

# 马鹿蹄筋气膨化涨发工艺优化

闵二虎<sup>1</sup>, 李心芯<sup>1</sup>, 朱云龙<sup>2\*</sup>, 刘岩松<sup>3</sup>

(1. 江苏旅游职业学院 烹饪科技学院, 江苏 扬州 225127; 2. 扬州大学 旅游烹饪学院, 江苏 扬州 225127;

3. 威海职业学院 旅游学院, 山东 威海 264200)

**摘要:** 利用干货原料热膨胀原理, 探讨气膨化法涨发马鹿蹄筋的最佳工艺。结果表明: 低温烤制膨化阶段上火 95℃、下火 105℃ 烤制 42 min; 高温烤制膨化阶段上下火温度均为 225℃、烤制 120 s, 此时蹄筋感官指标最佳。膨化后蹄筋避光放置常温和冰箱 4℃ 条件下, 贮藏 60 d 测得酸价分别为 1.89、1.61 mg/g, 过氧化值分别为 0.079、0.061 g/100 g, 远低于国标的限定要求。蹄筋食用前复水时间 25 min, 温度 43℃, 增重比为 497.6%。

**关键词:** 马鹿蹄筋; 气膨化法; 理化指标; 烹饪工艺

中图分类号: TS 972.11

文献标志码: A

文章编号: 2095-8730(2019)04-0037-05

马鹿是名贵的药食两用经济动物, 在《本草纲目》中对马鹿就有记载。<sup>[1]</sup> 据统计, 2017 年全国人工养殖马鹿存栏量 19.1 万只, 集中养殖区主要有新疆、内蒙古、甘肃等。<sup>[2]</sup> 应茵<sup>[3]</sup> 等根据营养素的国家测定标准测得, 每 100 g 蹄筋中, 蛋白质含量为 89.5 g、脂肪 0.7 g、灰分 0.7 g、钙 106 mg、钾 45 mg, 是典型的高蛋白、低脂肪、富含钾、钙和必须氨基酸等营养物质, 具有较高的食用价值。

马鹿蹄筋作为蹄筋类原料的重要代表, 因其具有很高的食用价值和经济价值, 越来越被人们所接受和认可。<sup>[4]</sup> 它多以干制品形式贮存, 食用前需要经过涨发加工才可烹调。传统的涨发工艺有碱溶液涨发、混合涨发、油涨发等, 其共性特征之一是在涨发过程中会对原料营养成分造成直接或间接的破坏, 特别是碱溶液涨发制品, 长期食用甚至会对人体产生一定危害。<sup>[5]</sup> 气膨化是利用热膨胀原理对干货原料进行涨发, 简化了传统涨发工艺流程, 降低了营养成分的破坏和流失。分析已有气膨化加工研究, 均是以膨化时间、温度为研究对象, 未能对膨化后原料作进一步保存试验来论证气膨化涨发的优势。另查阅现有气膨化涨发原料品类中, 未见马鹿蹄筋的相关研究。

本试验采用气膨化法对马鹿蹄筋进行涨发,

分析膨化过程中关键因数时间和温度, 同时对膨化后原料的理化指标进行测定, 最终得到马鹿蹄筋最佳气膨化工艺参数、最佳复水条件和不同贮存条件下原料的酸价和过氧化值变化, 以期填补马鹿蹄筋气膨化工艺技术的空缺, 为气膨化原料工业化生产提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

马鹿蹄筋: 内蒙古大圣生物技术有限责任公司提供。

PCD-E3000 恒温鼓风干燥箱: 上海琅圩股份有限公司; KQD50F-E2 烤箱: 宁波方太厨具有限公司; BCD-630WPDGB 冰箱: 珠海格力电器股份有限公司; WSSX-411 温度计: 上海仪表厂; D001-100M 电子计时器: 杭州精诚三和定时器实业有限公司。

### 1.2 试验方法

工艺流程: 选料→清洗整理→脱脂→干燥→膨化。

操作要点: 选取颜色呈现金黄色有光泽而透明的干马鹿蹄筋; 去除表面残余脂肪、余肉, 清水中洗净, 放入洁净的不锈钢容器中, 加食用小苏

收稿日期: 2019-06-17 \* 通信作者

基金项目: 国家重点研发计划(2016YFC1300200)

作者简介: 闵二虎(1987-), 男, 江苏淮安人, 江苏旅游职业学院烹饪科技学院讲师, 从事肉品质量与安全控制研究;

朱云龙(1962-), 男, 江苏丹阳人, 扬州大学旅游烹饪学院教授, 从事烹饪工艺学、现代厨房管理、中医营养与药膳食疗研究。

打、水煮沸,脱脂时间为35 min,食用小苏打、马鹿蹄筋和水的质量比为1:45:150;脱脂后的马鹿蹄筋,逐个摊放在烤盘上,置于干燥箱中干燥,干燥温度为70℃、干燥时间为40 min;预热烤箱,升至一定温度后,对干燥好的马鹿蹄筋进行膨化处理。

1.3 马鹿蹄筋气膨化试验方案设计

1.3.1 低温烤制气膨化阶段

低温烤制阶段,蹄筋会变软、收缩、卷曲,原料表层出现颗粒状小白泡,其原理是胶原蛋白发生热变形作用所致,导致蛋白质网状结构松弛,胶原纤维变软具有伸缩性,<sup>[6]</sup>试验过程中,将马鹿蹄筋间隔3 cm,逐条摊开放入烤盘内,进行低温烤制,试验温度、时间见表1。

表1 马鹿蹄筋低温烤制膨化试验方案设计

组别	低温烤制		
	上火温度/℃	下火温度/℃	时间/min
1	85	95	48
2	90	100	45
3	95	105	42
4	100	110	39
5	105	115	36

1.3.2 高温烤制气膨化阶段

高温膨化阶段,蹄筋内结合水短时间获得大量的能量,挣脱亲水基团的结合,从而急剧汽化膨胀,致使胶原蛋白网络结构遭到破坏,失去凝胶的特性而脆化,使形成的孔洞结构固定下来。<sup>[7]</sup>试验参数设计见表2。

表2 马鹿蹄筋气高温烤制膨化试验方案设计

组别	高温烤制		
	上火温度/℃	下火温度/℃	时间/s
1	215	205	140
2	220	215	130
3	225	225	120
4	230	235	110
5	235	245	100

1.4 马鹿蹄筋气膨化正交试验设计

通过单因素试验确定4个因素的合适水平范围,进行 $L_9(3^4)$ 正交试验,见表3。

1.5 马鹿蹄筋气膨化感官评分设计

由20名食品专业学生组成感官评定小组,从组织形态、色泽、香味、弹性4个方面对蹄筋进行

感官品质评价,感官评分表设计参考GB/T 22210—2008,评分标准见表4。

表3 马鹿蹄筋气膨化正交试验因素水平表

水平	低温烤制膨化阶段		高温烤制膨化阶段	
	A: 温度/℃	B: 时间/min	C: 温度/℃	D: 时间/s
1	上火90、下火100	45	上火220、下火215	130
2	上火95、下火105	42	上火225、下火225	120
3	上火100、下火110	39	上火230、下火235	110

表4 马鹿蹄筋感官质量评分标准

感官指标	评分指标	得分
组织形态 (40分)	蹄筋全膨化,气泡均匀	31~40
	蹄筋全膨化、膨化效果欠佳,气泡相对均匀	21~30
	蹄筋膨化程度不均匀,表面气泡不均匀	11~20
	蹄筋膨化过度或中心未膨化,表面气泡不均匀	0~10
成品色泽 (20分)	蹄筋整体色泽呈现亮黄	16~20
	蹄筋部分出现深焦黄色	11~15
	蹄筋整体呈现深焦黄色	5~10
成品香味 (20分)	蹄筋香味浓郁,无异味、焦糊味	16~20
	蹄筋香味相对浓郁,无异味,有焦糊味	6~15
	蹄筋香味不明显,有异味,焦糊味明显	0~5
成品弹性 (20分)	蹄筋复水后无断裂,未见白点,弹性、韧性较好	16~20
	蹄筋复合水后无断裂,出现细小白点,弹性、韧性相对好	6~15
	蹄筋复合水出现断裂,中心有白点,弹性、韧性较差	0~5

1.6 马鹿蹄筋气膨化理化指标检测

1.6.1 复水性测定

选取已膨化好的马鹿蹄筋100 g,放入1 000 g 常温水中,进行复水性单因素试验,复水时间设定为20、25、30、35、40、45、50 min;复水温度设定为33、38、43、48、53、58、63℃。

1.6.2 增重比测定

$$\text{增重比} = (W_2 - W_1) \div W_1 \times 100\%$$

式中:  $W_1$  代表马鹿蹄筋的原重量(g);  $W_2$  代

表马鹿蹄筋气膨化后的重量( g)。

1.6.3 酸价测定

马鹿蹄筋膨化后,分别置于室温和冰箱 4 ℃ 条件下贮存试验,首先分别取试样 250 g,按 GB/T 5009.6—2016 第一法提取油脂,<sup>[8]</sup>称取 3.00 ~ 5.00 g 油脂试样,按照 GB 5009.229 - 2016 第三法进行检验,连续测定 60 d。

1.6.4 过氧化值测定

称取 2.00 ~ 3.00 g 按 1.6.3 项提取的油脂试样,按照 GB 5009.227 - 2016 第一法进行检验,<sup>[9]</sup>连续测定 60 d。

1.6.5 数据处理

应用 SPSS16.0 统计软件和 Excel 2007 对数据进行处理和分析。

2 结果与分析

2.1 低温烤制膨化阶段马鹿蹄筋品质变化

低温烤制膨化阶段蹄筋品质变化见图 1。

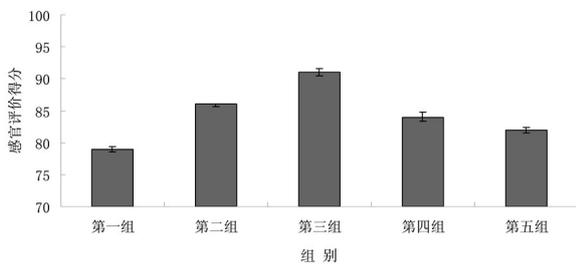


图 1 低温烤制膨化阶段马鹿蹄筋品质变化

图 1 得出,第三组低温烤制膨化感官评价最佳,即使用上火 95 ℃、下火 105 ℃、时间 42 min 对马鹿进行低温膨化,感官得分为 92 分,蹄筋色泽呈现亮黄,表面开始出现气泡,且均匀分布,中心部分硬核消失。第一组膨化用时最长,感官得分仅为 78 分,蹄筋表面色泽呈现不均匀,出现明显的浅焦黄色。第二、四组蹄筋感官性状类似,感官得分分别为 86、84 分,中心部分有不均匀的硬核分布。第五组加热时间最短,上、下火温度最高,蹄筋中心部分硬核消失,但表面气泡呈现大小不一,甚至出现气泡破裂现象。

2.2 高温烤制膨化阶段马鹿蹄筋品质变化

高温烤制膨化阶段蹄筋品质变化见图 2。

由图 2 可以看出,第三组感官评价最佳,得分为 96 分,膨化条件为上、下火均 225 ℃,烤制 120 s,膨化后的蹄筋香味浓郁,无异味和焦糊味,表面气泡分布均匀,切开后中心完全膨化。第一

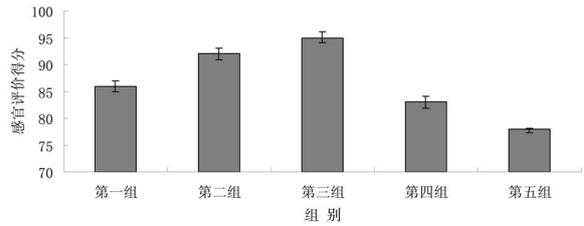


图 2 高温烤制膨化阶段马鹿蹄筋品质变化

组膨化后的蹄筋呈现焦黄色,部分地方出现深焦黄色,切开后有点状未膨化现象,感官得分为 86 分。第二、四组膨化后蹄筋香味相对浓郁,无异味,有焦糊味产生,第四组蹄筋中心存在膨化不完全现象,出现细小白点。感官得分分别为 92、84 分。第五组出现膨化过度现象。第四组膨化后的蹄筋感官与第三组类似,但表面气泡大小不一,且气泡出现破裂,气泡壁焦糊,感官得分仅为 78 分。

2.3 正交试验结果

在单因素试验的基础上,以感官得分为参考指标,对马鹿蹄筋气膨化的多因素条件进行正交试验,结果见表 5。

表 5 试验方案及试验结果

项目	A/℃	B/min	C/℃	D/min	感官得分
1	1	1	1	1	79
2	1	2	2	2	84
3	1	3	3	3	81
4	2	1	2	3	83
5	2	2	3	1	89
6	2	3	1	2	77
7	3	1	3	2	80
8	3	2	1	3	76
9	3	3	2	1	78
$k_1$	77.3	78.3	74.7	78.3	
$K_2$	79.7	79.7	80.0	78.7	
$k_3$	75.7	74.7	78.0	75.7	
R	4	5	5.3	3	
因素主次	C > B > A > D				
优化方案	$A_2B_2C_2D_2$				

通过正交试验和分析 R 值的大小,确定各因素的主次关系为 C > B > A > D,即高温烤制膨化阶段温度 > 低温烤制膨化阶段时间 > 低温烤制膨化阶段温度 > 高温烤制膨化阶段时间,最佳方案为  $A_2B_2C_2D_2$ ,即低温烤制膨化阶段,先用上火

95℃、下火105℃烤制42min,高温烤制膨化阶段上下火温度均为225℃、烤制120s,马鹿蹄筋气膨化感官指标最佳。

经验证试验证明,最佳方案气膨化的马鹿蹄筋感官评价质量最高,马鹿提前膨化前后的体积比为1:5,重量与原始重量相比减少了12.54%。

### 2.4 马鹿蹄筋膨化后复水性试验

#### 2.4.1 不同复水时间对蹄筋气膨化后的影响

复水时间对蹄筋品质变化的影响见图3。

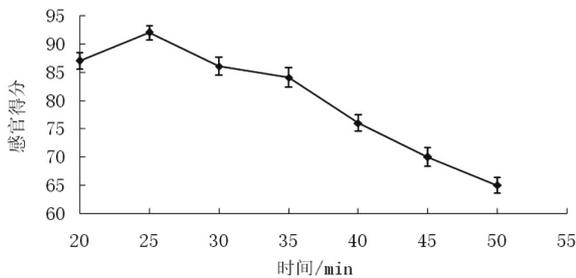


图3 不同复水时间对马鹿蹄筋品质变化的影响

由图3可知,膨化完成的马鹿蹄筋放入常温自来水中复水25min,效果最佳,感官得分91分,具体表现为蹄筋内外吸水丰盈,无明显吐水现象,弹性、韧性明显,无断裂现象,色泽呈现浅金黄色,透明有光亮,气味香郁。反之,随着复水时间的延长,蹄筋的感官指标逐渐下降,复水35min时,感官得分84分,蹄筋出现加热吐水,易断裂的现象。根据实验结果,确定最佳复水时间为25min。

#### 2.4.2 不同复水温度对蹄筋气膨化后的影响

复水温度对蹄筋品质变化的影响见图4。

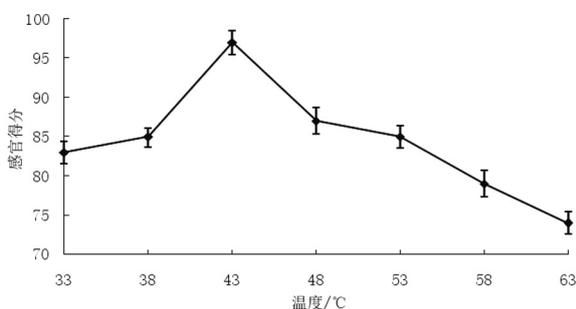


图4 不同复水温度对马鹿蹄筋品质变化的影响

由图4可知,复水25min保持不变,通过调整水温,当43℃时,马鹿蹄筋复水效果最佳,其感官指标与复合时间试验感觉指标相近。但温度的逐渐升高,蹄筋的增重比开始下降,出现成熟过度现象,弹性、韧性变差。确定最终复水温度为43℃,测得增重比为497.60%。

综合图3、图4试验得出:马鹿蹄筋气膨化后

最佳复水条件为时间25min,温度43℃,增重比为497.60%。

### 2.5 马鹿蹄筋膨化后酸价、过氧化值试验

马鹿蹄筋气膨化后置于室温和冰箱4℃条件下,贮存过程中酸价、过氧化值的变化情况。

#### 2.5.1 室温及冰箱4℃贮存条件下酸价变化

酸价变化结果见图5。

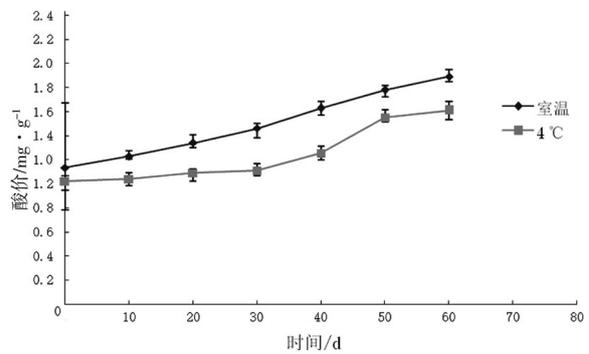


图5 室温贮存条件下酸价变化

由图5可知,采用室温和冰箱4℃贮存60d时,酸价分别为1.23、1.04mg/g;室温和冰箱4℃贮存30d时,酸价分别为1.46、1.11mg/g;室温和冰箱4℃贮存60d时,酸价分别为1.89、1.61mg/g。

#### 2.5.2 过氧化值变化

室温及冰箱4℃贮存条件下过氧化值变化结果见图6。

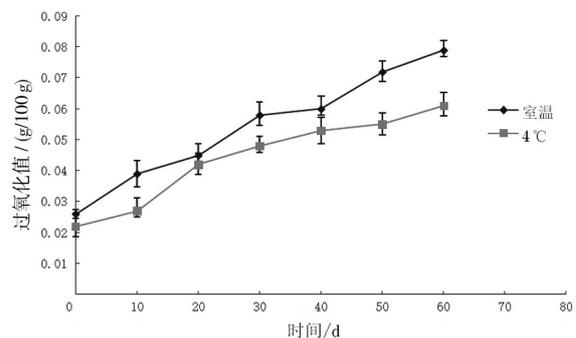


图6 冰箱4℃贮存条件下过氧化值变化

由图6可知,采用室温和冰箱4℃贮藏60d时,气膨化马鹿蹄筋的过氧化值分别为0.038、0.027g/100g;室温和冰箱4℃储藏30d时,过氧化值分别为0.056、0.047g/100g;室温和冰箱4℃储藏60d时,过氧化值分别为0.079、0.061g/100g。

参考国标GB 10146—2015对酸价≤0.25%,过氧化值≤0.20%的限定要求,<sup>[10]</sup>马鹿

蹄筋气膨化后置于室温和冰箱 4 ℃ 条件下,存放 60 d,不会对健康产生危害,仍可以食用。

### 3 结论

本试验利用干货原料热膨胀原理,以人工养殖的马鹿蹄筋为原料,通过气膨化法对原料进行涨发加工,得出最佳气膨化条件为:先上火 95 ℃、下火 105 ℃ 进行低温烤制膨化 42 min,再用上、下火温度均为 225 ℃ 进行高温烤制膨化 120 s,得到的马鹿蹄筋色泽呈现金黄透明,产品香味浓郁无异味,切开后中心部分完全膨化。将膨化后马鹿蹄筋分别置于常温避光和冰箱 4 ℃ 条件下贮存 60 d,测得酸价和过氧化值均远低于国标 GB 10146—2015 的限定要求。食用前将蹄筋置于温度 43 ℃ 水温中,复水 25 min,原料增重比可达 497.6 %。

#### 参考文献:

- [1] 秦瑜,张明海.中国马鹿的研究现状及发展[J].野生动物杂志,2009,30(2):100-104.
- [2] 李光玉,鲍坤,张旭,等.中国特种经济动物养殖产业发展综述[J].农学学报,2018,8(1):140-144.
- [3] 庄茵,刘静,张立实,等.马鹿鹿产品营养成分分析[J].卫生研究,2013,45(2):290-294.
- [4] 庞博,潘黛安,魏星化,等.鹿筋胶原蛋白多肽对骨细胞的作用[J].时珍国医国药,2017,28(11):2633-2635.
- [5] 董芝杰.基于响应面法的牛蹄筋低压涨发工艺优化[J].美食研究,2019,36(1):45-48.
- [6] 刘超,陈海峰,史诺.气流微波膨化设备的研究[J].真空,2009,46(5):46.
- [7] 戴阳军,胡舰,周莹,等.响应面法优化鱼糜肉纸制作工艺[J].美食研究,2018,35(3):48-53.
- [8] 国家卫生与计划生育委员会. GB/T 5009. 229—2016 食品中酸价的测定[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [9] 国家卫生与计划生育委员会. GB/T 5009. 227—2016 食品中过氧化值的测定[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [10] 国家卫生与计划生育委员会. GB 10146—2015 食品动物油脂[S].北京:中国标准出版社,2015.

## A study on swelling technology of wapiti tendons

MIN Erhu<sup>1</sup>, LI Xinxin<sup>1</sup>, ZHU Yunlong<sup>2</sup>, LIU Yansong<sup>3</sup>

(1. College of Cuisine Technology and Nutrition, Jiangsu Tourism College, Yangzhou, Jiangsu 225127, China;

2. College of Tourism and Culinary Science, Yangzhou University, Yangzhou 225127, China;

3. College of Tourism, Weihai Vocational College, Weihai, Shandong 264200, China)

**Abstract:** Thermal gas expansion for swelling wapiti tendons was investigated. The results showed that the best sensory property of the tendon was obtained at baking parameter settings for low-temperature baking at 95 ℃ of upper fire and 105 ℃ of lower fire for 42 min and higher temperature baking at 225 ℃ for both upper and lower fire for 120 s. 1.89 and 1.61 mg/g for acid value and 0.079 and 0.061 g/100 g for peroxide values, respectively, were detected for the swollen wapiti tendons stored in the dark at room temperature and 4 ℃, respectively, which were far less than the limits imposed by the national standard. A 497.6% of weight gain ratio of swollen wapiti tendon was obtained when the swollen tendons were rehydrated 43 ℃ for 25 min before consumption.

**Key words:** wapiti tendons; hot air expansion; physicochemical index; cooking technology

(责任编辑:赵勇)