

秘鲁鱿鱼皮嫩化工艺的研究

胡艺, 邓尚贵*

(浙江海洋学院 食品与医药学院, 浙江 舟山 316004)

摘要:对秘鲁鱿鱼皮进行嫩化处理,改善鱿鱼皮口感,提升其嫩度,为后续加工生产提供技术支持。以经过脱酸处理的秘鲁鱿鱼皮为原料,以剪切力为指标,通过单因素和响应面优选木瓜蛋白酶嫩化秘鲁鱿鱼皮的工艺条件。研究表明:适宜的嫩化条件为木瓜蛋白酶浓度0.1%、处理时间40 min、温度35℃,在此条件下,鱿鱼皮得到嫩化,其剪切力为1.79 N,可溶性蛋白含量(CSP)为49 mg/g。

关键词:鱿鱼皮;嫩化;剪切力

中图分类号:TS201.56

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1000-9973.2016.06.019

文章编号:1000-9973(2016)06-0089-04

Study on Tenderization of *Dosidicus gigas* Skin

HU Yi, DENG Shang-gui*

(College of Food and Medicine, Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316004, China)

Abstract: Tenderize *Dosidicus gigas* skin to improve the texture, enhance the tenderness, and provide the technical support for subsequent processing. Take the deacidified *Dosidicus gigas* skin as raw material, shearing force as indexes, *Dosidicus gigas* skin tenderized by papain is studied, the suitable tenderization conditions of *Dosidicus gigas* skin are optimized through single factor and orthogonal experiments. The result indicates that the suitable technological conditions for tenderization of *Dosidicus gigas* skin are as follows: papain concentration of 0.1%, soaking time of 40 min and temperature of 35℃. Under these conditions, the shearing force of *Dosidicus gigas* skin is up to 1.79 N and the concentration of soluble protein (CSP) is 49 mg/g.

Key words: *Dosidicus gigas* skin; tenderization; shearing force

秘鲁鱿鱼(*Dosidicus gigas*)属于真鱿科(Ommastrephida)美洲大赤鱿属(*Dosidicus*),又称美洲大鱿鱼、巨鱿鱼,为高度洄游的大洋性浅海种,寿命1年左右,分布集中在东部太平洋,秘鲁海域^[1],其不可食用部分占30%左右,而鱿鱼皮占了8%~13%。目前我国鱿鱼的加工技术还比较落后,鱿鱼头、足、胴体都被加工成口味鲜美的食品,像鱿鱼皮这样同样营养丰富的副产物,往往被当作废弃物抛弃,没有得到合理有效的利用^[2]。这不仅会造成资源的浪费,而且污染环境,给社会带来危害^[3]。

秘鲁鱿鱼皮经过脱酸处理,去除了不愉快的酸味,但是依然质地坚韧,口感欠佳,使大众难以接受。肉品嫩度是骨骼肌组织机械强度的总和,嫩度取决于肌束的结构及其生化特性,特别是肌原纤维、中等细丝的结构和生化特性,以及结缔组织的结构。组织结构紧密的鱿鱼皮不但肉质坚韧,而且蒸煮过程中调味料难以入味,口感较差。

本研究以秘鲁鱿鱼皮为原料,利用木瓜蛋白酶^[4,5]对其进行嫩化,旨在改善鱿鱼肉嫩度,提高其口感。

收稿日期:2015-12-26

* 通讯作者

作者简介:胡艺(1991-),女,浙江舟山人,硕士,研究方向:食品加工与安全;

邓尚贵(1967-),男,四川遂宁人,教授,博士生导师,研究方向:水产品加工与贮藏。

1 材料与设备

1.1 原料

秘鲁鱿鱼皮:海力生集团有限公司提供,选用个体重(2500±200)g的秘鲁鱿鱼皮,置于-18℃冻藏备用。实验时,在4℃条件下自然解冻后经过脱酸处理。

1.2 实验试剂

木瓜蛋白酶(活力800 U/mg) 上海瑞永生物科技有限公司;氯化钠,磷酸二氢钾,氯化镁 国药集团化学试剂有限公司;EGTA 上海金穗生物科技有限公司。

1.3 实验设备

质构仪 美国FTC公司;高速冷冻离心机 日立集团;电热恒温水浴锅 常州智博瑞仪器制造有限公司;FM200高剪切分散乳化机 上海弗鲁克科技发展有限公司;KDN-08C定氮仪 上海昕瑞仪器仪表有限公司。

2 实验方法

2.1 原料前处理

将经过脱酸处理的鱿鱼皮用蒸馏水冲洗,洗去表面的脱酸剂。洗净的鱿鱼皮置于不锈钢筛中晾至不滴水。

2.2 鱿鱼皮嫩化处理

为保证浸泡过程中鱿鱼皮始终能在浸渍液中浸没又兼顾生产成本,选择前处理完的鱿鱼皮质量与浸泡液体积的比例为1:2,采用不同浓度的木瓜蛋白酶溶液,在不同温度、不同时间下浸泡处理,并进行剪切力测定,优化选出最佳处理条件后,对比测试未嫩化处理的鱿鱼皮与经嫩化处理的鱿鱼皮可溶性蛋白(CSP)含量。

2.3 木瓜蛋白酶浓度的确定

在30℃下,将秘鲁鱿鱼皮分别置于木瓜蛋白酶浓度0,0.05%,0.1%,0.15%,0.2%的浸泡液中浸泡30 min,并进行剪切力的测定。实验平行重复3次,取平均值。

2.4 浸泡时间的确定

在30℃下,将秘鲁鱿鱼皮分别浸泡于木瓜蛋白酶浓度0.15%的浸泡液中10,20,30,40,50 min,并进行

剪切力的测定。实验平行重复3次,取平均值。

2.5 浸泡温度的确定

在木瓜蛋白酶浓度0.15%的条件下,将秘鲁鱿鱼皮分别置于5,10,20,30,40℃下浸泡30 min,并进行剪切力的测定。实验平行重复3次,取平均值。

2.6 最佳处理条件的确定

以剪切力为实验综合衡量指标,选择合适的蛋白酶浓度、浸泡时间、浸泡温度,正交优化得到最佳处理条件。

2.7 剪切力的测定^[6]

将鱿鱼皮于90℃的水浴锅中烫漂25 s,取出后用流水冷却至室温,利用质构仪测定其剪切力。采用TMS-Pro物性分析仪 Texture Profile Analysis (TPA)模式进行测定,选用P/20型探头,质构仪的参数设置为:测试前速度40 mm/min,测试速度40 mm/min,测试后速度60 mm/min,形变量设定为30%,触发力为0.6 N,连续做往返回复运动2次,平行测定3次,结果取平均值。

2.8 可溶性蛋白(CSP)含量测定^[7,8]

将处于冷冻状态的冻鱿鱼皮在4℃下解冻,置于小烧杯中,用手术剪将其剪碎。取4 g样品加入40 mL预冷的肌原纤维提取缓冲液(0.1 mol/L NaCl, 10 mmol/L K₃PO₄, 2 mmol/L MgCl₂, 1 mmol/L EGTA, pH 7.0)用高剪切分散乳化机匀浆30 s。将匀质液倒入离心管中,放入冷冻离心机10000 r/min冷冻离心15 min(0~4℃),取上清液,用凯氏定氮法测定CSP浓度。实验平行重复3次,取平均值。

3 结果分析

3.1 不同木瓜蛋白酶浓度对鱿鱼皮剪切力的影响

在一定条件下,蛋白酶能分解肉肌纤维、结缔组织中的蛋白质,甚至弹性蛋白及胶原蛋白,使蛋白质结构发生变化,部分肽键断裂,肉吸水膨胀,质地变嫩^[9],实验结果见表1。

表1 酶浓度对鱿鱼皮剪切力的影响

Table 1 Effect of enzyme concentration on the shearing force of Dosidicus gigas skin

酶浓度(%)	0	0.05	0.1	0.15	0.2
剪切力(N)	4.03	3.24	2.41	2.27	2.23

随着酶浓度增大,剪切力呈减小趋势,嫩度逐步增加。当酶浓度超过 0.15% 后,剪切力几乎无变化,这可能是酶浓度相对于底物表面已趋于饱和。

3.2 不同浸泡时间对鱿鱼皮剪切力的影响

实验结果见表 2。

表 2 浸泡时间对鱿鱼皮剪切力的影响

Table 2 Effect of soaking time on the shearing force of *Dosidicus gigas* skin

浸泡时间(min)	5	10	20	30	40
剪切力(N)	3.87	3.01	2.58	2.27	2.22

随着浸泡时间的增长,鱿鱼皮剪切力呈减小趋势,当浸泡时间超过 30 min 时,剪切力变化很小。

3.3 不同浸泡温度对鱿鱼皮剪切力的影响

实验结果见表 3。

表 3 浸泡温度对鱿鱼皮剪切力的影响

Table 3 Effect of soaking temperature on the shearing force of *Dosidicus gigas* skin

浸泡温度(℃)	5	10	20	30	40
剪切力(N)	3.96	3.61	3.13	2.27	1.77

随着浸泡温度的升高,剪切力先缓慢减少,从 20 ℃ 开始急剧减小,原因可能是从 20 ℃ 开始,随着温度升高,木瓜蛋白酶活性逐渐增强,胶原纤维和结缔组织蛋白的结构受到影响,肌动球蛋白和胶原蛋白降解成小分子的多肽,甚至是氨基酸,使肉变嫩^[10]。但是 40 ℃ 处理后鱿鱼皮外观有一定改变,这与其内源性蛋白酶有关,Kunihiko 等^[11]研究发现鱿鱼体内有高活性的蛋白酶,蛋白酶过度的分解导致鱿鱼皮外观遭到破坏。选择浸泡温度 35 ℃ 进行试验,测得处理后鱿鱼皮剪切力为 1.86 N,与 40 ℃ 处理的鱿鱼皮差别不大,外观基本无变化。

3.4 优化实验

依据响应面设计软件 Design Expert 8.0.6 中 Box-Behnken 中心组合实验设计原理,依据单因素实验结果,选取木瓜蛋白酶浓度 0.1%,0.15%,0.2%,浸泡时间 25,30,35 min,浸泡温度 25,30,35 ℃,以质构仪检测的鱿鱼皮剪切力为响应值,设计三因素三水平的响应面实验,各因素水平见表 4。

表 4 响应面实验因素及水平设计表

Table 4 Response surface experimental factors and levels design table

因素	编码	编码水平		
		-1	0	1
酶浓度(%)	A	0.1	0.15	0.2
浸泡时间(min)	B	20	30	40
浸泡温度(℃)	C	25	30	35

响应面实验结果见表 5。

表 5 响应面实验设计及结果

Table 5 Response surface central composite design and corresponding results

序号	因素			结果
	A	B	C	剪切力
1	-1	-1	0	2.39
2	1	-1	0	2.33
3	-1	1	0	2.30
4	1	1	0	1.97
5	-1	0	-1	2.48
6	1	0	-1	2.44
7	-1	0	1	2.23
8	1	0	1	1.86
9	0	-1	-1	2.49
10	0	1	-1	2.41
11	0	-1	1	2.23
12	0	1	1	1.79
13	0	0	0	2.26
14	0	0	0	2.27
15	0	0	0	2.27
16	0	0	0	2.28
17	0	0	0	2.26

对表 5 所得实验数据用 Design-Expert 8.0.6 软件程序进行二次回归响应面分析。

根据实验结果建立剪切力值的多元二次响应面回归模型:

$$R_1 = 2.27 - 0.100A - 0.12B - 0.21C - 0.068AB - 0.083AC - 0.090BC + 1.000E - 0.03A^2 - 0.022B^2 - 0.016C^2。$$

在此回归方程中,用 F 值来判定检验各个变量对响应值 R(剪切力)影响的显著性。当表示概率的 P 值 ($F > F_0$) 越小,则说明相应变量对响应值的影响显著性越高。P 值 > 0.05 时表示此变量的影响不显著, $P < 0.05$ 时表示影响显著, $P < 0.01$ 时表示影响极显著^[12],具体结果见表 6。

表 6 回归方程系数显著性检验及方差分析
Table 6 Regression equation coefficient significance
test and variance analysis

序号	方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值	显著性
1	模型	0.64	9	0.072	399.26	<0.0001	显著
2	A	0.080	1	0.080	446.22	<0.0001	
3	B	0.12	1	0.12	656.01	<0.0001	
4	C	0.38	1	0.38	2038.72	<0.0001	
5	AB	0.018	1	0.018	101.65	<0.0001	
6	AC	0.027	1	0.027	151.85	<0.0001	
7	BC	0.032	1	0.032	180.72	<0.0001	
8	A ²	4.211E-006	1	4.211E-006	0.023	0.8825	
9	B ²	1.946E-003	1	1.946E-003	10.86	0.0132	
10	C ²	1.146E-003	1	1.146E-003	6.39	0.0393	
11	残差	1.255E-003	7	1.793E-004			
12	失拟项	9.750E-004	3	3.250E-004	4.64	0.0861	显著
13	纯误差	2.800E-004	4	7.000E-005			
14	总变异	0.65	16				

注: $R^2 = 0.9881$, $R_{Adj}^2 = 0.9956$, C. V. (%) = 0.59, Adeq Precision = 66.094。

由表 6 可知,此多元二次响应面的回归模型差异显著,F 值=399.26,P 值<0.0001;而失拟项差异不显著,F 值=4.64,P 值为 0.086,这说明优化实验无失拟因素存在,在整个回归区域内的模型拟合度好,变异系数(C. V.)的大小用来说明精确度的问题,一般来说,变异系数越低,实验的可靠性越高^[13]。本实验中变异系数为 0.59%,说明该实验有很好的可靠性。综述所述,拟合得到的模型能很好地解释响应值的变化。该模型可以代替实验真实点对所得结果进行分析。

此结果中, $P < 0.05$ 时表示影响显著, $P < 0.01$ 时表示影响极显著,所以 B^2 , C^2 对木瓜蛋白酶嫩化鱿鱼皮影响显著;A, B, C 影响极其显著;交互项 AB, AC, BC 的交互影响显著,即 3 个因素对实验结果的交互作用均影响显著。根据各因素的 F 值大小,可判断各因素对蛋白酶嫩化鱿鱼皮的影响大小为 C(温度)>B(时间)>A(酶浓度)。基于以上分析,选择 $A_1B_1C_1$ 进行实验,测得经过处理的鱿鱼皮剪切力为 1.69,与响应面最优组实验相比较小,但是鱿鱼皮外观破坏显著,而经响应面最优组实验处理的鱿鱼皮外观几乎无改变。经过处理的鱿鱼皮肌动蛋白、胶原蛋白、弹性蛋白降解产生其他蛋白量增多,CSP 浓度变大,鱿鱼皮口感变好。测得未处理的鱿鱼皮 CSP 浓度为 23 mg/g,经最优组处理的鱿鱼皮 CSP 浓度为 49 mg/g。

4 结论

木瓜蛋白酶能分解肉的肌纤维、结缔组织的蛋白

质,对秘鲁鱿鱼皮也有较好的嫩化效果,根据实验结果表明:酶浓度、时间、温度都可增加秘鲁鱿鱼的嫩度,影响均为极显著。处理之前的鱿鱼皮 CSP 浓度含量较低,剪切力大,肌肉纤维明显,不利于咀嚼吞咽及调味品入味;相比于处理之前,鱿鱼皮在处理之后剪切力减小,CSP 浓度增大,纤维结构被破坏,调味品容易融入到肉质中,为后续加工鱿鱼皮,让调味料充分发挥特性提供了很好的原料基础。

结合嫩化处理后鱿鱼皮的剪切力及其外观,选择木瓜蛋白酶嫩化条件为:木瓜蛋白酶浓度 0.1%、处理时间 40 min、温度 35 ℃,在此条件下,鱿鱼皮剪切力为 1.79 N,CSP 浓度为 49 mg/g。

参考文献:

- [1]宋伟华,马永钧,姚平.世界鱿鱼产品市场贸易简况[J].海洋渔业,2003(3):161-162.
- [2]陆海霞.秘鲁鱿鱼肌原纤维蛋白质凝胶特性的研究[D].杭州:浙江工商大学,2009.
- [3]马永钧,秦乾安,陈小娥,等.鱿鱼加工副产物综合利用研究进展[J].渔业现代化,2008,35(4):62-65.
- [4]江慧,何立超,常晨曦,等.淘汰蛋鸡胸肉风干成熟组合木瓜蛋白酶嫩化[J].食品科学,2011,32(4):31-36.
- [5]杨勇,任健,王存堂.鹅肉酶嫩化技术的研究[J].食品研究与开发,2010,31(10):25-29.
- [6]泮凤.除酸剂对秘鲁鱿鱼的除酸效果及对其品质的影响[D].舟山:浙江海洋学院,2014.
- [7]李兰会.超声波处理对羊肉嫩化效果的研究[D].保定:河北农业大学,2003.
- [8]罗海波.对虾干加工中嫩化及重组技术的研究[D].南京:南京农业大学,2006.
- [9]周强,张富新.嫩化酶及其在肉类加工中的应用进展[J].肉类研究,2007(1):40-42.
- [10]李玉伟.外源性因素在肉类嫩化中的应用[J].肉类研究,2002(3):14.
- [11]Kunihiko K, Cho Y J, Takeya Y, et al. Thermal denaturation and autolysis profiles of myofibrillar proteins of mantle muscle of jumbo squid *Doedicus gigas*[J]. Fisheries Sci, 2003 (69): 204-209.
- [12]Amin, Nor Aishah Saidina Anggoro. Optimization of direct conversion of methane to Liquid fuels over Cu/loaded W/ZSM-5 catalyst [J]. Fuel, 2004, 83: 487-494.
- [13]洪怡蓝.维科生物制剂抗氧化活性物质的响应面优化及其在保障农产品品质安全上的应用[D].上海:上海海洋大学,2014.