

蔓越莓粉与维生素E对羊肉香肠品质的影响

郭骏飞,张雯雯,杨丽荣,张艳妮,赵欣,段艳*

(内蒙古农业大学 食品科学与工程学院,内蒙古 呼和浩特 010018)

摘要: 该文从降低羊肉香肠中亚硝酸钠使用量角度出发,以红度值、硫代巴比妥酸值(thiobarbituric acid value, TBARS值)和亚硝酸盐残留量的综合评分作为响应值,研究不同添加量的蔓越莓粉、维生素E、亚硝酸钠复合使用对羊肉香肠品质的影响,为探寻亚硝酸钠替换物提供试验依据。结果表明:在蔓越莓粉添加量5.5 g/kg、维生素E添加量200 mg/kg、亚硝酸钠添加量30 mg/kg,相应的响应面二次模型预测综合评分为0.804。在保证羊肉香肠品质的前提下,蔓越莓粉与维生素E的使用可以降低亚硝酸盐的使用量及残留量。

关键词: 羊肉香肠;蔓越莓粉;维生素E;亚硝酸盐;响应面优化法

Effects of Cranberry Powder and Vitamin E on Quality of Mutton Sausages

GUO Jun-fei, ZHANG Wen-wen, YANG Li-rong, ZHANG Yan-ni, ZHAO Xin, DUAN Yan*

(College of Food Science and Engineering, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, Inner Mongolia, China)

Abstract: In order to reduce the amount of sodium nitrite used in lamb sausage, with the comprehensive score of redness value, thiobarbituric acid value and nitrite residue as the response value, this experiment used different amounts of cranberry powder, vitamin E and sodium nitrite to study the quality of lamb sausage which providing experimental basis for exploring sodium nitrite substitutes. The results showed that: when the amount of cranberry powder was 5.5 g/kg, vitamin E was 200 mg/kg, and sodium nitrite was 30 mg/kg, the comprehensive score of response surface quadratic model prediction was 0.804. On the premise of ensuring the quality of mutton sausage, the use of cranberry powder and vitamin E can reduce the use and residue of nitrite.

Key words: lamb sausage; cranberry powder; vitamin E; nitrite; response surface optimization(RSM)

引文格式:

郭骏飞,张雯雯,杨丽荣,等.蔓越莓粉与维生素E对羊肉香肠品质的影响[J].食品研究与开发,2020,41(24):148-155

GUO Junfei, ZHANG Wenwen, YANG Lirong, et al. Effects of Cranberry Powder and Vitamin E on Quality of Mutton Sausages[J]. Food Research and Development, 2020, 41(24): 148-155

香肠制品是指以畜禽肉为主要原料,通过腌制、绞切、斩拌、乳化等单元操作制成肉馅(肉丁、肉糜或其混合物),填充入天然或人造肠衣中,根据产品的品质特点进行烘烤、蒸煮、烟熏、发酵、干燥等加工处理制成的一类肉制品^[1]。目前,香肠的主要原料有猪肉、牛肉和羊肉。其中,羊肉具有较高的营养价值,其肉质细腻易消化,脂肪含量低,必需氨基酸种类齐全且含量高,富含多种矿物质,胆固醇含量约为29 mg/100 g,远低于猪、牛肉中的胆固醇含量^[2]。另外羊肉香肠因其色泽美观,便于贮藏和携带,成品清香味美,具有特殊风味,久食不腻等优点,逐渐成为香肠中的又一主流产品^[3]。目前,大多数工业生产的香肠都以亚硝酸盐作为生产的添加剂,亚硝酸盐具有发色、增香、抑菌、抗氧化的作用。但是,超过国家限定使用标准150 mg/kg的亚硝酸钠会产生一定的危害。当人体一次性摄入量达0.2 g~0.5 g时,就可引起中毒,3 g以上可致成人死亡^[4]。另外,亚硝酸盐与蛋白质分解产物中的胺类物质在特定条件下生成亚硝胺,亚硝胺在人体中长期积累引起慢性中毒,从而对人体产生致癌、致畸、致突变等危害^[5]。

作者简介:郭骏飞(1990—),男(汉),硕士,研究方向:畜产品加工。

*通信作者:段艳(1980—),女(汉),副教授,博士研究生,研究方向:畜产品加工安全。

所以,如何控制亚硝酸盐的危害成为研究热点。

香肠食用品质的重要指标包括色泽、气味、滋味等,其中,色泽可以直观反映产品的优劣,而脂肪氧化程度影响产品气味与滋味。目前,降低亚硝酸盐残留量的主要途径就是通过添加果蔬粉和抗氧化剂部分替换肉制品中的亚硝酸盐。蔬菜中硝酸盐含量较高,如:胡萝卜、芹菜、菠菜、红甜菜和欧芹粉末或提取物等,可在肉制品中间接转化为亚硝酸盐^[6-11];还有研究发现在肉制品中添加赖氨酸(Lys)、L-精氨酸(Arg)和其他外源性氨基酸可以改善肉制品风味^[12],抑制脂肪氧化^[13],提高肉制品的保水性^[14-15],增强肉制品的组织结构^[16],改善产品色泽^[17-18];大多数水果中富含多种生物活性化合物,可以减缓脂肪氧化程度^[19]、抑制致病菌生长^[20],并且可以降低肉制品的pH值,使亚硝酸盐分解,减少亚硝酸盐残留量,分解产物与肉制品中的肌红蛋白结合,改善产品色泽,还可阻断亚硝胺类物质的合成^[21-22]。

蔓越莓富含蔓越莓花色苷等活性成分^[23]、营养价值高^[24-25],具有抗氧化能力及基于抗氧化活性的其他生理功能^[26]。维生素E可以延缓脂质氧化程度^[27-29]、阻断亚硝胺物质合成^[30-31]、改善肉制品色泽^[32-34]、提高肉中多不饱和脂肪酸含量^[35-36],从而改善肉制品的气味、风味、质地和营养价值。

本试验拟通过蔓越莓粉、维生素E、亚硝酸钠复合使用,在保证羊肉香肠品质的同时减少亚硝酸钠使用量,为低硝、无硝肉制品的研究提供试验依据。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

生鲜羊后腿肉、猪里脊肉、猪肥膘:农贸市场;食盐、白砂糖、无色酱油、白酒(牛栏山)、味精、花椒粉、白胡椒粉、姜粉:市售;亚硝酸钠(食品级):四川金山制药有限公司;维生素E粉(食品级):石家庄宁诺商贸有限公司;蔓越莓粉(食品级):西安瑞林生物科技有限公司。

三氯乙酸(分析纯):天津市光复精细化工有限公司;2-巯代巴比妥酸、三氯甲烷、盐酸奈乙二胺、无水对氨基苯磺酸(分析纯):国药集团化学试剂有限公司;乙二胺四乙酸、亚铁氰化钾(分析纯):天津市风船化学试剂科技有限公司;乙酸锌(分析纯):天津市红岩化学试剂厂;四硼酸钠、亚硝酸钠(分析纯):天津市化学试剂三厂。

1.2 仪器

DHG-9075A型恒温鼓风干燥箱、BPS-50CH型电热恒温水浴箱:上海一恒科技有限公司;TG16-WS台

式离心机:湖南湘仪离心机仪器有限公司;TJ-12型绞肉机、TCP2全自动色差计:南京依贝仪器设备有限公司;DHZ-D型恒温鼓风振荡器:上海世平实验设备有限公司;FC型酶标仪:美国赛默飞世尔科技有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 羊肉香肠配方

本试验的羊肉香肠原料与调料配比:羊瘦肉60%、猪瘦肉20%、猪脂肪20%、食盐2.3%、白砂糖2%、无色酱油2%、白酒1%、味精0.25%、花椒粉0.2%、白胡椒粉0.2%、姜粉0.2%、冰水5%。

1.3.2 工艺流程

原料肉解冻→修整→腌制(0℃~4℃、24h)→绞制→斩拌(4℃~8℃)→灌制→熟制[55℃干燥30min、(80±1)℃煮30min]→冷却→贮藏(4℃、真空包装)

1.4 单因素试验

1.4.1 蔓越莓粉添加量对综合评分的影响

亚硝酸钠(以瘦肉计,下同)添加量为60mg/kg,维生素E添加量为400mg/kg,蔓越莓粉添加量分别为1、2、3、4、5、6g/kg,测量羊肉香肠的红度值、硫代巴比妥酸值(thiobarbituric acid value, TBARS值)、亚硝酸盐残留量,通过隶属度函数得到综合评分,最终确定蔓越莓粉添加量对综合评分的影响。

1.4.2 维生素E添加量对综合评分的影响

亚硝酸钠添加量为60mg/kg,蔓越莓粉添加量为5g/kg,维生素E添加量分别为100、200、300、400、500、600mg/kg,测量羊肉香肠的红度值、TBARS值、亚硝酸盐残留量,通过隶属度函数得到综合评分,最终确定维生素E添加量对综合评分的影响。

1.4.3 亚硝酸钠添加量对综合评分的影响

蔓越莓粉添加量为5g/kg,维生素E添加量为200mg/kg,亚硝酸钠添加量分别为0、20、40、60、80、100mg/kg,测量羊肉香肠的红度值、TBARS值、亚硝酸盐残留量,通过隶属度函数得到综合评分,最终确定亚硝酸钠添加量对综合评分的影响。

1.5 羊肉香肠的综合评分

本试验采用多指标综合评分法^[37]选择品质优良的羊肉香肠,以羊肉香肠红度值、TBARS值、亚硝酸盐残留量为评价指标。红度值越高越好,在数据处理时引用综合指标“隶属度”,即指标隶属度=(指标值-指标最小值)/(指标最大值-指标最小值);TBARS值与亚硝酸盐残留量都是越低越好,在数据处理时引用综合指标“隶属度”,即指标隶属度=(指标最大值-指标值)/(指标最大值-指标最小值);根据各评价指标在羊肉香肠的重要性,红度值占40%、TBARS值与亚硝酸盐残

重量各占 30%的权重。综合分数=红度值隶属度 \times 40%+TBARS 值隶属度 \times 30%+亚硝酸盐残留量隶属度 \times 30%,满分为 1.00,计算各样品的综合评分值。

1.6 响应面优化试验

将单因素试验选出的最佳蔓越莓粉、维生素 E 及亚硝酸钠添加量进行三因素三水平的响应面试验,测定各试验组的红度值、TBARS 值以及亚硝酸盐残留量,通过隶属度函数得出综合评分,以综合评分作为响应值,确定出最佳配比。响应面试验因素水平见表 1。

表 1 响应面试验因素水平

Table 1 Response surface experimental factor level

水平	因素		
	A 蔓越莓粉添加量/(g/kg)	B 维生素 E 添加量/(mg/kg)	C 亚硝酸钠添加量/(mg/kg)
-1	4	100	0
0	5	200	20
1	6	300	40

1.7 指标测定

1.7.1 香肠色泽测定

羊肉香肠冷却至室温(20℃),取香肠不同位置切

碎后,用 TCP2 全自动色差计对各样品进行测定,重复测定 3 次取平均值,其结果用 a^* (红度值)表示。

1.7.2 硫代巴比妥酸值(TBARS 值)的测定

参照段艳^[38]测量硫代巴比妥酸值的方法,重复测定 3 次取平均值,其结果用 TBARS 值表示。

1.7.3 亚硝酸盐残留量的测定

按照 GB 5009.33-2016《食品安全国家标准 食品中亚硝酸盐与硝酸盐的测定》中分光光度法进行测定,重复测定 3 次取平均值,其结果用亚硝酸盐残留量表示。

1.8 数据处理

使用 Design-expert 10.0.7 进行响应面试验设计及数据统计分析,采用 Excel 进行数据处理并作图。

2 结果与分析

2.1 单因素试验结果

2.1.1 蔓越莓粉添加量对综合评分的影响

不同蔓越莓粉添加量对羊肉香肠综合评分的影响见表 2。

由表 2 可知,蔓越莓粉中含有天然红色素,蔓越莓粉可以明显改善羊肉香肠的红度值,红度值随着蔓越

表 2 蔓越莓粉添加量对综合评分的影响

Table 2 Effect of cranberry powder addition on comprehensive score

蔓越莓粉添加量/(g/kg)	红度值	红度值隶属度	亚硝酸盐残留量/(mg/kg)	亚硝酸盐残留量隶属度	TBARS 值/(mg/100 g)	TBARS 值隶属度	综合评分
1	18.20 \pm 0.21 ^c	0.00	15.17 \pm 0.07 ^b	1.00	0.092 \pm 0.002 ^c	1.00	0.60
2	19.25 \pm 0.64 ^c	0.14	15.37 \pm 0.58 ^b	0.83	0.095 \pm 0.008 ^{bc}	0.84	0.56
3	22.09 \pm 0.74 ^b	0.53	16.27 \pm 0.81 ^a	0.00	0.099 \pm 0.000 ^{abc}	0.64	0.40
4	22.14 \pm 1.44 ^b	0.54	15.51 \pm 0.26 ^{ab}	0.69	0.107 \pm 0.000 ^{ab}	0.24	0.49
5	23.16 \pm 0.20 ^b	0.68	15.20 \pm 0.22 ^b	0.97	0.100 \pm 0.003 ^{abc}	0.60	0.74
6	25.52 \pm 0.25 ^a	1.00	15.26 \pm 0.02 ^b	0.92	0.112 \pm 0.015 ^a	0.00	0.68

注:同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

莓粉添加量增加而增加。当蔓越莓粉添加量为 6 g/kg 时,香肠的红度值显著高于其他组($P<0.05$),但是此时的香肠色泽会影响产品感官特性,这一结果同 Sebranek 等^[39]的报道一致。亚硝酸盐残留量先升高后降低,说明蔓越莓粉在一定的范围内,可以减少羊肉香肠中亚硝酸盐残留量,使香肠有更高的安全性,这可能是由于蔓越莓粉中含有大量的酸性物质,从而使得亚硝酸盐分解。TBARS 值同样呈现先升高后降低的趋势,当蔓越莓粉添加量为 1 g/kg 时,显著低于其他组($P<0.05$),说明蔓越莓粉可以减缓脂肪氧化程度。

综合评分呈现先升高后降低的趋势,当蔓越莓粉添加量为 5 g/kg 时,此时的红度值、TBARS 值、亚硝酸盐残留量隶属度相对较高,对应的红度值高、脂肪氧

化程度低、亚硝酸盐残留量低,故综合评分达到最大值,最终选择 5 g/kg 的蔓越莓粉为最优添加量。

2.1.2 维生素 E 添加量对综合评分的影响

不同维生素 E 添加量对综合评分的影响见表 3。

由表 3 可知,维生素 E 可以改善肉的红度值,当添加量为 100 mg/kg 时,羊肉香肠的红度值显著低于其他组($P<0.05$),当添加量超过 200 mg/kg 时红度值开始降低,但是组间无显著差异($P>0.05$),这与周存六等^[40]的研究结果一致。亚硝酸盐残留量在维生素 E 添加量为 200 mg/kg 时,显著低于其他组($P<0.05$)。TBARS 值随着维生素 E 添加量的增加呈现先降低后升高趋势,说明维生素 E 可以减缓脂肪氧化程度^[29],当维生素 E 添加量为 400 mg/kg 时,此时的 TBARS 值显著低于其

表3 维生素E添加量对综合评分的影响

Table 3 Effect of vitamin E addition on comprehensive score

维生素E添加量/ (mg/kg)	红度值	红度值隶属度	亚硝酸盐残留量/ (mg/kg)	亚硝酸盐残留量 隶属度	TBARS值/ (mg/100g)	TBARS值 隶属度	综合评分
100	22.23±0.80 ^b	0.00	13.84±0.10 ^a	0.00	0.158±0.001 ^{ab}	0.21	0.06
200	24.49±0.04 ^a	1.00	12.29±0.12 ^d	1.00	0.154±0.003 ^{abc}	0.62	0.89
300	24.38±0.58 ^a	0.95	13.83±0.05 ^a	0.00	0.166±0.004 ^a	0.00	0.38
400	24.07±0.69 ^a	0.81	13.59±0.21 ^{ab}	0.16	0.128±0.004 ^d	1.00	0.67
500	23.94±0.09 ^a	0.76	13.44±0.16 ^{bc}	0.26	0.141±0.000 ^{cd}	0.67	0.58
600	24.20±0.75 ^a	0.87	13.27±0.13 ^c	0.37	0.147±0.020 ^{bc}	0.50	0.61

注:同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

他组($P<0.05$)。

综合评分呈现先升高后降低的趋势,当维生素E添加量为200 mg/kg时,此时的红度值、TBARS值、亚硝酸盐残留量隶属度相对较高,对应的红度值高、脂

肪氧化程度低、亚硝酸盐残留量低,故综合评分达到最大值,最终选择200 mg/kg的维生素E为最优添加量。

2.1.3 亚硝酸钠添加量对综合评分的影响

不同亚硝酸钠添加量对综合评分的影响见表4。

表4 亚硝酸钠添加量对综合评分的影响

Table 4 Effect of sodium nitrite addition on comprehensive score

亚硝酸钠添加量/ (mg/kg)	红度值	红度值隶属度	亚硝酸盐残留量/ (mg/kg)	亚硝酸盐残留量 隶属度	TBARS值/ (mg/100g)	TBARS值 隶属度	综合评分
0	14.86±0.30 ^d	0.00	3.69±0.06 ^f	1.00	0.294±0.007 ^a	0.00	0.30
20	23.56±0.23 ^b	0.91	6.50±0.07 ^e	0.85	0.164±0.004 ^b	0.70	0.83
40	23.01±0.36 ^b	0.85	10.16±0.15 ^d	0.66	0.149±0.003 ^c	0.78	0.77
60	22.07±0.56 ^c	0.75	13.36±0.06 ^c	0.49	0.130±0.004 ^d	0.89	0.71
80	23.10±0.06 ^b	0.86	16.39±0.18 ^b	0.33	0.109±0.003 ^e	1.00	0.74
100	24.41±0.28 ^a	1.00	22.53±0.59 ^a	0.00	0.118±0.014 ^{bc}	0.95	0.68

注:同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

由表4可知,亚硝酸钠添加量小于20 mg/kg时,不能起到发色作用,有研究表明^[39],亚硝酸钠添加量约在25 mg/kg~50 mg/kg时,才会起到发色作用,此时红度值显著低于其他组($P<0.05$)。亚硝酸盐残留量会随着亚硝酸钠添加量的增加而显著增加,TBARS值显著降低,当亚硝酸钠添加量为80 mg/kg或100 mg/kg时,TBARS值显著低于其他组($P<0.05$)。

综合评分呈现先升高后降低的趋势,当亚硝酸钠添加量为20 mg/kg时,此时的红度值、TBARS值、亚硝酸盐残留量隶属度相对较高,对应的红度值高、脂肪氧化程度低、亚硝酸盐残留量低,故综合评分达到最大值,最终选择20 mg/kg的亚硝酸钠为最优添加量。

2.2 响应面试验结果

由表2~表4可知,在不同蔓越莓粉添加量、维生素E添加量及亚硝酸钠添加量下,羊肉香肠的综合评分均呈先增高后降低趋势,故而在单因素试验的基础上,根据Box-Behnken设计原理,选取蔓越莓粉添加量(A)、维生素E添加量(B)、亚硝酸钠添加量(C)作为三因素,并以具有差异的综合评分(Y)作为响应值,试验方案及结果见表5。

表5 响应面试验设计与结果

Table 5 Experimental design and results for response surface analysis

试验号	A 蔓越莓粉 添加量	B 维生素E 添加量	C 亚硝酸钠 添加量	综合评分
1	-1	-1	0	0.64
2	1	-1	0	0.71
3	-1	1	0	0.67
4	1	1	0	0.73
5	-1	0	-1	0.32
6	1	0	-1	0.33
7	-1	0	1	0.59
8	1	0	1	0.67
9	0	-1	-1	0.38
10	0	1	-1	0.37
11	0	-1	1	0.66
12	0	1	1	0.63
13	0	0	0	0.77
14	0	0	0	0.81
15	0	0	0	0.77
16	0	0	0	0.78
17	0	0	0	0.73

运用 Design-Expert 10.0.7 软件对试验结果进行回归拟合,得到的回归方程如下: $Y=0.77+0.028A+1.687\times 10^{-3}B+0.14C-5.098\times 10^{-3}AB+0.019AC-4.494\times 10^{-3}BC-0.060A^2-0.024B^2-0.24C^2$ 。

为检验上述方程的有效性,运用 Design-Expert 10.0.7 软件对上述结果进行数据分析,可信度分析见表 6,方差分析结果见表 7。

表 6 模型的可信度分析

Table 6 Reliability analysis of models

响应值	结果	R ²	校正后 R ²	变异系数/%
综合评分	0.62±0.17	0.99	0.97	4.50

表 7 综合评分回归方程的方差分析

Table 7 Analysis of variance (ANOVA) of regression equations with comprehensive score

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
模型	0.44	9	0.049	62.15	<0.000 1**
A 蔓越莓粉添加量	6.249×10 ⁻³	1	6.249×10 ⁻³	8.00	0.025 4*
B 维生素 E 添加量	2.278×10 ⁻⁵	1	2.278×10 ⁻⁵	0.029	0.869 2
C 亚硝酸钠添加量	0.16	1	0.16	209.83	<0.000 1**
AB	1.040×10 ⁻⁴	1	1.040×10 ⁻⁴	0.13	0.726 0
AC	1.413×10 ⁻³	1	1.413×10 ⁻³	1.81	0.220 6
BC	8.077×10 ⁻⁵	1	8.077×10 ⁻⁵	0.10	0.757 1
A ²	0.015	1	0.015	19.68	0.003 0**
B ²	2.457×10 ⁻³	1	2.457×10 ⁻³	3.15	0.119 4
C ²	0.24	1	0.24	301.80	<0.000 1**
残差	5.466×10 ⁻³	7	7.809×10 ⁻⁴	0.81	0.548 9
失拟项	2.073×10 ⁻³	3	6.911×10 ⁻⁴		
纯误差	3.393×10 ⁻³	4	8.482×10 ⁻⁴		
总离差	0.44	16			

注:* 为影响显著, $P<0.05$;** 为影响极显著, $P<0.01$ 。

响应值的可信度分析的模型相关系数 R^2 为 0.99,响应值的模型相关系数接近于 1,说明 Y 模型相关度很好;变异系数为 4.50%,数值越小表明置信度越好,说明该数学模型对 Y 的置信度很高,该模型可以较好地反映试验的真实值^[4]。由表 7 可知,对于综合评分响应值,该模型的 F 值为 62.15, P 值小于 0.01,可以判断该模型是极显著的;同时响应值的模型失拟项 P 值大于 0.05,说明模型失拟项不显著。综上所述,该回归模型对响应值的拟合程度良好,试验误差小。

利用此模型可拟合出对响应值相应的响应面分析图,其三维图形是响应值对试验因素(单因素变量)所构成的三维空间曲面图,当因素交互作用时,三维曲面图可直观看出响应值的变化趋势。二维等高线图则进一步总结出各个变量间的交互作用并确定最优点。蔓越莓粉添加量与维生素 E 添加量交互作用对综合评分的影响见图 1,蔓越莓粉添加量与亚硝酸钠添加量交互作用对综合评分的影响见图 2,维生素 E 添加量与亚硝酸钠添加量交互作用对综合评分的影响见图 3。

图 1 中,随着蔓越莓粉添加量和维生素 E 添加量的增加综合评分呈现先增加后降低的趋势,且其二维等高线图偏圆形,判断两个因素之间的交互作用不显著;图 2 中,随着蔓越莓粉添加量和亚硝酸钠添加量的增加,综合评分呈现先增加后降低的趋势,等高线图偏椭圆形,说明两因素之间的交互作用不显著;图 3 中,随着维生素 E 添加量和亚硝酸钠添加量的增加,综合评分先增加后降低,其等高线图偏椭圆形,表明两个因素之间的交互作用不显著。结合表 7 可知,三因素对综合评分影响力为:亚硝酸钠添加量>蔓越莓粉添加量>维生素 E 添加量。

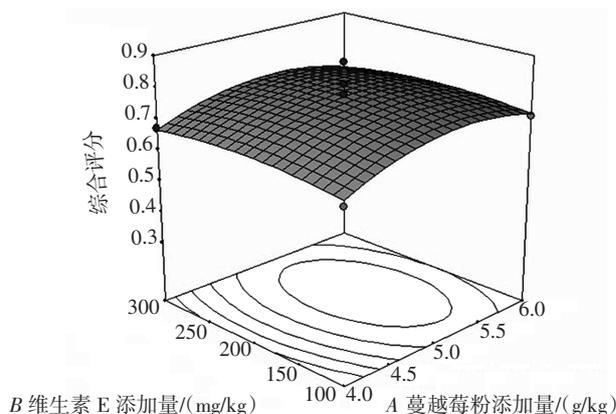
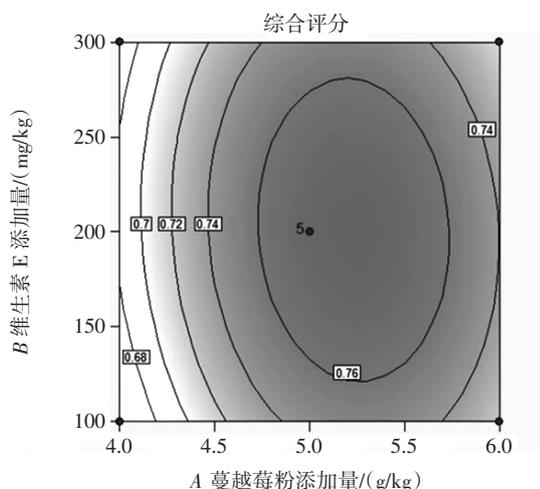


图 1 蔓越莓粉添加量与维生素 E 添加量交互作用对综合评分的影响

Fig.1 Effect of interaction between cranberry powder addition and vitamin E addition on comprehensive score