实验设计方案及结果

Table 3 The design and result of response surface experiment

试验号	A	B	C	$Y_1$	$Y_2/(mg \cdot kg^{-1})$
1	-1	-1	0	12.24	2.56
2	1	-1	0	15.38	3.64
3	-1	1	0	12.40	2.46
4	1	1	0	13.32	3.21
5	-1	0	-1	13.05	2.62
6	1	0	-1	15.32	3.73
7	-1	0	1	11.68	2.17
8	1	0	1	13.52	3.20
9	0	-1	-1	15.03	2.67
10	0	1	-1	13.22	3.44
11	0	-1	1	12.3	3.17
12	0	1	1	12.02	2.16
13	0	0	0	12.43	2.46
14	0	0	0	12.66	2.64
15	0	0	0	12.68	2.51
16	0	0	0	12.86	2.63
17	0	0	0	12.29	2.53

### 2.2.2 响应面模型拟合及方差分析

利用 Design-Expert 8.0.6 统计软件对该实验数据进行二次多项回归拟合, 分别获得  $a^*$  ( $Y_1$ ) 和亚硝酸盐残留量( $Y_2$ ) 对自变量胡萝卜添加量(A)、发酵温度(B)和发酵时间(C)的多元回归方程:

$$Y_1 = 23.00 + 0.313A - 0.521B - 1.364C - 0.022AB - 0.007AC + 0.026BC + 0.020A^2 + 0.010B^2 + 0.034C^2$$

$$Y_2 = 3.922 - 0.079A - 0.199B + 0.662C - 0.003AB - 0.001AC - 0.030BC + 0.010A^2 + 0.007B^2 + 0.015C^2$$

对上述响应面回归模型进行方差分析,分析结果见表4、表5。

表4 响应面方差分析结果( $a^*$ 为响应值)

Table 4 The results of variance analysis for the response surface ( $a^*$  as response value)

方差来源	平方和	自由度	均方	F值	Pr>F	显著性
模型	20.39	9	2.27	56.99	<0.000 1	**
A	8.34	1	8.34	209.83	<0.000 1	**
B	1.99	1	1.99	50.05	0.000 2	*
C	6.30	1	6.30	158.47	<0.000 1	**
AB	1.23	1	1.23	30.99	0.000 8	*
AC	0.046	1	0.046	1.16	0.316 7	-
BC	0.59	1	0.59	14.72	0.006 4	*
A <sup>2</sup>	1.05	1	1.05	26.53	0.001 3	*
B <sup>2</sup>	0.26	1	0.26	6.64	0.036 6	*
C <sup>2</sup>	0.40	1	0.40	10.05	0.015 7	*
残差	0.28	7	0.040			
失拟项	0.077	3	0.026	0.51	0.696 5	-
误差	0.20	4	0.050			
总变异	20.67	16				

$$R^2 = 0.986\ 5, R^2_{(\text{adj})} = 0.969\ 2$$

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( $P > 0.05$ )。表5同。

由表4可知, $Y_1$ 模型 $P < 0.01$ ,表明该模型达到

表5 响应面方差分析结果(亚硝酸盐残留量为响应值)

Table 5 The results of variance analysis for the response surface (residual nitrite as response value)

方差来源	平方和	自由度	均方	F值	Pr>F	显著性
模型	3.73	9	0.41	52.02	<0.000 1	**
A	1.96	1	1.96	246.51	<0.000 1	**
B	0.075	1	0.075	9.37	0.018 3	-
C	0.39	1	0.39	48.73	0.000 2	*
AB	0.028	1	0.028	3.48	0.104 4	-
AC	1.789E-003	1	1.789E-003	0.22	0.650 0	-
BC	0.79	1	0.79	99.39	<0.000 1	**
A <sup>2</sup>	0.24	1	0.24	30.13	0.000 9	*
B <sup>2</sup>	0.12	1	0.12	15.26	0.005 9	*
C <sup>2</sup>	0.073	1	0.073	9.21	0.019 0	*
残差	0.056	7	7.969E-003			
失拟项	0.028	3	9.302E-003	1.33	0.3810	-
误差	0.028	4	6.970E-003			
总变异	3.79	16				

$$R^2 = 0.985\ 3, R^2_{(\text{adj})} = 0.966\ 3$$

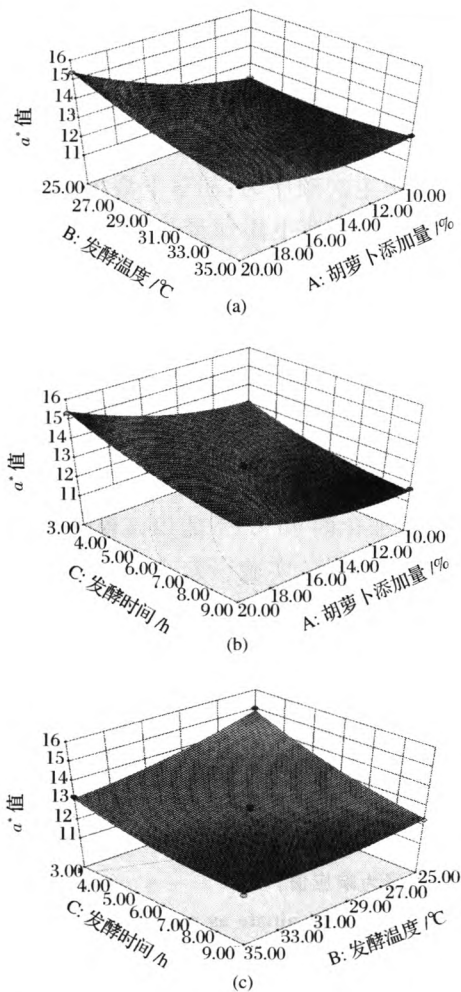
### 2.2.3 各因素对 $a^*$ 值与亚硝酸盐残留量的影响

图5、图6分别给出了胡萝卜添加量、发酵温度、发酵时间之间交互作用对最终产品 $a^*$ 和亚硝酸盐残留量的响应面曲线图。由图5-a的响应曲面可以看出,产品的 $a^*$ 值随胡萝卜添加量的增加而增加,随发酵温度的增大而减小;图5-b反映出产品的 $a^*$ 值随胡萝卜添加量的增加而增加,随发酵时间的增大而减

小;图5-c反映出产品的 $a^*$ 值随发酵时间的延长而降低,随发酵温度的增大而减小。图6-a、图6-b的响应曲面坡度较小,说明胡萝卜添加量与发酵温度、胡萝卜添加量与发酵时间的交互作用对亚硝酸盐残留量的影响不显著,亚硝酸盐残留量随胡萝卜添加量的增大而增大,但对发酵温度和发酵时间的变化不显著;而图6-c中,亚硝酸盐残

极显著模型,失拟项 $P > 0.05$ ,差异不显著,模型的决定系数 $R^2 = 0.986\ 5$ ,矫正决定系数 $R^2_{(\text{adj})} = 0.969\ 2$ ,表明响应值变化的96.92%能用该模型来解释,模型拟合程度良好,实验误差较小。结果显示影响最终产品 $a^*$ 的因子主次顺序为:胡萝卜添加量>发酵时间>发酵温度,且胡萝卜添加量与发酵温度、发酵温度与发酵时间之间具有显著的交互作用( $P < 0.05$ ),胡萝卜添加量与发酵时间之间没有显著的交互作用( $P > 0.05$ )。

由表5可知, $Y_2$ 模型 $P < 0.01$ ,表明该模型达到极显著模型,失拟项 $P > 0.05$ ,差异不显著,模型的决定系数 $R^2 = 0.985\ 3$ ,矫正决定系数 $R^2_{(\text{adj})} = 0.966\ 3$ ,表明响应值变化的96.63%能用该模型来解释,可知模型拟合程度良好,实验误差小。由表5可以看出,影响最终产品亚硝酸盐残留量的因子主次顺序为:胡萝卜添加量>发酵时间>发酵温度,且发酵温度与发酵时间之间具有极显著的交互作用( $P < 0.01$ ),胡萝卜添加量与发酵温度、胡萝卜添加量与发酵时间之间则没有显著的交互作用( $P > 0.05$ )。

图5 各因素之间的交互作用对  $a^*$  的影响Fig. 5 Interactions between different parameters on  $a^*$ 

留量都随发酵时间和发酵温度的增大而减小。

### 2.3 优化工艺参数的验证及感官评定

通过 Design-Expert 8.0.6 统计软件进行分析得出胡萝卜在低温羊肉蒸煮火腿中的最优参数:胡萝卜添加量 17.5%, 发酵温度 25.23 °C, 发酵时间 3.52 h。考虑到实际操作的便利,将最终参数优化为胡萝卜添加量 17.5%, 发酵温度 25 °C, 发酵时间 3.5 h。为检验响应面法所得结果的可靠性,采用上述参数进行产品的加工,做 3 次平行试验,与对照组直接添加无机亚硝酸盐进行比较并进行感官分析。实验结果显示,对照组色泽和亚硝酸盐残留量分别为  $(15.36 \pm 0.25)$  和  $(20.97 \pm 0.15)$  mg/kg, 优化后产品最终的色泽和亚硝酸盐残留量分别为  $(15.26 \pm 0.55)$  和  $(2.97 \pm 0.03)$  mg/kg, 在呈现较好色泽的情况下,显著降低了亚硝酸盐残留量,与预测值 15.48 和 3.08 mg/kg 相差较小。感官评分结果(表 6)表明优化后

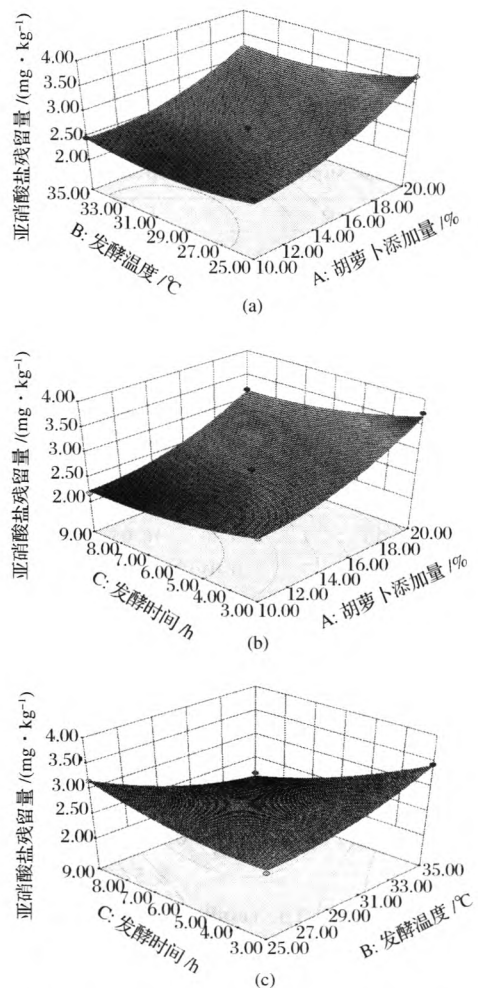


图6 各因素之间的交互作用对亚硝酸盐残留量的影响

Fig. 6 Interactions between different parameters on residual nitrite

的低温羊肉蒸煮火腿具有较高的感官评分,总体可接受性评分为  $8.14 \pm 0.18$ ,说明优化后的产品具有良好的切片性和外观,肉质细腻,富有良好的弹性和咀嚼性,产品风味浓郁并保留了羊肉独特的肉香。

表6 西式火腿感官评定结果

Table 6 Results of sensory characteristics on pasteurized mutton ham

评定项目	组织状态	色泽	风味	口感	总体接受性
优化组	$7.25 \pm 0.26$	$8.2 \pm 0.26$	$8.3 \pm 0.26$	$8.35 \pm 0.34$	$8.14 \pm 0.18$
对照组	$7.35 \pm 0.24$	$8.3 \pm 0.26$	$8.35 \pm 0.24$	$8.5 \pm 0.33$	$8.24 \pm 0.11$

### 3 结论

单因素实验证明胡萝卜浆添加量、发酵温度和发酵时间是影响低温羊肉蒸煮火腿色泽和亚硝酸盐残



留量的3个主要因素。通过响应面实验建立了产品的 $a^*$ 值和亚硝酸盐残留量与3个因素之间的数学模型,通过模型分析确定了胡萝卜浆最佳添加量为17.5%,发酵温度为25℃,发酵时间为3.5 h。在该条件下,产品的 $a^*$ 值为 $15.26 \pm 0.55$ ,亚硝酸盐残留量为 $(2.97 \pm 0.03)$  mg/kg,最终感官评定值为 $(8.14 \pm 0.18)$ 分,在保持较好感官品质的同时显著减低了亚硝酸盐残留量,提高了产品的安全性。说明胡萝卜可以作为化学合成亚硝酸盐的替代物进行应用。

### 参 考 文 献

- [1] Sindelar J J, Milkowski A L. Sodium nitrite in processed meat and poultry meats: A review of curing and examining the risk/benefit of its use [J]. American Meat Science Association White Paper Series, 2011(3): 1-14.
- [2] Sindelar J J, Milkowski A L. Human safety controversies surrounding nitrate and nitrite in the diet [J]. Nitric Oxide, 2012, 26 (4): 259-266.
- [3] Thomas C, Mercier F, Tournayre P, et al. Effect of nitrite on the odourant volatile fraction of cooked ham [J]. Food Chem, 2013, 139 (1-4): 432-438.
- [4] Ruiz-Capillas C, Tahmouzi S, Triki M, et al. Nitrite-free Asian hot dog sausages reformulated with nitrite replacers [J]. Journal of Food Science and Technology, 2014,
- [5] Krause B L, Sebranek J G, Rust R E, et al. Incubation of curing brines for the production of ready-to-eat, uncured, no-nitrite-or-nitrate-added, ground, cooked and sliced ham [J]. Meat Sci, 2011, 89 (4): 507-513.
- [6] Sebranek J G, Bacus J N. Cured meat products without direct addition of nitrate or nitrite: what are the issues? [J]. Meat Sci, 2007, 77 (1): 136-147.
- [7] 吴定晶. 蔬菜提取物对肉脯品质影响的研究 [D]; 南京: 南京农业大学, 2012.
- [8] Magrinya N, Bou R, Rius N, et al. Effect of Fermentation Time and Vegetable Concentrate Addition on Quality Parameters of Organic Botifarra Catalana, a Cured-Cooked Sausage [J]. J Agric Food Chem, 2012, (60): 6 882-6 890.
- [9] Sindelar J J, Terns M J, Meyn E, et al. Development of a method to manufacture uncured, no-nitrate/nitrite-added whole muscle jerky [J]. Meat Sci, 2010, 86 (2): 298-303.
- [10] Magrinya N r, Bou R, Tres A, et al. Effect of tocopherol extract, Staphylococcus carnosus culture, and celery concentrate addition on quality parameters of organic and conventional dry-cured sausages [J]. J Agric Food Chem, 2009, 57 (19): 8 963-8 972.
- [11] Tsoukalas D S, Katsanidis E, Marantidou S, et al. Effect of freeze-dried leek powder (FDLP) and nitrite level on processing and quality characteristics of fermented sausages [J]. Meat Sci, 2011, 87 (2): 140-145.
- [12] 孙冬梅, 郇延军, 闫晓蕾, 等. 富硝芹菜粉加工过程中脱色工艺的研究及其在肉制品中的应用 [J]. 食品与发酵工业, 2011, 37(8): 178-183.
- [13] 石亚中, 伍亚华, 许晖, 等. 添加芹菜粉替代亚硝酸盐对腌肉制品品质的影响 [J]. 食品工业科技, 2013(4): 101-104.
- [14] 郇延军, 赵亚娟, 赵杰. 芹菜粉对天然中式香肠颜色影响及工艺优化的研究 [J]. 食品工业科技, 2012(12): 294-298.
- [15] Eim V S, Simal S, Rossello C, et al. Optimisation of the addition of carrot dietary fibre to a dry fermented sausage (sobrassada) using artificial neural networks [J]. Meat Sci, 2013, 94 (3): 341-348.
- [16] Grossi A, Soltoft-Jensen J, Knudsen J C, et al. Synergistic cooperation of high pressure and carrot dietary fibre on texture and colour of pork sausages [J]. Meat Sci, 2011, 89 (2): 195-201.
- [17] Grossi A, Soltoft-Jensen J, Knudsen J C, et al. Reduction of salt in pork sausages by the addition of carrot fibre or potato starch and high pressure treatment [J]. Meat Sci, 2012, 92 (4): 481-489.
- [18] 陈瑞娟, 毕金峰, 陈芹芹, 等. 胡萝卜的营养功能、加工及其综合利用研究现状 [J]. 食品与发酵工业, 2013, 39(10): 201-206.
- [19] 赵亚娟. 富硝芹菜粉在发酵肉制品中使用功效的研究 [D]. 无锡: 江南大学, 2012.
- [20] 胡冠蓝, 邓绍林, 刘婷, 等. 正交实验优化西式火腿食用品质 [J]. 食品工业科技, 2014, 35 (10): 215-219.
- [21] 冯丽丹, 李捷, 艾对元. 几种常见果蔬对亚硝酸盐清除能力的研究 [J]. 甘肃农业大学学报, 2011(2): 139-142.
- [22] Sharma K D, Karki S, Thakur N S, et al. Chemical composition, functional properties and processing of carrot-a review [J]. J Food Sci Technol, 2012, 49 (1): 22-32.
- [23] Choi S Y, Chung M J, Lee S-J, et al. N-nitrosamine inhibition by strawberry, garlic, kale, and the effects of nitrite-scavenging and N-nitrosamine formation by functional compounds in strawberry and garlic [J]. Food Control, 2007, 18 (5): 485-491.
- [24] 赵亚娟, 郇延军, 孙冬梅, 等. 木糖葡萄糖球菌和肉糖葡萄糖球菌的生理特性及其转化硝酸盐影响因素的研究 [J]. 食品工业科技, 2012(5): 63-66.

- [25] Terns M J, Milkowski A L, Claus J R, et al. Investigating the effect of incubation time and starter culture addition level on quality attributes of indirectly cured, emulsified cooked sausages [J]. *Meat Sci*, 2011, 88 (3): 454 – 461.
- [26] Sindelar J J, Cordray J C, Sebranek J G, et al. Effects of varying levels of vegetable juice powder and incubation time on color, residual nitrate and nitrite, pigment, pH, and trained sensory attributes of ready-to-eat uncured ham [J]. *J Food Sci*, 2007, 72 (6): S388 – S395.

## Effect of carrot on the color and nitrite residual of pasteurized mutton ham

ZHENG Jia-fei, HUAN Yan-jun, WENG Mei-fen, FAN Ming-ming

(School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

**ABSTRACT** Carrot pasta was added into pasteurized mutton ham to replace inorganic nitrite, *Staphylococcus carnosus* and *Staphylococcus xylosus* was used to protect the color of the ham. The effect of carrots content, fermentation temperature and fermentation time on the color and nitrite residues of pasteurized mutton ham were studied using response surface methodology (RSM). Additionally, sensory evaluation of the products was also carried out. The results showed that a better  $a^*$  value and lower residual nitrite was achieved by the following condition: 17.5% of carrots, fermentation temperature 25 °C, fermentation time 3.5 h. Under the above conditions,  $a^*$  value, residual nitrite and sensory scores of product were  $(15.26 \pm 0.55)$ ,  $(2.97 \pm 0.03)$  mg/kg and  $(8.14 \pm 0.18)$ , respectively. Compared to the products 150 mg/kg  $\text{NaNO}_2$ , the amount of residual nitrite of the products was greatly reduced, thus ensured the safety of products as well as maintaining the better structure, flavor, color and sensory scores of product.

**Key words** carrot, pasteurized mutton ham, nitrite residues, color