

不同风干温度对风干草鱼品质特性的影响

马敏杰, 巴吐尔·阿不力克木*

(新疆农业大学食品科学与药学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

摘要: 研究2种风干温度对风干草鱼理化性质与食用品质的影响。以草鱼为原料, 在5~6℃、20 mg/100 g盐含量下腌制, 然后分别在2种温度下风干, 研究常温(22~25℃)风干与低温(6~10℃)风干对风干草鱼加工过程中鱼肉水分含量、盐含量、总挥发性盐基氮(total volatile base nitrogen, TVB-N)含量、pH值、硫代巴比妥酸反应物质(thiobarbituric acid reactive substances, TBARs)值和感官品质的影响。结果表明: 在2种风干温度下, 风干草鱼的水分含量呈下降趋势, 盐含量、蛋白水解指数、TVB-N含量和TBARs值均呈上升趋势; 常温风干草鱼的TVB-N含量与TBARs值在风干结束后明显高于低温风干草鱼, 其最终TVB-N含量与TBARs值分别为35.61、2.46 mg/100 g; 低温风干草鱼的TVB-N含量与TBARs值在风干过程中无明显变化; 2种风干草鱼pH值在风干过程中均呈上升趋势; 低温风干草鱼的感官品质优于常温风干草鱼; 除水分含量和TBARs值外, 常温风干草鱼感官评分与其他理化指标均呈极显著负相关($P < 0.01$); 低温风干草鱼感官评分与TVB-N含量、总氮含量、非蛋白氮含量呈显著正相关($P < 0.05$), 与TBARs值、蛋白水解指数呈极显著正相关($P < 0.01$)。

关键词: 草鱼; 风干温度; 理化指标; 品质特性; 感官评价

Effect of Different Air-Drying Temperatures on Quality Characteristics of Air-Dried Grass Carp

MA Minjie, Batuer · ABULIKEMU*

(College of Food Science and Pharmacy, Xinjiang Agricultural University, Ürümqi 830052, China)

Abstract: The effects of different air-drying temperatures on physicochemical parameters and eating quality of air-dried grass carp were studied. Grass carp were cured with 20 mg/100 g of salt at 5–6 °C and then air-dried at normal (22–25 °C) or low (6–10 °C) temperature. Changes in the moisture content, salt content, total volatile base nitrogen (TVB-N) content, pH value, thiobarbituric acid reactive substances (TBARs) value and sensory quality of grass carp were measured during the drying process. The results showed that for either drying temperature, the moisture content decreased, while the salt content, proteolysis index (PI), TVB-N content and TBARs value increased. The TVB-N content and TBARs value at the end of drying at normal temperature were significantly higher than at low temperature. The TVB-N content and TBARs value of the final product produced by normal temperature drying were 35.61 and 2.46 mg/100 g, respectively. The TVB-N content and TBARs value did not remarkably change during cold air drying. The pH rose during the air drying process irrespective of air temperature. Cold air drying endowed the product with better sensory quality than did normal temperature drying. For normal temperature drying, the sensor score was negatively correlated with all physicochemical indicators except moisture content and TBARs value ($P < 0.01$). For cold air drying, the sensor score was positively correlated with the contents of TVB-N, total nitrogen and non-protein nitrogen ($P < 0.05$) as well as TBARs and PI values ($P < 0.01$).

Keywords: grass carp; air-drying temperature; physicochemical indexes; quality characteristics; sensory evaluation

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20190802-171

中图分类号: TS254.5

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2019) 12-0012-06

引文格式:

马敏杰, 巴吐尔·阿不力克木. 不同风干温度对风干草鱼品质特性的影响[J]. 肉类研究, 2019, 33(12): 12-17.

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20190802-171. <http://www.rlyj.net.cn>

收稿日期: 2019-08-02

基金项目: “十三五”国家重点研发计划重点专项(2018YFD0400105)

第一作者简介: 马敏杰(1995—)(ORCID: 0000-0002-0935-7378), 女, 硕士研究生, 研究方向为畜产品加工。

E-mail: 948420107@qq.com

*通信作者简介: 巴吐尔·阿不力克木(1968—)(ORCID: 0000-0002-6873-9632), 男, 教授, 博士, 研究方向为肉品加工与质量控制。E-mail: batur6805@126.com

MA Minjie, Batuer · ABULIKEMU. Effect of different air-drying temperatures on quality characteristics of air-dried grass carp[J]. Meat Research, 2019, 33(12): 12-17. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20190802-171. <http://www.rlyj.net.cn>

草鱼 (*Ctenopharyngodon idellus*), 又名白鲢, 体型略呈圆筒形, 与鲢鱼、鳙鱼、青鱼并称为中国四大淡水鱼^[1], 肉质和食用品质较好, 价格适中, 其食用方式除鲜食外, 还可加工成香肠、罐头、鱼糜制品和鱼干制品等^[2]。腌腊鱼是我国较为传统的干腌水产品之一, 主要以草鱼等淡水鱼为原料, 加盐腌制后在日光下晒制而成^[3]。腌腊鱼传统腌制方法具有食盐渗透慢、产品质量差、风干时间长、腌制过程中易受到微生物污染等缺点^[4]。采用现代食品加工工艺可将传统腌腊鱼加工成风干鱼类制品, 在一定程度上保证了其品质。在水产品加工过程中, 脂肪的氧化分解与产品品质变化紧密相关^[5], 产品中令人愉快的风味的产生与脂质氧化产物有一定的相关性^[6]。水产品的风味易受到肉类氧化酸败的影响, 并且脂质氧化产生的初级、次级产物也会影响其他成分的变化^[7]。

腌制和风干条件对风干鱼成品品质有显著影响。大多数风干鱼的加工过程为低盐腌制与高温风干, 低盐腌制使得成品盐含量较低, 符合健康食用的标准; 高温风干可使风干时间缩短, 提高生产效率, 高温也可促进鱼肉品质变化加快。但是在较长时间的风干过程中, 高温会引起鱼肉的总挥发性盐基氮 (total volatile base nitrogen, TVB-N) 含量及硫代巴比妥酸反应物质 (thiobarbituric acid reactive substances, TBARs) 值过高, 进而严重影响其品质。刘静泊等^[8]研究发现, 风干武昌鱼中蛋白质和多肽含量分别高达32.72%和4.26%, 脂肪和灰分含量分别为9.40%和9.38%, 游离氨基酸含量为0.12%。曾令彬等^[9]研究发现, 在风干温度45~65 °C和风速1.5~2.5 m/s条件下, 风干温度及风速的提高可显著加快风干白鲢的干燥速率进而缩短干燥时间。饶伟丽等^[10]研究发现, 温度对风干肉的消化率和酸价影响不显著, 但对风干肉的颜色、质构具有显著影响。Hughes等^[11]研究表明, 在风干过程中, 风干肉的水分状态和肉蛋白之间的相互作用会影响产品的嫩度, 且自由水含量和位置会显著影响产品的亮度值。虽然国内外学者对风干肉制品进行了广泛研究, 但关于风干温度对风干草鱼加工品质特性的影响鲜见报道。

因此, 本研究以草鱼为实验材料, 采用20 mg/100 g食盐进行腌制 (温度5~6 °C), 对比分析常温风干与低温风干对风干草鱼品质特性的影响, 为风干草鱼加工工艺提供数据支撑。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

鲜活草鱼, 活体质量为1.5 kg/尾, 购于新疆乌鲁木齐市友好超市。

铬酸钾、硝酸银、硼酸、氧化镁、甲基红、甲基蓝、乙醇、盐酸、硫酸、三氯乙酸、氯仿 新疆宝信生物技术有限公司; 所用试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

85-2A双向恒温磁力搅拌器 江苏省金坛市医疗仪器厂; DK-8D电热恒温水槽 上海一恒科技有限公司; Avanti-J-26S XPI落地式高速冷冻离心机 美国Beckman Coulter有限公司; FSH-2可调高速匀浆机 武汉格莱莫检测设备有限公司; UV1600系列紫外-可见分光光度计 上海菁华科技仪器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 样品制备

预处理: 将新鲜草鱼破腹并取出内脏和鱼鳃, 去除鱼头、鱼鳞、鱼鳍和鱼尾, 沿脊柱将其分为两半, 用冰水 (温度5~6 °C) 洗去表面血污, 沥干, 放入4 °C冰箱中贮藏备用。

腌制: 根据前期预实验的结果, 按鱼肉质量20%准确称取一定量食盐溶解于与鱼肉等质量的冰水 (温度5~6 °C) 中, 腌制2 h。

风干: 腌制结束后, 擦干鱼肉表面盐水, 将其平均分为2部分, 挂上铁钩; 1) 常温风干: 置于室温22~25 °C、风速3 m/s、相对湿度70%~80%的风干箱中风干16 d, 每隔2 d取样1次; 2) 低温风干: 置于温度6~10 °C、风速3 m/s、相对湿度70%~80%的风干箱中风干16 d, 每隔2 d取样1次。

1.3.2 理化指标测定

1.3.2.1 水分、盐含量及pH值测定

水分含量测定: 参照GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》。盐含量测定: 参照GB/T 5009.44—2003《肉与肉制品 卫生标准的分析方法》。pH值测定: 参照GB 5009.237—2016《食品安全国家标准 食品pH值的测定》。

1.3.2.2 TBARs值测定

参照郇延军等^[12]的方法, 并稍作修改。准确称量粉碎后样品10 g, 置于100 mL具塞三角瓶内, 加入50 mL 7.5 g/L的三氯乙酸 (trichloroacetic acid solution, TCA) 溶液 (含0.1 g/L乙二胺四乙酸), 振摇30 min, 双层滤纸过滤; 滤液混匀后于100 °C加热40 min, 冷却1 h, 离心3 min (2 000 r/min), 移取上清液并加入5 mL氯仿, 在532、600 nm波长处比色 (同时做空白实验), 记录吸光度。TBARs值按式 (1) 计算。

$$\text{TBARs值}/(\text{mg}/100\text{ g}) = \frac{A_{532\text{ nm}} - A_{600\text{ nm}}}{155 \times 0.1 \times 72.6} \times 100 \quad (1)$$

式中：155为丙二醛与TBA反应生成的有色产物在532 nm处的吸光系数/(L/(mol·cm))；72.6为丙二醛摩尔质量/(g/mol)。

1.3.2.3 TVB-N含量测定

参照GB 5009.228—2016《食品安全国家标准 食品中挥发性盐基氮的测定》。

1.3.2.4 蛋白质水解指数测定

总氮(total nitrogen, TN)含量测定：参照GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》。

非蛋白氮(non-protein nitrogen, NTN)含量测定：参照Visessanguan等^[13]的方法，并稍作修改。准确称取5 g样品，加入50 mL预先冷却至4 °C的提取液A (pH 7.5，含15.6 mmol/L Na₂HPO₄、3.5 mmol/L KHPO₄)，10 000 r/min均质2 min，将上清液于5 000 r/min、4 °C离心15 min；重复上述操作1次，将2次离心所得上清液混合，加入5 mL TCA (50 g/100 mL)，在4 °C条件下浸提4 h，再在5 000 r/min、4 °C条件下离心15 min，取上清液。参照GB 5009.5—2016测定上清液中的NTN含量。蛋白质水解指数按式(2)计算。

$$\text{蛋白质水解指数}/\% = \frac{C_1}{C_0} \times 100 \quad (2)$$

式中：C₁为试样NTN含量/(mg/100 g)；C₀为试样TN含量/(mg/100 g)。

1.3.3 感官评价

随机选取10名感官测评人员对风干草鱼的组织形态、色泽和气味进行评价，评价标准如表1所示。

表1 风干草鱼感官评定标准

Table 1 Criteria for sensory evaluation of air-dried grass carp

指标	评分标准	感官评分
组织形态	保持风干鱼原有形态，组织紧密且均匀	8~10
	组织较为紧密	6~8
	组织均匀性和紧密性一般	4~6
	组织形态不均匀，表面干燥，内部脱水不足	<4
色泽	透明，光泽度好	8~10
	肉色微黄，透明度一般	6~8
	肉色一般，透明度差	4~6
	表面暗黄，不透明	<4
气味	具有风干鱼特有香味，无异味	8~10
	香味较好，无腥味	6~8
	香味较一般，有腥味	4~6
	香味较差，有腐败异味	<4

1.4 数据处理

所有指标均重复测定3次，结果以平均值±标准差表示；采用SPSS Statistics软件进行差异性分析和相关性分析；采用Origin Pro 8.5软件绘图。

2 结果与分析

2.1 风干温度对风干草鱼水分含量及盐含量的影响

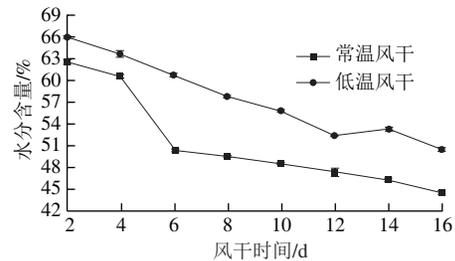


图1 风干温度对风干草鱼水分含量的影响

Fig. 1 Effect of air-drying temperature on moisture content of air-dried grass carp

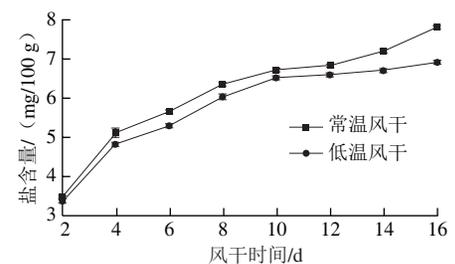


图2 风干温度对风干草鱼盐含量的影响

Fig. 2 Effect of air-drying temperature on salt content of air-dried grass carp

由图1、2可知，在2种风干温度下，风干草鱼水分含量均呈下降趋势，盐含量均呈上升趋势。在温度与风力的共同作用下，2种风干草鱼的水分含量均明显降低，由于常温风干比低温风干的温度高，风干结束时，常温风干草鱼的水分含量低于低温风干草鱼。在风干阶段，水分含量降低导致风干草鱼盐含量增加，风干结束时，常温风干草鱼的盐含量明显高于低温风干草鱼。常温风干和低温风干草鱼终产品的水分含量分别为44.41%、50.35%，盐含量分别为7.83、6.92 mg/100 g。

2.2 风干温度对风干草鱼TBARs值的影响

草鱼鱼肉中脂肪含量为2.08%~4.36%^[14]，其中含有丰富的不饱和脂肪酸。脂质氧化是肉制品加工过程中发生的重要问题，其可导致产品品质劣化并产生腐臭味^[15]。在加工过程中，脂肪受到光、水以及微生物所含脂肪酶的作用分解成氢过氧化物。TBA能与氢过氧化物再次分解产物中的丙二醛，反应形成红色复合物，因此脂肪深层氧化程度可通过TBARs值来反映^[16-18]。在水产品加工过程中脂肪的分解氧化与产品品质变化联系紧密^[19-20]，产品中令人愉快风味的产生与脂质氧化产物有紧密的相关性^[21]。

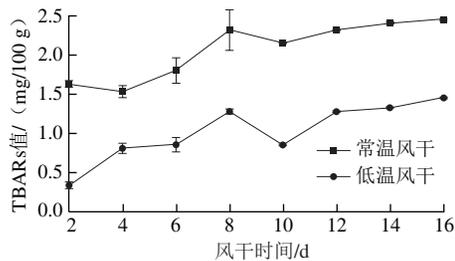


图3 风干温度对风干草鱼TBARs值的影响

Fig. 3 Effect of air-drying temperature on TBARs value of air-dried grass carp

由图3可知, 2种风干温度条件下草鱼的TBARs值整体呈上升趋势, 这与刘昌华等^[17]对鲈鱼风干成熟过程中脂肪氧化的研究结果不一致, 其研究表明, 鲈鱼在风干成熟过程中TBARs值先上升到峰值后又下降。这可能是因为草鱼以及鲈鱼鱼肉中的脂肪含量不同, 进而造成TBARs值峰值与达到峰值的时间有所不同。但本研究结果与郭雅等^[18]关于鳊鱼腌制风干过程中脂质氧化的研究结果一致。在风干过程中, 常温风干草鱼的TBARs值明显高于低温风干草鱼, 说明TBARs值受风干温度的影响较大^[22]。

2.3 风干温度对风干草鱼TVB-N含量的影响

评价水产品是否腐败变质的常用指标是TVB-N含量, TVB-N产生的原因主要是鱼肉在加工与贮藏过程中受到内源酶和外界微生物的作用, 促使蛋白质发生化学变化进而产生伯胺、叔胺和仲胺等碱性含氮物质, 最后导致水产品新鲜度及相关品质降低^[23-25]。

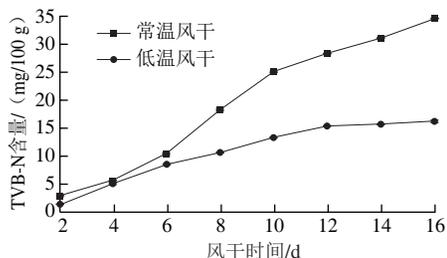


图4 风干温度对风干草鱼TVB-N含量的影响

Fig. 4 Effect of air-drying temperature on TVB-N content in air-dried grass carp

由图4可知, 随着风干时间的延长, 2种风干草鱼的TVB-N含量均呈明显上升趋势。在常温条件下, 风干草鱼的TVB-N含量在风干10d时上升至(25.12±0.01) mg/100g, 含量超过25 mg/100g, 但在低温风干条件下, 风干草鱼的TVB-N含量最高为(16.22±0.02) mg/100g, 始终低于25 mg/100g。这可能是由于常温条件有利于微生物的生长繁殖, 且酶促作用较强, 而低温条件则抑制了微生物的生长及酶活力。这与陈娇娇等^[26]对风干罗非鱼块在不同温度条件下干燥的研究结果不一致, 可能是由于罗非鱼与草鱼的蛋白质含量不同且处理时长也不同所引起的。

2.4 风干温度对风干草鱼pH值的影响

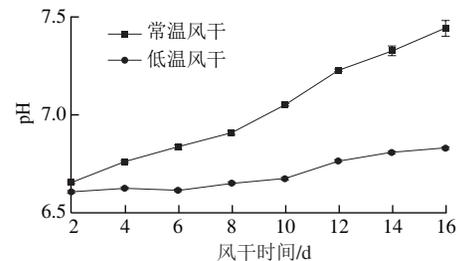


图5 风干温度对风干草鱼pH值的影响

Fig. 5 Effect of air-drying temperature on pH value of air-dried grass carp

由图5可知, 2种风干草鱼pH值均呈现明显上升的趋势。这与刘昌华等^[17]对鲈鱼风干成熟过程中脂质分解氧化规律的研究结果不一致, 其研究表明, 在风干过程中鲈鱼pH值呈下降趋势。pH值与蛋白质、脂质的分解和微生物的生长有关, 可能是由于风干温度及鱼肉中蛋白质、脂质特性的不同导致pH值的变化不一致。本次实验结果与郭雅等^[18]关于不同腌制方式对风干鳊鱼pH值影响的研究结果一致。在整个风干过程中, 常温风干草鱼的pH值均高于低温风干草鱼, 这可能是由于常温适宜酶活性的保持和微生物的生长, 而低温抑制酶活性所造成的。

2.5 风干温度对风干草鱼蛋白水解指数、TN含量及NTN含量的影响

蛋白质水解产物如小肽、游离氨基酸等是形成肉制品主要风味的前体物质, 因此, 蛋白水解指数是评价肉品风干成熟过程中蛋白质水解程度的一个重要参考指标^[27-28]。

表2 风干温度对风干草鱼TN、NTN含量及蛋白水解指数的影响

Table 2 Effect of air-drying temperature on TN and NTN contents and proteolysis index of air-dried grass carp

风干时间/d	常温风干			低温风干		
	TN含量/(mg/100g)	NTN含量/(mg/100g)	蛋白水解指数/%	TN含量/(mg/100g)	NTN含量/(mg/100g)	蛋白水解指数/%
2	53.55±0.02 ^b	3.09±0.01 ^b	0.058±0.012 ^b	50.16±0.12 ^b	2.85±0.02 ^b	0.056±0.074 ^b
4	55.56±0.02 ^b	4.06±0.01 ^b	0.073±0.021 ^b	52.44±0.09 ^b	3.17±0.01 ^b	0.061±0.063 ^b
6	60.97±0.02 ^c	5.26±0.01 ^c	0.086±0.041 ^c	54.36±0.19 ^c	3.38±0.03 ^c	0.062±0.018 ^c
8	63.37±0.23 ^c	5.73±0.02 ^c	0.091±0.014 ^c	55.71±0.01 ^c	3.86±0.01 ^d	0.069±0.017 ^d
10	66.16±0.10 ^d	6.42±0.01 ^d	0.097±0.023 ^d	57.26±0.16 ^d	4.16±0.03 ^{cd}	0.071±0.057 ^b
12	68.56±0.21 ^c	7.88±0.02 ^e	0.115±0.065 ^e	60.34±0.09 ^e	4.23±0.01 ^e	0.072±0.032 ^d
14	70.25±0.02 ^b	10.23±0.01 ^b	0.146±0.017 ^b	64.35±0.23 ^b	4.57±0.03 ^b	0.072±0.031 ^c
16	75.63±0.01 ^a	12.51±0.02 ^a	0.165±0.016 ^a	68.64±0.03 ^a	5.07±0.02 ^a	0.074±0.046 ^c

注: 同列小写字母不同, 表示不同风干时间差异显著(P<0.05)。表3同。

由表2可知, 常温风干草鱼的蛋白水解指数明显高于低温风干草鱼, 随着风干时间的延长, 2种风干草鱼的蛋白水解指数均发生显著变化(P<0.05)。这说明风干温度会影响肌肉中蛋白酶、肽酶等的活性, 这与Martín等^[29]的研究结果一致。在常温风干后期, 风干草鱼会产生明

显的腐败哈喇味，这说明风干温度对风干草鱼的蛋白水解程度影响较大。

2.6 风干温度对风干草鱼感官品质的影响

表3 风干温度对风干草鱼感官品质的影响

Table 3 Effect of air-drying temperature on sensory quality of air-dried grass carp

风干时间/d	常温风干				低温风干			
	组织形态	色泽	气味	总分	组织形态	色泽	气味	总分
2	7.4±0.3 ^b	6.4±0.2 ^{bc}	6.4±0.2 ^b	20.2±0.4 ^c	6.6±0.3 ^c	7.1±0.2 ^b	6.6±0.4 ^c	20.2±0.4 ^c
4	7.4±0.3 ^b	7.2±0.3 ^b	7.2±0.3 ^b	21.8±0.3 ^b	7.4±0.3 ^{bc}	7.2±0.3 ^b	6.8±0.1 ^c	21.4±0.3 ^c
6	8.8±0.4 ^a	8.8±0.2 ^a	8.4±0.2 ^a	26.0±0.4 ^a	8.4±0.4 ^{ab}	8.6±0.4 ^a	8.8±0.3 ^b	25.8±0.4 ^b
8	6.4±0.5 ^b	5.8±0.3 ^c	6.2±0.4 ^b	18.4±0.8 ^d	8.6±0.2 ^{ab}	8.8±0.2 ^a	8.4±0.3 ^b	25.8±0.2 ^b
10	6.8±0.3 ^b	5.4±0.2 ^c	5.7±0.2 ^b	17.9±0.4 ^d	9.2±0.3 ^a	8.8±0.4 ^a	9.2±0.2 ^b	27.2±0.4 ^a
12	5.2±0.3 ^{bc}	5.6±0.4 ^c	4.8±0.3 ^{bc}	15.6±0.4 ^d	9.4±0.1 ^a	9.6±0.3 ^a	9.4±0.3 ^{ab}	27.4±0.9 ^a
14	4.8±0.3 ^c	4.4±0.5 ^d	4.8±0.2 ^c	14.0±0.6 ^e	9.2±0.4 ^a	8.8±0.2 ^a	10.0±0.0 ^a	28.0±0.4 ^a
16	4.0±0.0 ^c	4.0±0.0 ^d	4.0±0.0 ^c	12.0±0.0 ^f	8.8±0.3 ^a	6.8±0.3 ^b	10.0±0.0 ^a	25.6±0.5 ^b

由表3可知，风干6 d后，常温风干草鱼的感官评分明显低于低温风干草鱼，这可能是由于常温条件下微生物与酶的作用使得鱼肉蛋白质及脂肪过度氧化。在风干初期，2种风干温度下风干草鱼的组织形态、色泽与气味评分相差不大；随着风干时间的延长，风干后期低温风干草鱼的感官评分明显高于常温风干草鱼，特别是色泽与气味评分。风干至第6天时常温风干草鱼的感官评分最高，这可能是由于在常温条件下，微生物种群数量增多，蛋白酶活性增强，生成较多的小肽、游离氨基酸等风味前体物质，从而对产品风味产生一定影响^[30]。但是随着风干时间的延长，常温风干草鱼的感官评分降低，这是由于产品表面失水变硬，内部水分不易流失，导致水分含量降低速率减慢，从而使腐败微生物得以生长繁殖，产生不良风味。

2.7 风干草鱼感官评分与理化指标的相关性

表4 常温风干草鱼感官评分与理化指标的相关性

Table 4 Correlation between sensory score and physicochemical indexes of air-dried grass carp at normal temperature

指标	风干时间	水分含量	盐含量	pH值	TVB-N含量	TBARs值	TN含量	NTN含量	蛋白水解指数	感官评分
风干时间	1.000	-0.908**	0.864**	0.984**	0.985**	0.781**	0.987**	0.986**	0.990**	-0.722**
水分含量		1.000	-0.702**	-0.841**	-0.843**	-0.795**	-0.909**	-0.843**	-0.853**	0.434
盐含量			1.000	0.910**	0.886**	0.665**	0.830**	0.866**	0.860**	-0.633**
pH值				1.000	0.989**	0.717**	0.961**	0.987**	0.986**	-0.754**
TVB-N含量					1.000	0.758**	0.983**	0.993**	0.988**	-0.786**
TBARs值						1.000	0.817**	0.754**	0.755**	-0.550*
TN含量							1.000	0.981**	0.980**	-0.741**
NTN含量								1.000	0.998**	-0.812**
蛋白水解指数									1.000	-0.801**
感官评分										1.000

注：**极显著 ($P<0.01$)；*显著 ($P<0.05$)。表5同。

由表4可知，常温风干草鱼的感官评分与风干时间、盐含量、pH值、TVB-N含量、TN含量、NTN含量及蛋白

水解指数均呈极显著负相关 ($P<0.01$)。这可能是由于风干温度较高，导致草鱼表面快速失去水分形成硬皮，而内部的水分无法进一步散失，最终内部水分含量过高引起腐败微生物的生长繁殖，从而产生不良风味^[28-31]。

表5 低温风干草鱼感官评分与理化指标的相关性

Table 5 Correlation between sensory score and physicochemical indexes of air-dried carp at low temperature

指标	风干时间	水分含量	盐含量	pH值	TVB-N含量	TBARs值	TN含量	NTN含量	蛋白水解指数	感官评分
风干时间	1.000	-0.985**	0.506*	0.888**	0.951**	0.790**	0.940**	0.975**	0.980**	0.725**
水分含量		1.000	-0.448	-0.868**	-0.956**	-0.780**	-0.903**	-0.958**	-0.988**	-0.731**
盐含量			1.000	0.383	0.408	0.404	0.478*	0.471*	0.450	0.395
pH值				1.000	0.949**	0.658**	0.977**	0.963**	0.872**	0.419
TVB-N含量					1.000	0.675**	0.963**	0.970**	0.936**	0.574*
TBARs值						1.000	0.681**	0.761**	0.843**	0.628**
TN含量							1.000	0.985**	0.900**	0.514*
NTN含量								1.000	0.961**	0.587*
蛋白水解指数									1.000	0.694**
感官评分										1

由表5可知，低温风干草鱼的感官评分与水分含量呈极显著负相关 ($P<0.01$)，说明水分含量降低引起鱼肉组织形态紧密，且光泽和气味较好；低温风干草鱼的感官评分与TVB-N含量、TN含量、NTN含量呈显著正相关 ($P<0.05$)，与TBARs值、蛋白水解指数呈极显著正相关 ($P<0.01$)，说明低温抑制了微生物的生长与酶活性，并降低了脂肪与蛋白质的分解。脂肪与蛋白质的过度分解会增加次级产物的生成并导致风干草鱼产生酸败味。

3 结论

风干温度对风干草鱼相关理化指标及感官品质均有一定的影响，本研究结果表明：常温风干草鱼的理化指标与感官评分均低于低温风干草鱼，常温风干草鱼由于风干温度较高、风干时间较长，导致鱼体表面变硬以及内部水分增多，进而产生明显的腐败味；低温风干草鱼的组织形态、香味和色泽均优于常温风干草鱼；与低温风干草鱼相比，常温风干草鱼的水分含量较低，TBARs值、TVB-N含量及pH值较高，常温风干草鱼的感官评分与风干时间、盐含量、pH值、TVB-N含量、TN含量、NTN含量及蛋白水解指数均呈极显著负相关 ($P<0.01$)；低温风干草鱼的感官评分与TVB-N含量、TN含量、NTN含量呈显著正相关 ($P<0.05$)，与TBARs值、蛋白水解指数呈极显著正相关 ($P<0.01$)。综上所述，低温风干草鱼的感官品质及相关理化指标均优于常温风干草鱼。



参考文献:

- [1] YUBANG S, JUNBIN Z, JIALE L. Advances in studies on genetic resources of grass carp[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2011, 27(7): 369-373. DOI:10.1016/S1671-2927(11)60313-1.
- [2] 岑剑伟, 李来好, 杨贤庆, 等. 我国水产品加工行业发展现状分析[J]. 现代渔业信息, 2008, 23(7): 6-9. DOI:10.3969/j.issn.1004-8340.2008.07.002.
- [3] 张进杰. 中国南方传统腊鱼加工、品质及安全性研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2012.
- [4] 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. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.014293.
- [5] ZHANG Dalei, CHENG Weiwei, LI Jiefeng, et al. Inoculation of *Staphylococcus* and *Micrococcus* to improve the oxidative stability of Cantonese sausages[J]. Modern Food Science and Technology, 2016, 32(1): 218-223; 28. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2016.1.034.
- [6] 李莹莹, 宋永青, 郭文萍, 等. 9种腌腊肉制品贮存过程中游离脂肪酸的变化、影响因素及其来源途径的研究[J]. 肉类研究, 2014, 28(8): 19-23.
- [7] 左玉, 马雪萍, 谢文磊, 等. 脂质的氧化及其对DNA损伤的研究进展[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2006, 27(5): 73-80. DOI:10.16433/j.cnki.issn1673-2383.2006.05.020.
- [8] 刘静泊, 陈季旺, 夏文水, 等. 风干武昌鱼的营养及挥发性成分[J]. 食品科学, 2015, 36(18): 80-84. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201518014.
- [9] 曾令彬, 赵思明, 熊善柏, 等. 风干白鲢的热风干燥模型及内部水分扩散特性[J]. 农业工程学报, 2008(7): 280-283. DOI:10.3321/j.issn:1002-6819.2008.07.059.
- [10] 饶伟丽, 王振宇, 辛建增, 等. 热风干温度对风干肉品质和加工能耗的影响[J]. 肉类研究, 2017, 31(1): 13-18. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201701003.
- [11] HUGHES J M, OISETH S K, PURSLOW P P, et al. A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness[J]. Meat Science, 2014, 98(3): 520-532. DOI:10.1016/j.meatsci.2014.05.022.
- [12] 郇延军, 陈妹, 钟玉虎, 等. 高温风干对风鸭品质及脂质氧化的影响[J]. 食品工业科技, 2013, 34(15): 91-96. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2013.15.051.
- [13] VISESSANGUAN W, BENJAKUL S, RIEBROY S, et al. Changes in composition and functional properties of proteins and their contributions to Nham characteristics[J]. Meat Science, 2004, 66(3): 579-588. DOI:10.1016/S0309-1740(03)00172-4.
- [14] 陈小雷, 胡王, 凌俊, 等. 风干鳊鱼腌制过程适宜加盐量的研究[J]. 食品科技, 2014, 39(8): 127-131. DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2014.08.029.
- [15] 向雅芳, 熊光权, 乔宇, 等. 不同热处理方式对鲈鱼品质的影响[J]. 食品科学, 2019, 31(8): 127-135. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20181018-200.
- [16] 徐文杰, 李俊杰, 贾丹, 等. 近红外光谱技术分析草鱼营养成分[J]. 食品科学, 2013, 34(20): 161-164.
- [17] 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.
- [18] 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, 37(14): 272-276. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2016.14.046.
- [19] CALKINS C. A fresh look at meat flavor[J]. Meat Science, 2007, 77(1): 63-80. DOI:10.1016/j.meatsci.2007.04.016.
- [20] ZHANG Jianhao, JIN Guofeng, WANG Jiamei, et al. Effect of intensifying high-temperature ripening on lipolysis and lipid oxidation of Jinhua ham[J]. LWT-Food Science and Technology, 2011, 44(2): 473-479. DOI:10.1016/j.lwt.2010.07.007.
- [21] 王建辉, 刘永乐, 刘冬敏, 等. 冷藏期间草鱼鱼片脂肪氧化变化规律研究[J]. 食品科学, 2013, 34(6): 243-246.
- [22] 龚婷, 熊善柏, 陈加平, 等. 冰温气调保鲜草鱼片加工过程中的减菌化处理[J]. 华中农业大学学报, 2009, 28(1): 111-115. DOI:10.13300/j.cnki.hnlkxb.2009.01.004.
- [23] 龚婷. 生鲜草鱼片冰温气调保鲜的研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2008.
- [24] DEBEVERE J, BOSKOU G. Effect of modified atmosphere packaging on the TVB/TMA-producing microflora of cod fillets[J]. International Journal of Food Microbiology, 1996, 31(1): 221-229. DOI:10.1016/0168-1605(96)01001-X.
- [25] RUIZ-CAPILLAS C, MORAL A. Sensory and biochemical aspects of quality of whole bigeye tuna (*Thunnus obesus*) during bulk storage in controlled atmospheres[J]. Food Chemistry, 2005, 89(3): 347-354. DOI:10.1016/j.foodchem.2004.02.041.
- [26] 陈娇娇, 蒋爱民, 杜斯欣, 等. 温度对风干罗非鱼块品质的影响[J]. 食品工业科技, 2013, 34(14): 85-90. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2013.14.047.
- [27] 张会丽, 余翔, 张弘, 等. 鲈鱼风干成熟工艺及对蛋白质水解和感官品质影响[J]. 食品科学, 2010, 31(16): 47-51.
- [28] 王永丽. 风干高温成熟对风鸭蛋白质、脂肪分解氧化及风味的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2006.
- [29] MARTÍN L, CÓRDOBA J J, ANTEQUERA T, et al. Effects of salt and temperature on proteolysis during ripening of Iberian ham[J]. Meat Science, 1998, 49(2): 145-153. DOI:10.1016/S0309-1740(97)00129-0.
- [30] 王坤殿. 淡水鱼种类识别与重量在线检测方法研究及装备设计[D]. 武汉: 华中农业大学, 2015. DOI:10.7666/d.Y2803325.
- [31] 潘道东, 罗永康, 王善荣. 风鸭腌制新技术[J]. 食品与生物技术, 2002, 21(1): 84-87. DOI:10.3321/j.issn:1673-1689.2002.01.019.