

真空腌制条件对猪肉食盐渗透规律及品质变化的影响

张立彦, 熊玲

(华南理工大学轻工与食品学院, 广东广州 510640)

摘要: 以猪肉为原材料, 探讨了不同真空度以及真空腌制时间对其在真空腌制过程中的食盐渗透规律及品质变化的影响。实验数据表明: 随着真空度及腌制时间的增大, 食盐内渗量以指数方式增长, 猪肉水分含量不断减小, 并在 6 h 左右分别达到渗透平衡; 猪肉在腌制过程中一直保持增重且增重率随腌制时间的延长而极显著增大; 猪肉食盐渗透速率显著减小, 食盐渗透速率常数随真空度的增大而先增后减, 并在 0.08 MPa 下达到最大值 0.977。在品质变化方面, 真空度对猪肉的 pH 值没有显著影响, 盐溶液中可溶性蛋白含量随真空度的增大先增后减且在 0.08 MPa 下达到最大值; 在真空腌制过程中, 猪肉的 L^* 值和 b^* 值不断增大, a^* 值不断减小, 嫩度显著提高; 硬度、弹性和咀嚼性不断增大, 恢复性逐渐减小, 粘聚性先减小后增大。

关键词: 猪肉; 真空腌制; 食盐渗透; 品质变化

文章编号: 1673-9078(2013)11-2595-2600

Effect of Vacuum Pickling on Salt Osmotic Dehydration and Quality Changes of Pork

ZHANG Li-yan, XIONG Ling

(College of Light Industry and Food Sciences, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: The influence of vacuum pressure and brining time on salt osmotic dehydration and quality changes of pork in vacuum pickling process were studied. The results indicated that, as the vacuum pressure and curing time increased, the quantity of salt endosmosis increased exponentially, while water content decreased and reached the equilibrium at about 6 h. The mass of pork kept rose in the vacuum brining process, and the mass-gain rate was increased significantly as the vacuum pressure increasing. Salt penetration rate decreased and the constant of salt penetration rate increased first and then decreased with the vacuum pressure increased, and reached its maximum value of 0.977 at 0.08 MPa. Vacuum pressure had slight impact on pH of the pork. Soluble protein content in salt solution had the similar change as the constant of salt penetration, which showed the highest value at 0.08 MPa. The values of brightness (L^*) and yellowness (b^*) were enhanced while redness (a^*) reduced during the salting process. Vacuum brining could improve the tenderness of pork obviously, and the hardness, elasticity and chewiness were enhanced gradually. The resilience decreased and cohesiveness decreased after the first increases.

Key words: pork; vacuum pickling; salt osmotic dehydration; quality changes

腌制是决定猪肉品质的关键因素之一, 通过腌制能够使食盐渗入肉品组织中, 降低水分活度, 提高渗透压, 抑制腐败菌的生长。这是一个动态平衡的过程, 其根本动力是肉体内外组分浓度差, 当浓度差逐渐降低直至消失时, 扩散和渗透过程就达到平衡^[1]。腌制还能够稳定肉色, 提高肉的保水性和嫩度, 改善肉的风味, 从而提高肉的品质。真空腌制技术作为一种新型腌制技术, 与传统腌制方法相比, 具有腌制速率快、时间短、盐分渗透均匀、提高产品质量等优点, 已广泛运用于蜜饯、糖制干果、果蔬腌制品^[2-5]等食品加工

中, 近年来国内也有一些肉类腌制品采用了这项新技术, 但相关研究还较少, 属于起步阶段。国外许多学者对肉类渗透脱水过程中的食盐扩散规律以及品质变化进行了相关研究。如 Graiver^[6]研究了盐分在猪肉组织的扩散, 并建立了盐分渗透的数学模型; Deumier^[7]等对火鸡排的研究表明真空腌制对鸡排的品质有明显的影响。罗扬^[8]研究了腊肉在真空腌制过程中的品质的变化, 发现与传统腌制技术研制的原料肉相比, 真空腌制工艺可以提高原料肉中的 L^* 值、 a^* 值、盐溶性蛋白的含量及原料肉的弹性和剪切力。而在国内, 肉制品的腌制多凭经验, 很少关注其渗透规律, 不能够科学地掌握和预测腌制过程中食盐的渗透情况, 国内关于真空条件对猪肉在真空腌制过程中的食盐渗透规律及品质变化影响也未见报道。据此, 本文以猪肉作

收稿日期: 2013-07-02

基金项目: 广东省教育部产学研结合项目资助 (2011A090200030)

作者简介: 张立彦 (1974-), 女, 博士, 副教授, 研究方向: 食品加工与保藏

为研究对象,探讨不同真空条件(真空度及真空腌制时间)对猪肉食盐内渗量、水分含量、质量变化率、pH、色差、盐溶性蛋白及嫩度、质构等品质变化的影响,以期为实际工业化生产提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

新鲜猪肉、食盐,市售,购自广州华润万家连锁超市;所用磷酸盐、葡萄糖和白砂糖为食品级,其他试剂均为分析纯。

TA-XT2i 型质构仪,英国 Stable Micro Systems 公司;DZ-280/2SD 多功能真空包装机,东莞市金桥科技电器制造有限公司;LDZX-30FA 型手提式不锈钢蒸汽消毒器,江阴项江机械设备有限公司;DHG9140B 型电热鼓风干燥箱,上海安亭科学仪器厂;MJ-250 BP02A 型绞肉机,美的股份有限公司;CR-400 型便携式色差仪,日本柯尼卡美能达公司;MZ2C 型真空泵,Germany 公司;752 型可见分光光度计,上海现科分光仪器有限公司;PHS-25 型 pH 计,上海雷磁仪器厂。

1.2 实验方法

1.2.1 真空腌制工艺操作要点

猪肘经过剔骨、拔毛、去皮等预处理之后,平均分割成 4cm×3cm,质量约为 60±5g 的肉块。将预处理的猪肉平均分成四组,按肉:水=1:1.5 (m/V) 的比例放入配制好的腌制液(6%食盐、0.4%复合磷酸盐、0.015%亚硝酸钠、0.02%异 Vc 钠、0.4%葡萄糖、0.4%白砂糖)中,分别置于不同真空度(本文定义真空度为相对压强,真空度=大气压强-绝对压强)下进行真空腌制,并确保腌制液能完全浸没原料肉。在不同腌制时间取出并经流动水冲洗以去除肉样表面盐分,再进行熬煮、杀菌、真空包装后得到成品。

1.2.2 猪肉中食盐内渗量的测定

参照《GB/T 9695.8-2008 肉与肉制品氯化物含量测定》中的硝酸银直接滴定法^[9]。

1.2.3 食盐渗透速率和渗透速率常数的测定

根据不同真空度下食盐内渗量随腌制时间变化的数据,研究真空度和腌制时间对食盐渗透速率和渗透速率常数的影响。食盐渗透速率按照每小时每克猪肉样品中食盐内渗量的多少来计算。按照指数增加的模型,即设浓度为 C_0 的盐水腌制一段时间后,猪肉的盐浓度为 C_t ,可用公式表示: $C_t = C_0(1 - e^{-kt})$ 。式中 k 为速率常数。可以求得食盐渗透的速率常数^[10]。

1.2.4 猪肉水分含量的测定

参照《GB 5009.3-2010 食品中水分的测定》的直接干燥法^[11]。

1.2.5 猪肉质量变化

猪肉在真空腌制过程中的质量变化按如下计算公式进行计算:

$$\Delta M = \frac{M_2 - M_1}{M_1}$$

注: M_2 为腌制后的肉块质量, M_1 为腌制前的肉块质量。

1.2.6 pH 测定

参考《GBT 9695.5-2008 肉与肉制品的 pH 的测定》^[12]。

1.2.7 色泽测定

采用便携式色差仪以标准白色样板作为对照进行样品色差测定,分别记录 L^* 、 a^* 、 b^* 值作为测定样品的明度值、红度值、黄度值。由于肉面颜色随位置而异,故在肉面约 10 cm² 内重复 5 次,改变位置度量,最后取平均值。

1.2.8 盐溶液中可溶性蛋白含量测定

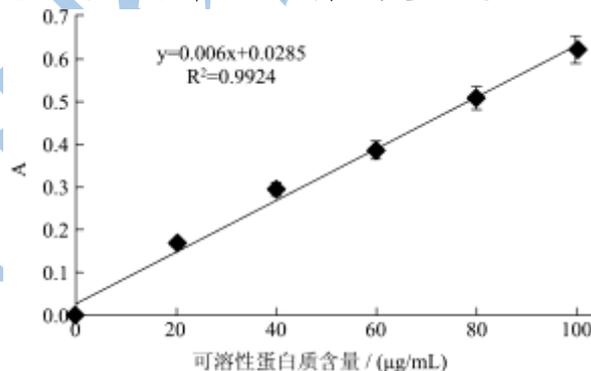


图1 牛血清蛋白标准曲线

Fig.1 Standard curve of Bovine Serum Albumin

在不同腌制时间各取 1 mL 腌制液,根据考马斯亮蓝 G-250 比色法测定腌制液中可溶性蛋白质含量^[13]。用牛血清蛋白做标准溶液,以蛋白质浓度为横坐标,以吸光值为纵坐标绘制标准曲线,得出曲线方程,如图 1 所示。

1.2.9 嫩度测定

将成品肉切成长 2cm,宽和高都 1cm 的长方体,以备用。剪切力参数设定如下:测前速度为 2.0 mm/s,测中速度为 2.0 mm/s,测后速度为 2.0 mm/s,压缩距离为 20 mm,测试时间为 10 s,测试模式取 Compression,探头为 HDP/BSW。重复测定三次,取平均值。

1.2.10 质构测定

将成品肉切成长、宽、高各为 1cm 的正方体,以备用。质构仪参数设定如下:测前速度为 2.0 mm/s,

测中速度为 0.5 mm/s, 测后速度为 5.0 mm/s, 压缩比为 40%, 两次下压间隔时间为 5.0 s, 负载类型为 Auto-20 g, 探头为 P/5。重复测定三次, 取平均值。

1.2.11 数据分析

采用 Excel 2007 对数据进行处理、作图, 运用 Origin7.5 软件对数据进行曲线数值拟合。

2 结果与讨论

2.1 真空度腌制条件对食盐内渗量和水含量的影响

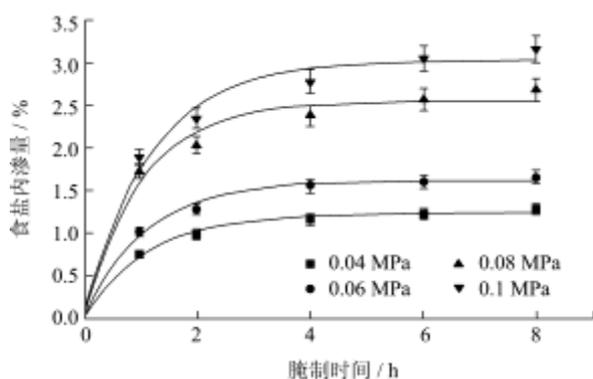


图 2 真空度及腌制时间对猪肉内渗量的影响

Fig.2 Effect of vacuum pressure and brining time on salt endosmosis in pork

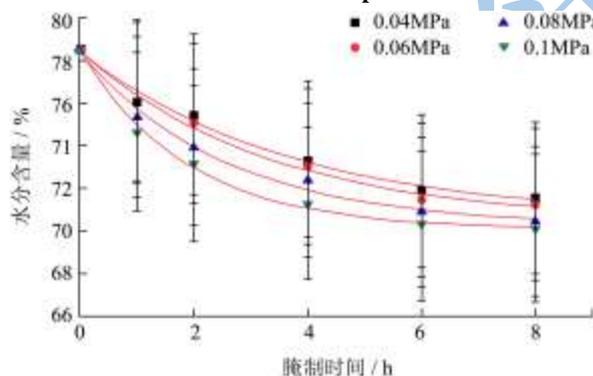


图 3 真空度及腌制时间对猪肉水分含量的影响

Fig.3 Effect of vacuum pressure and brining time on water content in pork

从图 2 可知, 在同一真空度下, 猪肉食盐内渗量以指数生长方式增长, 随着腌制时间的延长而逐渐增大, 食盐渗透速率在前 4 h 内最快, 而后逐渐降低, 直至在 6 h 左右达到平衡。随着真空度的增大, 渗入猪肉中的盐含量也越高, 数据分析可知真空度对猪肉食盐获得具有极显著影响 ($p < 0.01$)。从图 3 可知, 猪肉水分含量随腌制时间的延长而逐渐减小, 直至在 6 h 左右达到平衡。相同条件下时, 真空度越大, 水分

减小速率越大, 不同真空度下腌制平衡后猪肉的水分含量大致相同, 约为 71%。数据分析可知真空度对猪肉水分含量有显著影响 ($p < 0.05$)。这是因为真空腌制时, 猪肉细胞间的气泡和水分不断被挤压出, 形成气孔后肉样组织发生膨胀, 细胞间距增大, 有利于食盐的进入。真空度越大, 肉制品膨胀的越多, 细胞间距增大的也越多, 盐分就越容易渗透进入肌肉组织中。这与 Deumier^[7]的研究结果也是一致的。

2.2 真空腌制条件对猪肉中食盐渗透速率和渗透速率常数的影响

2.2.1 对猪肉渗透速率的影响

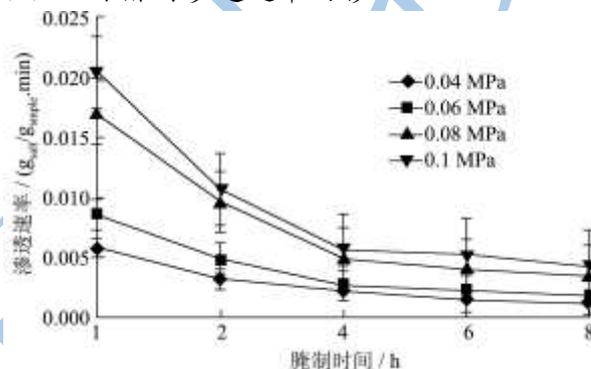


图 4 真空度及腌制时间对猪肉中食盐渗透速率的影响

Fig.4 Effect of vacuum pressure and brining time on salt penetration rate

由图 4 可知, 食盐渗透速率随腌制时间的延长而不断减小。渗透速率在腌制 1 h 内最大, 随着渗透进行, 渗透速率逐渐降低, 食盐增加幅度越来越小。在相同腌制时间内, 真空度越大, 食盐渗透速率越大, 达到腌制平衡时的渗透速率也越大。分析数据可知, 真空条件对食盐渗透速率具有显著影响 ($p < 0.05$), 在腌制过程中起到积极作用。

2.2.2 对食盐渗透速率常数的影响

根据不同真空腌制条件下猪肉食盐内渗量的相关数据, 经过软件 Origin 7.5 数值拟合, 可以求得食盐渗透的速率常数和最大食盐内渗量。

从表 1 中可以看出, 猪肉的最大食盐内渗量随真空度的增大而不断增加。6% 盐水浓度下, 真空度从 0.04 MPa 增加到 0.1 MPa, 最大食盐内渗量则从 1.23% 增加到 3.03%。随着真空度的增大, 猪肉的渗透速率常数先增大后减小, 在 0.08 MPa 时达到最大值。这是因为随着真空度的增大, 虽然在渗透前期食盐渗透速率较快, 但是同时脱水速率也不断加快, 随着渗透过程的进行, 猪肉组织内外食盐浓度差减小, 渗透推动

力逐渐减小, 在渗透后期反而不利于进一步扩散。

表 1 不同真空度下食盐渗透速率常数和最大食盐内渗量

Table 1 The constant of salt penetration rate and maximum salt endosmosis quantity at different vacuum pressures

真空度 /MPa	食盐内渗量曲线拟合		
	最大食盐内渗量/%	渗透速率常数 K	R ²
0.04	1.23	0.870	0.981
0.06	1.61	0.903	0.987
0.08	2.55	0.977	0.980
0.1	3.03	0.851	0.986

2.3 真空腌制条件对猪肉质量变化的影响

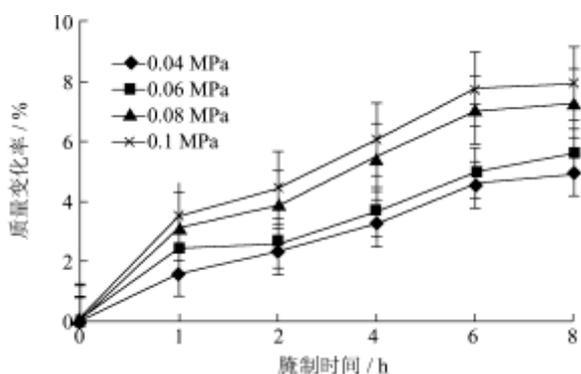


图 5 真空度及腌制时间对猪肉质量变化的影响

Fig.5 Effect of vacuum pressure and brining time on mass change in pork

由图 5 可知, 在真空腌制条件下, 猪肉一直是增重的, 且随着腌制时间的延长, 猪肉增重速率也越大, 直至在 6 h 左右达到平衡。系统真空度越大, 猪肉增重的速率也越大。0.04 MPa 下腌制 6 h 后猪肉增重率为 4.57%, 而 0.08 MPa、0.1 MPa 时则分别高达 7.07%、7.73%。数据分析可知真空度对猪肉质量变化率具有极显著影响 ($p < 0.01$)。这可能是因为在真空条件下, 猪肉盐分获得速率大于脱水速率, 且随着真空度的不断增大, 增大的程度越加明显。另外, Deumier^[7]指出, 常压腌制造成肉样失重, 与此相比, 真空腌制更有利于产品得率的提高。

2.4 真空腌制条件对猪肉 pH 的影响

由图 6 可知, 总体来讲, 猪肉 pH 值随腌制时间延长呈先上升后下降的趋势, 这与罗扬^[8]的研究结果一致。这可能是因为腌制液中加入了磷酸盐使溶液偏碱性, 腌制液渗入猪肉组织后使猪肉 pH 值先增大, 而后随着腌制时间的延长, 原料肉组织细胞内的液体由于渗透压的影响而逐渐渗出, 导致 pH 下降。方差分析可知, 真空度对 pH 值没有显著影响 ($p > 0.05$),

腌制时间对 pH 值具有极显著影响 ($p < 0.01$), 0.04 MPa 和 0.06 MPa 下分别在 8 h 和 6 h 达到 pH 最大值, 而 0.08 MPa 和 0.1 MPa 下则在 4 h 达到最大值, 说明真空度越大, 达到 pH 值最大值的时间越短。

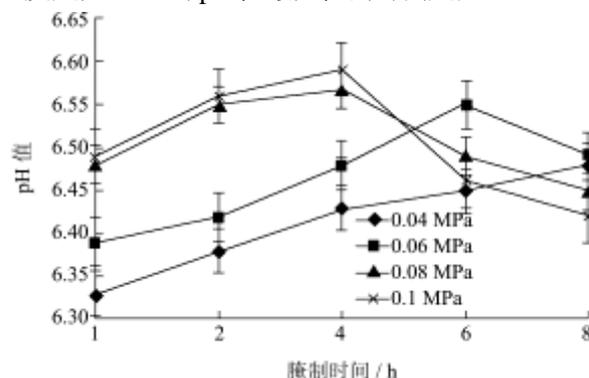


图 6 真空度及腌制时间对猪肉 pH 值的影响

Fig.6 Effect of vacuum pressure and brining time on pH of pork

2.5 真空腌制条件对猪肉色泽的影响

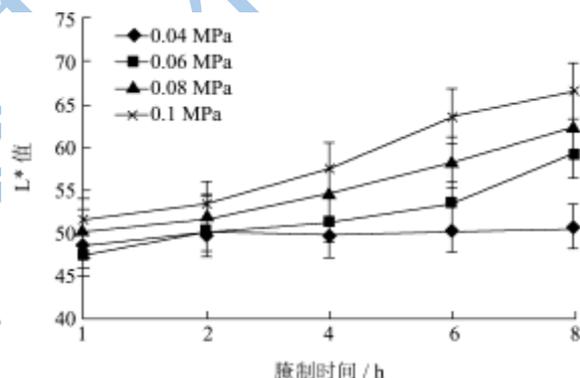


图 7 真空度及腌制时间对 L* 值的影响

Fig.7 Effect of vacuum pressure and brining time on the value of L*

真空度对猪肉色泽的影响如图 7、图 8、图 9 所示。由图 7 可知, 在真空腌制时, 明度 (L*) 值随真空度和时间的增大而逐渐增大, 这是因为在真空腌制过程中, 真空度越大, 肉缝隙中的血水和胶原物质渗出得越快, 而透明状态的腌制液渗入得越快, 猪肉明度提高。不同真空度对猪肉 L* 值没有显著影响 ($p > 0.05$)。由图 8 可知, 猪肉的 a* 值随着时间的延长而逐渐减小, 真空度越大, a* 值减小的速率越快。分析数据可知真空度对 a* 值有显著影响 ($p < 0.05$), 这是因为 a* 值与猪肉中的肌红蛋白 (Mb) 和血红蛋白 (Hb) 含量有关, 一方面 Mb 在盐的促进下与氧气结合生成高铁肌红蛋白, 颜色变浅; 另一方面 Hb 随着血水的流出而流失^[4], 从而导致 a* 值降低。从图 9 可以看出, 与 a* 相反, b* 值随着真空度和腌制时间的增大而逐渐增大, 真空度对 b* 值有显著影响 ($p < 0.05$)。

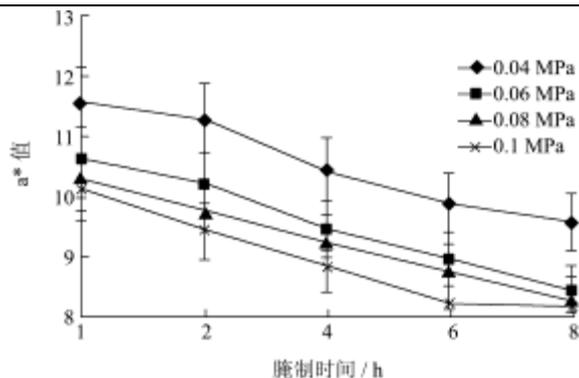


图8 真空度及腌制时间对猪肉 a* 值的影响

Fig.8 Effect of vacuum pressure and brining time on the value

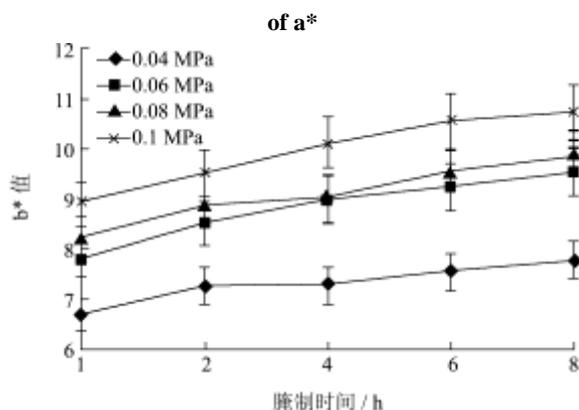


图9 真空度及腌制时间对猪肉 b* 值的影响

Fig.9 Effect of vacuum pressure and brining time on the value

of b*

2.6 真空腌制条件对可溶性蛋白含量的影响

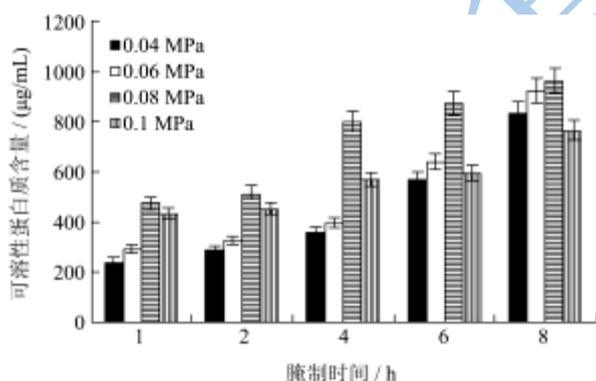


图10 真空度及腌制时间对可溶性蛋白质含量的影响

Fig.10 Effect of vacuum pressure and brining time on the content of soluble protein

由图10可知,盐溶液中可溶性蛋白质含量随腌制时间的延长而逐渐增加,腌制时间对盐卤中可溶性蛋白质含量具有极显著影响 ($p < 0.01$)。而在同一时间点上,随着真空度的增大,盐溶液中可溶性蛋白质含量先增大后减小,在0.08 MPa时达到最大值。如在0.08 MPa条件下,随着腌制时间从1 h增加到8 h,盐溶液

中可溶性蛋白含量从 473.3 $\mu\text{g/mL}$ 增大到 964.0 $\mu\text{g/mL}$ 。分析数据可知,真空度对可溶性蛋白质含量有显著影响 ($p < 0.05$)。这可能是因为随着真空度的增大,猪肉食盐渗透速度也逐渐增大,猪肉组织中所含食盐含量不断增大,从而促进了肌肉中盐溶性蛋白质的不断溶解,由于渗透压不断向外渗出,导致盐溶液中的可溶性蛋白含量增加。

2.7 真空腌制条件对猪肉嫩度的影响

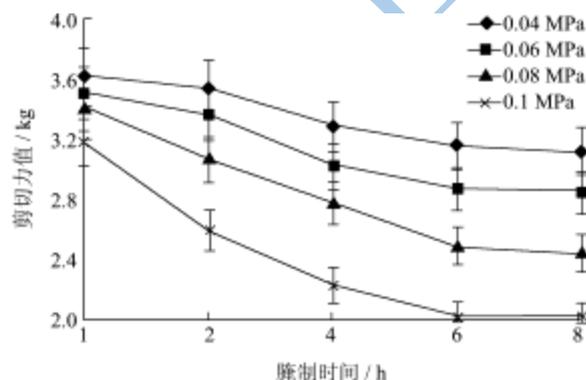


图11 真空度及腌制时间对猪肉剪切力的影响

Fig.11 Effect of vacuum pressure and brining time on shear force of pork

由图11可知,随着腌制时间的延长,剪切力的值逐渐减小,即猪肉嫩度越高。而在相同腌制时间下,猪肉剪切力值随着真空度的增大而急剧减小,表明真空腌制能够对改善猪肉的嫩度起到积极作用。分析数据可知,真空度对猪肉嫩度有显著影响 ($p < 0.05$)。这是因为真空腌制使肉制品中的空气和水分排出,在细胞内部产生许多泡孔,肉样整体产生膨胀,细胞间距增大,而且较多的食盐进入组织内,盐溶性蛋白溶出较多,从而提高了肉的嫩度。

2.8 真空腌制条件对猪肉质构的影响

不同真空度下猪肉腌制6 h后的质构参数如表2所示。从表中可以看出,随着真空度的不断增大,猪肉硬度、弹性增加不显著 ($p > 0.05$),咀嚼性显著增长 ($p < 0.05$),恢复性不断减小 ($p < 0.05$),粘聚性则呈先减小后增大的趋势 ($p > 0.05$)。这可能是因为一方面在HDM机理和变性松弛现象的作用下,肌肉纤维组织扩张,猪肉硬度减小;另一方面,食盐渗入猪肉组织和水分不断渗出,食盐与蛋白质发生反应,肌原纤维蛋白不断凝聚收缩导致猪肉硬度增大,二者交互作用使猪肉硬度呈小幅增长。另外,盐溶性蛋白不断渗出及蛋白质在加热过程中逐渐变性,形成稳定的、富有弹性的蛋白凝胶网络,使猪肉弹性和咀嚼性增大。

表 2 不同真空度对猪肉质构的影响

Table 2 Effect of vacuum pressure on TPA parameters of pork

真空度/MPa	硬度/g	弹性	粘聚性	咀嚼性/g	恢复性
0.04	975.58±42.46 ^b	0.759±0.048 ^c	0.484±0.782 ^c	445.26±23.25 ^{bc}	0.376±0.067 ^a
0.06	1002.34±56.55 ^{ab}	0.821±0.063 ^b	0.463±0.563 ^{bc}	536.58±46.78 ^b	0.322±0.015 ^b
0.08	1246.23±73.75 ^a	0.833±0.059 ^b	0.512±0.049 ^b	642.36±34.68 ^b	0.294±0.034 ^c
0.1	1391.61±98.43 ^a	0.926±0.145 ^a	0.559±0.098 ^a	865.27±90.78 ^a	0.287±0.023 ^c

注：表中值为平均值±标准差，同一列字母不同者表示有显著性差异 ($p<0.05$)。

3 结论

3.1 真空度及腌制时间对猪肉的腌制效果具有显著影响。随着真空度及腌制时间的延长，猪肉食盐内渗量以指数生长方式增长，水分含量逐渐减小，食盐渗透速率随腌制时间的延长而显著减小，并在 6 h 左右达到腌制平衡，猪肉的渗透速率常数随真空度的增大而先增大后减小；猪肉在腌制过程中一直保持增重，且增重率随真空度的增大而显著增大 ($p<0.05$)。

3.2 真空度及腌制时间对猪肉的品质变化具有显著影响。真空度对猪肉 pH 值没有显著影响；腌制后猪肉明度值 L^* 不显著增长 ($p>0.05$)，黄度值 b^* 显著增加 ($p<0.05$)，红度值 a^* 显著降低 ($p<0.05$)；随着真空度及腌制时间的延长，盐溶液中可溶性蛋白质含量先增大后减小，在 0.08 MPa 时达到最大值；猪肉嫩度显著提高 ($p<0.05$)；硬度和弹性呈小幅增长的趋势，咀嚼性不断增大，恢复性逐渐减小，粘聚性先减小后增大。

参考文献

- [1] 曾庆孝, 芮汉明, 李汴生. 食品加工与保藏原理(第二版)[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007
ZENG Qing-xiao, RUI Han-ming, LI Bian-sheng. Principles of food processing and preservation (Second edition) [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2007
- [2] H Mújica-Paz, A Valdez-Fragoso, A López-Malo, et al. Impregnation and osmotic dehydration of some fruits: effect of the vacuum pressure and syrup concentration [J]. Journal of Food Engineering, 2003, 57(4): 305-314
- [3] Fito P. Modeling of vacuum osmotic dehydration of food [J]. Journal of Food Engineering, 1994, 22: 313-328
- [4] Beate Schulze, Stephan Peth, Eva Maria Hubbermann, et al. The influence of vacuum impregnation on the fortification of apple parenchyma with quercetin derivatives in combination with pore structures X-ray analysis [J]. Journal of Food Engineering, 2012, 109(3): 380-387
- [5] Barat J M, Chiralt A, Fito P. Effect of osmotic solution concentration, temperature and vacuum impregnation pretreatment on osmotic dehydration kinetics of apple slices [J]. Food Science and Technology International, 2001, 7: 451-456
- [6] Graiver N, Pinotti A, Califano A, et al. Diffusion of sodium chloride in pork tissue [J]. Journal of Food Engineering, 2006, 77(4): 910-918
- [7] Deumier F, Bohuon P, Trystram G, et al. Pulsed vacuum brining of poultry meat: experimental study on the impact of vacuum cycles on mass transfer [J]. Journal of Food Engineering, 2003, 58: 75-83
- [8] 罗扬. 真空腌制在腊肉加工中的应用技术研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2011
LUO Yang. Application of vacuum impregnation on the processing of Chinese Bacon [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2011
- [9] GB/T 9695.8-2008 《肉与肉制品氯化物含量测定》[S]
GB/T 9695.8-2008 《Meat and meat products-Determination of chloride content》[S]
- [10] 章银良. 海鳗腌制加工技术的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2007
ZHANG Yin-liang. Study on the processing technology of pike eel pickling [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2007
- [11] GB-5009.3-2010 《食品中水分的测定》[S]
GB-5009.3-2010 《Determination of moisture in foods》[S]
- [12] GB/T9695.5-2008 《肉与肉制品的 pH 的测定》[S]
GB/T9695.5-2008 《Meat and meat products-Measurement of pH》[S]
- [13] Fei Ma, Conggui Chen, Lei Zheng, et al. Effect of high pressure processing on the gel properties of salt-soluble meat protein containing $CaCl_2$ and κ -carrageenan [J]. Meat Science, 2013, 95(1): 22-26
- [14] 史培磊. 风鹅腌制工艺改进及其品质变化规律的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2011
SHI Pei-lei. Studies on the processing improvement of dry-cured goose and their quality variations [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2011

现代食品科技