

# 低压处理对涨发牛蹄筋理化品质的影响

董芝杰

(扬州商务高等职业学校, 扬州 225127)

**摘要:** 为探究低压处理对涨发牛蹄筋理化品质的影响, 以常压为对照, 将干制牛蹄筋分别在80、60、40、20 kPa等低压环境下进行涨发处理, 比较涨发后蹄筋的质构特性、蛋白热性质、色泽及微观结构。结果表明, 涨发压力环境对蹄筋的质构特性影响显著( $P < 0.05$ ), 低压处理蹄筋的硬度值总体高于常压。常压、压力80 kPa、压力60 kPa处理后的蹄筋在加热过程中均出现吸热峰, 且蹄筋蛋白热变性温度随涨发压力的减小而逐渐降低, 显示经低压处理后的蹄筋蛋白对热处理温度更为敏感。低压处理对水发蹄筋的色泽有显著影响( $P < 0.05$ )。电镜观察结果显示低压20 kPa下水发蹄筋纤维分布较为松散, 纤维束断裂而产生的孔洞较之前所有的压力环境要大, 表明压力差越大, 蹄筋的涨发程度也越大。

**关键词:** 低压涨发; 牛蹄筋; 热性质; 微观结构

中图分类号: TS 251.5<sup>+</sup>2

文献标志码: A

文章编号: 1005-9989(2016)12-0077-05

DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2016.12.017

## Effect of treatment on low pressure up fat cow tendons thermal properties and microstructures

DONG Zhi-jie

(Yangzhou Vocational College of Business, Yangzhou 225127)

**Abstract:** For atmospheric pressure as control, the dried beef tendons were swelled at 80, 60, 40, 20 kPa and other low pressure environment, determined textural properties, thermal properties of the protein, color and microstructure, explore the impact of the low pressure treatment on physical and chemical properties of tendons. The results showed that, different pressure had a significant effect on the textural characteristics of tendons ( $P < 0.05$ ), tendons dealed under low-pressure environment which hardness values were higher than atmospheric pressure. DSC analysis showed that tendons dealed under atmospheric, 0.8 kPa and 0.6 kPa pressure environment all appeared endothermic peak after heating.

收稿日期: 2016-06-26

作者简介: 董芝杰(1984—), 男, 山西临汾人, 讲师, 主要从事烹饪专业职业教育理论与实践的研究工作。

[16] Chuan-He Tanga, Ching-Yung Ma. Effect of high pressure treatment on aggregation and structural properties of soy protein isolate[J]. LWT-Food Science and Technology, 2009, 42(2): 606-611

[17] 谢孟峡, 刘媛. 红外光谱酰胺Ⅲ带用于蛋白质二级结构的测定研究[J]. 高等学校化学学报, 2003, (2): 226-231

[18] 胡飞华, 陆海霞, 陈青, 等. 超高压处理对梅鱼鱼糜凝胶特性的影响[J]. 水产学报, 2010, 34(3): 329-335



The protein thermal denaturation temperature of tendons decreased gradually with the decreasing pressure, it showed that tendons protein treated under low pressure were more sensitive to the heat treatment. Different pressure had a significant effect on color of tendons. Electron microscopy showed that tendons' fiber distributed more loosely under 0.2 kPa pressure. The Hole resulted in fracturing of fiber bundles was larger than other pressure environment, showed that larger differential pressure resulted in the greater swelling degree of tendons.

**Key words:** swelling under low-pressure; tendons; thermal properties; microstructure

牛蹄筋是一种常见的烹饪原料,含有丰富的胶原蛋白、弹性蛋白以及钠、钾、钙等营养成分<sup>[1]</sup>。在中餐饮食文化中,许多地方名菜均用牛蹄筋制成,如天津名菜虫草扒牛蹄筋、福建名菜葱烧牛蹄筋、江苏名菜翡翠牛蹄筋等<sup>[2]</sup>。

牛蹄筋因营养价值丰富,深受消费者喜爱。而新鲜的牛蹄筋不易运输与储存,通常会脱水干制后保藏。经干燥或脱水后的牛蹄筋组织结构紧密、表面硬化,必须在涨发加工后才能用来制作菜肴。目前涨发蹄筋工艺多依靠生产经验,经常导致涨发后的成品出现涨发不完全、质地不松软、缺乏弹性、营养成分破坏等问题。因此,本文以干制牛蹄筋为研究对象,利用低压浸渍产生的“海绵效应”原理,主要研究低压环境下蹄筋涨发过程中的品质变化,探究低压涨发干制牛蹄筋的相关机制,为低压涨发加工领域进行一定的拓展。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

干制牛蹄筋:广州众珍元贸易有限公司,品质优等。

### 1.2 仪器与设备

Grant低压烹饪机:西班牙ICC公司;DSC204 F1 Phoenix®型差示扫描量热仪:德国耐驰公司;XL-30环境扫描电镜:荷兰Philips公司;BT224S型电子分析天平(精度0.1 mg):德国Sartorius公司;NH310型高品质便携式电脑色差仪:深圳市三恩时科技有限公司;TMS-Pro物性测定仪:美国FTC公司;pHS-3C pH计:上海仪电科学仪器股份有限公司。

### 1.3 主要试剂

25%戊二醛溶液、二水磷酸二氢钠、十二水磷酸氢二钠、无水乙醇:分析纯,国药集团化学试剂有限公司。

### 1.4 实验方法

1.4.1 样品前处理 挑选规格、质量均匀一致的干牛蹄筋,购买后置于冰箱中冷藏保存备用。实验前,首先洗去干牛蹄筋表面脏物、毛发及油腻等杂物,晾干后称重。于4℃条件下,在蒸馏水中浸泡24 h,沥水后用聚乙烯真空塑料袋进行真空密封,以便进行低压处理。

1.4.2 低压处理 取出真空密封好的牛蹄筋,将其置于低压烹饪机中,加入蒸馏水,至水面淹没牛蹄筋,分别在压力值80、60、40、20 kPa,保压时间90 min,保压温度80℃条件下对样品进行低压处理。待牛蹄筋完全膨胀饱满软糯时捞出,将处理好的牛蹄筋样品于室温条件下放置冷却,待用。

1.4.3 常压处理 将常压涨发牛蹄筋作为对照组,具体采用涨发方式如下:

取干制牛蹄筋,先洗去其表面脏物、毛发及油腻杂物,晾干后称重。后放入蒸煮锅中,加蒸馏水至水面淹没牛蹄筋,用中火加热焖煮2 h,熄火,自然焖凉后取出,待牛蹄筋完全膨胀饱满软糯时捞出,将处理好的牛蹄筋样品于室温条件下放置冷却,待用。

1.4.4 质构特性测定 采用美国FTC物性测定仪进行牛蹄筋样品的质构测定,选取硬度、弹性、黏附性、咀嚼性、胶黏性等5个质构特性参数进行分析。选用P/36柱形探头,测前速度60 mm/min,测试速度120 mm/min,测试形变量40%,触发力0.04 N。

1.4.5 蛋白质热性质测定 采用差示量热扫描仪(DSC)测定不同加盐量下牛蹄筋蛋白的热特性。取涨发处理后的牛蹄筋样品(10~15)mg,置于DSC样品盒中,加盖密封后以空铝盒为对照进行DSC扫描。设定温度程序为:扫描温度范围为(20~100)℃,升温速率10℃/min。在软件Universal Analysis 2000分析蛋白质的热力学参数:Tp(最大

变性温度)和 $\Delta H$ (变性焓值)。

1.4.6 色泽测定 采用色差仪测定表示水发蹄筋颜色的 $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 值。 $L^*$ 值表示亮度, $L^*$ 值越大表示蹄筋颜色越亮; $a^*$ 值表示红度, $a^*$ 值越大表示蹄筋颜色越褐; $b^*$ 值表示黄度。每组样品重复3次取平均值。

1.4.7 微观结构分析 将经不同压力环境下泡发的蹄筋在2.5%的戊二醛溶液中4℃固定过夜,然后按下步骤处理样品:弃去戊二醛固定液,用0.1 mol/L pH 7.0磷酸盐缓冲液漂洗3次,每次15 min。再用梯度浓度(包括30%、50%、70%、80%、90%和95%系列浓度)的乙醇溶液对样品进行脱水处理,每种浓度处理15 min,再用100%的乙醇脱水

处理2次,每次15 min。将脱水后的样品进行 $CO_2$ 临界点干燥2 h。干燥完毕后,开始黏样,再进行离子溅射喷金。所有程序处理完毕后,将样品置于环境扫描电镜中观察。

1.4.8 数据处理 所有数据用平均值 $\pm$ 标准差表示。采用Microsoft Office Excel 2003和SPSS 16.0全因子模型对测定结果进行数据统计分析。差异显著水平 $\alpha$ 为0.05。

## 2 结果与讨论

### 2.1 低压处理对水发牛蹄筋质构特性的影响

不同低压环境下水发牛蹄筋的质构特性变化情况如表1所示。

表1 低压处理对水发牛蹄筋质构特性的影响

压力/kPa	质构特性					
	硬度/N	黏附性/mJ	内聚性/Ratio	弹性/mm	胶黏性/N	咀嚼性/mJ
常压	3.92 $\pm$ 0.34 <sup>a</sup>	0.07 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	0.95 $\pm$ 0.07 <sup>a</sup>	1.97 $\pm$ 0.42 <sup>ab</sup>	3.70 $\pm$ 0.07 <sup>c</sup>	7.03 $\pm$ 1.68 <sup>e</sup>
80	11.25 $\pm$ 1.92 <sup>a</sup>	0.06 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	0.96 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	2.10 $\pm$ 0.26 <sup>a</sup>	10.84 $\pm$ 1.81 <sup>a</sup>	23.12 $\pm$ 3.82 <sup>a</sup>
60	7.05 $\pm$ 0.77 <sup>b</sup>	0.08 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	1.00 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>	2.24 $\pm$ 0.12 <sup>a</sup>	7.07 $\pm$ 0.97 <sup>b</sup>	16.14 $\pm$ 1.10 <sup>b</sup>
40	6.24 $\pm$ 0.19 <sup>b</sup>	0.06 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	0.94 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>	2.15 $\pm$ 0.44 <sup>a</sup>	6.22 $\pm$ 0.58 <sup>b</sup>	14.43 $\pm$ 1.03 <sup>b</sup>
20	4.19 $\pm$ 0.50 <sup>c</sup>	0.08 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	0.97 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	1.94 $\pm$ 0.31 <sup>ab</sup>	4.63 $\pm$ 0.41 <sup>c</sup>	7.28 $\pm$ 0.70 <sup>c</sup>

注:数据为平均值 $\pm$ 标准差;同列不同肩标字母表示差异显著( $P<0.05$ )。

质构仪所反映的主要是与力学特性有关的食物质地特性,其结果具有较高的灵敏性与客观性,并可对结果进行准确的数量化处理,以量化的指标来客观全面地评价产品品质,从而可有效避免人为因素对食品品质评价结果的主观影响<sup>[3]</sup>。

表1是不同低压环境下水发牛蹄筋的质构特性,质地多面剖析结果显示不同压力对牛蹄筋的质构特性影响显著( $P<0.05$ )。硬度描述的是与食品变形所需要的力有关的机械质地特性,是食品保持形状的内部结合力,既可反映出人的触觉,也可反映出食品达到一定程度的形变所需要的力,是评价牛蹄筋质地的一项重要指标<sup>[4]</sup>。结果显示低压环境牛蹄筋的硬度值总体上高于常压,可能是因为牛蹄筋在常压涨发时的中心温度要显著高于低压,导致部分可溶性胶原蛋白溶出,具体表现为硬度较小。在低压环境下,牛蹄筋硬度值随着压力的减小而逐渐减小,主要是因为随着压力的减小,涨发溶剂的沸点也随之减小,间接导致牛蹄筋涨发时中心温度的增加,使得胶原蛋白溶出

筋的黏附性、内聚性、弹性无显著影响( $P>0.05$ )。咀嚼性表示牛蹄筋被咀嚼成能够吞咽状态所需要的能量<sup>[5]</sup>。不同低压环境对涨发牛蹄筋的胶黏性与咀嚼性影响显著( $P<0.05$ ),常压环境牛蹄筋的胶黏性与咀嚼性均达最小值3.70 N、7.03 mJ,80 kPa下牛蹄筋胶黏性与咀嚼性均达最大值10.84 N、23.12 mJ,并都随着压力的减小而逐渐减小。

### 2.2 低压处理对水发牛蹄筋蛋白热性质的影响

不同低压环境下水发牛蹄筋蛋白热性质的变化情况,如图1与表2所示。

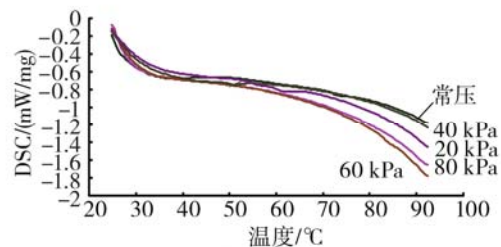


图1 不同压力环境下水发牛蹄筋的DSC图谱  
差示扫描量热法(DSC)是在程序控制温度下,测量输出给试样和参比物的功率差与温度关系的

表2 不同压力环境下水发牛蹄筋的DSC数据分析

压力/kPa	T <sub>p</sub> /°C	ΔH/(J/g)	ΔC/(J/kg·°C)
常压	72.8	0.1282	0.446
80	61.6	0.4283	0.338
60	50.6	0.3374	0.081
40	0	0	0
20	0	0	0

应用于食品蛋白的热性质研究。Wright和Boulter等人<sup>[8]</sup>用DSC研究蚕豆蛋白质的热变性,在蚕豆的DSC图谱上有3个吸热峰,主要是由淀粉糊化、球蛋白(Vicilin)与球蛋白(Legumin)变性引起的。Donvan等人<sup>[9]</sup>研究了鸡蛋蛋白的热变性,出现的3个吸热峰分别对应鸡蛋蛋白中的卵白黏蛋白质、卵球蛋白和抗生物素蛋白质。

DSC分析结果显示,压力涨发环境对牛蹄筋蛋白的热变性影响显著( $P<0.05$ )。由图1可知,常压、压力80 kPa、压力60 kPa环境下涨发的牛蹄筋在加热后均出现吸热峰,而压力40 kPa与20 kPa环境下涨发的牛蹄筋在加热后无吸热峰出现,表明在常压和80、60 kPa的压力环境下涨发后的牛蹄筋蛋白并没有完全变性,在40 kPa与20 kPa压力环境下涨发后的牛蹄筋蛋白已完全变性。由表2可知,常压和80、60 kPa压力下牛蹄筋蛋白热变性温度( $T_p$ )分别为72.8、61.6、50.6 °C,显示牛蹄筋蛋白的变性温度随着涨发压力的减小由高温向低温方向移动,表明经低压涨发处理后的牛蹄筋蛋白对热处理温度更为敏感,更易受热变性。常压和80、60 kPa压力下牛蹄筋蛋白的热焓值( $\Delta H$ )分别为0.1282、0.4283、0.3374 J/g,常压环境涨发的牛蹄筋热焓值较另外2个低压环境要低,表明常压涨发处理后的牛蹄筋蛋白热变性程度较另外2个低压环境要高。60 kPa压力环境下牛蹄筋蛋白热焓值低于80 kPa,显示随着涨发压力差的增大,牛蹄筋蛋白的变性程度也随之增加。40 kPa与20 kPa压力下牛蹄筋蛋白的热焓值均为0 J/g,显示牛蹄筋蛋白在涨发过程中已完全变性,进一步表明当涨发压力差大于等于60 kPa时,会彻底破坏牛蹄筋蛋白的三螺旋结构。

### 2.3 低压处理对水发牛蹄筋色泽的影响

不同低压环境下水发牛蹄筋色泽的变化情况如图2所示。

由图2可知,不同低压环境对水发蹄筋的色泽具有显著影响( $P<0.05$ )。随着压力的减小,蹄筋的亮度 $L^*$ 值呈先增大后减小趋势,当压力为40 kPa

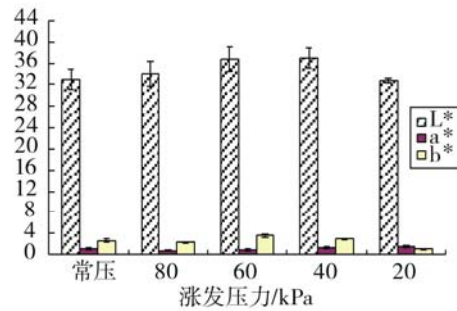
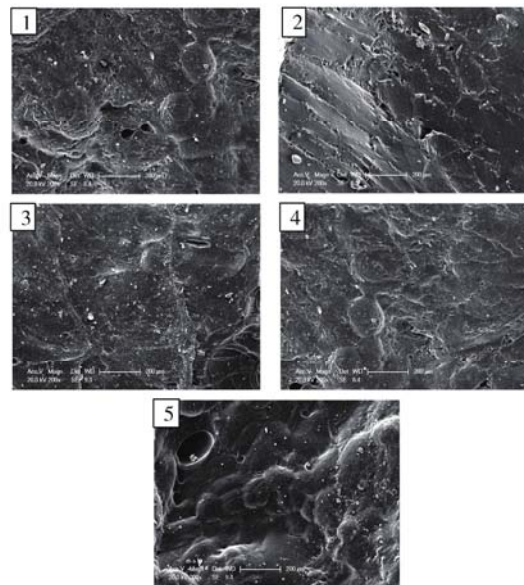


图2 低压处理对水发牛蹄筋色泽的影响

时,蹄筋的亮度值达最大值36.89,在20 kPa时蹄筋亮度值达最小值32.67。可见低压环境泡发蹄筋利于对其色泽的保护,当压力值过小时,蹄筋亮度值有所降低,可能是因为较大的压力差导致蹄筋在吸水溶胀时将少量杂质吸附于表面,造成亮度 $L^*$ 值的降低。蹄筋的红度 $a^*$ 值在不同的压力环境中变化显著( $P<0.05$ ),当压力值为80 kPa时,蹄筋红度达最小值0.74,后随着压力值的减小又逐渐增大,在压力为20 kPa时达最大值1.52。低压处理对蹄筋的黄度 $b^*$ 值有显著影响( $P<0.05$ ),主要表现为随着压力的减小,蹄筋黄度值呈先增大后减小趋势,当压力为60 kPa时,蹄筋的黄度达最大值3.56,随后降低明显( $P<0.05$ ),至20 kPa时达最小值1.04。

### 2.4 低压处理对水发蹄筋微观结构的影响

不同低压环境下水发牛蹄筋微观结构的变化情况如图3所示。



注: 1.常压环境泡发; 2.低压80 kPa环境泡发; 3.低压60 kPa环境泡发; 4.低压40 kPa环境泡发; 5.低压20 kPa环境泡发。

图3 不同低压环境下水发牛蹄筋电镜观察结果

图3扫描电镜的观察结果反映了不同低压环境

对水发牛蹄筋微观结构的影响。由图3可以看出,牛蹄筋的胶原纤维在涨发过程中吸水膨胀,大致呈椭圆形葫芦状结构,纤维走向不规律。电镜观察结果可以很直观地显示出不同压力环境下水发牛蹄筋胶原纤维的溶胀特点。其中3(1)图反映了常压环境下水发牛蹄筋纤维结构的溶胀程度,可以清晰看出在涨发过程中由于水分渗透作用,胶原纤维束呈膨大状,且因吸水膨胀程度较大,部分胶原纤维束断裂而产生孔洞。相比常压涨发,低压80 kPa下牛蹄筋胶原纤维分布较为均匀,呈平行方式排列,少有发生弯曲或断裂,且纤维束膨胀程度较小,表明80 kPa压力环境下水发牛蹄筋的溶胀能力较弱。通过比较图3(2)与(3)图,可知低压60 kPa环境下,牛蹄筋胶原纤维束膨胀程度相比于80 kPa的压力涨发环境有所增加,压力差的增大是其溶胀程度增加的首要原因。图3(4)反映低压40 kPa下水发牛蹄筋纤维结构的溶胀程度,可以清晰看出胶原纤维吸水后的葫芦形膨胀结构,且有部分因胶原纤维束断裂而产生的孔洞。此压力下胶原纤维的溶胀程度较前2个低压环境要大,接近常压。图3(5)反映低压20 kPa下水发牛蹄筋纤维结构的溶胀程度,该压力环境与常压环境之间的压力差值达到80 kPa,可以看出该低压环境下牛蹄筋纤维分布较为松散,胶原纤维因吸水溶胀有较明显的椭圆形葫芦状结构,且因纤维束断裂而产生的孔洞较之前所有的压力环境要大,表明在20 kPa压力下,牛蹄筋纤维结构的溶胀程度最大,显示压力差越大越利于牛蹄筋的涨发。

### 3 结论

不同压力对牛蹄筋的质构特性影响显著,低压环境牛蹄筋的硬度值总体上高于常压。DSC分析结果显示,常压、压力80 kPa、压力60 kPa环境下涨发的牛蹄筋在加热后均出现吸热峰。且常压和80、60 kPa压力下牛蹄筋蛋白热变性温度逐渐减小,显示经低压涨发处理后的牛蹄筋蛋白对热处理温度更为敏感。不同低压环境对水发牛蹄筋的色泽、pH值均有显著影响。电镜观察结果显示,在低压20 kPa下水发牛蹄筋纤维分布较为松散,纤维束断裂而产生的孔洞较之前所有的压力环境要大,表明压力差越大,牛蹄筋的涨发程度

也越大。

#### 参考文献:

- [1] 周晓燕.烹调工艺学[M].北京:中国轻工业出版社,2008
- [2] 林国正.牛蹄筋菜肴的烹调[J].饮食天地,1996:16-17
- [3] Thanonkaewa A, Benjakul S, Visessanguanb W. Chemical composition and thermal property of cuttlefish (*Sepia pharaonis*) muscle[J]. Journal of Food Composition and Analysis,2006,19:127-133
- [4] Hudson B J F. Development in Food Proteins[M]. London:Applied Science Publishers,1982
- [5] 刘剑侠,李婷婷,密娜,等.超高压处理对大菱鲆品质的影响[J].食品工业科技,2013,34(20):102-106
- [6] 章广远,陈玉珍,顾景范.氨基酸自动分析仪测定食物中的色氨酸[J].营养学报,1990,(12):93-95
- [7] 纪宗亚.质构仪及其在食品品质检测方面的应用[J].食品工程,2011,(3):22-24
- [8] Caine W, Aalhus J, Best D, et al. Relationship of texture profile analysis Warner-Bratzler shear force with sensory characteristics of beef rib steaks[J]. Meat Sci,2003,64(4):333-339
- [9] 郝红涛,赵改名,柳艳霞,等.肉类制品的质构特性及其研究进展[J].食品与机械,2009,25(3):125-127

欢 迎 订 阅

**2017年《中国乳品工业》**

月刊 邮发代号: 14-136

● 全国中文核心期刊 ● 中国科学引文数据库 (CSCD) 收录 ● 美国《化学文摘》(CA) ● 美国《剑桥科学文摘》(CSA) ● 英国《国际农业与生物科学研究中心文摘》(CAB) ● 英国《食品科学与技术文摘》(FSTA) 收录期刊

《中国乳品工业》创刊于1973年,主要报道国内外乳品行业新技术、新设备、创新科研成果及发展趋势。内设研究报告、专题论述、生产与管理、消费与市场、综述、资料、厂商论坛等栏目。内容新颖、实用、权威,是乳品生产企业经营决策者、技术人员及大专院校有关人员掌握国内外乳品科学技术、行业动态必不可缺的专业读物。

单价15元,全年180元。全国各地邮局均可订阅,也可汇款至本杂志社订阅,本刊发行部常年办理邮购订阅业务。

**欢迎惠登广告, 欢迎投稿!**

■ 银行汇款  
户 名: 《中国乳品工业》杂志社  
开户行: 哈市工商行和兴支行  
帐 号: 3500042109014495687

■ 邮政汇款  
地 址: 哈尔滨市松北区科技创新城创新一路2727号  
《中国乳品工业》杂志社  
邮 编: 150028  
电 话: (0451) 86662740  
投稿邮箱: zgrtgy@163.com