

微波加热及NaCl添加量对牦牛肉糜凝胶特性和保水性的影响

陈 驰, 唐善虎*, 李思宁, 王 柳, 侯晓卫
(西南民族大学生命科学与技术学院, 四川 成都 610000)

摘 要: 微波加热是食品加工的一种新型技术, 为探讨微波加热对牦牛肉糜凝胶特性的影响, 采用单因素试验设计, 研究微波加热的时间、功率以及NaCl添加量对牦牛肉糜凝胶质构特性和保水率的影响。以水浴为对照组, 利用质构仪测定牦牛肉糜凝胶硬度、咀嚼性、弹性和回复性。结果表明: 随着对牦牛肉糜微波加热时间的延长, 其凝胶硬度、咀嚼性、弹性逐渐下降 ($P < 0.05$), 回复性逐渐增加 ($P < 0.05$), 保水率显著下降 ($P < 0.05$); 而随着微波功率增大, 牦牛肉糜凝胶的硬度、咀嚼性降低 ($P < 0.05$), 弹性变化不大 ($P > 0.05$), 蒸煮损失率明显增加 ($P < 0.05$); 同时, 随着NaCl添加量增加, 牦牛肉糜凝胶保水率显著增加 ($P < 0.05$)。本研究为微波技术在肉制品加工中应用提供了理论依据。

关键词: 牦牛肉糜; 微波加热; 质构特性; 保水性

Effect of Microwave Heating and NaCl Content on Texture Properties and Water-Holding Capacity of Ground Yak Meat

CHEN Chi, TANG Shanhu*, LI Sining, WANG Liu, HOU Xiaowei
(College of Life Science and Technology, Southwest University for Nationalities, Chengdu 610000, China)

Abstract: Although microwave heating is widely used in food processing, there currently are no reports on the effects of microwave heating and NaCl content on texture properties and water-holding capacity of ground yak meat. The objective of this study was therefore to explore the effects of microwave heating at different powers for different times and NaCl addition on texture properties and water-holding capacity (WHC) of ground yak meat using one-factor-at-a-time design. Gel hardness, chewiness, springiness and resilience were measured using a texture analyzer. Water bath heating was used as control. The results showed that with the extension of heating time, the hardness, chewiness and springiness of ground yak meat decreased gradually ($P < 0.05$), the resilience increased gradually ($P < 0.05$), and the WHC decreased significantly ($P < 0.05$). With the increase in microwave power, hardness and chewiness decreased ($P < 0.05$), springiness changed little ($P > 0.05$), and cooking loss increased significantly ($P < 0.05$). Additionally, with the increase in NaCl content, WHC increased significantly ($P < 0.05$). This study potentially provides useful information for the application of microwave heating in meat product processing.

Key words: ground yak meat; microwave heating; texture characteristics; water-holding capacity

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201621012

中图分类号: TS251.53

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2016) 21-0067-06

引文格式:

陈驰, 唐善虎, 李思宁, 等. 微波加热及NaCl添加量对牦牛肉糜凝胶特性和保水性的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(21): 67-72. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201621012. <http://www.spkx.net.cn>

CHEN Chi, TANG Shanhu, LI Sining, et al. Effect of microwave heating and nacl content on texture properties and water-holding capacity of ground yak meat[J]. Food Science, 2016, 37(21): 67-72. (in Chinese with English abstract)

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201621012. <http://www.spkx.net.cn>

收稿日期: 2016-03-03

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目(2015BAD29B02); 西南民族大学研究生创新型科研项目(CX2015SZ091)

作者简介: 陈驰(1988—), 女, 硕士研究生, 研究方向为食品工程与安全。E-mail: 958095410@qq.com

*通信作者: 唐善虎(1964—), 男, 教授, 博士, 研究方向为食品工程与安全。E-mail: 627885021@qq.com

肉糜是指将肉块绞碎和充分斩拌的均匀混合物^[1]。肉糜制品因含有丰富营养、可口、方便,而受到消费者青睐。目前,我国市场上销售的肉糜产品主要是以午餐肉为代表的猪肉糜罐头和火腿肠,而牛肉糜制品却非常有限,因为在牛肉糜方面的研究报道非常少见。张大磊等^[2]用广式腊肠的超滤产物研究对牛肉糜的保鲜效果,结果显示广式腊肠的小分子肽的清除自由基能力较佳、 Fe^{2+} 螯合能力及脂质体氧化抑制能力对牛肉糜保鲜效果明显;孔保华等^[3]研究了斩拌时间以及pH值对牛肉糜凝胶特性的影响,结果发现,伴随着肉糜的酸性减弱,牛肉糜制品的凝胶硬度、弹性、黏聚性均逐渐增大,并随着斩拌时间的延长呈现先增大后减小的趋势,且在斩拌20 min时达到峰值;Dong Jianguo等^[4]研究超高压以及转谷氨酰胺酶对牛肉糜凝胶品质的影响,结果显示牛肉凝胶在室温条件下经300 MPa压力处理15 min,其硬度、咀嚼性、保水性、凝胶强度略有下降。微生物转谷氨酰胺酶与超高压结合处理能够有效提高牛肉凝胶的硬度、咀嚼性和凝胶强度,其效果要优于单独的微生物转谷氨酰胺酶处理,但该实验中的处理方式都导致了牛肉凝胶的弹性和保水性的下降。刁新平等^[5]也研究了食盐对牛肉糜凝胶特性的影响,结果表明随食盐添加量的增多,牛肉糜制品的凝胶硬度和弹性均增加。生活中传统的加热方式是根据热传导、对流和辐射使热量由外到内传递来对物料进行加热,物料因为本身的介质特性难免会出现受热不均。而微波加热与传统加热不同,它是一种依靠物料本身吸收微波并将其转换成热能,使物料内外部整体同时升温,加热速率快且均匀的新型加热技术。Aziz等^[6]在研究伽马射线和微波处理对牛肉保质期的影响时发现微波处理的牛肉产品在5℃条件下保质期可延长至2周,并且如果将伽马射线和微波结合起来处理牛肉可提高其产品安全性;闫虹等^[7]则采用单独微波和水浴微波联用两种方法来处理白鲢鱼糜,发现水浴微波联用所得到的鱼糜凝胶特性最优;付湘晋等^[8]研究比较鲢鱼低盐鱼糜微波加热和传统水浴加热胶凝过程,并发现微波加热提高其凝胶强度的机理是抑制鱼糜蛋白质降解,促进蛋白质展开并相互作用(如交联)以形成弹性较好的三维网状结构;王仕钰^[9]通过用微波处理鸡胸肉糜发现微波对鸡胸肉糜凝胶的品质有着显著影响。目前,有关牛肉糜的研究均忽略了热处理对牛肉糜品质的影响,鲜见微波加热功率对牦牛肉糜凝胶特性研究的相关报道,也鲜见微波加热时添加NaCl对凝胶特性影响的研究报道。而本实验旨在利用微波热加工方式处理牦牛肉糜,以水浴加热作为对照,观察牦牛肉糜经过不同功率微波处理及添加NaCl后凝胶特性的变化情况,掌握在微波处理后牦牛肉糜各项指标的变化幅度以及改变特点,探讨变化的基本规律,为牦牛肉糜的相关研究提供科学参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

牦牛肉,由四川省阿坝红原县国中食品有限责任公司提供,质量160 kg,屠宰后去除多余的脂肪, -80℃条件下贮藏;NaCl 成都市科龙化工试剂厂。

1.2 仪器与设备

DHG-9240A型电热恒温鼓风干燥箱 上海精宏实验设备有限公司;BSA124S-CW型天平 赛多利斯科学仪器(北京)有限公司;HH-6数显恒温水浴锅 常州国华电器有限公司;电子天平 余姚市纪铭称重校验设备有限公司;G70F20CN3L-C2(B0)微波炉 广东格兰仕微波炉电器制造有限公司;TA-XT Plus 11056质构仪 北京微讯超技仪器技术有限公司;多功能食物搅拌器 九阳股份有限公司。

1.3 方法

1.3.1 牦牛肉糜凝胶样品制备

选取适量新鲜牦牛肉,洗净并去除多余脂肪和结缔组织后切碎成长宽高为1 cm×1 cm×1 cm的小方块,将肉块移至1 000 mL烧杯中后加入质量分数10%的高纯水搅拌10 s,然后用食物搅拌器将其低温斩拌成牦牛肉糜,于保鲜袋中排气密封,置于0~4℃冰箱冷藏备用。

对照组:将牦牛肉糜样品自然解冻至室温,取14 g样品于烧杯中,将其压实于杯底以排除气泡后放置于85℃恒温水浴锅,水浴30 min后取出自然冷却至室温备用。

微波处理组:前处理同对照组,分别于280、420、560、700 W条件下加热,每个功率加热15、25、35、45 s。每组均重复4次。

添加NaCl组:在加入高纯水时加入不同质量分数的NaCl溶液(0.5%、1.0%、1.5%、2.0%),对照组为未添加NaCl,搅拌10 s,其余处理步骤同微波处理组,加热条件为微波加热单因素试验结果(560 W、45 s),每组均重复4次。

1.3.2 牦牛肉糜保水性的测定

蒸煮损失率测定:参考祝超智等^[10]的方法并稍作改动进行。称取14 g牦牛肉糜置于烧杯中,压实于其底部,加热处理以后冷却至室温然后取出,吸干表面水分后称质量,每组均重复测定4次,蒸煮损失率按照公式(1)计算。

非压出水分含量测定:参照陈建良等^[11]的方法测定。将测完蒸煮损失率的牦牛肉糜夹于上下两层滤纸中,用TA-XT Plus质构仪的Hold Until Time模式,挤压后测其质量,测定参数为探头型号P50,保持10 kg压缩力压缩120 s,测前速率2.0 mm/s,测试速率0.5 mm/s,返回速率10.0 mm/s,触发力10 g。每个样品重复测定4次,非

压出水分含量按照公式(2)计算;凝胶保水率按照公式(3)计算。

$$\text{蒸煮损失率}/\% = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{非压出水分含量}/\% = \left(1 - \frac{m_2 - m_3}{m_2}\right) \times 100 \quad (2)$$

$$\text{凝胶保水率}/\% = (100 - \text{蒸煮损失率}) \times \text{非压出水分含量} \quad (3)$$

式中: m_1 为加热前肉糜质量/g; m_2 为加热后肉糜质量/g; m_3 为挤压后肉糜质量/g。

1.3.3 牦牛肉糜质构特性的测定

用质构仪对牦牛肉糜凝胶的硬度、咀嚼性以及回复性等指标进行测定。选择质地剖面分析(texture profile analysis, TPA)测试模式,参数如下:探头型号P/0.5,压缩比40%,测前速率2.0 mm/s,测中速率1.0 mm/s,返回速率5.0 mm/s,两次下压的间隔时间5 s,下压距离5 mm,触发力5 g,数据攫取速率200 Hz,每组样品平行4次。

1.4 数据处理与分析

实验均重复3次,结果以 $\bar{x} \pm s$ 表示,数据运用SPSS 18.0和Microsoft Excel软件进行处理和分析,采用方差分析(analysis of variance, ANOVA),并运用Duncan's检验进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 微波加热时间对牦牛肉糜凝胶特性和保水性的影响
经前期实验,选取微波功率560 W,分析不同微波加热时间对牦牛肉糜凝胶特性和保水性的影响,结果见表1、图1、2。

表1 微波加热时间对牦牛肉糜凝胶质构特性的影响

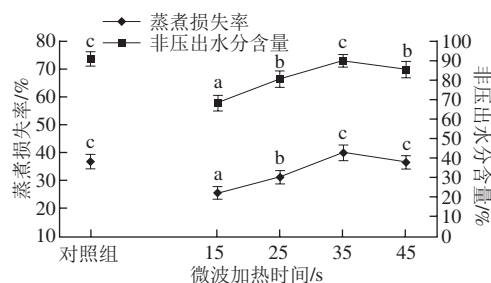
Table 1 Effect of microwave heating time on texture characteristics of ground yak meat

| 组别 | 硬度/g | 弹性 | 咀嚼性/g | 回复性 |
|------|--------------------------------|----------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| 对照组 | 2 336.36 ± 223.69 ^c | 0.950 ± 0.019 ^d | 1 836.89 ± 231.06 ^c | 0.393 ± 0.041 ^b |
| 微波加热 | | | | |
| 15 | 1 256.23 ± 104.42 ^a | 0.923 ± 0.011 ^a | 1 053.56 ± 141.57 ^a | 0.434 ± 0.013 ^a |
| 25 | 1 524.18 ± 84.31 ^b | 0.935 ± 0.010 ^b | 1 190.59 ± 84.92 ^b | 0.382 ± 0.008 ^b |
| 35 | 1 536.48 ± 101.48 ^b | 0.927 ± 0.010 ^b | 1 209.68 ± 69.28 ^b | 0.390 ± 0.031 ^b |
| 45 | 1 266.13 ± 178.28 ^a | 0.940 ± 0.019 ^b | 990.17 ± 203.99 ^a | 0.446 ± 0.020 ^a |

注: 同列肩标字母不同表示差异显著($P < 0.05$)。下同。

由表1可知,用微波分别加热15、25、35、45 s后,牦牛肉糜凝胶的硬度值均显著低于对照组($P < 0.05$),特别是加热处理45 s后牦牛肉糜凝胶的硬度比对照组降低了45.80%。而微波处理15、45 s与微波处理25、35 s之间硬度相当,差异不显著($P > 0.05$);牦牛肉糜凝胶咀嚼性的变化趋势和硬度相似,均与对照组差异显著($P < 0.05$);而微波处理15、45 s和25、35 s组间差异显著($P < 0.05$),组内差异不显著($P > 0.05$),但微波处理15、35 s的弹性与对照组差异显著($P < 0.05$);而

与对照组的回复性差异显著($P < 0.05$)的只有微波处理15、45 s的样品。随着微波加热时间的延长,牦牛肉糜的硬度和咀嚼性都先增加后降低,回复性则先降低后升高,而弹性则呈现缓慢增加的趋势。这一结果也符合胡坤等^[12]的研究。牦牛肉糜凝胶硬度的增大可能与牦牛肉糜的小颗粒之间的黏性增加有关。而由于加热时间的延长,蛋白质分子和水之间的相互作用力减弱,使蛋白质分子构象变化体积变小,从而导致弹性降低;另外,这一结果也可能与胶原蛋白含量有关。由于前期制备样品时都已剔除了脂肪和结缔组织,因此,可能导致了牦牛肉糜凝胶的弹性变化不是很明显。牦牛肉糜的咀嚼性与弹性和硬度密切相关,所以,其变化与硬度的变化具有相似性,因此,可以作为评价牦牛肉糜品质的重要指标之一。



小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$)。下同。

图1 微波加热时间对牦牛肉糜凝胶蒸煮损失率和非压出水分含量的影响

Fig. 1 Effect of microwave heating time on cooking loss and non-squeezed water content of ground yak meat gel

由图1可知,随着微波加热时间的延长,牦牛肉糜凝胶的蒸煮损失率逐渐增加,加热35 s时蒸煮损失率达到39.84%,随后逐渐降低。结果显示微波加热时间分别为15、25、35、45 s的样品间差异显著($P < 0.05$),其中加热处理15 s的样品蒸煮损失率显著低于对照组,而微波加热35、45 s的处理组则与对照组之间差异不显著($P > 0.05$)。这是由于随着微波加热处理时间的延长,牦牛肉糜逐渐升温,蛋白变性凝结,肉汁流出,蒸煮损失率则增加,35 s以后,肌肉蛋白变性完全,形成稳定的凝胶网络结构^[13],故蒸煮损失率基本不变。

与此同时,牦牛肉糜的非压出水分含量随微波加热时间的延长也逐渐增大,但从加热25 s开始趋势变缓。结果显示微波处理15~35 s时的样品非压出水分含量显著增多($P < 0.05$),加热25、45 s处理组之间差异不显著($P > 0.05$),而对照组的非压出水分含量则显著高于15、25 s的微波处理组($P < 0.05$)。非压出水分含量随微波加热处理时间的延长而增多的原因可能有以下几点:首先牦牛肉糜在受热形成凝胶的过程中蒸煮损失率逐渐增加,肉糜中被束缚的自由水含量相对比较少,当肉糜受到外力挤压时,压出的水分就会相对降低;其次随微波加热时间的延长,牦牛肉糜形成的凝胶网状结构趋于稳定,对自由水的约束增加^[14],在受外力挤压时压

出的水分量就会相对降低,因此非压出水分含量会随加热时间延长而增加,这也可能造成了对照组非压出水分含量较多。

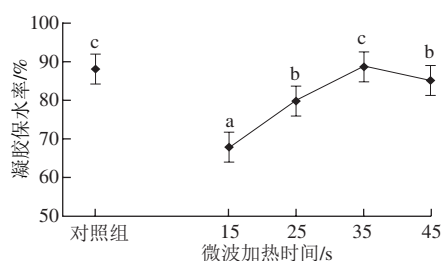


图2 微波加热时间对牦牛肉糜凝胶保水率的影响

Fig. 2 Effect of microwave heating time on water-holding capacity of ground yak meat

牦牛肉糜凝胶保水率的变化主要受到蒸煮损失率和非压出水分含量两个因素的影响。由图2可知,随着微波加热时间的延长,牦牛肉糜凝胶保水率先增加后逐渐降低,这与刘建华等^[15]所分析的结果一致;因为温度的升高使得牦牛肉糜蛋白肽链得以打开,之后聚合成寡聚体,最后形成复杂的网状结构从而提高保水率;但过高的温度又会反过来破坏网状结构,导致保水率降低。实验中微波加热15、25、35 s的牦牛肉糜凝胶保水率均有显著增加 ($P<0.05$),加热35 s后保水率略有下降,对照组的保水率则与35 s微波处理组之间无显著差异 ($P>0.05$)。牦牛肉糜在微波加热处理的过程中出现蛋白变性、肉质变硬、肉汁流失、保水率降低等一系列变化,而且蛋白变性程度越深,保水率就会越低。微波加热具有快速性,在微波加热45 s以后,牦牛肉糜的终温度即达到90℃以上^[16],远高于对照组的终温度,所以其保水率会显著低于对照组。

2.2 微波功率对牦牛肉糜凝胶特性和保水性的影响

经前期实验,选取微波加热时间45 s,分析不同微波功率对牦牛肉糜凝胶特性和保水性的影响,结果见表2、图3、4。

表2 微波功率对牦牛肉糜凝胶质构特性的影响
Table 2 Effect of microwave power on texture characteristics of ground yak meat

| 组别 | 硬度/g | 弹性 | 咀嚼性/g | 回复性 |
|-----|------------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|
| 对照组 | 2 336.36±223.69 ^c | 0.950±0.019 ^b | 1 836.89±231.06 ^c | 0.393±0.041 ^c |
| 280 | 1 300.20±310.04 ^a | 1.229±0.447 ^a | 1 254.36±240.25 ^a | 0.373±0.023 ^a |
| 420 | 1 801.26±850.53 ^b | 0.918±0.008 ^b | 1 387.36±39.39 ^b | 0.377±0.006 ^a |
| 560 | 1 449.11±103.58 ^a | 0.944±0.007 ^b | 1 168.20±58.85 ^a | 0.414±0.016 ^b |
| 700 | 1 607.44±83.65 ^b | 0.932±0.018 ^b | 1 270.10±70.97 ^a | 0.405±0.011 ^b |

由表2可知,微波功率为420 W时的处理组的硬度和咀嚼性与其他微波功率处理组和对照组均差异显著 ($P<0.05$),但与700 W微波处理组的硬度无显著差

异;微波功率为560 W时,牦牛肉糜凝胶的硬度和咀嚼性与对照组相比则出现显著的下落 ($P<0.05$),与硬度及咀嚼性最高的420 W微波处理组相比,硬度降低了19.55%,咀嚼性降低了15.80%。微波功率为280 W时的弹性相比其他处理组及对照组都显著增加 ($P<0.05$)。微波功率对牦牛肉糜的凝胶特性有显著的影响,随着微波功率的增加,牛肉糜凝胶的硬度和咀嚼性均呈先增大后降低再增大的趋势,回复性则是呈先增加后降低的趋势。但与对照组相比硬度和咀嚼性均有降低,原因可能是由于微波功率增大,牦牛肉糜温度迅速升高,使凝胶网状结构受到高温破坏^[16],而此时该结构还并不稳定,二硫键相继断裂,蛋白分子有效体积减小,可能达到了某个的极限值,水分蒸发剧烈,产生高压,破坏胶状结构^[17],导致牦牛肉糜凝胶结构稀疏缝隙多。而弹性的显著增加则可能与硬度的下降和凝胶的多孔性有关^[18]。

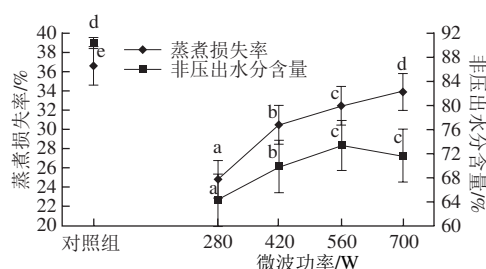


图3 微波功率对牦牛肉糜凝胶蒸煮损失率和非压出水分含量的影响

Fig. 3 Effect of microwave power on cooking loss and non-squeezed water content of ground yak meat

由图3可知,随着微波功率的增加,牦牛肉糜凝胶的蒸煮损失率逐渐增大,微波功率700 W时达到最大值(33.88%)。结果显示,微波功率为280、420、560、700 W的样品之间蒸煮损失率依次显著性增大 ($P<0.05$),对照组与微波处理组间差异均显著 ($P<0.05$),与王仕钰等^[9]的研究结果一致。牦牛肉糜在不同微波功率作用下,受到的微波强度就不同,功率越大,作用于肉糜的微波能量越大,肉糜升温越迅速,微波功率为700 W、加热50 s时牦牛肉糜凝胶温度就接近90℃,从而达到使牦牛肉糜完全变性的温度^[19]。因此牦牛肉糜凝胶的蒸煮损失率会随微波功率的增大而增加,其中对照组的蒸煮损失率明显比微波功率为280、420、560 W时的处理组大,这和牦牛肉糜微波处理组的受热时间远比对照组短有关。非压出水分含量的变化则表现出与蒸煮损失率不同的趋势。随微波功率的加大,非压出水分含量先升高后降低,微波各处理组非压出水分含量均显著低于对照组 ($P<0.05$),其中微波功率280 W处理组的非压出水分含量为64.32%,显著低于其他处理组 ($P<0.05$),特别是比对照组的90.25%降低了

28.73%。微波功率560、700 W的处理组之间差异不显著 ($P>0.05$)。由于微波功率的增加, 牦牛肉糜温度上升速率加快, 在相同的处理时间内所到达的终点温度也变大, 尤其是微波功率为700 W的处理组, 终点温度达到89.7℃, 蛋白质严重变性, 牦牛肉糜凝胶网状结构受到破坏, 从而降低了对水分的约束力, 导致在外力挤压时水分损失增加, 因此非压出水分含量有明显的减少^[20]。

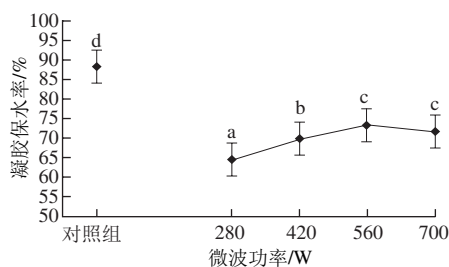


图4 微波功率对牦牛肉糜凝胶保水率的影响

Fig. 4 Effect of microwave power on water-holding capacity of ground yak meat

由图4可知, 牦牛肉糜凝胶的保水率整体呈现先显著上升后缓慢降低的趋势, 随着微波功率的增大, 280、420、560 W的样品之间保水率依次显著增加 ($P<0.05$), 但微波处理组的保水率均显著低于对照组 ($P<0.05$)。由图3、4可知, 保水率受蒸煮损失率的影响更大一些, 用较低微波功率加热处理牦牛肉糜时, 在一定程度上加速牦牛肉糜的熟化从而缩短了牦牛肉糜的熟化时间, 也因此使得牦牛肉糜的蒸煮损失率降低, 保水率增加。

2.3 NaCl添加量对牦牛肉糜凝胶质构特性和保水性的影响

表3 NaCl添加量对微波处理牦牛肉糜质构特性的影响
Table 3 Changes in texture properties of ground yak meat with NaCl content

| 组别 | 硬度/g | 弹性 | 咀嚼性/g | 回复性 |
|-----------|------------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|
| 对照组 | 1 480.91±106.53 ^c | 0.909±0.016 ^d | 1 135.91±206.43 ^c | 0.414±0.063 ^c |
| 0.5 | 893.67±75.97 ^a | 0.904±0.008 ^a | 720.01±75.32 ^a | 0.355±0.013 ^a |
| NaCl 1.0 | 1 118.65±48.23 ^b | 0.919±0.032 ^a | 945.23±87.54 ^b | 0.309±0.024 ^b |
| 添加量/% 1.5 | 1 425.20±109.78 ^c | 0.897±0.011 ^a | 946.01±58.97 ^b | 0.284±0.019 ^b |
| 2.0 | 1 177.39±97.64 ^b | 0.998±0.006 ^b | 1 024.61±102.75 ^b | 0.311±0.021 ^b |

由表3可知, 添加NaCl的各组处理组硬度均比对照组低, 特别是添加量为0.5%的处理组硬度显著降低 ($P<0.05$), 2.0%添加量样品的弹性与其他微波处理组以及对照组相比有显著增加 ($P<0.05$), 添加NaCl的各处理组回复性则与对照组相比有下降趋势, 咀嚼性在NaCl添加量为0.5%时与对照组和其余各添加组差异显著 ($P<0.05$), 为720.01 g。随着NaCl添加量的增加, 牦牛肉糜凝胶的硬度变化呈现先升高后降低的趋势; 弹性和咀嚼性值均有增大的趋势, 与常青等^[21]的研究结果一

致; 而回复性则变化不显著 ($P>0.05$)。随着牦牛肉糜中NaCl添加量的增加, 有更多盐溶性蛋白溶出, 并随微波加热而逐渐变性, 形成稳定的、富有弹性的蛋白凝胶网架, 束缚肉糜中的大量游离水分, 使得肉糜的弹性有显著的增加^[22]。这也与王伟娟等^[23]的研究结果一致, 但是牦牛肉糜的硬度却在添加NaCl后与对照组相比有所降低, 可能是因为添加NaCl使牦牛肉糜的蛋白凝胶网架膨胀, 含水量增加, 肉糜体系的支撑强度下降所致^[24]。

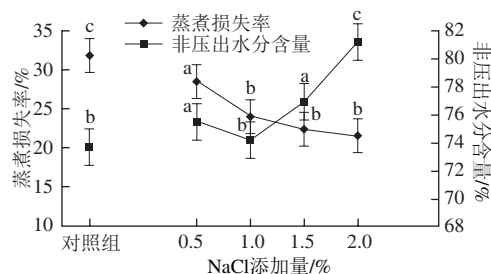


图5 NaCl添加量对微波处理牦牛肉糜凝胶蒸煮损失率和非压出水分含量的影响

Fig. 5 Effect of NaCl addition on cooking loss and non-squeezed water content of ground yak meat

由图5可知, 随着NaCl添加量的增加, 各处理组牦牛肉糜凝胶的蒸煮损失率有显著的降低 ($P<0.05$), 与汪张贵等^[25]的研究结果一致。其中添加量为2.0%的处理组比未添加组降低了32.49%; 各处理组的非压出水分含量也得到显著提高 ($P<0.05$)。

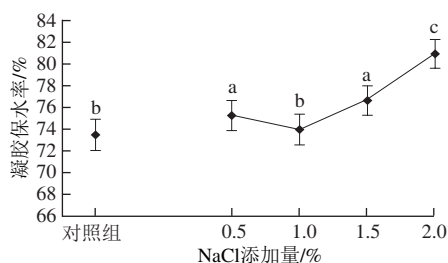


图6 NaCl添加量对微波处理牦牛肉糜凝胶保水率的影响

Fig. 6 Effect of NaCl addition on water-holding capacity of ground yak meat

由图6可知, 与非压出水分含量变化趋势相似, NaCl添加量为1.0%时保水率暂有下降, 并与对照组差异不显著 ($P>0.05$), 但随后添加量为1.5%、2.0%样品组的保水率显著增加 ($P<0.05$)。

3 结论

本实验研究了微波加热时间、加热功率和NaCl添加量对牦牛肉糜凝胶质构特性以及保水率的影响, 得到以下结论: 1) 随着微波加热时间的延长, 牦牛肉糜凝胶的蒸煮损失率明显上升, 非压出水分含量也

增加明显, 保水率显著增加后下降, 硬度、弹性、咀嚼性、回复性等质构特性均随加热时间的延长变化明显, 其中硬度、咀嚼性的变化差异显著 ($P<0.05$); 2) 随着微波功率的增加, 牦牛肉糜凝胶的蒸煮损失率显著增加 ($P<0.05$), 而非压出水分含量却先增大后降低 ($P<0.05$), 硬度、咀嚼性随功率的增加而逐渐变小, 其中微波功率为280 W时处理组的弹性最大 ($P<0.05$); 3) 随着NaCl添加量由0.5%增加至2.0%, 牦牛肉糜凝胶的蒸煮损失率显著降低 ($P<0.05$), 非压出水分含量和保水率均有显著性提高 ($P<0.05$), 肉糜的硬度先增大后降低, 当添加量为0.5%、1.0%和2.0%时硬度均显著低于对照组。回复性则先降低后增加, 均显著低于对照组 ($P<0.05$), 弹性有显著性增加 ($P<0.05$), 而咀嚼性有增加趋势, 但是变化不显著 ($P>0.05$)。

参考文献:

- [1] 孔保华, 韩建春. 肉品科学与技术[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2011: 10-13.
- [2] 张大磊, 蒋爱民, 夏列, 等. 广式腊肠超滤产物对牛肉糜保鲜效果研究[J]. 现代食品科技, 2015, 31(3): 235-241. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.3.039.
- [3] 孔保华, 郑冬梅, 刁新平. 斩拌时间和pH值对牛肉凝胶特性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2003, 29(9): 13-16. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.2003.09.004.
- [4] DONG J G, PAN R S, WANG Z R, et al. Effects of high hydrostatic pressure and microbial transglutaminase treatment on the qualities of minced beef gels[J]. Food Industry, 2013(8): 171-175.
- [5] 刁新平, 孔保华, 郑冬梅. 食盐和大豆蛋白对牛肉凝胶特性的影响[J]. 食品科技, 2003, 28(11): 29-31. DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2003.11.011.
- [6] AZIZ N H, MAHROUS S R, YOUSSEF B M. Effect of gamma-ray and microwave treatment on the shelf-life of beef products stored at 5°C[J]. Food Control, 2002, 13(Suppl 6/7): 437-444. DOI:10.1016/S0956-7135(01)00049-4.
- [7] 闫虹, 林琳, 叶应旺, 等. 两种微波加热处理方式对白鲢鱼糜凝胶特性的影响[J]. 现代食品科技, 2014, 30(4): 196-204. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2014.04.036.
- [8] 付湘晋, 许时婴, 李忠海, 等. 微波加热提高鲢鱼低盐鱼糜凝胶强度的机理研究[J]. 中国食品学报, 2012, 12(7): 61-66.
- [9] 王仕钰. 微波对鸡胸肉糜凝胶特性的影响研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2013: 5-9.
- [10] 祝超智, 赵改名, 张万刚, 等. 不同保水性鸡肉的品质比较和相关性研究[J]. 食品科学, 2013, 34(13): 45-49. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201313010.
- [11] 陈建良, 芮汉明, 邱志敏. 高静压下添加酪氨酸钠鸡肉肠制品保水性与质构特性的相关性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(5): 52-57.
- [12] 胡坤, 方少瑛, 王秀霞, 等. 蛋白质凝胶机理的研究进展[J]. 食品工业科技, 2006, 27(6): 202-205. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2006.06.066.
- [13] 靳红果, 彭增起, 周光宏. 牛肉盐溶蛋白质热诱导凝胶特性研究[J]. 食品科学, 2008, 29(8): 95-99. DOI:10.3321/j.issn:1002-6630.2008.08.016.
- [14] 周光宏, 彭增起, 徐幸莲. 肉品科学研究进展[J]. 中国农业科技导报, 2006, 8(3): 1-10. DOI:10.3969/j.issn.1008-0864.2006.03.001.
- [15] 刘建华, 徐秋红, 赵培城, 等. 肌肉蛋白热诱导凝胶特性的影响因素及其机制[J]. 食品与发酵工业, 2014, 40(8): 238-245. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.2014.08.044.
- [16] FOEGEDING E A, ALLEN C E, DAYTON W R. Effect of heating rate on thermally formed myosin, fibrinogen and albumin gels[J]. Journal of Food Science, 1986, 51(1): 104-108. DOI:10.1111/j.1365-2621.1986.tb10846.x.
- [17] 管斌, 林洪, 王广策. 食品蛋白质化学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 311-319.
- [18] 白艳红, 张小燕, 赵电波. 肌肉盐溶蛋白质凝胶机理及影响因素研究进展[J]. 肉类工业, 2009(3): 48-51. DOI:10.3969/j.issn.1008-5467.2009.03.018.
- [19] SAMEJIMA K, EGELANDSDAL B, FRETHEIM K. Heat gelation properties and protein extractability of beef myofibrils[J]. Journal of Food Science, 1985, 50(6): 1540-1543. DOI:10.1111/j.1365-2621.1985.tb10528.x.
- [20] 杨龙江, 南庆贤. 肌肉蛋白质的热诱导凝胶特性及影响因素[J]. 肉类工业, 2001(10): 39-42.
- [21] 常青, 黄启超, 胡永金, 等. NaCl离子强度、 Mg^{2+} 浓度、热变温度和pH对云南地方黄牛肌肉盐溶蛋白凝胶保水性的影响[J]. 食品工业科技, 2009, 30(1): 101-104. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2009.01.027.
- [22] FU X, HAYAT K, LI Z, et al. Effect of microwave heating on the low-salt gel from silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) surimi[J]. Food Hydrocolloids, 2012, 27(2): 301-308. DOI:10.1016/j.foodhyd.2011.09.009.
- [23] 王祎娟, 余小领, 李学斌, 等. pH值、NaCl浓度和加热温度对猪肉匀浆物凝胶质构特性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2011, 37(12): 183-188. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.2011.12.046.
- [24] 李继红. 不同种类肉盐溶蛋白凝胶特性的研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2004: 1-9.
- [25] 汪张贵, 闫丽萍, 彭增起, 等. NaCl浓度和pH对肉糜中脂肪微粒蛋白吸收量及凝胶特性的影响[J]. 食品工业科技, 2011, 32(10): 190-193. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2011.10.070.