

诸琼妞. 海水与淡水养殖浙东白鹅肉质营养和风味的比较 [J]. 食品工业科技, 2024, 45(12): 248–253. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2023080107

ZHU Qiongnu. Comparison of Meat Nutrition and Flavor of Zhejiang East White Goose in Seawater Aquaculture[J]. Science and Technology of Food Industry, 2024, 45(12): 248–253. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2023080107

· 分析检测 ·

海水与淡水养殖浙东白鹅肉质营养和风味的比较

诸琼妞*

(浙江省宁波市象山县食品检验检测中心, 浙江宁波 315700)

摘要:为促进浙东白鹅产业的持续发展, 以淡水养殖和海水养殖浙东白鹅为研究对象, 通过测定重金属含量、游离氨基酸组成、呈味核苷酸组成和脂肪酸组成等, 比较分析海水养殖对浙东白鹅肉质营养品质和风味特性的影响。结果表明, 海水组鹅肉相对淡水组的水分较低, 蛋白质含量较高, 脂肪含量较低。海水组鹅肉中游离氨基酸含量 (4576.03 mg/kg) 显著高于淡水组 ($P<0.05$), 且必需氨基酸占比更高 (必需氨基酸占游离氨基酸总量的 46%)。谷氨酸和天冬氨酸作为主要的鲜味氨基酸, 两者含量在海水组鹅肉中显著高于淡水组 ($P<0.05$), 且海水组具有更高的呈味氨基酸含量 (1921.99 mg/kg) 和肌苷酸含量 (4745.54 mg/kg)。同时, 海水组鹅肉中 P/S 值 (0.59) 显著高于淡水组 ($P<0.05$), 具有更高比例的不饱和脂肪酸和必需脂肪酸。综上, 海水养殖浙东白鹅是高蛋白、低脂肪的一种优质蛋白质, 其肉质营养品质和风味特性更具优势。

关键词:海水养殖, 浙东白鹅, 营养品质, 风味特性

中图分类号: TS251.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2024)12-0248-06

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2023080107



本文网刊:

Comparison of Meat Nutrition and Flavor of Zhejiang East White Goose in Seawater Aquaculture

ZHU Qiongnu*

(Xiangshan Food Inspection and Testing Center, Ningbo 315700, China)

Abstract: In order to promote the sustainable development of Zhejiang East white goose industry, freshwater aquaculture and seawater aquaculture of Zhejiang East white geese were taken as research objects. The heavy metal content, free amino acid composition, flavor nucleotide composition, and fatty acid composition were determined. The effects of seawater aquaculture on meat nutritional quality and flavor characteristics of Zhejiang East white geese were compared and analyzed. The results showed that the seawater group had lower water content, higher protein content, and lower fat content compared to the freshwater group. The content of free amino acids in the seawater group (4576.03 mg/kg) was significantly higher than that in the freshwater group ($P<0.05$), and the proportion of essential amino acids was higher (46% of total essential amino acids/free amino acids). Glutamic acid and aspartic acid were the main fresh amino acids. Their contents in the seawater group goose were significantly higher than those in the freshwater group ($P<0.05$). The seawater group had higher flavor amino acid content (1921.99 mg/kg) and inosine content (4745.54 mg/kg). Meanwhile, the P/S value (0.59) of the seawater group was significantly higher than that in the freshwater group ($P<0.05$), indicating a higher proportion of unsaturated and essential fatty acids. Consequently, seawater aquaculture of Zhejiang East white goose is a high-quality protein source with high protein and low fat, and its meat quality and flavor characteristics are more advantageous.

Key words: seawater aquaculture; Zhejiang East white goose; nutritional quality; flavor characteristics

收稿日期: 2023-08-15

基金项目: 象山县科技计划项目 (2022C6005)。

作者简介/通信作者*: 诸琼妞 (1995-), 女, 硕士, 助理工程师, 研究方向: 肉品加工与质量安全控制, E-mail: 2279539637@qq.com。

浙东白鹅(Zhejiang East white goose)是我国白鹅(*Anser cygnoides*)种类里的名特优新产品,其营养和滋味被广大群众所认可^[1]。浙东大白鹅的养殖用水主要为淡水,而我国浙东地区淡水资源相对紧缺,不利于浙东白鹅产业的发展^[2]。浙东地区海洋资源得天独厚,大陆架海域面积约 12 万平方千米,海岸线长达 5810 千米,开发海水资源将对浙东白鹅产业发展和节约淡水资源有重要意义^[3]。在浙江省全面启动“五水共治”实施农业面源污染整治的大背景下,主动破解水资源紧缺的难题,进一步推广新的养殖空间对浙东白鹅产业发展尤为重要。为探索浙东白鹅发展空间,陈淑芳等^[4-5]开展了浙东白鹅海水养殖试验研究,表明海水养殖肉鹅成活率、生长速度和耗料量与淡水养殖基本一致。已有研究海水养殖浙东白鹅的成功,对进一步促进养殖空间扩大和浙东白鹅产业持续发展,加快海水养殖的推广应用奠定了基础。

近年来,鹅肉品质已成为养殖业人们日益关注的焦点。鹅肉的品质主要受其品种遗传、饲养管理、饲养时间以及屠宰加工等多种因素的影响^[6]。Hamadani 等^[7]对不同畜禽进行比较,发现在整体上鹅肉相对于鸡肉、羊肉等更易被消费者接受,拥有更大的市场空间。Geldenhuys 等^[8]研究表明鹅肉含有高蛋白和低脂肪,其营养成分组成较为均衡。目前,已有对不同日龄、不同饲料喂养模式下的白鹅进行营养品质研究^[9-10],却鲜有在海水养殖下对鹅肉肉质营养及风味的研究。随着城市化进程的加速和陆地养殖的空间局限,海水养殖在扩大海洋资源上有着长远意义。发展海水养殖白鹅能保障优质蛋白供给,满足人民日益增长的营养饮食需求。基于前人研究和借鉴水产养殖业的经验,以打造“海洋强国”为时代任务,以促进浙东白鹅养殖业发展为目的,充分利用浙东海水资源,对海水养殖浙东白鹅进行综合评价,为加快海水养殖浙东白鹅的推广应用提供理论依据和数据支撑。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

浙东白鹅 孵化的 1 日龄健康浙东白鹅雏鹅,120 只,浙江象山文杰大白鹅养殖有限公司;脂肪酸甲酯标准品 美国 Nu-chek 公司;氨基酸标准品 色谱纯,铅、镉、铬标准品、核苷酸标准品 美国 Sigma 公司;硝酸、氢氧化钠、石油醚、硫酸、定氮片、苯酚、盐酸、甲醇、正己烷、三氟化硼、氯化钠均为分析纯,国药集团化学试剂有限公司。

WS-600 电子盐度计 北京远特信科技有限公司;SOX500 脂肪测定仪、K1100F 全自动凯氏定氮仪 济南海能仪器股份有限公司;8050 LC-MS/MS 液相色谱-质谱联用仪、GC-2010 Pro 气相色谱仪、LC-2030 Plus 液相色谱仪 日本岛津公司;ICE 3500 原子吸收分光光度计 美国热电公司。

1.2 实验方法

1.2.1 样品处理 将雏鹅集中饲养 14 d 后,按照体重相近的原则将试验鹅随机分为淡水组和海水组,每组 60 只雏鹅(公母各半)。淡水组在浙江慈溪周巷养鹅基地淡水池中养殖,海水组在浙江象山东城养鹅基地海水池中养殖。试验按照《浙东白鹅规模饲养技术规程》进行统一饲养管理。随机选取相同饲养条件下,360 日龄的淡水组和海水组白鹅各 10 只(公母各半),宰杀后放血,分别取胸肌和腿肌,绞碎混匀,放于-80℃ 冰箱中冷冻备用。

1.2.2 样品中盐分的测定 参照 GB 5009.44-2016 食品中氯化物的测定并略作修改,称取 10 g 粉碎样品(精确到 0.001 g)于 100 mL 具塞比色管中,加入 50 mL 70℃ 热水,振荡分散样品,水浴煮沸 15 min,高速匀浆后,超声处理 20 min,冷却至室温,过滤,用电子盐度计对滤液进行测定。

1.2.3 样品中铅、镉、铬含量的测定 称取 0.2 g 粉碎样品(精确到 0.001 g)于微波消解罐中,加入 5 mL 硝酸,进行微波消解。冷却后取出消解罐,于 140℃ 电热板上赶酸至 1 mL 左右。消解罐放冷后,将消化液转移至容量瓶中,用超纯水定容,混匀备用。参照 GB 5009.12-2017 食品中铅的测定、GB 5009.15-2014 食品中镉的测定和 GB 5009.123-2014 食品中铬的测定,用石墨炉原子吸收光谱方法分别对样品中的铅、镉、铬含量进行测定。

1.2.4 样品中基本营养成分含量的测定 水分参照 GB 5009.3-2016 食品中水分的测定;蛋白含量参照 GB 5009.5-2016 食品中蛋白质的测定,使用全自动凯氏定氮仪测定;脂肪含量参照 GB 5009.6-2016 食品中脂肪的测定,使用脂肪测定仪测定。

1.2.5 样品中游离氨基酸含量及成分的测定 参照诸琼姐等^[11]的方法并略作修改,称取 1 g 粉碎样品(精确到 0.001 g),加入消解液(含 1%苯酚的 1+1 盐酸)10 mL,向消解管内通入氮气置换空气后密封。在 110℃ 下消解 24 h,取出冷却过滤,取 5 mL 消解液烘干,用 1 mL 0.1 mol/L 盐酸复溶稀释,过 0.22 μm 滤膜衍生后上机。色谱柱型号:Shim-pack FC-ODS (150×2 mm, 3.0 μm)。

1.2.6 样品中呈味核苷酸含量及成分的测定 参照李波^[12]的方法并略作修改,称取 5 g 粉碎样品(精确至 0.1 mg)于 100 mL 锥形瓶中,加入 20 mL 热水(50~60℃)充分溶解试样,冷却至室温后,取样上机。柱子型号:Diamonsil-plus C₁₈-A (4.6×250 mm, 5 μm)。

1.2.7 样品中脂肪酸含量及成分的测定 参照诸琼姐等^[11]的方法并略作修改,称取 1 g 粉碎样品(精确到 0.001 g),放入无脂纤维滤筒中连接索氏提取器,加入石油醚提取脂肪。脂肪提取完毕后挥干溶剂,在脂肪提取物中加入 2% 氢氧化钠-甲醇溶液 8 mL,

80 ℃ 水浴回流直至油滴消失。加入 7 mL 15% 三氟化硼甲醇溶液, 80 ℃ 水浴继续回流 2 min, 停止加热。待冷却至室温后, 于烧瓶中加入 10 mL 正己烷, 振摇 2 min, 再加入饱和氯化钠溶液静置分层, 吸取上清液过有机滤膜上机测试。色谱柱型号: SH-Rt-2560。

1.3 数据处理

采用 Microsoft Office Excel 365 和 SPSS 24.0 软件进行数据分析。以平均值±标准差表示测定结果。采用 ANOVA 对实验数据进行差异分析, $P<0.05$ 为显著。

2 结果与分析

2.1 海水养殖对鹅肉中盐分及重金属含量的影响

由表 1 可知, 海水组鹅肉中的盐分含量高于淡水组, 但差异不显著($P>0.05$)。水体盐度会影响养殖白鹅过程中对饲料的吸收、蛋白需要量、饲料转化率、消化率和其他生理功能^[13]。铅、镉、铬是主要的重金属环境污染物, 海水是海洋重金属元素存在的重要载体, 其含量高低能反映海洋水环境质量状况^[3]。在重金属含量方面, 两组中的铅含量均未检出, 镉和铬含量有显著性差异($P<0.05$), 但均在 GB 2762-2022《食品安全国家标准 食品中污染物限量》范围内, 这表明该地区海水养殖白鹅不会造成铅、镉、铬等重金属在肌肉中的蓄积, 海水养殖白鹅是安全的, 为研究其营养成分奠定了基础。

表 1 淡水与海水养殖白鹅中盐分及重金属含量
Table 1 Salt and heavy metal contents in freshwater and seawater aquaculture white geese

组别	盐度 (mg/100 mg)	铅含量 (mg/kg)	镉含量 (mg/kg)	铬含量 (mg/kg)
淡水组	34.67±0.58 ^a	未检出(<0.02)	0.0012±0.000084 ^b	0.25±0.028 ^b
海水组	35.67±0.58 ^a	未检出(<0.02)	0.0056±0.00090 ^a	0.46±0.049 ^a

注: 不同上标字母表示淡水组与海水组大白鹅各指标的差异显著($P<0.05$), 表2~表5同。

2.2 海水养殖对鹅肉中常规营养成分含量的影响

由表 2 可知, 淡水组白鹅的水分显著高于海水组($P<0.05$), 这可能跟海水盐浓度较高, 在海水养殖过程中白鹅肌肉水分有所流失。海水养殖白鹅的蛋白质含量显著高于淡水组($P<0.05$), 但脂肪含量显著低于淡水组($P<0.05$)。本试验淡水组和海水组的肌肉脂肪分别是 3.95 和 3.17 g/100 g, 肌肉脂肪会直接影响肌肉嫩度与多汁性^[14]。营养学上认为肌肉含水量越低, 其总养分含量越高^[15], 本研究中海水组具有

表 2 淡水与海水养殖白鹅中基本营养成分含量
Table 2 Basic nutrient contents in freshwater and seawater aquaculture white geese

组别	水分(g/100 g)	蛋白含量(g/100 g)	脂肪含量(g/100 g)
淡水组	74.6±0.74 ^a	20.13±0.056 ^b	3.95±0.14 ^a
海水组	71.50±1.08 ^b	22.57±0.57 ^a	3.17±0.13 ^b

低水分和高蛋白, 由此推出, 海水组中肌肉中的总营养成分含量相对淡水组较高, 为进一步研究两组中营养成分差异提供基础。

2.3 海水养殖对鹅肉中游离氨基酸含量及组成的影响

氨基酸多以结合形式存在于蛋白质中, 以自由态存在的游离氨基酸是由氨肽酶对肽类的分解而产生的^[16], 其可以通过和脂类发生的氧化反应, 促进滋味产生, 形成风味物质^[17]。游离氨基酸可直接被人体吸收利用^[18], 能直观反映肉品营养价值。本研究发现海水组鹅肉中游离氨基酸总量显著高于淡水组($P<0.05$), 这可能跟白鹅生活环境中水分盐度有关。淡水组与海水组白鹅中游离氨基酸含量及组成如表 3 所示, 两组中共检出 18 种游离氨基酸, 富含人类所需的 8 种必需氨基酸, 其中含量最高的氨基酸为丙氨酸, 两组分别为 993.59 和 793.24 mg/kg。鹅肉中营养价值的高低主要由必需氨基酸数量的多少和组成比例直接影响^[19], 两组游离氨基酸中必需氨基酸含量分别为 1618.50 和 2099.97 mg/kg(必需氨基酸/氨基酸总量为 43% 和 46%), 海水组必需氨基酸含量显著高于淡水组($P<0.05$)。其他食物中比较缺乏的限制性氨基酸赖氨酸在两组中均有检出, 且海水组赖氨酸含量显著高于淡水组($P<0.05$)。与风味密切相关的鲜味氨基酸谷氨酸和天冬氨酸, 两者含量在海水组中显著高于淡水组($P<0.05$), 且海水组具有更高的呈味氨基酸。鹅肉中的游离氨基酸是表征其

表 3 淡水与海水养殖白鹅中游离氨基酸含量及组成
Table 3 Contents and compositions of free amino acids in freshwater and seawater aquaculture white geese

氨基酸 (mg/kg)	组别	
	淡水组	海水组
丙氨酸	993.59±4.33 ^a	793.24±5.80 ^b
苏氨酸	280.76±2.19 ^b	381.96±3.02 ^a
甘氨酸	215.19±1.18 ^b	251.17±4.85 ^a
赖氨酸	112.12±2.08 ^b	268.97±1.48 ^a
丝氨酸	268.29±2.51 ^a	271.91±6.18 ^a
组氨酸	103.57±2.50 ^b	123.19±2.16 ^a
精氨酸	34.53±1.13 ^b	63.03±1.78 ^a
胱氨酸	20.82±1.19 ^a	15.62±0.83 ^b
谷氨酸	65.57±1.69 ^b	111.33±1.08 ^a
脯氨酸	242.93±2.42 ^b	274.74±4.21 ^a
天冬氨酸	198.62±1.76 ^b	323.87±3.51 ^a
缬氨酸	251.79±2.51 ^b	363.34±2.68 ^a
甲硫氨酸	135.03±1.34 ^b	157.98±2.37 ^a
异亮氨酸	182.85±2.60 ^b	256.89±2.83 ^a
亮氨酸	404.78±5.43 ^a	406.23±4.05 ^a
酪氨酸	35.12±1.27 ^b	247.95±3.02 ^a
苯丙氨酸	198.62±2.49 ^a	194.43±4.25 ^a
色氨酸	52.56±1.85 ^b	70.17±1.61 ^a
呈味氨基酸	1706.72±5.79 ^b	1921.99±8.51 ^a
必需氨基酸	1618.50±6.84 ^b	2099.97±6.01 ^a
氨基酸总量	3796.74±6.41 ^b	4576.03±8.78 ^a
必需氨基酸/氨基酸总量	0.43±0.0031 ^b	0.46±0.0014 ^a

鲜味特征的重要物质,从表 3 比较结果看出海水组白鹅在游离氨基酸组成、比例上均比淡水组更优,具有更高营养价值和风味特性。

2.4 海水养殖对鹅肉中呈味核苷酸含量及组成的影响

影响动物肌肉风味的物质除谷氨酸型,还有核苷酸型,呈味核苷酸作为一种强烈鲜味剂,对鹅肉风味及滋味的形成具有重要作用^[20]。肌肉中的 ATP 在一系列酶的作用下逐渐降解生成 5'-核苷酸,这些核苷酸能为肉品提供独特的风味^[20]。由表 4 可知,两组中测得主要核苷酸为肌苷酸、腺苷酸和鸟苷酸,其中,海水组鹅肉中肌苷酸含量高达 4745.54 mg/kg,显著高于淡水组 ($P<0.05$),目前研究表明的肌苷酸测定数据相差很大,测定值的变化范围在 1.05~5.6 mg/g 之间^[21]。肌苷酸是禽肉中最主要的鲜味化合物,对鲜味贡献较大,其与谷氨酸钠有协同增效作用^[22],鲜味高达味精的 50 多倍。廖玉英等^[10]的研究表明,随着代谢能水平的提高,肌肉肌苷酸含量的增加有利于提高肌肉香味。这表明海水养殖白鹅中核苷酸含量对其风味有重要影响,可能跟海水中的矿物元素离子浓度有关,从而导致肌肉结合水差值的不同,但造成风味差别的机理尚需进一步研究。

表 4 淡水与海水养殖白鹅中呈味核苷酸含量及组成
Table 4 Contents and compositions of flavor nucleotides in freshwater and seawater aquaculture white geese

核苷酸 (mg/kg)	组别	
	淡水组	海水组
胞嘧啶核苷酸	6.29±0.60 ^a	6.18±0.57 ^a
尿嘧啶核苷酸	5.36±0.71 ^a	4.30±0.44 ^a
腺嘌呤核苷酸	256.97±7.64 ^a	246.47±4.11 ^a
鸟嘌呤核苷酸(GMP)	175.72±6.05 ^a	177.80±9.60 ^a
次黄嘌呤核苷酸(又称肌苷酸IMP)	4015.81±110.39 ^b	4745.54±137.42 ^a
GMP+IMP	4191.53±105.81 ^b	4923.33±127.82 ^a

2.5 海水养殖对鹅肉中脂肪酸含量及组成的影响

脂肪酸含量的变化较为复杂,磷脂或甘油酯水解可以提高脂肪酸含量,但同时脂肪酸(尤其是不饱和脂肪酸)发生氧化,会使脂肪酸含量降低^[23]。不饱和脂肪酸的含量还是影响肌肉风味的主要物质,不同脂肪酸因其熔点不同和加工过程中热氧化反应所产生的风味物质不同,对肉嫩度和风味影响也不同^[11]。如鹅肉脂肪酸中占比最高的油酸,在肉品香气形成过程中起重要作用^[24]。Tutunchi 等^[25]研究发现,油酸可以调节机体的食物摄入、体重和能量消耗,有益于预防肥胖。本研究发现淡水组脂肪酸总量和棕榈酸含量显著高于海水组 ($P<0.05$),但海水组多不饱和脂肪酸含量显著高于淡水组 ($P<0.05$)。在必需脂肪酸相对含量上,海水组的必需脂肪酸含量显著高于淡水组 ($P<0.05$)。由表 5 可见,淡水组和海水组中共测出 20 种脂肪酸且在种类上无差异,两组鹅肉中以棕榈酸、硬脂酸、油酸和亚油酸为主,其中油酸含量最

高,淡水组脂肪酸总量显著高于海水组 ($P<0.05$),此结果跟前面脂肪含量的测定结果趋势一致。本试验所得脂肪酸中以不饱和脂肪酸为主,且含有较高的多不饱和脂肪酸,评价脂肪酸组成对营养价值的影响可以用多不饱和脂肪酸/饱和脂肪酸值(P/S 值)来衡量^[26-27],P/S 值高于 0.4 时利于人体健康。本研究结果得出,淡水组和海水组 PUFA/SFA 的比例分别为 0.45 和 0.59,且有显著性差异 ($P<0.05$),海水组相对于淡水组具有更高的 P/S 值,意味着更高的营养价值,其原因可能是盐分在维持渗透压方面起着重要作用,影响着肌肉中水的流向,从而影响脂肪酸对渗透压调节酶的活性控制^[28-29]。

表 5 淡水与海水养殖白鹅中脂肪酸含量及组成
Table 5 Contents and compositions of fatty acids in freshwater and seawater aquaculture white geese

脂肪酸 (mg/kg)	组别	
	淡水组	海水组
月桂酸	11.32±0.61 ^a	12.62±0.95 ^a
肉豆蔻酸	181.64±1.10 ^a	98.05±2.83 ^b
顺-9-十四碳烯酸	20.37±1.40 ^a	5.11±1.35 ^b
十五烷酸	57.93±2.32 ^a	24.53±1.34 ^b
棕榈酸	9515.73±19.61 ^a	6865.39±53.60 ^b
棕榈油酸	717.29±8.14 ^a	721.23±3.71 ^a
十七烷酸	65.76±1.98 ^a	64.88±4.02 ^a
硬脂酸	1495.07±7.96 ^b	2355.30±51.12 ^a
反-9-十八碳烯酸	73.00±2.78 ^a	72.84±2.88 ^a
顺-9-油酸	15529.00±12.65 ^a	12579.21±88.45 ^b
顺-9-12-亚油酸	4949.44±63.07 ^a	5037.04±83.43 ^a
花生酸	80.26±1.29 ^a	40.83±2.25 ^b
亚麻酸	150.55±2.39 ^b	418.50±3.06 ^a
顺-11-花生烯酸	154.61±3.99 ^a	153.86±2.50 ^a
山嵛酸	49.86±3.57 ^a	49.35±4.22 ^a
二十碳三烯酸	31.98±5.72 ^a	31.29±1.29 ^a
二十二烯酸	77.68±2.83 ^a	24.62±1.11 ^b
花生四烯酸	73.21±3.21 ^a	75.59±3.23 ^a
二十四烷酸	40.81±2.11 ^a	19.43±2.36 ^b
二十二碳六烯酸	14.07±1.54 ^a	14.14±1.68 ^a
脂肪酸总量	33282.91±74.72 ^a	28663.83±245.47 ^b
饱和脂肪酸(SFA)	11498.38±15.18 ^a	9530.40±92.18 ^b
多不饱和脂肪酸(PUFA)	5219.26±66.32 ^b	5576.56±80.77 ^a
PUFA/SFA	0.45±0.0062 ^b	0.59±0.0033 ^a
必需脂肪酸	5187.27±62.79 ^b	5545.27±81.96 ^a

3 结论

通过对淡水和海水养殖白鹅中的盐度、重金属、营养成分、呈味物质等进行定性和定量综合分析可知,海水组鹅肉相对淡水组水分较低,蛋白质含量较高,脂肪含量较低,且该地区海水没有受到铅、镉、铬等金属污染。在游离氨基酸含量及组成上,海水组鹅肉中游离氨基酸含量(4576.03 mg/kg)显著高于淡水组 ($P<0.05$),且必需氨基酸占比高达 46%。海水组鹅肉中与风味相关的氨基酸和核苷酸含量较高,特别是谷氨酸和天冬氨酸,两者含量均显著高于淡水组

($P < 0.05$); 肌苷酸含量高达 4745.54 mg/kg, 可能跟海水中的矿物元素离子浓度有关。同时海水组鹅肉 P/S 值(0.59)显著高于淡水组($P < 0.05$), 且具有更高比例的不饱和脂肪酸和必需脂肪酸。综上, 海水养殖白鹅具有较高的肉质营养品质和风味特性。本研究只分析了淡水和海水组鹅肉之间营养成分和风味的差异, 为了更好地促进浙东白鹅产业的发展, 其差异形成的机理尚需进一步研究。

© The Author(s) 2024. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

参考文献

- [1] 陈维虎, 盛安常, 陈景葳, 等. 象山传统鹅文化习俗拾遗[J]. 浙江畜牧兽医, 2021, 46(1): 19-20. [CHEN W H, SHENG A C, CHEN J W, et al. The collection of traditional goose culture and customs in Xiangshan[J]. Zhejiang Journal Animal Science and Veterinary Medicine, 2021, 46(1): 19-20.]
- [2] MSHALEH S R, SHAPAWI R, ESTIM A, et al. Application of fourth industrial revolution technologies to marine aquaculture for future food: imperatives, challenges and prospects[J]. *Sustainable Marine Structures*, 2021, 3(1): 22-31.
- [3] 刘茵茵, 陈大伟, 陈世豪, 等. 海水养殖对浙东白鹅血清、组织及鸭蛋中微量元素含量的影响[J]. 中国兽医杂志, 2021, 57(1): 19-23. [LIU Y Y, CHEN D W, CHEN S H, et al. The effects of seawater aquaculture on trace elements in the serum, tissue and egg of Zhedong White Geese[J]. Chinese Journal of Veterinary Medicine, 2021, 57(1): 19-23.]
- [4] 陈淑芳, 于海龙, 李玲, 等. 浙东白鹅海水养殖与淡水养殖对比试验[J]. 科学种养, 2014(7): 41-42. [CHEN S F, YU H L, LI L, et al. Comparative experiment on seawater and freshwater culture of Zhejiang East White Goose[J]. Scientific Breeding, 2014(7): 41-42.]
- [5] 陈淑芳, 赵鑫. 象山县畜禽养殖“三模式”助污染整治[J]. 科学种养, 2015(4): 39-40. [CHEN S F, ZHAO X. "Three models" of livestock and poultry breeding in Xiangshan to help pollution control[J]. Scientific Breeding, 2015(4): 39-40.]
- [6] WENG K Q, HUO W R, GU T T, et al. Effects of marketable ages on meat quality through fiber characteristics in the goose[J]. Poultry Science, 2020, 100(2): 728-737.
- [7] HAMADANI H, KHAN A A, SALAHUDIN M, et al. Slaughter and carcass characteristics, sensory attributes and consumer acceptability of geese meat[J]. Indian Journal of Poultry Science, 2013, 48(2): 223-227.
- [8] GELDENHUYS G, HOFFMAN L C, MULLER N. The fatty acid, amino acid, and mineral composition of Egyptian goose meat as affected by season, gender, and portion[J]. *Poultry Science*, 2015, 94(5): 1075-1087.
- [9] 黄可, 秦春青, 任亭, 等. 日龄对鹅肉营养和风味品质的影响[J]. 肉类研究, 2016, 30(9): 1-7. [HUANG K, QIN C Q, REN T, et al. Effects of age on the nutritional and flavor quality of goose meat[J]. Meat Research, 2016, 30(9): 1-7.]
- [10] 廖玉英, 杨家晃, 何仁春, 等. 日粮蛋白质水平对鹅生长性能及肉质的影响[J]. 广西科学, 2007, 14(4): 411-414. [LIAO Y Y, YANG J H, HE R C, et al. Effects of different dietary crude protein on geese performance and carcass quality[J]. Guangxi Sciences, 2007, 14(4): 411-414.]
- [11] 诸琼妮, 祝超智, 赵改名, 等. 煮制过程中食盐引起猪肉汤成分含量变化的研究[J]. 食品工业科技, 2019, 40(22): 7-12. [ZHU Q N, ZHU C Z, ZHAO G M, et al. Changes of pork broth composition contents caused by salt during cooking[J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(22): 7-12.]
- [12] 李波. 卤水及加工工艺对盐水鹅基本品质及风味的影响[D]. 扬州: 扬州大学, 2019. [LI B. The effect of brine and processes on the basic quality and flavor of salted goose[D]. Yangzhou: Yangzhou University, 2019.]
- [13] 朱正娇. 不同鹅种肉质差异比较和营养水平对皖西白鹅肉质影响的研究[D]. 凤阳: 安徽科技学院, 2020. [ZHU Z J. Comparison of meat quality of different goose species and the effect of nutrition level on meat quality of Wanxi goose[D]. Fengyang: Anhui Science and Technology University, 2020.]
- [14] 杨华, 孙素玲, 陈维虎, 等. 浙东白鹅与朗德鹅肌肉营养成分比较与评价[J]. 食品与机械, 2020, 36(12): 28-33. [YANG H, SUN S L, CHEN W H, et al. Analysis and comparison of nutritional component in the muscle of Zhedong geese and Landes geese[J]. Food and Machinery, 2020, 36(12): 28-33.]
- [15] 何柳青, 曲湘勇, 汪加明. 鹅肉品质的营养调控研究进展[J]. 中国家禽, 2011, 33(10): 42-44. [HE L Q, QU X Y, WANG J M. Research progress on nutritional regulation of goose meat quality[J]. China Poultry, 2011, 33(10): 42-44.]
- [16] HONG C L, JANG H S, KANG I, et al. Effect of red bean protein isolate and salt levels on pork myofibrillar protein gels mediated by microbial transglutaminase[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2017, 76: 95-100.
- [17] 吴菊清, 魏朝贵, 韩敏义, 等. NaCl 对猪肉肌原纤维蛋白乳化体系加工特性的影响[J]. 南京农业大学学报, 2014, 37(6): 83-88. [WU J Q, WEI C G, HAN M Y, et al. Effect of NaCl on processing properties of pork myofibrillar protein emulsion[J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2014, 37(6): 83-88.]
- [18] CARERI M, MANGIA A, BARBIERI G, et al. Sensory property relationships to chemical data of Italian-type dry-cured ham[J]. Journal of Food Science, 2010, 58(5): 968-972.
- [19] 雒宏琳, 潘道东, 孙杨赢, 等. 盐腌对浙东白鹅肉品质及结构的影响[J]. 核农学报, 2017, 31(3): 508-515. [LUO H L, PAI D D, SUN Y Y, et al. Effect of salting on the physicochemical properties and structure changes of goose[J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2017, 31(3): 508-515.]
- [20] 郑晓, 潘道东, 曹锦轩. 不同日龄浙东白鹅氨基酸及脂肪酸组成与含量分析[J]. 食品科学, 2013, 34(12): 140-142. [ZHEN X, PAI D D, CAO J X, et al. Amino acid and fatty acid profiles of muscles of Zhedong geese of different ages[J]. Food Science, 2013, 34(12): 140-142.]
- [21] 李波, 邵俊锋, 史莹莹. 盐水鹅卤水中营养成分及挥发性特征风味物质分析[J]. 中国调味品, 2019, 44(4): 27-30. [LI B, SHAO J F, SHI Y Y, et al. Analysis of nutritional components and volatile characteristics of flavor substances in salted goose brine[J]. China Condiment, 2019, 44(4): 27-30.]
- [22] YLVA A. Flavour formation by amino acid catabolism[J]. Biotechnology Advances, 2005, 24(2): 238-242.
- [23] 孙素玲, 杨华, 张玉, 等. 罗曼鹅不同部位肌肉营养成分分析与评价[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2021, 34(16): 26-30, 34. [SUN S L, YANG H, ZHANG Y, et al. Study on the effect of transverse cross fixation of hybrid progeny of special Tibetan cold-mutton sheep[J]. Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine, 2021, 34(16): 26-30, 34.]

- [24] 郑晓. 浙东白鹅肉品特性的分析及鹅肉肠的开发研究[D]. 宁波: 宁波大学, 2013. [ZHENG X. The Study on meat characteristics of Zhedong goose and research of goose sausage[D]. Ningbo: Ningbo University, 2013.]
- [25] TUTUNCHI H, OSTADRAHIMI A, SAGHAFI-ASL M. The effects of diets enriched in monounsaturated oleic acid on the management and prevention of obesity: A systematic review of human intervention studies[J]. *Advances in Nutrition*, 2020, 11(4): 864–877.
- [26] 曲湘勇, 蔡超, 贺长青, 等. 溆浦鹅肉营养成分与品质分析[J]. 经济动物学报, 2014, 18(3): 139–145. [QU X Y, CAI C, HE C Q, et al. Evaluation on nutritional components in the muscle of Xupu goose[J]. *Journal of Economic Animal*, 2014, 18(3): 139–145.]
- [27] SAMANTA J, MONDAL A, SAHA S, et al. Oleic acid protects from arsenic-induced cardiac hypertrophy via AMPK/FoxO/NFATc3 pathway[J]. *Cardiovascular Toxicology*, 2020, 20(3): 261–280.
- [28] 吴新颖. 饲料中添加食盐对低盐养殖凡纳滨对虾品质的影响[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2008. [WU X Y. Effects of quality for *Litopenaeus vannamei* cultured in low salinity water by adding different salt in feed[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2008.]
- [29] NICHAPORN W, AIKO M, NAOFUMI S, et al. Control of line tension at phase-separated lipid domain boundaries: Monounsaturated fatty acids with different chain lengths and osmotic pressure[J]. *Membranes*, 2022, 12(8): 781.