

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2016.07.039

Curdlan 协同 Alcalase 嫩化生鲜调理牛肉工艺优化

Optimization on processing of curdlan and alcalase to chilled prepared beef

龙 门 门佳丽 詹 歌 杜庆飞 周 頔 蔡华珍

LONG Men MEN Jia-li ZHAN Ge DU Qing-fei ZHOU Di CAI Hua-zhen

(滁州学院生物与食品工程学院, 安徽 滁州 239000)

(School of Bio and Food Engineering, Chuzhou University, Chuzhou, Anhui 239000, China)

摘要:以新鲜牛肉为原料,分析不同浓度的 Curdlan 及 Alcalase 对生鲜调理牛肉剪切力、蒸煮损失及感官品质的影响,并研究该体系下肌浆蛋白质及肌原纤维蛋白质的分解情况,优化生鲜调理牛肉嫩化加工工艺。结果表明:体系中 Curdlan 对生鲜调理牛肉剪切力、蒸煮损失及感官品质均有显著的影响($P<0.05$),但是对牛肉中蛋白质无明显的分解作用;Alcalase 对肌原纤维蛋白质及肌浆蛋白质有明显的分解作用。另外,不同的 Curdlan 及 Alcalase 添加量对生鲜调理牛肉的剪切力、蒸煮损失均有显著的影响($P<0.05$);并且 Curdlan、Alcalase 对生鲜调理牛肉感官品质有显著的促进作用;通过响应曲面二次回归法优化生鲜调理牛肉工艺,得到工艺条件为 Curdlan 添加量 5.43 mg/g,Alcalase 添加量 4.29 U/g,腌制时间 73.4 h,以该工艺进行验证实验后得到产品剪切力为 (0.960 ± 0.006) kg,蒸煮损失为 $(19.96 \pm 0.36)\%$,感官评分为 92.81 ± 0.75 ,与理论值相比,相对误差小于 5%,该工艺准确可靠,可以用于生鲜调理牛肉的嫩化加工处理。

关键词:牛肉;可得然胶;碱性蛋白酶;生鲜;嫩化;剪切力;蒸煮损失

Abstract: Fresh beef was used to study the effects of Curdlan and alcalase on shear force, cooking loss and sensory quality of chilled prepared beef, then the process was optimized. The result showed that, compared the control, Curdlan could has significant effect on the shear force, cooking loss and sensory quality of chilled prepared beef ($P<0.05$), but no significant on protein and alcalase had a significant hydrolysis of myofibrillar protein. Different level of Curdlan and alcalase had a significant ($P<0.05$) impact on the shear force, cooking loss of chilled prepared beef and could improve the sensory quality

significantly ($P<0.05$). At last, the best tender process was Curdlan 5.43 mg/g, Alcalase 4.29 U/g and curing time 73.4 h from response surface results by quadratic regression and through the result of verification test, and the shear force, cooking loss, sensory evaluation was (0.96 ± 0.006) kg, $(19.96 \pm 0.36)\%$, 92.81 ± 0.75 , respectively. The relative error is less than 5%, which compared with the theoretical value. Then, the processes were accurate and apply to chilled prepared beef.

Keywords: beef; Curdlan; Alcalase; fresh food; tenderization; proteolysis; optimization

目前中国的牛肉销售仍以冷冻储藏销售和市场开放式的热鲜肉销售为主^[1]。调理肉制品是以生鲜肉为主要原料,并加入添加剂、配料及香辛料等,经简单加工后,以包装或散装形式贮存、运输、销售,主要特点是可直接食用或经简单加工、处理就可食用^[2]。研究^[3-4]表明,经过诸如香辛料、Nisin、大蒜素等腌制后,可以显著提高牛肉的保鲜期,并对牛肉颜色有显著的保护作用。

可得然胶(Curdlan)又称为凝胶多糖、卡德兰,是由葡萄糖通过 β -1,3-D-葡萄糖苷键形成的多糖类线性大分子,因其来源广泛、使用方便等特性于 2006 年被卫生部批准为食品添加剂新品种^[5]。研究^[6]表明,可得然胶可以在 pH 为 3.0~9.5 的水溶液中形成可逆的凝胶,通过其呈胶性能可以实现对面粉、肉类、肉糜类的改性^[7-8]。碱性蛋白酶(Alcalase)是一种专一性较弱的内切酶,其作用位点有多种:Ala、Leu、Val、Tyr、Phe、Trp,可用于肉类蛋白的深度酶解^[9-10],并已在干腌肉制品中得到了广泛的应用^[11-13]。虽然 Curdlan 及 Alcalase 在食品领域中已得到广泛的应用,但是应用于牛肉加工以提高牛肉品质的研究还未见报道。

本研究拟通过不同浓度的 Curdlan 及 Alcalase 嫩化生鲜调理牛肉,并通过其蛋白质分解特性及质构特性优化加工工艺,以期为生鲜牛肉的发展提供理论依据及技术支持。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

牛肉:根据 GB/T 17238—2008 从安徽翰森荷金来屠宰

基金项目:滁州学院江淮分水岭可持续发展协同创新中心规划项目(编号:2014GH44);安徽省教育厅自然科学重大项目(编号:KJ2016SD43);安徽省教育厅食品加工与品质控制教学团队项目(编号:2015jxtd039)

作者简介:龙门,女,滁州学院讲师,博士。
通讯作者:詹歌(1985—),男,滁州学院讲师,博士。
E-mail:zhangezxy@163.com

收稿日期:2015—11—20

场采样,随机选取 9 条常规屠宰分割的牛背最长肌,冷却排酸 24 h 后 0~4 ℃冷藏备用;

食盐、料酒、香辛料等;滁州市售;
Alcalase2.4 L:酶活力>200×10⁴ U/g,丹麦诺维信公司;
蛋白质分子量标准:11~250 kDa,美国 Promega 公司;
消化片(5.5 g 硫酸钾和 0.5 g 无水硫酸铜):丹麦 Foss 分析仪器公司;
可得然胶:上海乐香生物科技有限公司。

1.2 仪器与设备

速冷冻离心机:Allegra 64R 型,高美国 Beckman Coulter 公司;
自动凯氏定氮仪:Kjeltec™ 2300 型,丹麦 Foss 分析仪器公司;
消化炉:KDN-04 型,丹麦 Foss 分析仪器公司;
小型电泳垂直系统:165-8000 型,美国 Bio-Rad 公司;
智能恒温水浴锅:ZKSY-600 型,南京科尔仪器设备有限公司;
电子分析天平:AUY120 型,日本 Shimadzu 公司;
紫外—可见分光光度计:UV-2450 型,日本岛津公司。

1.3 方法

1.3.1 工艺流程

T₁:原料肉→前处理→Alcalase 与 Curdlan 及香辛料等腌制→4 ℃储藏→成品包装处理
T₂:原料肉→前处理→Alcalase 及香辛料等腌制→4 ℃储藏→成品包装处理
T₃:原料肉→前处理→Curdlan 及香辛料等腌制→4 ℃储藏→成品包装处理
T₄:原料肉→前处理→香辛料等腌制→4 ℃储藏→成品包装处理

前处理:将牛肉清洗后沥干水分,按照长宽厚切成 10 cm×3 cm×1 cm 的长方体块备用。

Alcalase 腌制:根据试验设计分别注射质量分数为 0.002% Alcalase 酶溶液,通过不同体积注射,使肉块中酶活力单位至试验要求,注射完毕后按摩鸡肉促进酶液均匀扩散^[14]。

Curdlan 腌制:将 Curdlan 配制成质量分数为 10%的可逆凝胶,在 50 ℃水浴条件下,初步搅拌 3 min 后停止,继续加热 7 min。取出后冰水冷却,置于 4 ℃冷藏备用^[12]。

香辛料添加质量分数:八角粉 0.02%、花椒粉 0.001%、小茴香粉 0.01%、白芷 0.002%、丁香 0.002%、甘草 0.01%。

1.3.2 Curdlan 协同 Alcalase 对调理牛肉的影响

(1) Curdlan 协同 Alcalase 对调理牛肉品质的影响:
Curdlan 与 Alcalase 按照质量比为 4.0 mg/g、3 U/g,分别按照 T₁、T₂、T₃、T₄组嫩化生鲜调理牛肉,并分析其在 4 ℃储藏 72 h 后的剪切力、蒸煮损失及感官品质。

(2) Curdlan 协同 Alcalase 对调理牛肉蛋白质水解的影响:分别将 Curdlan 与 Alcalase 按照表 1 添加至各设计处理组中,4 ℃储藏 48 h,通过 SDS-PAGE 电泳分析其蛋白质变化结果,其中未处理作为对照组。

表 1 不同处理组设计

Table 1 Design of different treatment groups

处理组	Curdlan 添加量/Alcalase 添加量/	
	(mg·g ⁻¹)	(U·g ⁻¹)
T ₁	4	3
T ₂	0	3
T ₃	4	0
T ₄	0	0

1.3.3 生鲜调理牛肉嫩化工艺优化

(1) 腌制时间对嫩化效果的影响:固定 Alcalase 添加量为 4 U/g,Curdlan 添加量为 5 mg/g,并分析原料肉在 4 ℃储藏 24,48,72,96,120 h 后的剪切力、蒸煮损失及感官品质。其中,对照组为无 Alcalase 及 Curdlan 添加。

(2) Curdlan 添加量对嫩化效果的影响:固定 Alcalase 添加量为 4 U/g,分别用质量分数为 0,2,4,6,8,10 mg/g 的 Curdlan 溶液嫩化原料肉,并分析其在 4 ℃储藏 72 h 后的剪切力、蒸煮损失及感官品质。

(3) Alcalase 添加量对嫩化效果的影响:固定 Curdlan 添加量为 5 ng/g,分别用 0,1,2,3,4,5,6 U/g 的 Alcalase 酶解原料肉,并分析其在 4 ℃储藏 72 h 后的剪切力、蒸煮损失及感官品质。

(4) 响应曲面试验设计:采用软件 Design Expert 8.0.6 (State-Ease,Minneapolis,MN,USA)中的 Box-Behnken 模式进行响应曲面试验设计,以剪切力、蒸煮损失、感官评分为指标,Curdlan 添加、Alcalase 添加及腌制时间作为主要的考察因素(自变量)。

1.3.4 指标测定

- (1) 蛋白组分提取:参照文献[15]。
- (2) SDS-PAGE 电泳方法:参照文献[16]。
- (3) 蒸煮损失测定:参照文献[17]。
- (4) 剪切力测定:参照文献[18]。
- (5) 感官评定方法:参照文献[14]。

1.4 数据统计分析

所有数据利用 Microsoft Excel 进行统计处理,用 SAS 9.2进行 ANOVA 分析,不同平均值之间利用 LSD 法进行差异显著性检验。用 Design Expert 8.0.6 建立响应曲面回归方程,响应曲面试验结果利用最小二乘法进行二次多项式回归统计分析。

2 结果与分析

2.1 Curdlan 协同 Alcalase 对生鲜调理牛肉的影响

2.1.1 对牛肉品质的影响 由图 1 可知,与 T₄相比,添加 Curdlan 处理后(T₃),产品的剪切力呈上升趋势(P<0.05),而经过 Alcalase 酶解后牛肉的剪切力显著降低(P<0.05)(T₂);并且 Curdlan 及 Alcalase 协同处理后(T₁)产品的剪切力略微增加,但是与 T₂剪切力相比,差异不显著(P>0.05)。对于蒸煮损失,经过 Alcalase 处理后,产品的蒸煮损失呈显著的升高趋势(P<0.05),而通过 T₃可以看出,一定的 Curdlan 可以降低牛肉的蒸煮损失,并且 Curdlan 及 Alcalase

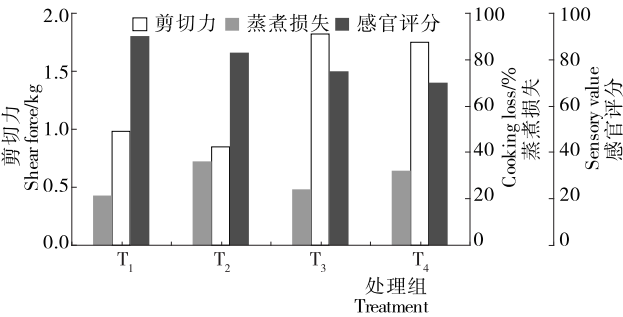


图 1 不同腌制条件对生鲜调理牛肉品质的影响
Figure 1 Effect of different salting conditions on chilled prepared beef

协同处理后,可以显著降低产品的蒸煮损失($P<0.05$)。原因主要是经过 Alcalase 处理后,牛肉中部分肌浆蛋白及肌原纤维蛋白逐渐分解,降低了产品的剪切力,但是由于酶促作用改变了牛肉中原有的保水性,因此,增加了产品的蒸煮损失;另外,Curdlan 在牛肉中可以形成不可逆的凝胶,一定程度增加了产品的剪切力,达到保水的作用。另外,通过对产品感官评分可以看出,经 Alcalase 及 Curdlan 处理后(T_1),产品的感官评分显著高于其余 3 组($P<0.05$)。

2.1.2 对蛋白质水解的影响 由图 2 可知,与对照组相比(T_4),Alcalase 对肌原纤维蛋白质有明显的分解作用,主要表现为试验组肌原纤维蛋白质在 120~200 kDa 左右的蛋白条带变暗,70 kDa 及 40~50 kDa 处的蛋白质条带颜色加深(T_1 、 T_2)。并且,在 T_3 中可以看出,Curdlan 虽然对肌肉中质构特性有重要作用,但是对于肌原纤维蛋白分解无明显作用。对于肌浆蛋白, T_1 、 T_2 中大量大分子蛋白质逐渐分解,并且小分子逐渐累积;主要表现为在试验组中,85~200 kDa 的蛋白条带逐渐变暗消失,而 30~40 kDa 及 40~50 kDa 两处的条带颜色逐渐变深。但是在 T_3 中并无明显的蛋白质分解现象,因此可以看出,仅添加 Curdlan 对肌浆蛋白的分解无促进作用。

综合 Curdlan 与 Alcalase 对牛肉品质的影响结果可以看出,对牛肉蛋白质的存在形式有显著分解作用的主要是 Alcalase,而 Curdlan 主要是影响牛肉中的质构特性。分析原因:① Curdlan 本身具有良好的呈胶性能,其螺旋结构可以吸水溶胀,竞争更多水分的同时影响了其余盐离子的活动及蛋白质溶液中原有的非特异结合作用、离子键和氢键^[8];② Alcalase 是一种专一性较弱的内切蛋白酶,可能对蛋白质

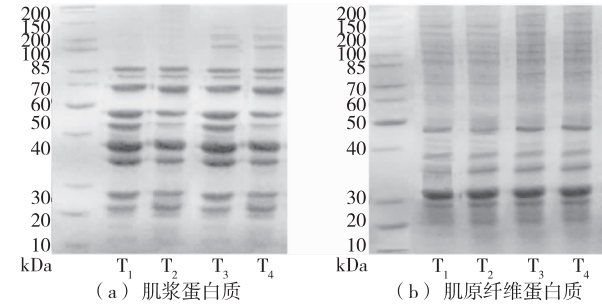


图 2 生鲜调理牛肉蛋白质组分的 SDS-PAGE 电泳图谱
Figure 2 SDS-PAGE images of protein of chilled prepared beef

长链中多个位点进行作用而产生小分子蛋白质、肽类等^[9-10]。综上可以得出,Curdlan 与 Alcalase 对牛肉蛋白质结构及组成有明显的影

2.2 生鲜调理牛肉嫩化工艺优化

2.2.1 腌制时间对生鲜调理牛肉品质的影响 由图 3 可知,随着腌制时间的延长,产品的剪切力与蒸煮损失变化趋势相似,均呈现在 24~72 h 时逐渐降低,显著低于对照组剪切力与蒸煮损失($P<0.05$),并且对应的产品的感官评分逐渐增加,显著高于对照组($P<0.05$);但是随着腌制时间的继续延长(72 h 后),产品的剪切力与蒸煮损失逐渐增加,对应的感官评分逐渐降低。

2.2.2 Curdlan 添加量对生鲜调理牛肉品质的影响 由图 4 可知,随着 Curdlan 添加量的增加,产品的剪切力呈先降低后增加的趋势($P<0.05$)。由此可知 Curdlan 对改善生鲜牛肉的嫩度有重要的作用;但是,随着 Curdlan 添加量的继续增加,导致凝胶能力增强,并且与水结合的能力也逐渐增加,影响了盐离子的活动,从而导致产品剪切力逐渐增加,随着

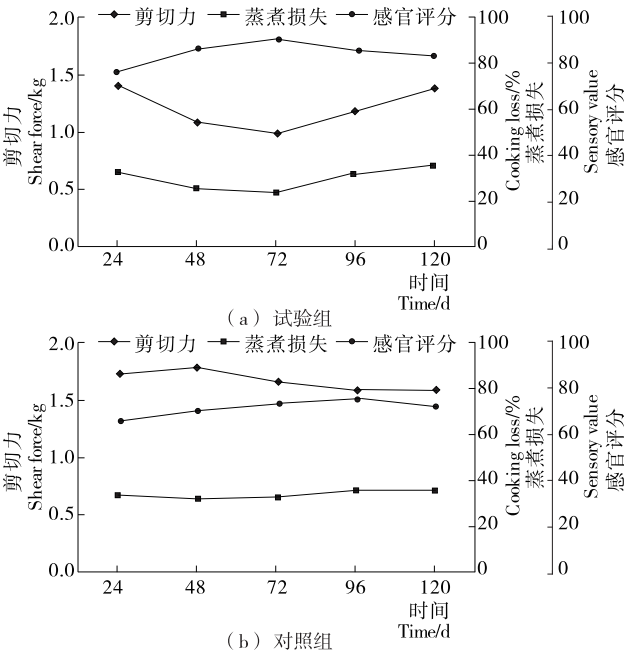


图 3 腌制时间对生鲜调理牛肉品质的影响
Figure 3 Effect of different salting time on chilled prepared beef

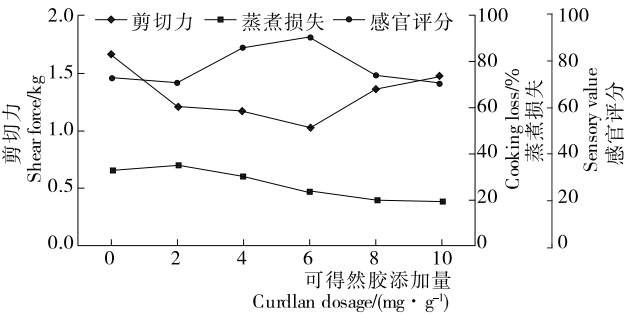


图 4 Curdlan 添加量对生鲜调理牛肉品质的影响
Figure 4 Effect of different Curdlan dosage on chilled prepared beef

Curdlan 添加量的增加,产品的蒸煮损失逐渐降低,可能是 Curdlan 多糖分子能够与水相互作用形成分子内氢键,从而达到降低蒸煮损失的作用^[19]。

2.2.3 Alcalase 添加量对生鲜调理牛肉品质的影响 由图 5 可知,随着 Alcalase 添加量的增加,牛肉剪切力显著降低,并且产品的感官评分先增加后降低,在酶添加量为 4 U/g 时产品有较高的感官品质,并且该条件下产品的蒸煮损失显著低于其余水平(P<0.05)。因此,适当的 Alcalase 能够达到嫩化生鲜调理牛肉的目的,但是过高的酶添加量会导致产品品质的降低。

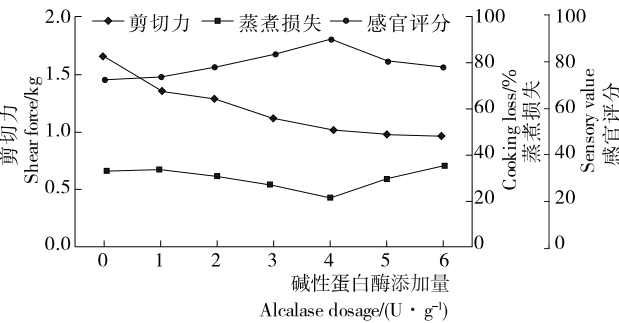


图 5 Alcalase 添加量对生鲜调理牛肉品质的影响
Figure 5 Effect of different Alcalase dosage on chilled prepared beef

2.2.4 响应曲面试验结果 根据单因素试验结果确定试验因素水平设计见表 2。表 3 为不同腌制条件中生鲜调理牛肉品质变化结果。利用 Design-Expert 8.0.6 软件对表 3 试验数据进行二次多项式回归分析,建立以剪切力(Y_1)、蒸煮损失(Y_2)、感官评分(Y_3)对 3 个响应因素的二次多项式的回归方程:

$$Y_1=5.48-0.79X_1-0.75X_2-0.02X_3+0.04X_1X_2+4.51\times10^{-4}X_1X_3+2670X_2X_3+0.05X_1^2+0.04X_2^2+4.68\times10^{-5}X_3^2, \tag{1}$$

$$Y_2=194.68-20.14X_1-28.81X_2-1.42X_3-0.56X_1X_2+0.03X_1X_3+0.05X_2X_3+1.59X_1^2+3.28X_2^2+7.53\times10^{-3}X_3^2, \tag{2}$$

$$Y_3=-201.45+42.91X_1+57.51X_2+1.68X_3-3.82X_1X_2-0.06X_1X_3-0.06X_2X_3-2.34X_1^2-3.73X_2^2-7.48\times10^{-3}X_3^2. \tag{3}$$

为了验证建立的回归模型是否显著,对模型进行方差分析,结果见表 4。表 4 中结果表明,3 个回归模型的显著性(F 检验)检验结果极显著(P<0.01)、失拟性检验结果均不显著(P>0.05),说明试验中优化的二次模型能够拟合真实的试验结果。另外,3 个二次模型决定系数(R^2)与模型校正决定

表 2 试验自变量因素编码及水平

Table 2 Codes and levels of factors chosen for experiment

因素水平	X ₁ Curdlan 添加量/(mg · g ⁻¹)	X ₂ Alcalase 添加量/(U · g ⁻¹)	X ₃ 腌制时间/h
-1	4.0	3	48
0	5.5	4	72
1	7.0	5	96

表 3 响应曲面试验结果

Table 3 The result of response surface experiment

序号	X ₁	X ₂	X ₃	剪切力/kg	蒸煮损失/%	感官评分
1	0	1	-1	0.969	23.69	87.66
2	1	1	0	1.201	19.37	74.66
3	0	0	0	0.979	19.87	92.65
4	1	0	-1	1.179	22.63	81.56
5	0	-1	1	0.961	28.89	83.66
6	0	-1	-1	1.169	30.05	78.63
7	-1	1	0	1.036	30.66	94.68
8	0	0	0	0.957	20.05	93.06
9	0	1	1	1.017	27.58	86.79
10	0	0	0	0.961	19.46	91.16
11	-1	-1	0	1.179	32.55	80.38
12	-1	0	-1	1.151	31.89	81.66
13	1	-1	0	1.077	24.61	83.25
14	1	0	1	1.109	25.87	79.58
15	-1	0	1	1.016	31.03	87.86

表 4 回归模型系数显著性检验

Table 4 Test for significance of regression coefficients

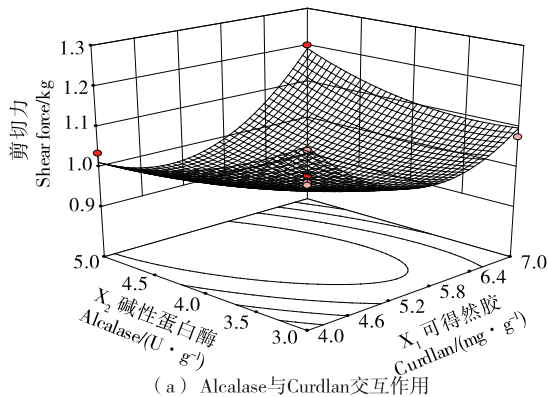
来源	剪切力		蒸煮损失		感官评分	
	F 值	P 值	F 值	P 值	F 值	P 值
模型	33.03	< 0.000 1	83.79	< 0.000 1	23.07	0.000 2
X ₁	9.36	0.018 4	277.41	< 0.000 1	29.74	0.001 0
X ₂	7.34	0.030 2	53.66	0.000 2	14.57	0.006 6
X ₃	36.82	0.000 5	6.40	0.039 3	3.20	0.116 6
X ₁ X ₂	39.41	0.000 4	5.50	0.051 5	47.82	0.000 2
X ₁ X ₃	2.34	0.170 3	8.24	0.024 0	6.11	0.042 8
X ₂ X ₃	36.23	0.000 5	12.50	0.009 5	3.18	0.117 9
X ₁ ²	136.75	< 0.000 1	105.94	< 0.000 1	42.43	0.000 3
X ₂ ²	12.37	0.009 8	88.81	< 0.000 1	21.43	0.002 4
X ₃ ²	6.76	0.035 4	155.30	< 0.000 1	28.57	0.001 1
失拟项	6.50	0.051 2	6.25	0.054 4	4.53	0.089 2
标准差	0.021		0.710		1.660	
R ²	0.977		0.991		0.967	
Adj-R ²	0.947		0.979		0.926	

系数(R_{Adj}^2)均大于 0.9,并且模型信噪比均大于临界值 4。综上所述,说明 3 个模型拟合效果良好,试验误差小,可信度高。因此试验中模型可以用于生鲜调理牛肉工艺优化。

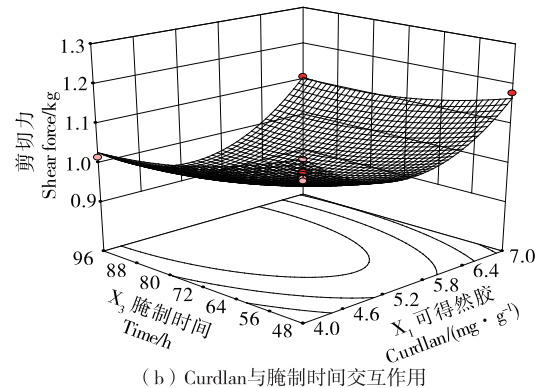
由表 4 可知,各二次项对结果均有显著的影响;在交互项中可以得出,对于剪切力,Alcalase 添加量与 Curdlan 添加量及腌制时间之间对产品剪切力均有显著的交互作用;对于蒸煮损失,腌制时间与 Alcalase 添加量及 Curdlan 添加量之间有显著的交互作用;对于感官评分,Curdlan 添加量与腌制时间及 Alcalase 添加量之间有显著的交互作用,具体分析如下。

2.2.5 试验因素交互作用分析

(1) 不同条件对小块牛肉剪切力的影响:由图 6(a)可知,



(a) Alcalase与Curdlan交互作用



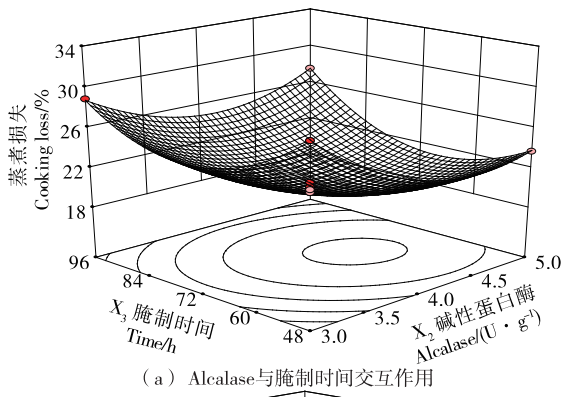
(b) Curdlan与腌制时间交互作用

图 6 不同因素间对生鲜调理牛肉剪切力的交互作用影响
Figure 6 Effect of different factors interaction on the shear of chilled prepared beef

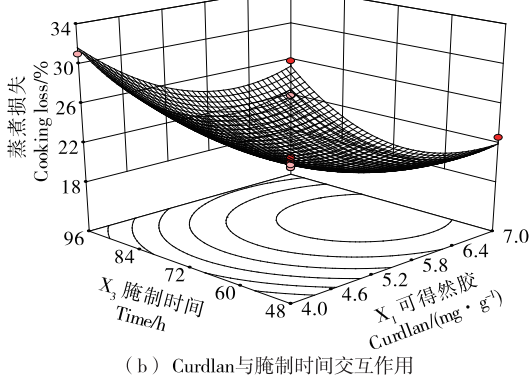
在固定腌制时间为 72 h 时,随着 Alcalase 添加量的增加,影响产品剪切力的 Curdlan 添加量的临界值(最适添加量)呈上升趋势,并且该条件下产品的剪切力临界值呈先降低后升高的趋势。主要原因是随着酶添加量的增加,部分蛋白质逐渐分解,牛肉中蛋白质水解指数及肌纤维小片化指数逐渐增加,从而降低了产品的剪切力。当固定 Curdlan 添加量时,Alcalase 添加量与腌制时间对剪切力也存在交互作用,并且从图 6(b)中可以看出,在腌制时间为 70~80 h 时,剪切力存在临界值;在该范围内,随着 Alcalase 添加量的增加,该临界值逐渐降低。由此可以看出,在生鲜牛肉调理过程中,不同的因素对肌肉环境有复杂的交互作用,通过对交互作用分析对优化调理工艺有重要的作用。

(2) 不同条件对小块牛肉蒸煮损失的影响:由图 7 可知,在固定 Curdlan 添加量为 5.5 mg/g 时,随着腌制时间的延长,不同 Alcalase 添加量对蒸煮损失影响的临界值呈先降低后升高的趋势,在腌制 72 h 左右出现临界值;主要是不同 Alcalase 条件下,随着腌制时间的延长,对肌肉蛋白质作用结果也不尽相同,从而影响了产品的保水性及小分子的溶出。另外,不同 Curdlan 添加量与腌制时间对蒸煮损失的交互作用影响与其相似,也呈现随腌制时间的延长,不同 Curdlan 添加量对蒸煮损失影响的临界值呈先降低后升高的趋势。主要是因为肌肉中 Curdlan 形成稳定凝胶后,对肌肉蛋白质分子形成包埋作用,造成蛋白质的疏水性增强,从而影响了产品的蒸煮得率。

(3) 不同条件对小块牛肉感官品质的影响:由图 8 可知,

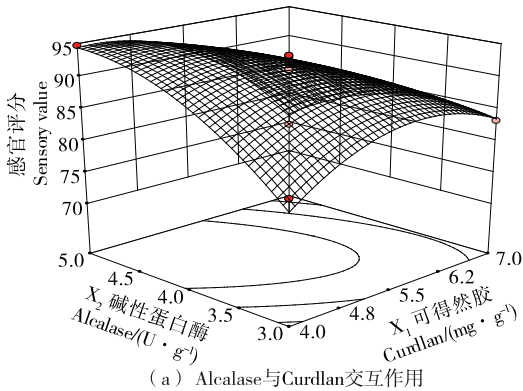


(a) Alcalase与腌制时间交互作用

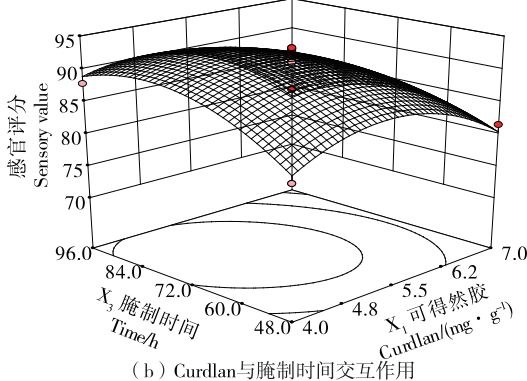


(b) Curdlan与腌制时间交互作用

图 7 不同因素间对生鲜调理牛肉蒸煮损失的交互作用影响
Figure 7 Effect of different factors interaction on the cooking loss of chilled prepared beef



(a) Alcalase与Curdlan交互作用



(b) Curdlan与腌制时间交互作用

图 8 不同因素间对生鲜调理牛肉感官评分的交互作用影响
Figure 8 Effect of different factors interaction on the sensory of chilled prepared beef

Curdlan 添加量是影响产品感官品质的最主要的指标,在不同条件下,随着 Curdlan 添加量的增加,产品的感官品质呈先增高后降低的趋势;固定腌制时间为 72 h 时,随着 Alcalase 添加量的增加,影响产品感官品质的 Curdlan 添加量的临界值呈上升趋势,该结果与剪切力分析结果中趋势一致,该条件中产品感官评分的临界值呈先增加后降低的趋势。另外,在固定 Alcalase 添加量为 4 U/g 时,由于 Curdlan 在肌肉中的呈胶能力不断改变,导致随着腌制时间的延长,产品的感官品质呈先升高后降低的趋势。

2.2.6 工艺优化 本次试验以感官评分最大值、剪切力及蒸煮损失最小值为目标值,利用 Design-Expert 软件自带的结果优化程序对生鲜调理牛肉工艺进行优化,得到优化后的工艺条件为 Curdlan 添加量 5.43 mg/g,Alcalase 添加量 4.29 U/g,腌制时间 73.4 h,该条件下的预测值为剪切力 1.0 kg,蒸煮损失 19.96%,感官评分 92.81,以该工艺进行验证实验后得到产品剪切力为(0.960±0.006) kg,蒸煮损失为(19.96±0.36)%,感官评分为 92.81±0.75(n=3)。相对误差小于 5%,因此该工艺准确可靠,可以用于生鲜调理牛肉的嫩化加工处理。

3 结论

本研究结果说明,Curdlan 与 Alcalase 对生鲜调理牛肉品质有明显的促进作用,Alcalase 对肌原纤维蛋白质及肌浆蛋白质有明显的分解作用,而 Curdlan 对肌浆蛋白及肌原纤维蛋白质均无明显的分解作用。Curdlan 及 Alcalase 不同的添加量对生鲜调理牛肉的剪切力、蒸煮损失均有显著的影响(P<0.05);并且 Curdlan、Alcalase 对生鲜调理牛肉感官品质有显著的促进作用。本研究优化的工艺准确可靠,可以用于生鲜调理牛肉的嫩化加工处理。

参考文献

[1] 郭磊, 张立中. 我国牛肉供给面临的困境与应对措施[J]. 中国畜牧杂志, 2015, 51(4): 20-24.

[2] 孙承峰. 传统肉制品(酱牛肉)中菌相变化及综合保鲜技术的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2001: 21-25.

[3] 兰凤英, 李全福, 李育峰. 壳聚糖涂膜对酱牛肉贮藏性能的影响[J]. 食品研究与开发, 2006, 27(9): 133-135.

[4] ELMASRY G, SUN D W, ALLEN P. Chemical-free assessment and mapping of major constituents in beef using hyperspectral imaging[J]. Journal of Food Engineering, 2013, 117 (2): 235-246.

[5] ZHAN Xiao-bei, LIN Chi-chung, ZhANG Hong-tao. Recent advances in curdlan biosynthesis, biotechnological production, and applications[J]. Applied Microbiology and Biotechnology, 2012, 93(2): 525-531.

[6] YAN Jing-kun, MA Hai-le, CAI Pan-fu, et al. Structural characteristics and antioxidant activities of different families of 4-acetamido-TEMPO-oxidised curdlan [J]. Food Chemistry, 2014, 143(2): 530-535.

[7] HU Ya-qin, LIU Wen-juan, YUAN Chun-hong, et al. Enhance-

ment of the gelation properties of hairtail (Trichiurus haumela) muscle protein with curdlan and transglutaminase [J]. Food Chemistry, 2015, 176: 115-122.

[8] 刘心洁, 于明玉, 李雪梅, 等. 结冷胶与可得然胶复配在无麸质面条加工中的应用研究[J]. 食品工程, 2013(3): 33-35.

[9] QUAGLIA G B, ORBAN E. Influence of the degree of hydrolysis on the solubility of the protein hydrolysates from sardine[J]. J. Sci. Food Agricultural, 1987, 8: 271-274.

[10] GUERARD F, DUFOSSE L, BROISE D D L, et al. Enzymatic hydrolysis of proteins from yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) wastes using Alcalase[J]. J. Mol. Catal B: Enzym., 2001, 11: 1 051-1 059.

[11] FONKWE L G, SINGH R K. Protein recovery from mechanically deboned turkey residue by enzymic hydrolysis[J]. Process Biochemical, 1996, 31(6): 605-616.

[12] 赵见营, 唐静, 章建浩, 等. Alcalase 协同强化高温风干成熟工艺对狼山鸡蛋白质水解的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(2): 30-35.

[13] 李斌, 张迎阳. Alcalase 酶解对淘汰蛋鸡风干成熟过程中蛋白质分解变化规律的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(19): 208-213.

[14] KOTZEKIDOU P, BLOUKAS J G. Microbial and sensory changes in vacuum-packed frankfurter-type sausage by Lactobacillus alimentarius and fate of inoculated Salmonella enteritidis[J]. Food Microbiology, 1998, 15(1): 101-111.

[15] 段虎, 潘润淑, 王祎娟, 等. 超高压结合低温处理对牛肉组织结构及理化特性的影响[J]. 食品与机械, 2012, 28(4): 57-61.

[16] SUN Yang-ying, PAN Dao-dong, GUO Yu-xing, et al. Purification of chicken breast protein hydrolysate and analysis of its antioxidant activity[J]. Food and Chemical Toxicology, 2012, 50(10): 3 397-3 404.

[17] AASLYNG M D, BEJERHOLM C, ERTBIERG P, et al. Cooking loss and juiciness of pork in relation to raw meat quality and cooking procedure[J]. Food Quality & Preference, 2003, 14(4): 277-288.

[18] CAINE W R, AALHUS J L, BEST D R, et al. Relationship of texture profile analysis and Warner-Bratzler shear force with sensory characteristics of beef rib steaks[J]. Meat Science, 2003, 64(4): 33-39.

[19] FUNAMI T, UNAMI M, YADA H, et al. Gelation mechanism of curdlan by dynamic viscoelasticity measurements [J]. Journal of Food Science, 1999, 64(1): 129-132.