DOI:10.12161/j.issn.1005-6521.2020.18.004

不同腌制处理对草鱼肉理化性质的影响

高凯日,林琳*,陆剑锋,姜绍通
(合肥工业大学 食品与生物工程学院,安徽省农产品精深加工重点实验室,安徽 合肥 230009)

摘　要:对比分析不同腌制法(干腌、湿腌、混合腌制、超声辅助腌制)对草鱼肉水分、盐分、蛋白质、脂肪、脂肪酸、游离氨基酸含量和挥发性盐基氮(total volatile base nitrogen,TVB-N)、细菌总数、色差、质构的影响。结果表明:腌制相同时间后,传统的干腌法鱼肉中脂肪和蛋白质含量最高($p<0.05$),鱼肉的硬度和咀嚼性提高,但盐渗透速率较低,TVB-N 值和菌落总数较高;超声辅助腌制法的鱼肉盐分吸收速度最快,TVB-N 值和菌落总数最低($p<0.05$),多不饱和脂肪酸含量最高,但鱼肉的硬度和咀嚼性下降,黏着性提高。4 种腌制法均会使草鱼肉的亮度提高,与干腌相比,其他 3 种腌制法(湿腌、混腌和超声辅助腌制)均会使鱼肉中的游离氨基酸含量一定程度地降低。

关键词:干腌;湿腌;超声辅助腌制;混合腌制;理化性质

Effects of Different Curing Treatments on Physical and Chemical Properties of Grass Carp Meat

GAO Kai-ri, LIN Lin*, LU Jian-feng, JIANG Shao-tong
(School of Food and Biological Engineering, Hefei University of Technology, Key Laboratory for Agriculture Products Processing of Anhui Province, Hefei 230009, Anhui, China)

Abstract: The effects of different curing methods (dry curing, wet curing, mixed curing and ultrasonic assisted curing) on water content, salt content, protein content, fat content, fatty acids content, free amino acid content, total volatile base nitrogen (TVB-N), total bacterial count, color difference and texture of grass carp meat were analyzed. The results showed that after the same curing time, the fish meat curing by traditional dry method had the highest fat and protein content ($p<0.05$), and the hardness and chewiness of the fish meat increased. However, the salt permeation rate of the fish meat curing by traditional dry method was low, and the TVB-N value and total colonies number of it were high. The fish meat curing by ultrasonic-assisted method had the fastest salt absorption rate, and the TVB-N value and total colonies number of it were the lowest ($p<0.05$). Moreover, the fish meat curing by ultrasonic-assisted method had the highest polyunsaturated fatty acid content. The hardness and chewiness of fish meat curing by ultrasonic-assisted method decreased, and the cohesive of it improved. Four kinds of curing methods could increase the brightness of grass carp meat. Compared with dry curing, the other three curing methods (wet curing, mixed curing and ultrasonic assisted curing) reduced the free amino acids content of fish meat.

Key words: dry curing; wet curing; ultrasonic assisted curing; mixed curing; physical and chemical properties

引文格式:
高凯日,林琳,陆剑锋,等.不同腌制处理对草鱼肉理化性质的影响[J].食品研究与开发,2020,41(18):21-28
GAO Kairi, LIN Lin, LU Jianfeng, et al. Effects of Different Curing Treatments on Physical and Chemical Properties of Grass Carp Meat[J].Food Research and Development,2020,41(18):21-28

基金项目:安徽省水产产业技术体系项目(NYCYTX-2016-84)
作者简介:高凯日(1992—),女(汉),硕士研究生,研究方向:水产品加工与贮藏。
* 通信作者:林琳(1978—),女(汉),副教授,研究方向:水产品加工与贮藏。

草鱼（*Ctenopharyngodon idellus*）是一种高蛋白、低脂肪、营养丰富的淡水鱼类，味道鲜美，广受人们的喜爱。草鱼的食物种类丰富，且生长快速，是我国传统的淡水“四大家鱼”之一，产量约占淡水鱼总产量的1/5[1]。鲜草鱼不易长期保存，4 ℃冷藏保存的货架期约为8 d[2]，目前草鱼主要以鲜活销售为主，加工成产品的种类较少，主要用于加工成腊鱼、醉鱼等。

腌制是一种被广泛使用的食品加工法，可以提高食品的保质期，改善食品的滋味，产生令人愉悦的风味，干腌和湿腌是最为传统的腌制方式。干腌是将食盐撒在鱼肉表面进行腌制，研究发现虽然干腌时间较长，但最终产品水分含量较低，生产时操作简便[3-4]，在工业生产经常被采用。湿腌是将鱼肉置于盐水中腌制，腌制液的浓度对产品影响极大，实际操作中含盐量、含水量易控制，产品得率高。闫瑾等[5]研究了腌制液浓度等对湿腌的传质动力的影响，建立预测模型，准确预测样品中盐含量。

为满足人们对食品安全营养等方面的需求，在传统腌制的基础上又延伸出多种腌制方式。将湿腌与干腌相结合形成混合腌制，既能减少腌制时间又可以控制含盐量，多应用于板鸭、咸水鸭的腌制[6]。将高压、真空、滚揉、注射、超声波等方法应用到腌制中，形成了超高压腌制、真空腌制、真空滚揉腌制、注射腌制、超声波辅助腌制等新型腌制方法，可显著提高腌制速率，改善产品风味[7-13]。本文研究了4种腌制方式（干腌、湿腌、混腌、超声辅助）对草鱼肉理化性质及鱼肉中脂肪酸、游离氨基酸含量的影响，为草鱼腌制工艺的选择提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

鲜活草鱼、食盐：市购。

硫酸铜、氢氧化钠、石油醚、甲醇（均为分析纯）：西陇科学股份有限公司；三氯乙酸、硫酸钾、浓硫酸、三氯甲烷（均为分析纯）：国药集团化学试剂有限公司。

石墨消解仪（SH220F）：山东海能科学仪器有限公司；可调高速匀浆器（FSH-2A）：江苏省金坛市荣华仪器制造有限公司；电热恒温鼓风干燥箱（DHG-9023J）：上海三发科学仪器有限公司；全自动色差计（SC480）：北京康光光学仪器有限公司；电热恒温培养箱（DHP-9162）：上海一恒科技有限公司；自动凯式定氮仪（K9840）：山东海能科学仪器有限公司；数控超声波清洗器（KQ-300VDE）：昆山市超声仪器有限公司；油浴锅（OSB-2200）：上海爱朗仪器有限公司；可见分光光度计（SP-722E）：上海光谱有限公司；高速离心机（CTI5RT）：上海天美生化仪器设备工程有限公司；电子分析天平（FA2004）：上海衡平仪器仪表厂。

1.2 方法

1.2.1 原料预处理

宰杀活草鱼除去头、鳞片和内脏，从背部剖开分成两半，剔去草鱼脊背骨与带鳍腹部，将所得鱼片切成5 cm×3 cm×1.5 cm大小的鱼块，每块重（30±5）g。

1.2.2 腌制

1）干腌：将鱼块与5 %盐（以肉重计）混合均匀放于玻璃容器中，室温（20 ℃）腌1 h后，连同容器置于4 ℃冰箱中继续腌制。

2）湿腌：将鱼块与7 %盐溶液1∶3（g/mL）混合均匀放于玻璃容器中，室温（20 ℃）腌制1 h，然后连同容器置于4 ℃冰箱腌制。

3）混腌：将鱼块与5 %盐混合均匀放于玻璃容器中，室温（20 ℃）腌制1 h，之后再与7 %盐溶液1∶3（g/mL）混合均匀，然后连同容器置于4 ℃冰箱腌制。

4）超声辅助腌制：将鱼块与7 %盐溶液1∶3（g/mL）混合均匀放于玻璃容器中，超声（60 kHz 300 W）辅助室温（20 ℃）腌制1 h，然后连同容器置于4 ℃冰箱腌制。

5）鲜鱼对照组：将玻璃容器中的鱼块置于室温（20 ℃）条件下1 h，之后连同容器置于4 ℃冰箱中。

1.2.3 腌制鱼块的理化性质测定

每隔1 h检测一次含盐量和水分含量，腌制5 h后统一检测其他指标。

1.2.3.1 含盐量（NaCl）测定

按照GB 5009.44-2016《食品安全国家标准 食品中氯化物的测定》中银量法（摩尔法或直接滴定法）测定草鱼块内部鱼肉的含盐量，平行检测3次，计算平均值。

1.2.3.2 水分含量测定

水分含量按照GB 5009.3-2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》中直接干燥法测定，平行检测3次，计算平均值。

1.2.3.3 粗脂肪含量的测定

粗脂肪含量按照GB 5009.6-2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》中索氏抽提法进行检测，平行检测3次，计算平均值。

1.2.3.4 粗蛋白质含量的测定

粗蛋白质含量按照GB 5009.5-2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》中凯氏定氮法进行检测，平行检测3次，计算平均值。

1.2.3.5 挥发性盐基氮的测定

挥发性盐基氮按照GB 5009.228-2016《食品安全

国家标准 食品中挥发性盐基氮的测定》中自动凯氏定氮仪法检测，平行测定 3 次，计算平均值。

1.2.3.6　菌落总数的测定

菌落总数按照 GB 4789.2-2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》进行检测。

1.2.3.7　色差的测定

将腌制好的鱼肉流水清洗，吸水纸吸去表面水分，取脊背部位切割成 2 cm×1 cm×0.5 cm 大小的鱼肉块，使用全自动色差仪检测色差，检测前先用仪器配备的黑白板进行校准。样品的色泽以参数 L^*、a^*、b^* 表示，L^* 表示黑白，数值越大表示越白；a^* 表示红绿偏向（正值表示红色偏向，负值表示绿色偏向）；b^* 表示黄蓝偏向（正值表示黄色偏向，负值表示蓝色偏向）。每组样品反复检测 12 次计算平均值。

1.2.3.8　质构的测定

取脊背部位切割成 2 cm×1 cm×0.5 cm 大小的鱼肉块，使用物性仪检测其质构（硬度、弹性、黏着性、咀嚼性）。设定参数（P/36 R 圆柱形不锈钢的压缩探头）：测前速率 1.00 mm/s，测中速率 1.00 mm/s，测后速率 1.00 mm/s，压缩变形 35 %，触发力 5.0 g，时间间隔 5 s。每组样品反复检测 12 次计算平均值。

1.2.3.9　脂肪酸组成和相对含量测定

脂肪的提取：参照 Floch 等[14]的方法并稍作修改。准确称取已冷冻干燥的样品 0.800 g，加入体积比 2∶1 的氯仿-甲醇溶液 30 mL，浸提 1 h 后过滤，将滤渣再浸提 0.5 h 后过滤，40 ℃旋转蒸干收集的滤液，得到样品的粗脂肪后-20 ℃储存备用。

脂肪甲酯化：参照张伟伟等[15]的方法，取出之前提取出的粗脂肪，加入 4 mL 的 1 mol/L KOH-CH_3OH 溶液，60 ℃水浴 30 min，完全皂化后取出冷却至室温（25 ℃），然后加入 40 mL 的 12.5 % H_2SO_4-CH_3OH 溶液，继续 60 ℃水浴 30 min，酯化后取出冷却至室温（25 ℃）。并使用分液漏斗萃取出甲酯化的脂肪酸，加入 50 mL 蒸馏水使甲酯化的溶液完全溶解，加入 5 mL 色谱级正己烷，振荡混匀，静置萃取 10 min，留取上层液相，加入8 mL 饱和 NaCl 溶液反复洗涤 3 次，移取上层液相，加入无水硫酸钠 1.0 g（除水），4 500 r/min 条件下离心 10 min，取上清液用孔径为 0.22 μm 滤膜过滤，待气相色谱-质谱联用（gas chromatography mass spectrometry，GC-MS）分析。

GC 条件：色谱柱为 DB-5（石英毛细管柱）（30 mm×0.25 mm×0.25 μm）。载气为 He，总流速 11.8 mL/min，分流比 10∶1。进样口温度 250 ℃，离子源温度 230 ℃，程序升温：100 ℃保持 1 min，然后以 10 ℃/min 到 200 ℃保持 1 min，然后 5 ℃/min 到 280 ℃保持 4 min，运行 30 min。

MS 条件：离子源温度 230 ℃；GC-MS 接口温度 220 ℃；电子电离源（electron ionization，EI）；电离电压 70 eV。采集方式为全扫描，扫描范围 40 amu/s~500 amu/s。在 NIST08 谱库中检索脂肪酸甲酯，定性脂肪酸，利用面积归一化法计算每种脂肪酸的相对百分含量。

1.2.3.10　游离氨基酸的测定

参照王伟等[16]的方法稍作修改，准确称取 0.080 g 干样品，加入 4 %的磺基水杨酸溶液定容至 10 mL，避光超声 1 h 后在 12 000 r/min 条件下离心 10 min，取上清液用孔径为 0.22 μm 滤膜过滤，滤液备用。进入氨基酸全自动分析仪测定游离氨基酸的组成及含量。

1.3　统计分析

数据的平均值及标准偏差使用 Excel 计算，数据指标间的差异性及相关性应用 SPSS 统计软件对数据分析，$p<0.05$ 为各处理组间差异显著。

2　结果与分析

2.1　不同腌制方式对草鱼块含盐量及水分含量的影响

腌制水产品的感官品质、安全性、储存时间都与含盐量密切相关。不同腌制方式对草鱼肉含盐量的影响见图 1。

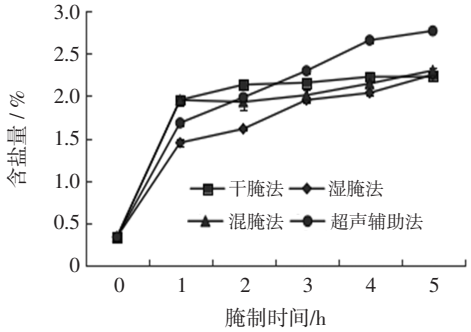


图 1　不同腌制方式对草鱼肉含盐量的影响

Fig.1　Effect of different curing methods on the salt content of grass carp meat

由图 1 可知，4 种腌制方法对草鱼块含盐量的影响是不同的。腌制结束后，不同腌制法的含盐量由高到低依次是：超声辅助法、混腌法、湿腌法、干腌法。腌制 1 h 时干腌和混腌法的含盐量均是最高的，湿腌的含盐量最低，这可能是由于干腌和混腌法在此时都是直接将食盐覆盖在鱼块表面，鱼块内外盐浓度差相较于湿腌和超声辅助腌制大，盐分能更快渗透到鱼块中。腌制 2 h 后混腌法鱼肉的含盐量稍低于 1 h 时，其他 3 种腌制法的鱼肉中含盐量都在增加。这是因为此时混腌法的玻璃容器中加入了低浓度盐溶液，使得鱼

块表面盐分被稀释，进而导致鱼块内外渗透压改变，水分开始渗入鱼块（如图 2 所示混腌法腌制 2 h 的含水量高于 1 h）。腌制 3 h 后超声辅助法腌制的鱼肉中含盐量开始高于其他 3 种腌制方法腌制的鱼肉，4 h 后含盐量显著高于另 3 种腌制方法（$p<0.05$），另外 3 种方法腌制鱼肉中的含盐量差异不显著（$p>0.05$），这是因为在超声波的作用下鱼块的组织结构被改变，使得盐分的渗透速率增加[12]。腌制初期干腌法腌制的鱼肉含盐量较高，随着时间延长，超声辅助腌制的鱼肉中含盐逐渐高于其他 3 种腌制方式，这表明腌制时间在 2 h 内时干腌能显著提高鱼肉的含盐量，3 h 之后超声波辅助法提高食盐渗透速率的作用更明显。贾娜等[17]研究发现超声波处理猪臀肉后，可以缩短腌制时间。Cárcel 等[18]发现超声辅助腌制时影响食盐传质系数的是超声波的强度。Kang 等[19]发现超声辅助腌制时肌原纤维的分离间隙随超声强度增强而增大，这利于 NaCl 的扩散。

腌制水产品的产品获得率可用水分含量表示。不同腌制方式对草鱼肉水分含量的影响见图 2。

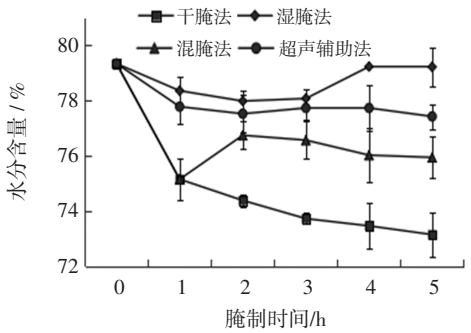


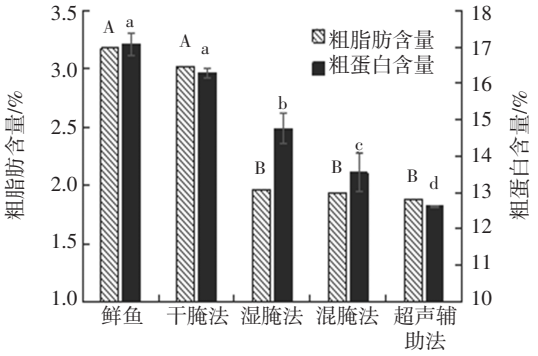
图 2　不同腌制方式对草鱼肉水分含量的影响

Fig.2　Effect of different curing methods on the moisture content of grass carp meat

由图 2 可知腌制结束时，不同腌制法的鱼肉中水分含量由高到低依次是：湿腌法、超声辅助法、混腌法、干腌法，且差异显著（$p<0.05$）。腌制过程中，腌制 1 h 后不同腌制方式的鱼肉中水分含量变化存在显著性差异（$p<0.05$），干腌和混腌的鱼肉水分含量最低，与另两种腌制方式有显著性差异（$p<0.05$）。腌制 2 h 时混腌法的鱼肉中水分含量出现上升，其他 3 种腌制方式的鱼肉中水分含量均在下降，这是因为此时混腌处于腌制的第二阶段：干腌转湿腌，由于覆盖着鱼块表面盐分被稀释，草鱼块内部盐浓度高于外部，水分渗入较多使得水分含量上升幅度较大。腌制 3 h 后超声和湿腌的鱼肉中水分含量均上升，但是超声辅助腌制的鱼肉中水分含量上升幅度较小，这可能是超声波破坏了鱼肉的组织结构使得鱼肉的持水力下降。Soria 等[20]研究认为超声波处理物料时会产生水分通过的通道并且降低物料表面的水分吸附力。干腌法鱼肉中的水分含量在腌制过程中一直在降低，这与赵志霞等[11]的研究结论一致。

2.2　不同腌制方式对草鱼肉粗脂肪和粗蛋白含量的影响

腌制过程中鱼肉品质的变化可以通过鱼肉中脂肪和蛋白质的变化体现，不同腌制方式下草鱼肉粗脂肪和粗蛋白含量的影响见图 3。



图中不同大写字母表示粗脂肪含量差异性显著（$p<0.05$），不同小写字母表示粗蛋白含量差异性显著（$p<0.05$）。

图 3　不同腌制方式下草鱼肉粗脂肪和粗蛋白含量的影响

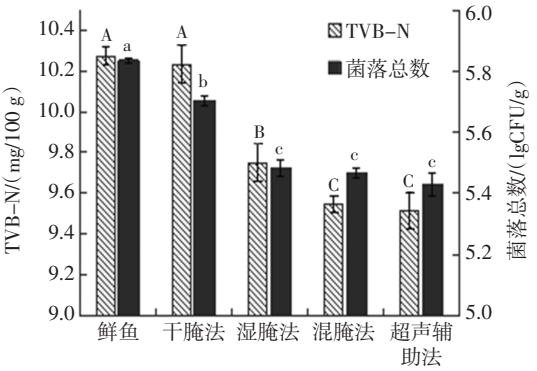
Fig.3　Effects of different curing methods on crude fat and protein content of grass carp meat

由图 3 可知，除干腌法外，不同腌制方式对草鱼肉中粗脂肪和粗蛋白含量的影响显著（$p<0.05$）。腌制后脂肪和蛋白质的含量减少的主要原因有两个：一是部分水溶性和盐溶性蛋白质直接溢出，二是在微生物以及各种酶的作用下脂肪和蛋白质被降解。腌制时盐分的渗入和水分的散失会促使肌动球蛋白肽链展开，疏水基团露出，使蛋白质更易于被分解[21]。刘昌华等[22]研究发现鲈鱼腌制过程中中性脂肪酶活力提高，盐分会促进脂肪的降解。干腌法鱼肉中的脂肪和蛋白质的含量均显著高于其他 3 种腌制法，与鲜鱼肉中脂肪和蛋白质含量无显著差异（$p>0.05$），这是因为干腌法水分含量较低，相对的脂肪和蛋白质的含量较高；另外干腌时没有腌制液，减少了蛋白质的溶出[23]。超声辅助法腌制的鱼肉中蛋白质含量显著低于其他 3 种腌制法，这说明超声辅助腌制会降低腌制鱼肉中的蛋白质和脂肪的含量。

2.3　不同腌制方式对草鱼块 TVB-N 值和菌落总数的影响

不同腌制方式对草鱼肉 TVB-N 和菌落总数的影响见图 4。

挥发性盐基氮（total volatile base nitrogen，TVB-N）主要是指蛋白质分解产生的三甲胺（trimethylamine，



图中不同大写字母表示 TVB-N 差异性显著(p<0.05)，不同小写字母表示菌落总数差异性显著(p<0.05)。

图 4　不同腌制方式对草鱼肉 TVB-N 和菌落总数的影响

Fig.4　Effects of different curing methods on TVB-N and total number of colonies of grass carp meat

TMA)、二甲胺(dimethylamine，DMA)、氨等碱性含氮类物质，常作为水产品新鲜度的一个重要评价指标。根据 GB 2733-2015《食品安全国家标准 鲜、冻动物性水产品》，淡水鱼虾的挥发性盐基氮应≤20 mg/100 g。由图 4 可知，与鲜鱼肉相比，除干腌法外不同腌制法均可显著降低鱼肉的 TVB-N 值(p<0.05)，这是由于腌制后盐分渗入，抑制了微生物的繁殖以及酶的活性。干腌的TVB-N 值(10.23 mg/100 g)显著高于其他腌制法，湿腌、超声辅助腌制、混腌鱼肉的 TVB-N 值均在 10 mg/100 g以下，其中超声辅助法鱼肉的 TVB-N 值最小，与刘然等[24]的结论相似。

腌制是加工过程的一个环节，腌制后的鱼肉并不是最终产品，细菌总数无相关国标限量要求，但与鲜鱼肉相比，不同腌制方式均可显著降低鱼肉中的细菌总数(p<0.05)，干腌法的细菌总数显著高于其他组(p<0.05)，而湿腌、混腌和超声辅助腌制法的细菌总数无显著差异(p≥0.05)。Huang 等[25]研究发现超声波可以破坏微生物的细胞膜质和细胞壁，具有杀菌作用，这可能是超声辅助腌制法的鱼肉菌落总数最少原因。

2.4　不同腌制方式对鱼肉色差的影响

不同腌制方式对草鱼肉色差的影响见表 1。

表 1　不同腌制方式对草鱼肉色差的影响

Table 1　Effect of different curing methods on the color difference of grass carp meat

腌制方式	L^*	a^*	b^*
鲜鱼	40.36±0.13^d	1.21±0.08^b	4.65±0.03^a
干腌法	41.70±0.16^c	1.73±0.07^a	3.79±0.10^b
湿腌法	42.28±0.08^b	1.80±0.04^a	2.43±0.24^c
混腌法	42.11±0.06^b	1.36±0.20^b	2.28±0.49^c
超声辅助法	42.65±0.12^a	1.72±0.05^a	3.66±0.12^b

注：同列参数上标不同字母表示存在显著性差异(p<0.05)。

如表 1 所示，与鲜鱼肉相比，腌制后鱼肉的 L^* 值显著升高(p<0.05)，鱼肉亮度增加，其中超声辅助处理的鱼肉 L^* 值显著高于其他腌制处理的鱼肉，这与腌制时鱼肉脂肪的氧化以及蛋白质溶出有关[10]。另外，腌制时盐分渗入，加速内源性蛋白酶的反应，使肌纤维蛋白分解物与渗入到肌原纤维内的水分形成一种胶黏物，光反射率增大，L^* 值升高[26]。腌制后鱼肉的 a^* 值增大，b^* 值降低，主要是由于鱼肉中的蛋白质、氨基酸在腌制过程中氧化分解产生羰基化合物，脂肪的氧化生成醛、酮等小分子化合物造成的[27]。

2.5　不同腌制方式对鱼肉质构的影响

硬度、弹性、黏着性及咀嚼性能反映出鱼肉的组织结构、组织状态。一般组织结构越紧密硬度越大，弹性越大时变形后的鱼肉越能恢复原来的形状，黏着性越大肉质表面的黏附能力越大，咀嚼性是硬度、弹性、黏着性的综合体现[28]。不同腌制方式对草鱼肉质构的影响见表 2。

表 2　不同腌制方式对草鱼肉质构的影响

Table 2　Effects of different curing methods on texture of grass carp meat

腌制方式	硬度/g	弹性	黏着性	咀嚼性/g
鲜鱼	448.23±17.47^b	0.85±0.01^d	0.56±0.01^d	240.55±30.66^d
干腌法	420.19±15.13^a	0.92±0.01^a	0.64±0.01^a	156.08±10.76^a
湿腌法	437.88±13.12^{ab}	0.90±0.00^b	0.61±0.00^b	167.50±5.17^a
混腌法	378.30±25.89^c	0.91±0.00^c	0.57±0.00^c	203.55±4.91^b
超声辅助法	206.31±8.97^d	0.91±0.01^c	0.64±0.01^a	121.97±5.69^c

注：同列参数上标不同字母表示存在显著性差异(p<0.05)。

如表 2 所示，与鲜鱼肉相比，腌制后鱼肉硬度、咀嚼性降低，弹性、黏着性提高，这可能是因为腌制时盐分的渗入、水分的流失对肌动球蛋白的二级结构及数量产生影响，微生物和酶作用使鱼肉的组织结构变得松散且产生大量黏聚物[3]。超声辅助腌制的鱼肉硬度最低，黏着性最高，可能是因为超声波破坏了肌肉的组织结构产生某种通道，使其硬度降低，黏着性提高。

2.6　不同腌制方式对鱼肉脂肪酸组成及相对含量的影响

不同腌制方式对草鱼肉中脂肪酸组成及相对含量的影响见表 3。

如表 3 所示，腌制处理对鱼肉中脂肪酸组成无显著影响，但会影响到脂肪酸的相对含量。鱼肉中的不饱和脂肪酸含量较高(约为 70 %)，高于其他肉蛋类食品[29]。研究表明鱼肉中不饱和脂肪酸含量较高，可以使鱼肉香气显著、具有多汁性，还可以降低心血管疾病的患病率，其中 n-3 系列的多烯酸对人体的生长及大

表 3 不同腌制方式对草鱼肉中脂肪酸组成及相对含量的影响

Table 3 Effects of different curing methods on fatty acid composition and relative content of grass carp meat

%

脂肪酸	鲜鱼	腌制方式			
		干腌法	湿腌法	混腌法	超声辅助法
C14:0	0.84±0.02[b]	1.18±0.06[a]	0.85±0.19[b]	0.78±0.00[b]	0.71±0.00[b]
C15:0	0.24±0.01[a]	0.26±0.01[a]	0.25±0.02[a]	0.24±0.01[a]	0.26±0.02[a]
C16:0	19.47±0.00[ab]	18.60±0.52[a]	19.33±0.64[ab]	20.37±0.37[b]	20.38±0.19[b]
C17:0	0.29±0.00[ab]	0.28±0.01[a]	0.32±0.02[b]	0.31±0.01[ab]	0.29±0.01[ab]
C18:0	6.71±0.15[ab]	5.45±0.06[a]	6.76±0.90[ab]	7.07±0.15[b]	6.36±0.96[ab]
C19:0	0.13±0.02[a]	0.10±0.02[a]	0.10±0.01[a]	0.10±0.01[a]	0.09±0.02[a]
C20:0	0.17±0.03[a]	0.21±0.01[a]	0.16±0.06[a]	0.14±0.04[a]	0.12±0.04[a]
C16:1	3.19±0.05[d]	4.36±0.09[a]	3.50±0.24[b]	3.07±0.03[cd]	2.76±0.14[c]
C17:1	0.30±0.02[a]	0.35±0.01[a]	0.34±0.00[a]	0.25±0.07[a]	0.24±0.13[a]
C18:1	21.36±0.70[ab]	26.75±0.09[a]	21.84±1.05[ab]	18.91±0.17[ab]	9.85±10.38[b]
C20:1	0.80±0.04[ac]	1.00±0.01[a]	0.80±0.16[ac]	0.64±0.00[bc]	0.55±0.11[b]
C18:2	0.12±0.04[a]	0.20±0.01[a]	0.20±0.03[a]	0.13±0.01[a]	5.85±8.06[a]
C18:2n-6	14.13±0.52[b]	17.30±0.45[a]	13.74±1.17[b]	12.50±0.30[b]	13.63±1.23[b]
C18:3n-3	0.21±0.00[b]	0.30±0.01[a]	0.22±0.03[b]	0.18±0.01[b]	0.19±0.01[b]
C20:2n-6	0.90±0.04[a]	0.90±0.01[a]	0.86±0.17[a]	0.85±0.02[a]	0.81±0.07[a]
C20:3	3.84±0.04[a]	3.27±0.01[a]	4.06±0.35[a]	4.03±0.03[a]	3.32±1.67[a]
C20:4n-3	0.38±0.05[a]	0.40±0.02[a]	0.39±0.06[a]	0.31±0.00[a]	0.36±0.04[a]
C20:4n-6	12.19±0.33[c]	8.61±0.03[a]	11.91±0.86[c]	13.57±0.07[d]	15.86±0.82[b]
C22:4n-6	0.83±0.01[c]	0.62±0.03[a]	0.87±0.08[bc]	0.95±0.03[bc]	0.98±0.09[b]
C22:5n-3	0.85±0.04[b]	0.78±0.03[a]	1.05±0.09[bc]	1.07±0.00[c]	1.09±0.10[c]
C22:5n-6	5.96±0.44[b]	4.2±0.08[a]	5.65±0.17[b]	6.80±0.25[c]	7.37±0.45[c]
C22:6n-3(DHA)	7.07±0.28[bc]	4.86±0.11[a]	6.81±0.34[b]	7.7±0.17[c]	8.94±0.52[d]
ΣSFA	27.84	26.09	27.76	29.01	28.21
ΣUFA	72.16	73.91	72.24	70.99	71.79
ΣMUFA	25.65	32.46	26.48	22.88	13.39
ΣPUFA	46.51	41.45	45.76	48.12	58.40
Σn-3	8.50	6.35	8.47	9.27	10.58

注:SFA 为饱和脂肪酸(saturated fatty acid);UFA 为不饱和脂肪酸(unsaturated fatty acid);MUFA 为单不饱和脂肪酸(monounsaturated fatty acid);PUFA 为多不饱和脂肪酸(polyunsaturated fatty acid);同行参数上标字母不同表示存在显著性差异($p<0.05$)。

脑的发育具有重要影响[30-31]。混腌法和超声辅助腌制法的鱼肉中的饱和脂肪、多不饱和脂肪酸和 n-3 多不饱和脂肪酸的相对含量较鲜鱼肉有所增加,单不饱和脂肪酸含量一定程度减少;而干腌法和湿腌法处理的鱼肉中 SFA、n-3 系 PUFA 含量减少,MUFA 含量增加。鱼肉中脂肪酸含量的变化是由于腌制过程中脂肪的水解产生游离脂肪酸,脂肪氧合酶活性增强,促进脂肪酸的氧化分解造成的[30]。

2.7 不同腌制方式对鱼肉游离氨基酸的影响

游离氨基酸是以游离状态存在于生物体内的氨基酸,在生物生长过程中有着十分重要的作用。在食品加工过程中可以通过蛋白质水解增加游离氨基酸的含量,促进产品风味的形成[32-33]。不同腌制方式对草鱼肉中游离氨基酸组成与含量的影响见表 4。

表 4 不同腌制方式对草鱼肉中游离氨基酸组成与含量的影响

Table 4 Effects of different curing methods on free amino acid composition and content of grass in carp meat

mg/g

氨基酸	鲜鱼	腌制方式			
		干腌法	湿腌法	混腌法	超声辅助法
苏氨酸 Thr	1.05±0.03[c]	0.88±0.01[a]	0.82±0.03[b]	0.89±0.01[a]	0.79±0.01[b]
缬氨酸 Val	0.42±0.00[a]	0.42±0.04[a]	0.39±0.02[a]	0.38±0.01[a]	0.38±0.01[a]
蛋氨酸 Met	0.04±0.00[b]	0.05±0.00[a]	0.04±0.00[b]	0.04±0.00[b]	0.04±0.00[b]

续表 4　不同腌制方式对草鱼肉中游离氨基酸组成与含量的影响

Continue table 4　Effects of different curing methods on free amino acid composition and content of grass in carp meat

mg/g

氨基酸	鲜鱼	腌制方式			
		干腌法	湿腌法	混腌法	超声辅助法
异亮氨酸 Ile	0.17±0.00[a]	0.18±0.01[a]	0.15±0.00[b]	0.15±0.00[b]	0.14±0.00[b]
亮氨酸 Leu	0.19±0.01[a]	0.20±0.01[a]	0.15±0.00[b]	0.16±0.00[b]	0.15±0.00[b]
苯丙氨酸 Phe	0.28±0.00[b]	0.27±0.02[ab]	0.25±0.00[ac]	0.24±0.00[c]	0.25±0.00[ac]
赖氨酸 Lys	2.42±0.00[c]	2.02±0.04[a]	1.96±0.03[ab]	1.94±0.02[b]	1.93±0.02[b]
必需氨基酸总量	4.58	4.02	3.77	3.8	3.68
组氨酸 His	7.53±0.10[c]	6.87±0.23[a]	6.4±0.05[b]	6.25±0.06[b]	6.25±0.04[b]
精氨酸 Arg	1.93±0.08[b]	1.47±0.01[a]	1.51±0.06[a]	1.53±0.00[a]	1.49±0.02[a]
半必需氨基酸总量	9.46	8.34	7.91	7.77	7.74
天冬氨酸 Asp	0.13±0.02[c]	0.06±0.01[a]	0.09±0.01[b]	0.09±0.00[b]	0.08±0.00[b]
丝氨酸 Ser	0.22±0.00[a]	0.21±0.01[a]	0.17±0.00[b]	0.18±0.00[b]	0.17±0.00[b]
谷氨酸 Glu	0.25±0.02[d]	0.39±0.01[a]	0.32±0.02[b]	0.36±0.01[ac]	0.34±0.00[bc]
甘氨酸 Gly	1.56±0.04[b]	1.17±0.02[a]	1.13±0.03[a]	1.17±0.00[a]	1.11±0.01[a]
丙氨酸 Ala	0.76±0.00[ac]	0.72±0.04[a]	0.56±0.03[b]	0.80±0.01[c]	0.58±0.03[b]
半胱氨酸 Cys	0.08±0.00[c]	0.07±0.00[a]	0.07±0.00[b]	0.07±0.00[b]	0.08±0.00[b]
酪氨酸 Tyr	0.1±0.00[a]	0.10±0.01[a]	0.09±0.00[a]	0.09±0.00[a]	0.1±0.00[a]
脯氨酸 Pro	1.73±0.11[b]	1.21±0.03[a]	1.29±0.05[a]	1.28±0.04[a]	1.24±0.04[a]
非必需氨基酸总量	4.83	3.92	3.74	4.03	3.70
氨基酸总量	18.88	16.28	15.42	15.61	15.12

注:同行参数上标字母不同表示存在显著性差异($p<0.05$)。

腌制处理后的鱼肉中,除谷氨酸(Glu)外其他游离氨基酸含量均减少,部分氨基酸的含量在不同腌制方式下存在显著差异($p<0.05$)。章银良等[33]腌制鹅肉时发现:腌制液(盐溶液)浓度在 7 %以内时,游离氨基酸的含量随含盐量增加而降低。谷氨酸是一种呈味氨基酸,腌制鱼肉中谷氨酸的含量升高表明不同腌制处理均会使鱼肉风味改善。另外,由于超声波处理对鱼肉的组织结构有一定的破坏作用,造成鱼肉中的游离氨基酸有一定的流失。

3　结论

不同腌制方式对草鱼块理化性质及脂肪酸、游离氨基酸含量有较大影响。超声处理可以加快盐分在鱼肉中的渗入和分散,相同腌制时间处理后的鱼肉中含盐量最高,表明其有较快的腌制速度;4 种不同的腌制方式处理的鱼肉中的水分含量有显著影响,其中湿腌的鱼肉中水分含量最高, 干腌鱼肉中水分含量最低。腌制处理使鱼肉中粗蛋白和粗脂肪含量降低,其中超声处理鱼肉的脂肪与蛋白质的含量降低最多。与干腌相比,湿腌、混腌和超声辅助腌制可显著降低鱼肉的 TVB-N 值和细菌总数。腌制后鱼肉的亮度和红度值有所增加,硬度和咀嚼性降低,弹性和黏着性升高。腌制处理对鱼肉中脂肪酸的相对含量和游离氨基酸含量均有显著影响。综上所述,传统的干腌法有利于鱼肉的脂肪、蛋白质、脂肪酸、游离氨基酸等营养和风味成分的保持, 而超声辅助腌制作为一种新型腌制方法,其盐分渗透速率快,可以有效缩短腌制时间,同时由于超声波具有一定的杀菌作用,腌制后的鱼肉细菌总数较低。在鱼肉的腌制加工中,可根据产品需求选择适合的腌制方式。

参考文献:

[1] 夏文水,罗永康,熊善柏.大宗淡水鱼贮运保鲜与加工技术[M].北京:中国农业出版社,2014
[2] 姜杨,李婷婷,晋高伟,等.草鱼冷藏过程中新鲜度的综合评价[J].食品科学, 2014, 35(20): 281-285
[3] 郭雅,卞欢,江芸,等.不同腌制方式对风干鳊鱼理化指标的影响[J].食品工业科技, 2016(14): 272-276
[4] 杨华, 张李玲, 梅清清. 不同腌制工艺处理对美国红鱼品质的影响[J].食品科学, 2013, 34(11): 126-129
[5] 闫瑾,卞欢,诸永志,等.不同腌制工艺对鸡胸肉品质的影响[J].食品安全质量检测学报, 2015, 36(2): 143-148
[6] 杜垒. 盐水鸭老卤腌制特性与传质动力学分析[D]. 南京: 南京农业大学, 2010
[7] 程榆茗,符绍辉,于福满,等. 不同腌制条件对草鱼湿腌传质动力的影响[J].食品工业科技, 2014, 7(5): 2241-2247

[8] 艾明艳,刘茹,温怀海,等.框鳞镜鲤鱼片注射腌制工艺的研究[J].食品工业科技, 2013, 34(7): 273-275
[9] 张东, 李洪军, 李少博,等. 不同腌制方式对猪肉腌制速率及肉质的影响[J].食品与发酵工业,2017,43(12): 88-92
[10] 唐雪燕,任丽影,王丽莎,等. 不同腌制方式对猪肉品质的影响[J].食品研究与开发, 2016, 37(23): 114-119
[11] 赵志霞,吴燕燕,李来好,等. 低盐罗非鱼片快速腌制的工艺研究[J].南方水产科学, 2017, 13(6): 105-114
[12] 王腾,宁正祥,张业辉, 等. 超声波辅助盐渍对鲩鱼干品质和微观结构的影响[J].现代食品科技, 2017, 33(11): 75-83
[13] 刘新玲,黄明,孙京新,等. 超声波处理对猪肉腌制效果的影响[J] .食品研究与开发, 2010, 31(4): 28-31
[14] Folch J, Lees M, Sloane Stanley G H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue[J]. Journal of Biological Chemistry, 1957, 226(1): 497-509
[15] 张伟伟,陆剑锋,焦道龙,等.钾法提取斑点叉尾鮰内脏油的工艺研究[J].食品科学, 2009,30(24): 42-46
[16] 王伟,张永进,蒋中辉,等.皖北特色神仙豆的营养及其挥发性成分分析[J].食品与发酵工业, 2014,40(7): 182-188
[17] 贾娜,刘丹,李博文,等.超声波辅助腌制及煮制温度对酱牛肉品质的影响[J].食品研究与开发, 2016, 37(9): 115-118
[18] Carcel J A, Benedito J, Bon J, et al. High intensity ultrasound effects on meat brining [J]. Meat Science, 2007, 76(4):611-619
[19] KANG D, WANG A, ZHOU G, et al. Power ultrasonic on mass transport of beef: Effects of ultrasound intensity and NaCl concentration [J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2016(35):36-44
[20] Soria A C, Corzo-Martiínez M, Montilla A, et al. Chemical and physicochemical quality parameters in carrots dehydrated by power ultrasound[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2010,58 (13): 7715-7722
[21] 蔡瑞康,吴佳佳,马旭婷,等.糟鱼腌制过程中的营养成分分析与评价[J].食品与发酵工业, 2016, 42(2): 172-177
[22] 刘昌华,章建浩,王艳. 鲈鱼风干成熟过程中脂质分解氧化规律[J].食品科学, 2012, 33(5): 13-18
[23] 徐为民, 殷燕涛, 诸永志, 等.不同腌制方式对鸭肉腌制速率及肉质的影响[J].现代食品科技, 2014, 30(8): 201-205
[24] 刘然.半干草鱼制品开发及其贮藏稳定性研究[D].杭州:浙江工业大学, 2012
[25] Huang G P, Chen S W, Dai C H, et al. Effects of ultrasound on microbial growth and enzyme activity[J]. Ultrasonics Sonochemistry, 2017, 37: 144-149
[26] Barat J M, Gallart-Jornet L, Andrés A, et al. Influence of cod freshness on the salting, drying and desalting stages[J]. Journal of Food Engineering, 2006, 73(1): 9-19
[27] 蔡华珍,王珏,梁启好.超声波处理对咸肉腌制影响的初步研究[J].食品与发酵工业, 2005 (12): 110-113
[28] 吴晓琛. 酸辅助腌制草鱼即食产品的研制 [D]. 无锡: 江南大学, 2008
[29] 宋长虹,唐生,郝克非,等.中国居民日常食物中脂肪酸含量的分析[J].食品与机械,2014(5):61-63
[30] Ren S, Li P, Geng Z, et al. Lipolysis and lipid oxidation during processing of Chinese traditional dry -cured white amur bream (*Parabramis pekinensis*)[J]. Journal of Aquatic Food Product Technology,2017, 26(6): 719-730
[31] 刘玮. 封鳊鱼营养品质、风味特征及其防腐保鲜[D].合肥:合肥工业大学, 2017
[32] 高露姣,夏永涛,黄艳青,等. 两种鲟鱼卵的鲜味相关物质含量比较分析[J].食品科学,2012,33(24): 230-233
[33] 章银良,庞丹洋,蔡亚玲.均匀试验优化控制腌制鹅肉游离氨基酸的变化[J]. 中国调味品, 2017, 42(2): 80-83

收稿日期:2019-10-24

优化生态 养护生命 美化生活