

低胆固醇发酵牛肉香肠工艺参数的优化

于长青^{1,2}, 张丽娜², 邓旭明^{1*}

(1. 吉林大学畜牧兽医学院, 长春 130062; 2. 黑龙江八一农垦大学食品学院, 大庆 163319)

摘要: 为了降低牛肉香肠中的胆固醇含量, 采用饱和 D-最优试验设计方法优化香肠的工艺参数, 以胆固醇降解率和感官评定为指标值, 通过回归分析建立目标函数的数学模型, 从而确定最优加工工艺参数为: 啤酒酵母菌、植物乳杆菌配比为 1:2, 接种量为 0.9%, 发酵温度为 28℃, 发酵时间为 24 h。在此条件下生产出的发酵牛肉香肠中胆固醇比原含量降低了 34.98%。

关键词: 胆固醇, 发酵, 食品加工, 工艺, 优化, 数学模型, D-最优设计

中图分类号: R155.5+5

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2008)-12-0254-05

于长青, 张丽娜, 邓旭明. 低胆固醇发酵牛肉香肠工艺参数的优化[J]. 农业工程学报, 2008, 24(12): 254—258.

Yu Changqing, Zhang Lina, Deng Xuming. Optimization of processing technology for fermented low cholesterol beef sausage[J].

Transactions of the CSAE, 2008, 24(12): 254—258.(in Chinese with English abstract)

0 引言

人们日常食用的各种肉制品中, 胆固醇含量都较高, 摄入过量胆固醇会严重影响着人类的健康。近年来, 国内外微生物学家发现微生物与胆固醇的降解有一定的关系, 大量的体内外研究也证实了某些乳酸菌具有降低血清胆固醇含量的功效^[1-4], 但把其应用到肉制品加工中研究胆固醇变化的比较少。本文应用黑龙江八一农垦大学食品学院畜产品研究室培育出的具有高效降解胆固醇的植物乳杆菌作为发酵剂制作发酵香肠, 从而降低香肠中的胆固醇含量。乳酸菌降低胆固醇的机理尚不明确, 目前有三种说法^[5,6], 一是同化作用降低食品中的胆固醇, 二是沉淀作用降低食品中的胆固醇, 三是其他一些理论降低食品中的胆固醇。

饱和 D-最优设计其特点是预测值精度较高, 对选择最佳生产工艺有较强的实用性。饱和 D-最优设计是回归方程中参数数目与试验处理组合数目相等的设计, 回归自由度与总自由度相等达到饱和。采用这种设计试验处理数少, 获得的信息量大, 误差小, 精确度高^[7-9]。

本文把饱和 D-最优试验设计方法应用到低胆固醇发酵牛肉香肠的生产中, 以胆固醇降解率和感官评定为综合指标值, 通过回归分析建立目标函数的数学模型, 来确定发酵牛肉香肠的最优加工工艺参数, 从而得到了低胆固醇的发酵香肠, 为实际生产提供技术依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

菌种: 植物乳杆菌 *Lactobacillus plantarum* (黑龙江八一农垦大学食品学院畜产品研究室提供); 啤酒酵母菌 *beer yeast* (哈尔滨微生物研究所提供)。

原料肉: 健康新鲜的牛肉(市购); 肥膘: 色泽新鲜的猪背脂(市购)。按照瘦肉质量与肥肉质量比为 8:2 进行配比。

其他香辛料均为食用级, 亚硝酸钠为分析纯。

1.2 主要仪器设备

ZB-20 型微型斩拌机(广东韶关市大金食品机械厂), MM12 型绞肉机(广东韶关市大金食品机械厂), 微型灌肠机(广东韶关市大金食品机械厂), DHP-9272 型电热恒温振荡培养箱(上海精一恒科技有限公司), BCN-136000 超净工作台(哈尔滨东联电子技术开发有限公司), YXQ-SG46-280A 手提式压力蒸气消毒器(上海生银医疗器械有限公司), DBXZ50 熏蒸炉(石家庄晓进机械制造有限公司), HHS21-4 型电热恒温水浴锅(北京长安科学仪器厂), pHs-2 型酸度计(上海雷磁仪器厂)。

1.3 基本配方

牛肉 4 kg, 猪背脂 1 kg, 淀粉 0.75 kg, 水 1.5 kg, 盐 150 g, NaNO₂ 750 mg, 白酒 50 g, 姜粉 50 g, 白糖 50 g, 味精 6.5 g, 白胡椒 6 g, 肉豆蔻 5 g, 蒜 50 g, 肠衣采用猪小肠^[10,11]。

1.4 工艺流程

淀粉、香辛料、水

↓

原料肉→清洗、整理、修割→绞肉→斩拌→接种→灌肠→恒温发酵→煮制→烘烤→成品^[12-14]

1.5 试验设计

试验设计: 本试验采用 4 因素饱和 D-最优试验设计,

收稿日期: 2008-02-01 修订日期: 2008-10-26

基金项目: 黑龙江省科技厅攻关项目(GB04B404-04); 大庆市科技局攻关项目(SGG2006-017)

作者简介: 于长青(1969—), 男, 黑龙江大庆人, 副教授, 博士研究生, 从事畜产品加工和功能性食品的研究与开发。大庆 黑龙江八一农垦大学食品学院, 163319。Email: byndycq@126.com

*通讯作者: 邓旭明(1964—), 男, 湖南邵阳人, 教授, 博士, 主要从事动物药理及毒理学研究。长春 吉林大学畜牧兽医学院, 130062。

Email: xum-ingdeng@yahoo.com.cn

以胆固醇降解率和感官评分为指标，通过回归分析建立目标函数的数学模型，确定最佳的工艺参数。依据前期研究工作的结论确定了 4 个因子的极限值，并按 4 因素饱和 D-最优设计因素水平编码表^[15]（表 1）进行试验安排。

表 1 试验因素编码表
Table 1 Factors and levels of experiment

编码值	X ₁ 啤酒酵母菌质量： 植物乳杆菌质量	X ₂ 接种量 /%	X ₃ 发酵温度 /℃	X ₄ 发酵时间 /h
-1	1：2	0.5	25	18
-0.65023	3：4	0.7	27	19
0.41140	3：2	1.2	32	22
1	2：1	1.5	35	24

注：接种量以肉总质量的百分比计算。

1.6 分析方法

胆固醇的测定：采用铁矾比色法，按 GB15206-1994 标准执行。

胆固醇的降解率=胆固醇降解量/胆固醇的含量×100%

感官评定方法：采用均衡非完全分块设计（BIB）。在 BIB 中，品评员只对样品当中的部分样品进行评价，每种样品被评价的次数相同。对灌肠表面的色泽和外表形态（10 分），肠衣和肉馅结合的紧密度（15 分），灌肠的内部结构（15 分），肉馅和肉丁的均匀性（15 分），气味（20 分），滋味（25 分）进行评价，满分 100 分。

2 结果与分析

发酵香肠加工工艺试验方案及试验结果如表 2。

表 2 发酵香肠加工工艺试验方案及结果
Table 2 Experimental scheme and results for processing technology of fermented sausage

试验号	X ₁ (啤酒酵母菌质量： 植物乳杆菌质量)	X ₂ (接种量)	X ₃ (发酵温度)	X ₄ (发酵时间)	Y ₁ (胆固醇降解率/%)	Y ₂ (感官评分)
1	-1	-1	-1	-1	33.94	78.2
2	1	-1	-1	-1	40.23	82.1
3	-1	1	-1	-1	39.21	82.4
4	-1	-1	1	-1	37.59	79.6
5	-1	-1	-1	1	34.69	80.4
6	0.41140	0.41140	-1	-1	40.10	83.3
7	0.41140	-1	0.41140	-1	39.09	82.6
8	0.41140	-1	-1	0.41140	38.51	81.4
9	-1	0.41140	0.41140	1	37.91	80.6
10	-1	0.41140	-1	0.41140	42.23	89.0
11	-1	-1	0.41140	0.41140	35.12	79.4
12	-0.65023	1	1	1	43.74	83.7
13	1	-0.65023	1	1	44.20	85.3
14	1	1	-0.65023	1	44.69	87.6
15	1	1	1	-0.65023	48.62	81.1

注：接种量以肉总质量的百分比计算。

2.1 胆固醇降解率回归数学模型的建立

根据试验结果（见表 2）和“饱和 D-最优设计”统计

分析方法进行编程，采用 DPSv3.01 软件试验优化设计部分处理，真实值回归方程如下。计算得出胆固醇降解率（Y₁）和各因素之间的回归数学模型为：

$$Y_1=2.8066-0.3309X_1-1.8889X_2-2.2832X_3-1.2310X_4+1.7407X_1^2+2.4785X_2^2+0.0983X_3^2+0.0941X_4^2-1.9607X_1X_2+0.1911X_1X_3-0.2014X_1X_4-0.1487X_2X_3+0.7242X_2X_4-0.0486X_3X_4 \quad (1)$$

2.1.1 回归关系的显著性检验

回归方程显著性检验：F 检验说明回归方程有效，与实际拟合较好。偏回归系数的显著性检验：对回归系数进行 F 检验，可知各个系数均达到 0.01 以上的显著水平，作用极显著，方差分析结果见表 3。

表 3 胆固醇降解率（Y₁）回归方程系数显著性检验

Table 3 Significance test for the coefficients of regressive equation for degradation rate of cholesterol（Y₁）

变异来源	平方和	自由度	方差	F 值	显著水平及临界值
X ₁	332.351	1	332.351	319.384	0.01(8.68)
X ₂	354.234	1	354.234	340.4133	0.01(8.68)
X ₃	505.94	1	505.94	486.2003	0.01(8.68)
X ₄	601.3122	1	601.3122	577.8514	0.01(8.68)
X ₁ X ₂	166.8438	1	166.8438	160.3342	0.01(8.68)
X ₁ X ₃	280.926	1	280.926	292.3316	0.01(8.68)
X ₁ X ₄	1633.672	1	1633.672	1569.933	0.01(8.68)
X ₂ X ₃	232.7072	1	232.7072	223.6279	0.01(8.68)
X ₂ X ₄	259.5135	1	259.5135	249.3884	0.01(8.68)
X ₃ X ₄	256.6943	1	256.6943	246.6792	0.01(8.68)
X ₁ ²	20184.8	1	20184.8	19397.27	0.01(8.68)
X ₂ ²	19984.16	1	19984.16	19204.46	0.01(8.68)
X ₃ ²	20532.33	1	20532.33	19731.25	0.01(8.68)
X ₄ ²	20075.9	1	20075.9	19292.62	0.01(8.68)
回归	85401.39	14	6100.0993	5862.0981	0.01(3.56)
误差	15.6088	15	1.0406		

注：括号中为 F 的临界值。

2.1.2 贡献率分析

利用贡献率判断因素主次，对二次方程按如下公式求得回归系数方差比 F(j)、F(jj)、F(ij)。

$$\begin{cases} \delta = 0 & F \leq 1 \\ \delta = 1 - \frac{1}{F} & F > 1 \end{cases} \quad (2)$$

$$\Delta_j = \delta_j + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \delta_{ij} + \delta_{jj} \quad (3)$$

式中 δ_j、δ_{jj} ——第 j 个因素一次项、二次项的贡献率；δ_{ij} ——交互项的贡献率；Δ_j ——第 j 个因素的总贡献率。

根据公式计算得出 Δ₁ = 3.4908，Δ₂ = 3.4896，Δ₃ = 3.4920，Δ₄ = 3.4939，Δ₄ > Δ₃ > Δ₁ > Δ₂，由此可知因素对指标的作用大小为：X₄ > X₃ > X₁ > X₂，即发酵时间 > 发酵温度 > 菌配比 > 接种量。

2.1.3 单因子效应分析

为单独考察菌种配比、接种量、发酵时间和发酵温度对胆固醇降解率的影响，我们采用降维分析的方法，

进行了单因子效应分析。将其它的因子固定在零水平,描述此因子变动时对改性效果的影响,4个因子的单因子效应方程如下:

$$Y_1=2.8066-0.3309X_1+1.7407X_1^2 \quad (4)$$

$$Y_1=2.8066-1.8889X_2+2.4785X_2^2 \quad (5)$$

$$Y_1=2.8066-2.2832X_3+0.0983X_3^2 \quad (6)$$

$$Y_1=2.8066-1.2310X_4+0.0941X_4^2 \quad (7)$$

图1为胆固醇降解率随每个因子变化(定义域内变化)的情况,即菌种配比、接种量、发酵时间和发酵温度的单因子效应。

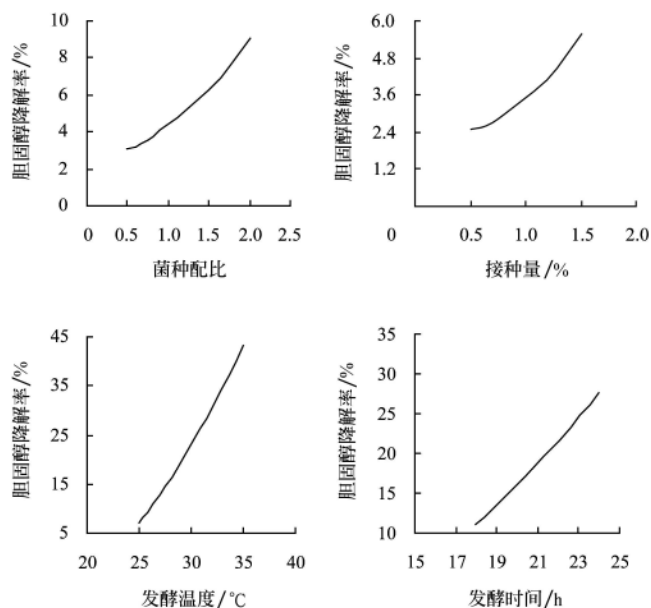


图1 胆固醇降解率单因子效应

Fig.1 Effects of single factors on degradation rate of cholesterol

由图1可知:试验条件下菌种配比、接种量、发酵时间和发酵温度对胆固醇的降解率的影响均呈曲线递增趋势,说明增加4个因素增加任何一个都会提高胆固醇的降解率。

2.1.4 以胆固醇降解率为指标最优工艺参数的确定

用DPSv3.01软件中二次多项式回归分析中极大值分析,可得最高指标时各个因素组合如下: $Y_1=49.55$, $X_1=2$, $X_2=1.5$, $X_3=35$, $X_4=21$,即菌种配比为2:1,接种量为1.5%,发酵温度为35℃,发酵时间为21h,胆固醇降解率极大值为49.55%。

2.2 感官评分回归数学模型的建立

2.2.1 回归方程的建立

根据试验结果(见表2)和“饱和D-最优设计”统计分析方法进行编程,计算得出感官评分(Y_2)和各因素之间的真实值回归数学模型为:

$$\begin{aligned} Y_2= & 19.2957-1.3517X_1+19.7375X_2+0.0242X_3+4.7149X_4 \\ & +0.7983X_1^2-10.2388X_2^2-0.0137X_3^2-0.0840X_4^2+ \\ & 3.1299X_1X_2+0.2378X_1X_3+0.2849X_1X_4- \\ & 0.6581X_2X_3-1.2754X_2X_4+0.0526X_3X_4 \end{aligned} \quad (8)$$

2.2.2 回归关系的显著性检验

回归方程显著性检验: F 检验说明回归方程有效,与

实际拟合较好。偏回归系数的显著性检验:对回归系数进行 F 检验,可知除了 X_1X_2 和 X_2X_3 达到了0.05的显著水平,其余系数均达到0.01以上的极显著水平,作用显著。方差分析结果见表4。

表4 感官评定回归方程(Y_2)系数显著性检验
Table 4 Significance test for the coefficients of regressive equation for sensory assessment (Y_2)

变异来源	平方和	自由度	方差	F 值	显著水平及临界值
X_1	2905.555	1	2905.555	24.48226	0.01(8.68)
X_2	2725.429	1	2725.429	22.96452	0.01(8.68)
X_3	3496.897	1	3496.897	29.46492	0.01(8.68)
X_4	2769.265	1	2769.265	23.33388	0.01(8.68)
X_1X_2	824.8964	1	824.8964	6.950593	0.05(4.54)
X_1X_3	1126.1121	1	1126.1121	9.4886426	0.01(8.68)
X_1X_4	5738.64	1	5738.64	48.35389	0.01(8.68)
X_2X_3	821.5409	1	821.5409	6.92232	0.05(4.54)
X_2X_4	1138.503	1	1138.503	9.593047	0.01(8.68)
X_3X_4	1078.581	1	1078.581	9.088143	0.01(8.68)
X_1^2	85768.73	1	85768.73	722.689	0.01(8.68)
X_2^2	84798.39	1	84798.39	714.5129	0.01(8.68)
X_3^2	86057.57	1	86057.57	725.1227	0.01(8.68)
X_4^2	85668.19	1	85668.19	721.8418	0.01(8.68)
回归	355790.4	14	25413.6	214.1355	0.01(3.56)
误差	1780.2	15	118.68		

注:括号中为 F 的临界值。

2.2.3 贡献率分析

根据公式(2)、(3)计算得出 $\Delta_1=3.3227$, $\Delta_2=3.2587$, $\Delta_3=3.2847$, $\Delta_4=3.3382$, $\Delta_4>\Delta_1>\Delta_3>\Delta_2$,由此可知因素对指标的作用大小为: $X_4>X_1>X_3>X_2$,即发酵时间>菌配比>发酵温度>接种量。

2.2.4 单因子效应分析

为单独考察菌种配比、接种量、发酵时间和发酵温度对感官评分的影响,我们采用降维分析的方法,进行了单因子效应分析。将其它的因子固定在零水平,描述此因子变动时对改性效果的影响,4个因子的单因子效应方程如下:

$$Y_2=19.2957-1.3517X_1+0.7983X_1^2 \quad (9)$$

$$Y_2=19.2957+19.7375X_2-10.2388X_2^2 \quad (10)$$

$$Y_2=19.2957+0.0242X_3-0.0137X_3^2 \quad (11)$$

$$Y_2=19.2957+4.7149X_4-0.0840X_4^2 \quad (12)$$

图2为感官评分随每个因子变化(定义域内变化)的情况,即菌种配比、接种量、发酵时间和发酵温度的单因子效应。

由图2可以看出,试验条件下菌种配比与感官评分呈曲线关系,且在区间内先增大随后减小再增加;接种量与感官评分呈曲线关系,且在区间内先增加后减小,出现凸点,是由于接种量过多的话,香肠出现明显的酸味;发酵温度感官评分呈直线关系,且在区间内逐渐减小;发酵时间与感官评分在区间内也呈线性递增关系,说明在试验范围内增加发酵时间会提高香肠的口感,因为时间长可以使菌种更好地发酵,产生风味物质,从而

提高口感。

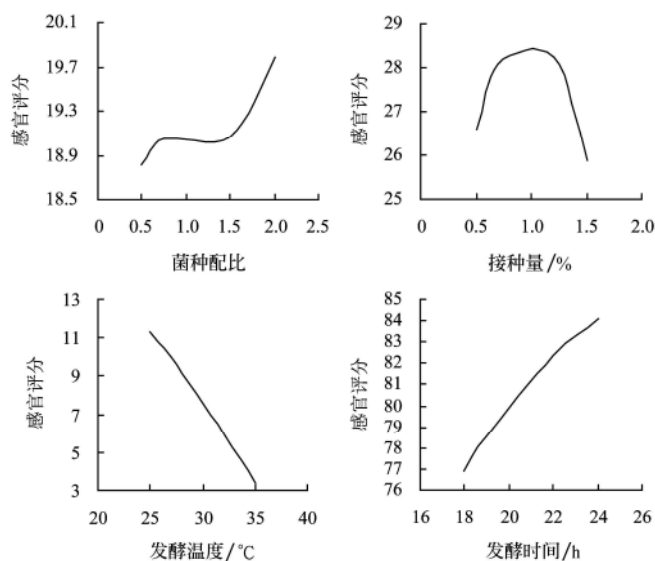


图 2 感官评定单因子效应

Fig.2 Effects of single factors on sensory assessment

2.2.5 以感官评定为指标最优工艺参数的确定

用 DPSv3.01 软件中二次多项式回归分析中极大值分析, 可得最高指标时各个因素组合如下: $Y_2=92.25$, $X_1=0.5$, $X_2=1.5$, $X_3=25$, $X_4=24$, 即菌种配比为 1:2, 接种量为 1.5%, 发酵温度为 25℃, 发酵时间为 24 h, 感官评分的极大值为 92.25。

2.3 两个指标综合的最优工艺参数的确定

由于两个指标单独分析出来的最优条件不一致, 所以要进一步对真实值回归方程进行统计分析。在实际应用中, 需要 Y_1 、 Y_2 于都趋向于最大, 又由于 Y_1 、 Y_2 正相关 (经过计算得出), 所以构建胆固醇降解率和感官评定的综合值 (Y) 一个新的函数:

$Y=0.5 Y_1+0.5 Y_2$ (考虑到 Y_1 、 Y_2 的同等重要性, 取权重系数各为 0.5) (13)

$$Y=11.0512-1.00675X_1+10.8133X_2-2.3295X_3+6.9730X_4+1.2696X_1^2-6.3587X_2^2+0.0423X_3^2-0.1391X_4^2+0.5846X_1X_2+0.2145X_1X_3+0.04175X_1X_4-0.4035X_2X_3-0.2756X_2X_4+0.0020X_3X_4 \quad (14)$$

方程局部最优点即是最佳的试验水平, 利用求偏导数的方法求解最优水平。对回归方程求一阶偏导数, 并当到达局部最优点时, 导数为零。将回归方程分别对 X_1 、 X_2 、 X_3 和 X_4 求偏导: 解得 $X_1=0.4$; $X_2=0.9$; $X_3=28$; $X_4=25$ 。

由于 X_1 、 X_4 的值超出了范围值, 故取最小或最大水平, 各因素的最佳水平: 菌种配比为 1:2, 接种量为 0.9%, 发酵温度为 28℃, 发酵时间为 24 h。由此得到 Y_1 的最大值为 37.06, Y_2 的最大值为 82.01。

2.4 最优工艺参数的生产检验

为了检验发酵香肠生产工艺优化的可靠性, 按饱和 D-最优试验设计方法优化的香肠工艺参数进行生产, 即菌种配比为 1:2, 接种量为 0.9%, 发酵温度为 28℃, 发酵时间为 24 h, 重复试验 3 次, 所得发酵香肠胆固醇的降解率平均值为 34.98%, 与理论预测值 37.06% 相比相对

误差在 2% 左右, 而感官评分的平均值为 82.00, 与理论预测值 82.01 相比误差仅在 0.01。

3 结 论

1) 采用饱和 D-最优试验设计方法, 以胆固醇降解率和感官评定为指标值, 通过回归分析建立目标函数的数学模型。理想的情况下, 当胆固醇降解率和感官评定的综合值取最大时, 胆固醇降解率和感官评分分别都有最大值, 但是实际情况不可能达到这种条件, 通过对二次多项式的计算, 实际上取的是胆固醇降解率和感官评分的折中值, 所以胆固醇降解率和感官评定的综合值有一定的宽松度。

2) 对回归数学模型求极大值得出发酵牛肉香肠的最优生产工艺参数为: 菌种配比为 1:2, 接种量为 0.9%, 发酵温度为 28℃, 发酵时间为 24 h。

3) 用最优生产参数进行发酵牛肉香肠的生产, 其胆固醇的降解率为 34.98%, 感官评定得分为 82.00。

[参 考 文 献]

- [1] Huang Chia-cherng, Lin Chin-wen. Change in quality of Chinese-style sausage inoculated with lactic acid bacteria during storage 3℃ and 25℃ [J]. J of Food Protection, 1995, 58(11): 1227—1233.
- [2] Schrezenmeir J, de Vrese M. Probiotics, prebiotics and synbiotics—approaching a definition [J]. Am J Clin Nutr, 2001, 73(2 suppl): 361s—364s.
- [3] Gilliland S E, Nelson C R, Maxwell C. Assimilation of cholesterol by *Lactobacillus acidophilus* [J]. Appl Environ Micro, 1985, 49(2): 377—381.
- [4] Klaver F A M, van der Meer R. The assumed assimilation of cholesterol by lactobacilli and *Bifidobacterium bifidum* is due to their bile salt-deconjugating activity [J]. Appl Environ Micro, 1993, 59(4): 1120—1124.
- [5] Dambekodi P C, Gilliland S E. Incorporation of cholesterol into the cellular membrane of *Bifidobacterium longum* [J]. J Dairy Sci, 1998, 81(7): 1818—1824.
- [6] Tannock G W, Tangerman A, Schaik A V, et al. Deconjugation of bile acids by lactobacilli in the mouse small bowel [J]. Appl Environ Microbiol, 1994, 60(9): 3419—3420.
- [7] 叶盛英, 丁德坤, 宋贤良, 等. 不同参数超临界 CO₂ 处理对乳酸菌活性的影响 [J]. 农业工程学报, 2007, 23(2): 218—222.
- [8] 罗 欣, 黄 明, 朱 燕. 电刺激技术在牛肉快速成熟中的应用研究 [J]. 农业工程学报, 2001, 17(6): 127—131.
- [9] 黄春振, 陈有容. 嗜酸乳杆菌生理特性的研究 [J]. 食品研究与开发, 2004, 25(2): 37—41.
- [10] 黄 娟. 羊肉发酵香肠的工艺学研究 [D]. 石家庄: 河北农业大学, 2004.
- [11] 王永霞. 肉品发酵剂的菌株筛选及在发酵香肠中的应用 [D]. 北京: 中国农业大学, 2004.
- [12] 德力格尔桑, 乌兰她娜, 玛丽娜. 蒙古绵羊肌肉中共轭亚油酸加工稳定性研究 [J]. 农业工程学报, 2006, 22(9): 219—225.
- [13] 刘丽莉, 杨协立, 张仲欣. 发酵烤肠发酵工艺条件的研究 [J]. 食品科学, 2005, 26(11): 67—70.

- [14] 刘丽莉, 杨协立. 发酵烤肠发酵条件的研究[J]. 肉类工业, 2005, (5): 20—22.
- [15] 董 英, 陈 立, 付西光. 饱和 D-最优设计在青椒干燥试验中的应用[J]. 农业机械学报, 2002, 33(5): 70—72.

Optimization of processing technology for fermented low cholesterol beef sausage

Yu Changqing^{1,2}, Zhang Lina², Deng Xuming^{1*}

(1. College of Animal Science and Veterinary Medicine, Jilin University, Changchun 130062, China;

2. College of Food Science and Technology, Heilongjiang August First Land Reclamation University, Daqing 163319, China)

Abstract: In order to reduce the cholesterol in fermented beef sausage, a saturated D-optimal design method was introduced in optimization of processing technology. The degradation rate of cholesterol and sensory score were taken as targets, the mathematical models of objective functions were built by regressive analysis. The optimum technological parameters were the ratio of *beer Saccharomycete* to *Lactobacillus plantarum* 1 : 2, the quantity of inoculation 0.9%, the fermentation temperature 28℃, and the fermentation time 24 h. Under the conditions mentioned above, the cholesterol in fermented beef sausage reduced by 34.98%.

Key words: cholesterol, fermentation, food processing, technology, optimization, mathematical models, saturated D-optimal design method