

南京盐水鸭的品质综合分析

胡常敏^{1,2}, 林弋铨^{1,2}, 韩浩蕾², 吴雨轩², 李厚儒², 邱静², 李云成¹, 贾琪^{2*}

(1. 成都大学食品与生物工程学院, 四川成都 610106)

(2. 中国农业科学院农业质量标准与检测技术研究所, 北京 100081)

摘要: 盐水鸭是南京地方特色美食之一, 作为中国地理标志产品, 凭借其独特的风味和制作工艺深受人们喜爱, 但目前关于其综合品质的研究较少, 因此, 该研究以市售六种南京盐水鸭为对象, 结合多元统计法, 开展品质(蛋白质、脂肪、肌苷酸、游离氨基酸和脂肪酸组成及含量)的综合分析, 旨在比较品牌之间的品质差异。结果表明: 六种南京盐水鸭品质存在显著差异 ($P<0.05$)。蛋白含量为 20.9%~31.46%, 肌苷酸含量为 36.45~128.05 mg/100 g, 游离氨基酸总含量为 20.47~36.78 g·kg⁻¹, 谷氨酸和缬氨酸是南京盐水鸭的主要呈味氨基酸。饱和脂肪酸含量为 9.82%~14.67%, 多不饱和脂肪酸含量为 52.69%~60.69%, 分别在 H1 和 H2 品牌中显著高于其他品牌。通过 OPLS-DA 共筛选出 11 种差异物质(蛋白质、IMP、C16:0、C18:0、C16:1、C18:1n-9c、C18:2n6c、C18:2n6t、C18:3n3、C18:3n6、C22:6n3), 其中 H1 品牌中的 IMP 和 C22:6n3 含量最高。上述结果从营养组分含量角度, 阐释了南京盐水鸭肉滋味鲜美和丰富的品质特征, 为消费者购买提供参考。

关键词: 南京盐水鸭; 品牌; 品质; 呈味; 营养评价

文章编号: 1673-9078(2026)02-172-180

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2026.2.1740

Comprehensive Quality Analysis of Nanjing Salted Duck

HU Changmin^{1,2}, LIN Yixuan^{1,2}, HAN Haolei², WU Yuxuan², LI Houru², QIU Jing², LI Yuncheng¹, JIA Qi^{2*}

(1. College of Food and Biological Engineering, Chengdu University, Chengdu 610106, China) (2. Institute of Quality Standard and Testing Technology for Agro-Products, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: Salted duck is a local specialty dish of Nanjing and has been designated as a Geographical Indication (GI) product of China. It is popular among consumers owing to its unique flavor and production process. However, comprehensive quality analyses of Nanjing salted duck are limited. Therefore, the present study aimed to compare the quality of different brands of Nanjing salted duck. In particular, six brands of commercially available Nanjing salted duck products were selected for comprehensive analysis of quality attributes (protein, fat, inosinic acid, and free amino acid contents and fatty acid composition and content) using multivariate statistical methods. There were significant differences ($P<0.05$) in quality among the six brands of Nanjing salted duck. The protein content was 20.9%~31.46%, while the inosinic acid and total free amino acid contents were 36.45~128.05 mg/100 g and 20.47~36.78 g·kg⁻¹, respectively. Glutamic acid and valine were the main taste-active amino acids in Nanjing salted duck. The saturated fatty acid and polyunsaturated fatty acid contents were 9.82%~14.67% and 52.69%~60.69%, respectively, with the former being significantly higher in brand H1 and the latter being significantly higher in brand H2 than in other brands. A total of 11 differential substances (protein, IMP, C16:0, C18:0, C16:1, C18:1n-9c, C18:2n6c, C18:2n6t, C18:3n3, C18:3n6, and C22:6n3)

引文格式:

胡常敏, 林弋铨, 韩浩蕾, 等. 南京盐水鸭的品质综合分析[J]. 现代食品科技, 2026, 42(2): 172-180.

HU Changmin, LIN Yixuan, HAN Haolei, et al. Comprehensive quality analysis of nanjing salted duck [J]. Modern Food Science and Technology, 2026, 42(2): 172-180.

收稿日期: 2024-11-22; 修回日期: 2025-01-27; 接受日期: 2025-02-14

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2022YFF0606800)

作者简介: 胡常敏 (1999-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 农产品质量安全, E-mail: 1986139345@qq.com

通讯作者: 贾琪 (1989-), 女, 博士, 副研究员, 研究方向: 农产品质量安全, E-mail: jiaqi@caas.cn

were screened by OPLS-DA, with brand H1 having the highest IMP and C22:6n3 contents. These findings explain the savory flavor and diverse quality attributes of Nanjing salted duck from the perspective of nutrient compositions and can serve as reference for purchasing decisions of consumers.

Key words: Nanjing salted duck; brand; quality; taste-active; nutritional evaluation

中国是全球主要的禽肉类生产国之一, 消费总量以每年 19% 以上的速度增长, 鸭肉作为一种营养丰富的禽肉来源, 富含多种不饱和脂肪酸和优质蛋白^[1], 逐渐成为健康饮食的重要组成部分。其中南京盐水鸭是我国传统特色肉制品中仅有的几种低温肉制品之一^[2], 是中国地理标志产品。它作为南京地方传统名菜之一, 其制作方法是鲜鸭为主要原料, 经净膛清洗后, 适量添加食用盐、葱、姜和香辛料等辅料, 再经炒盐、腌制、清卤、复腌、晾挂、煮制、冷却和包装而成的产品。因其颜色洁白、组织细嫩、咸淡适中、风味独特和较高的营养价值深受国内外消费者的喜爱^[3]。

近年来, 随着人民生活水平的提高, 食品的营养品质、滋味和风味等特征因素已成为消费者选择和评价商品的重要标准。Xie 等^[4]研究发现, 盐水鸭中的特征风味物质主要来源于不饱和脂肪酸(如亚油酸和油酸)氧化生成的醛类化合物。与其他类型的鸭制品(如烤鸭和水煮鸭)相比, 南京盐水鸭在营养成分与风味物质的综合方面更具有优势。相关研究表明, 盐水鸭中游离氨基酸的含量更丰富, 尤其是谷氨酸, 这主要归因于长时间腌制或炖煮的过程中, 鸭肉中蛋白质和肽的降解作用^[5], 赋予其显著的鲜香味。低温烹饪有助于保持肉质的鲜嫩感, 促进氨基酸和核苷酸的释放, 减少油脂氧化, 保持较高的多不饱和脂肪酸含量^[6]。目前关于南京盐水鸭的研究主要集中在制作工艺参数的优化^[7]、特征挥发性风味物质的分析^[8]以及微生物生长对食品安全的影响等方面^[9]。然而, 市场上南京盐水鸭种类和品牌众多, 尽管有统一的制作标准和显著的地方特色, 但市售南京盐水鸭在质地和风味上仍存在较大差异^[10]。由于相关研究报道较少, 因此, 对市售南京盐水鸭的品质指标进行全面分析, 具有重要的研究价值和实际意义。本文选取市售销量较高的六种南京盐水鸭产品作为研究对象, 通过对其蛋白质、脂肪、游离氨基酸、肌苷酸和脂肪酸指标进行检测, 结合主成分和正交偏最小二乘法分析不同品牌品质的差异, 筛选出差异性成分, 并对各营养指标之间的联系进行相关性分析, 阐明其差异, 从而推动这一传统美食在现代餐饮行业中的传承与发展。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

以出厂合格的成品南京盐水鸭为研究对象, 根据产地和销量选择六个不同品牌的盐水鸭。通过品牌指定的电商平台进行采购, 6 个品牌的样品均用塑封包装, 为获得不同批的样品, 间隔 7 d 采集一批, 分别以 H1~H6 为编号, 每个品牌分别采 6 次, 其中 H1 为地理标志产品。

20 种氨基酸混标溶液、37 种脂肪酸甲酯混标溶液、肌苷酸二钠标准品, 天津阿尔塔科技有限公司; 14% 三氟化硼-甲醇溶液、无水硫酸钠、三乙胺, 麦克林试剂公司; 甲醇、二氯甲烷、正己烷均为色谱纯, 霍尼韦尔公司; 氯化钠、盐酸、氢氧化钠、磷酸、磷酸氢二钠、高氯酸、无水乙醚、无水乙醇、石油醚均为分析纯, 购于国药集团化学试剂有限公司。

1.2 主要仪器设备

QTRAP 6500 液相色谱-四极杆离子阱复合串联质谱仪, 美国 SCIEX 公司; GC-MS/MS 7000E 气相色谱-串联质谱仪、1100 高效液相色谱仪, 美国 Agilent 公司; VX-III 多管涡旋振荡器, 北京安简科技有限公司; Sorvall ST16 离心机, 北京昊诺斯科技有限公司; ZWF-110X30 水浴恒温振荡器, 上海智城分析仪器制造有限公司; TTL-DC 多功能氮吹仪, 北京同泰联科技有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 样品预处理

南京盐水鸭运送至实验室后, 将样品从包装袋中取出, 并在室温下进行分区制样。具体操作为取鸭胸肉去除脂肪和筋膜, 称取 100 g 样品进行搅碎匀浆处理, 随后开展相关的检测分析, 剩余样品置于 -20 °C 冰箱保存。所有实验处理均在稳定的条件下进行(温度: 20±5 °C, 湿度: 30%~60%), 以确保实验结果的准确性和可靠性。

1.3.2 理化指标测定

蛋白质采用 GB 5009.5-2016《食品中蛋白质的

测定》中凯氏定氮法进行测定；脂肪采用 GB 5009.6-2016《食品中脂肪的测定》中索氏抽提法进行测定；水分含量采用 GB 5009.3-2016《食品安全国家标准食品中水分的测定》中直接干燥法进行测定。

1.3.3 游离氨基酸测定

采用超高效液相色谱串联质谱仪测定，以文献报道方法为参考并优化^[11]。准确称取 100 mg 样品于离心管中，加入 5 mL 二氯甲烷-甲醇溶液 (2:1, *V/V*) 涡旋 10 min，超声 10 min 后加入 1.5 mL 超纯水，冰上孵育 10 min，在 4 °C 离心机上 10 000 r·min⁻¹ 离心 10 min，转移下清液，向剩余液体中再次加入 4 mL 的二氯甲烷-甲醇 (2:1, *V/V*)，重复上述操作后，取上清液过 0.22 μm 滤膜至进样小瓶中上机分析。在 200、500 μg·L⁻¹、1、2.5、5 mg·L⁻¹ 的范围内，氨基酸的测量结果与浓度之间呈现出良好的线性关系 (相关系数 $R^2 > 0.99$)。游离氨基酸呈味特性参考文献确定^[12]。

1.3.4 肌苷酸测定

采用文献报道的高效液相色谱法测定^[13]。称取 2.0 g 样品于离心管中，加入 10 mL 6% (ϕ) 高氯酸提取剂，涡旋混匀，4 °C 静置提取 1 h，5 000 r·min⁻¹ 离心 10 min，取上清液后，沉淀用 6% (ϕ) 高氯酸再次提取，合并两次上清液，用 3 mol·L⁻¹ 氢氧化钠调节 pH 值至 6.5，加水定容至 50 mL，取上清液过 0.22 μm 滤膜至进样瓶中上机检测分析。

1.3.5 脂肪酸组成和含量测定

采用气相色谱串联质谱进行测定，参考 GB 5009.168-2016《食品中脂肪酸的测定》的外标法。多不饱和脂肪酸 (PUFA) 与饱和脂肪酸 (SFA) 的比率 (P/S)^[14]，n-6/n-3 脂肪酸比值、动脉粥样硬化指数 (AI) 和血栓形成指数 (TI) 的计算参考文献^[15]。

1.4 数据处理

所有实验均重复 6 次，实验结果由平均值 ± 标准差 (Mean ± SD) 表示。采用 SPSS 27 软件进行单因素方差分析 (ANOVA) 和与事后多重比较 (Duncan) 对比组间的差异，差异显著性以 $P < 0.05$ 作为判定标准。采用 SIMCA 14.1 软件对各品牌进行主成分分析 (PCA) 和正交偏最小二乘判别分析 (OPLS-DA)，以投影的变量重要性 (VIP) > 1 作用筛选标准，此外使用 GraphPad Prism 和 Origin 2024 软件绘制柱状图与相关性热图。

2 结果与讨论

2.1 南京盐水鸭的基本理化指标

蛋白质作为主要营养物质，是评价肉质的关键指标之一^[16]，其含量直接影响肌肉的营养。脂肪作为家禽体内主要的能量来源，其含量直接影响肌肉的口感、质地、嫩度和风味^[17]。水分含量则对食品的整体品质和感官特性起着重要作用。如表 1 所示，六个品牌的南京盐水鸭蛋白质含量存在显著性差异 ($P < 0.05$)，范围为 20.9~31.46 g/100 g。其中 H6 最高，H1、H2、H3、H4 蛋白质含量差异均不显著 ($P > 0.05$)，H5 显著低于其他品牌。六个品牌的脂肪含量没有显著差异 ($P > 0.05$)，范围为 3.15~3.78 g/100 g。水分含量范围为 62.32~64 g/100 g，在 H5 品牌中最高。与王欣^[18]对未加工樱桃谷鸭的研究相比，南京盐水鸭中的蛋白质和脂肪含量均呈现升高趋势，这一变化可归因于高温处理过程中水分的流失，导致蛋白质和脂肪相对浓缩，从而改善了肉质的口感，增加了咬劲和弹性，因此，经过加工的盐水鸭在营养价值和口感方面相较未加工的鸭肉表现出明显的优势。

2.2 南京盐水鸭游离氨基酸组成

禽肉中游离氨基酸的组成和含量是肉香气和鲜味的重要物质^[19]，它是蛋白质消化后的产物，作为水溶性前体物质，在鸭风味的形成中起着重要的作用。共检测 20 种游离氨基酸 (表 2)，总游离氨基酸 (Total Free Amino Acids, TFAA) 含量范围在 20.47~36.78 g·kg⁻¹，尤其是 H3 品牌的 TFAA 含量显著高于其他五个品牌 ($P < 0.05$)，其次是 H1 品牌。分析不同游离氨基酸在品牌之间的整体贡献度时，发现缬氨酸在 H3 (5.46 g·kg⁻¹) 和 H6 (3.55 g·kg⁻¹) 中含量最高，谷氨酸在 H4 (5.84 g·kg⁻¹) 中含量最高，酪氨酸在 H2 (4.15 g·kg⁻¹) 中含量最高，说明以上游离氨基酸分别为各品牌南京盐水鸭的主要呈味氨基酸。此外，大多数游离氨基酸对禽肉的风味有显著增强作用，其中 Glu 作为肉中典型的鲜味氨基酸，与 Ala 和 Gly 结合时可增强食物的鲜味^[20,21]，在本研究中对 H4 和 H5 品牌中含量较高，说明此品牌具有独特的鲜甜风味特征。综上，不同品牌的游离氨基酸存在明显差异 ($P < 0.05$)，可能是企业之间的工艺要求异同，如卤水重复使用，或腌制过程中调味品 (味精) 的添加，以及谷氨酸本身含量的增加^[22]，会促使丰富的游离氨基酸生成。

表 1 南京盐水鸭的基本理化指标 (g/100 g)

Table 1 Basic physicochemical properties of Nanjing salted duck (g/100 g)						
项目 /(g/100 g)	H1	H2	H3	H4	H5	H6
蛋白质	25.34 ± 0.34 ^b	26.02 ± 0.52 ^b	25.63 ± 0.63 ^b	25.51 ± 0.84 ^b	20.90 ± 1.5 ^c	31.46 ± 0.64 ^a
脂肪	3.30 ± 0.62 ^a	3.78 ± 0.75 ^a	3.39 ± 0.33 ^a	3.56 ± 0.49 ^a	3.65 ± 0.55 ^a	3.15 ± 0.15 ^a
水分	62.87 ± 0.71 ^{bc}	63.63 ± 0.5 ^{ab}	63.83 ± 0.46 ^a	62.80 ± 0.69 ^c	64.00 ± 1.07 ^a	62.32 ± 0.43 ^c

注：同行右肩不同的小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)，相同的小写字母表示差异不显著 ($P>0.05$)，下表同。

表 2 南京盐水鸭游离氨基酸种类及含量比较 (g·kg⁻¹)

Table 2 Comparison of free amino acid species and content in Nanjing brine ducks (g·kg ⁻¹)							
口感	项目	H1	H2	H3	H4	H5	H6
鲜	苏氨酸 (Thr)	0.41 ± 0.01 ^a	ND ^d	0.37 ± 0.16 ^{ab}	0.34 ± 0.00 ^{ab}	0.14 ± 0.00 ^c	0.33 ± 0.01 ^b
	甘氨酸 (Gly)	0.53 ± 0.00 ^c	0.42 ± 0.02 ^d	0.45 ± 0.00 ^d	0.83 ± 0.09 ^a	0.61 ± 0.00 ^b	0.63 ± 0.00 ^b
	谷氨酸 (Glu)	2.32 ± 0.44 ^{de}	2.12 ± 0.07 ^e	2.75 ± 0.02 ^{cd}	5.84 ± 0.01 ^a	4.55 ± 0.9 ^b	3.02 ± 0.02 ^c
	天冬氨酸 (Asp)	0.22 ± 0.03 ^a	ND ^d	ND ^d	0.16 ± 0.00 ^b	ND ^d	0.11 ± 0.00 ^c
	丝氨酸 (Ser)	0.57 ± 0.00 ^c	0.36 ± 0.01 ^f	0.48 ± 0.02 ^e	0.73 ± 0.01 ^b	0.51 ± 0.01 ^d	0.75 ± 0.00 ^a
甜	缬氨酸 (Val)	2.85 ± 0.02 ^c	2.86 ± 0.05 ^c	5.46 ± 0.09 ^a	2.74 ± 0.03 ^d	2.52 ± 0.03 ^e	3.55 ± 0.01 ^b
	蛋氨酸 (Met)	2.35 ± 0.03 ^b	1.87 ± 0.02 ^d	3.50 ± 0.09 ^a	1.74 ± 0.03 ^e	2.17 ± 0.01 ^c	2.37 ± 0.07 ^b
	异亮氨酸 (Ile)	2.16 ± 0.03 ^c	2.35 ± 0.03 ^b	2.47 ± 0.03 ^a	ND ^d	ND ^d	ND ^d
	赖氨酸 (Lys)	0.93 ± 0.00 ^f	1.10 ± 0.05 ^e	1.83 ± 0.07 ^a	1.61 ± 0.12 ^c	1.35 ± 0.03 ^d	1.74 ± 0.02 ^b
	丙氨酸 (Ala)	1.84 ± 0.01 ^a	0.87 ± 0.03 ^f	1.35 ± 0.04 ^e	1.55 ± 0.02 ^c	1.46 ± 0.02 ^d	1.64 ± 0.02 ^b
苦	脯氨酸 (Pro)	1.66 ± 0.04 ^c	1.2 ± 0.06 ^d	2.19 ± 0.06 ^a	1.85 ± 0.03 ^b	1.64 ± 0.02 ^c	1.66 ± 0.03 ^c
	亮氨酸 (Leu)	1.46 ± 0.03 ^a	1.36 ± 0.03 ^b	1.06 ± 0.02 ^c	ND ^d	ND ^d	ND ^d
	苯丙氨酸 (Phe)	2.75 ± 0.02 ^a	1.10 ± 0.07 ^c	1.87 ± 0.03 ^b	1.64 ± 0.02 ^c	1.28 ± 0.03 ^d	1.65 ± 0.03 ^{bc}
	酪氨酸 (Tyr)	1.53 ± 0.02 ^c	4.15 ± 0.09 ^a	3.81 ± 0.03 ^b	ND ^d	ND ^d	ND ^d
	组氨酸 (His)	0.41 ± 0.01 ^d	0.61 ± 0.08 ^c	0.75 ± 0.02 ^b	0.75 ± 0.01 ^b	0.75 ± 0.00 ^b	0.88 ± 0.00 ^a
其他	精氨酸 (Arg)	0.95 ± 0.01 ^d	0.83 ± 0.00 ^e	1.17 ± 0.02 ^a	1.03 ± 0.02 ^c	0.95 ± 0.01 ^d	1.07 ± 0.04 ^b
	色氨酸 (Trp)	0.78 ± 0.01 ^b	0.61 ± 0.13 ^c	1.05 ± 0.03 ^a	ND ^d	ND ^d	ND ^d
	半胱氨酸 (Cys)	1.09 ± 0.00 ^f	1.14 ± 0.04 ^c	1.73 ± 0.05 ^a	1.55 ± 0.03 ^c	1.27 ± 0.05 ^d	1.66 ± 0.02 ^b
	谷氨酰胺 (Gln)	1.00 ± 0.02 ^b	1.15 ± 0.16 ^b	1.71 ± 0.06 ^a	1.57 ± 0.51 ^a	1.25 ± 0.03 ^b	1.54 ± 0.03 ^a
	天冬酰胺 (Asn)	2.61 ± 0.42 ^a	2.07 ± 0.05 ^b	2.76 ± 0.03 ^a	ND ^c	ND ^c	ND ^c
总量 (TFAA)		28.42 ± 0.87 ^b	26.15 ± 0.57 ^c	36.78 ± 0.36 ^a	23.92 ± 0.59 ^d	20.47 ± 0.94 ^f	22.36 ± 0.69 ^e

注：ND：未测出；TFAA：总游离氨基酸。

根据呈味特点可以分为鲜味、甜味和苦味氨基酸^[23]。主要呈鲜味氨基酸的是 Glu；主要呈甜味的氨基酸分别是 Val、Met、Ile、Lys、Ala 和 Pro；主要呈苦味的是 Leu、Phe、Tyr、His、Arg 和 Trp。图 1 所示，南京盐水鸭中甜味氨基酸在整体味觉中占重要地位，含量高于鲜和苦，其中甜味氨基酸在 H3 品牌中含量最高，其次是 H1 品牌。综上，虽然游离氨基酸中含有 Leu、Phe 和 Tyr 等苦味氨基酸，但是南京盐水鸭中的滋味不是由某一种游离氨基酸决定的，而是由多种类型游离氨基酸之间相互影响，从而对整体风味起到改善、协同和增强作用。

2.3 南京盐水鸭肌苷酸含量

肌苷酸 (IMP) 是畜禽类中重要的鲜物质^[24]，来源于肌肉中三磷酸腺苷的降解，对鸭肉的滋味贡献显著^[25]。研究表明，肌苷酸与鲜味氨基酸（丝氨酸、甘氨酸和丙氨酸）之间的协同效应可显著增强肉的鲜味^[26,27]。因此，测定其含量可作为衡量南京盐水鸭的鲜味和整体风味的指标。如图 2 所示，肌苷酸含量范围在 36.45~128.05 mg/100 g，其中 H1 品牌的含量显著高于其他品牌 ($P<0.05$)，H5 品牌的含量最低。这表明，H1 品牌的南京盐水鸭在风味方面较其他品牌更为突出，鲜味口感更丰富。

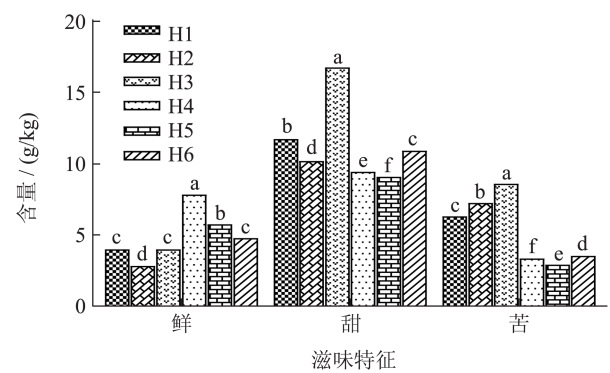


图 1 南京盐水鸭中呈味氨基酸的含量 ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)

Fig.1 Flavour presenting amino acids in Nanjing salted ducks ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)

注：图中不同的小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)，相同的小写字母表示差异不显著 ($P > 0.05$)。

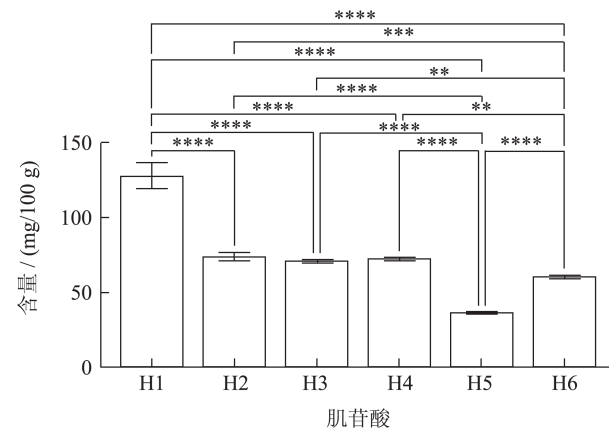


图 2 南京盐水鸭中肌苷酸的含量 ($\text{mg}/100 \text{ g}$)

Fig.2 Inosinic acid content in Nanjing brine ducks ($\text{mg}/100 \text{ g}$)

注：*表示组间差异显著 (** $P < 0.01$ ；*** $P < 0.001$ ；**** $P < 0.0001$)。

2.4 南京盐水鸭脂肪酸组成及含量

脂肪酸不仅是决定禽肉类营养品质的重要指标^[28]，还是风味的前体物质，可通过自身氧化产生醇、醛和酮类等风味化合物。因此通过测定其组成和含量，来分析不同品牌盐水鸭的营养品质、风味特征

和感官质量。表 3 所示，共检测 34 种脂肪酸，包括 15 种饱和脂肪酸 (Saturated Fatty Acid, SFA)、8 种单不饱和脂肪酸 (Monounsaturated Fatty Acid, MUFA) 和 11 种多不饱和脂肪酸 (Polyunsaturated Fatty Acid, PUFA)。

表 3 可知，南京盐水鸭中不饱和脂肪酸的占比大于饱和脂肪酸，其中 SFA 的相对含量为 9.82%~14.67%，MUFA 的相对含量为 27.21%~35.69%，PUFA 的相对含量为 52.69%~60.69%。在 SFA 中 C16:0 和 C18:0 贡献显著，分别在 H3 和 H6 品牌中占比最高 ($P < 0.05$)；MUFA 中 C18:1n-9c、C18:1n-9t 和 C16:1 贡献最大，分别在 H3 和 H4 品牌中最高；PUFA 主要由 C18:2n6c、C18:2n6t、C18:3n3、C18:3n6 和 C22:6n3 (DHA) 组成，分别在 H5、H2、H3 和 H1 品牌中贡献最大。有研究报道 DHA、C20:5n3 (EPA) 和 C20:4n6 (ARA) 这三种 PUFA 对人体健康具有重要作用^[29]，在本文中 DHA 在 H1 品牌中显著最高 ($P < 0.05$)，EPA 和 ARA 在 H2 品牌中未检出，其他五个品牌中均无差异。此外，与 Liu 等^[30]对其他工艺鸭制品的研究相比，南京盐水鸭的脂肪酸种类更丰富，不饱和脂肪酸的比例更高，尤其是 Omega-3、Omega-6 这类对人体有益的脂肪酸，它所生成的醛类化合物是鸭肉风味的主要来源，呈现出青香和油脂香的气味^[31,32]。因此，本文从六个品牌的脂肪酸组成来看，品牌的差异体现在其脂肪酸数量和占比上，含有较高比例不饱和脂肪酸的品牌，其鸭肉风味更浓郁，这可能与加工过程中脂类物质的氧化和降解程度不同有关。

PUFA/SFA、n-6/n-3PUFAs、AI 和 TI 值，这些健康指标可以用来反映饮食中脂肪酸营养平衡。有研究报道，PUFA/SFA 比率一般 ≥ 0.4 ^[33]，较低的 n-6/n-3PUFA 比率、AI 和 TI 值对人类健康更有利^[34]。本实验结果表明，比值均符合推荐范围。六个品牌的 PUFA/SFA 均 $> 3\%$ ，在 H2 品牌比值最高 6.18%；n-6/n-3PUFAs 均低于推荐值 4%，在 H1 品牌最低 0.7%；AI 和 TI 值在 H2 中最低，分别为 0.05% 和 0.08%。

表 3 南京盐水鸭脂肪酸种类及含量 (相对百分含量%)

Table 3 Types and content of fatty acids in Nanjing brine duck (relative percentage %)

项目	H1	H2	H3	H4	H5	H6
C4:0	0.05 ± 0.01 ^a	0.04 ± 0.01 ^b	0.01 ± 0.01 ^c	0.01 ± 0.01 ^c	0.04 ± 0.02 ^b	0.05 ± 0.00 ^a
C10:0	1.10 ± 0.02 ^a	0.02 ± 0.00 ^c	0.03 ± 0.01 ^b	0.03 ± 0.01 ^b	0.03 ± 0.00 ^{bc}	0.03 ± 0.00 ^{bc}
C11:0	0.01 ± 0.00 ^b	0.01 ± 0.00 ^b	0.01 ± 0.00 ^b	0.01 ± 0.00 ^b	0.01 ± 0.00 ^b	0.02 ± 0.01 ^a
C12:0	ND ^a	0.03 ± 0.00 ^a	0.05 ± 0.01 ^a	0.19 ± 0.16 ^a	0.04 ± 0.00 ^a	0.05 ± 0.01 ^a
C13:0	ND ^a	0.02 ± 0.00 ^a	0.02 ± 0.00 ^a	0.02 ± 0.00 ^a	0.02 ± 0.00 ^a	0.03 ± 0.00 ^a
C14:0	0.20 ± 0.02 ^c	0.19 ± 0.05 ^c	0.33 ± 0.14 ^{ab}	0.43 ± 0.18 ^a	0.31 ± 0.05 ^{abc}	0.3 ± 0.04 ^{bc}

续表3

项目	H1	H2	H3	H4	H5	H6
C15:0	0.65 ± 0.10 ^a	0.07 ± 0.01 ^b	0.06 ± 0.01 ^b	0.07 ± 0.02 ^b	0.06 ± 0.00 ^b	0.09 ± 0.03 ^b
C16:0	4.67 ± 0.08 ^{bc}	4.54 ± 0.35 ^c	5.42 ± 0.54 ^a	5.25 ± 0.31 ^a	5.13 ± 0.53 ^{ab}	5.39 ± 0.57 ^a
C17:0	0.10 ± 0.01 ^b	0.11 ± 0.02 ^b	0.11 ± 0.02 ^b	0.12 ± 0.01 ^b	0.11 ± 0.01 ^b	0.14 ± 0.02 ^a
C18:0	6.23 ± 0.15 ^b	4.63 ± 0.18 ^c	5.35 ± 0.60 ^d	5.83 ± 0.40 ^c	5.71 ± 0.15 ^{cd}	6.83 ± 0.40 ^a
C20:0	0.12 ± 0.00 ^a	ND ^a	0.10 ± 0.01 ^a	0.11 ± 0.01 ^a	ND ^a	0.12 ± 0.02 ^a
C21:0	1.29 ± 0.03 ^a	0.04 ± 0.00 ^{bc}	0.03 ± 0.00 ^c	0.03 ± 0.00 ^c	0.04 ± 0.01 ^{bc}	0.05 ± 0.01 ^b
C22:0	0.06 ± 0.00 ^a	0.05 ± 0.00 ^b	0.04 ± 0.01 ^c	0.05 ± 0.01 ^{bc}	0.05 ± 0.01 ^b	0.06 ± 0.01 ^a
C23:0	0.04 ± 0.00 ^a	0.04 ± 0.01 ^b	0.03 ± 0.00 ^c	0.03 ± 0.00 ^c	0.04 ± 0.01 ^b	0.05 ± 0.01 ^a
C24:0	0.16 ± 0.14 ^a	0.04 ± 0.00 ^b	0.03 ± 0.00 ^b	0.04 ± 0.01 ^b	0.04 ± 0.00 ^b	0.05 ± 0.00 ^b
C14:1	0.22 ± 0.02 ^b	0.22 ± 0.03 ^b	0.34 ± 0.13 ^a	0.37 ± 0.07 ^a	0.31 ± 0.05 ^a	0.31 ± 0.04 ^a
C15:1	0.65 ± 0.10 ^a	0.07 ± 0.01 ^c	0.06 ± 0.01 ^d	0.07 ± 0.02 ^b	0.06 ± 0.00 ^{bc}	0.09 ± 0.03 ^a
C16:1	4.65 ± 0.06 ^c	4.40 ± 0.14 ^{cd}	4.13 ± 0.60 ^d	5.53 ± 0.42 ^a	4.82 ± 0.42 ^{bc}	5.13 ± 0.48 ^{ab}
C17:1	0.12 ± 0.03 ^a	0.07 ± 0.01 ^b	0.07 ± 0.01 ^b	0.12 ± 0.02 ^a	0.08 ± 0.02 ^b	0.13 ± 0.02 ^a
C18:1n-9c	11.54 ± 0.20 ^c	15.59 ± 0.74 ^{ab}	16.61 ± 1.26 ^a	14.39 ± 0.99 ^c	14.63 ± 1.31 ^{bc}	12.78 ± 1.19 ^d
C18:1n-9t	10.57 ± 0.20 ^c	9.07 ± 0.32 ^d	14.38 ± 0.88 ^a	11.21 ± 0.68 ^{bc}	13.9 ± 1.22 ^a	11.47 ± 0.92 ^b
C20:1	ND ^a	0.09 ± 0.02 ^a	0.09 ± 0.02 ^a	0.12 ± 0.04 ^a	0.11 ± 0.02 ^a	0.12 ± 0.02 ^a
C22:1	0.05 ± 0.00 ^b	0.04 ± 0.00 ^c	0.04 ± 0.00 ^c	0.04 ± 0.00 ^c	0.05 ± 0.01 ^b	0.06 ± 0.01 ^a
C18:2n6c	11.54 ± 0.27 ^c	9.35 ± 0.55 ^d	15.01 ± 0.78 ^{ab}	14.25 ± 0.98 ^b	15.38 ± 1.36 ^a	14.55 ± 0.99 ^{ab}
C18:2n6t	4.06 ± 0.26 ^c	8.52 ± 2.37 ^a	4.66 ± 0.46 ^c	6.56 ± 0.98 ^b	5.99 ± 0.69 ^b	6.68 ± 0.87 ^b
C18:3n3	14.23 ± 0.90 ^d	28.36 ± 0.42 ^a	18.48 ± 0.98 ^c	19.75 ± 2.41 ^{bc}	18.58 ± 2.3 ^c	20.98 ± 1.55 ^b
C18:3n6	7.39 ± 0.19 ^d	8.78 ± 0.76 ^{bc}	9.70 ± 0.61 ^a	8.50 ± 0.38 ^c	9.20 ± 0.88 ^{ab}	7.76 ± 0.71 ^d
C20:2n6	0.09 ± 0.01 ^b ^c	0.08 ± 0.02 ^c	0.11 ± 0.01 ^{ab}	0.12 ± 0.04 ^a	0.12 ± 0.01 ^a	0.12 ± 0.01 ^a
C20:3n3	ND ^a	0.10 ± 0.01 ^a	0.09 ± 0.01 ^a	0.11 ± 0.04 ^a	0.09 ± 0.00 ^a	0.12 ± 0.01 ^a
C20:3n6	0.45 ± 0.03 ^a	0.18 ± 0.01 ^c	0.34 ± 0.04 ^b	0.32 ± 0.12 ^b	0.31 ± 0.04 ^b	0.36 ± 0.07 ^b
C20:4n6 (ARA)	0.47 ± 0.03 ^a	ND ^a	0.34 ± 0.04 ^a	0.28 ± 0.04 ^a	0.31 ± 0.04 ^a	0.37 ± 0.07 ^a
C20:5n3 (EPA)	0.36 ± 0.01 ^a	ND ^a	0.25 ± 0.05 ^a	0.15 ± 0.05 ^a	0.21 ± 0.02 ^a	0.25 ± 0.05 ^a
C22:2n6	0.05 ± 0.01 ^{ab}	0.04 ± 0.00 ^c	0.03 ± 0.00 ^d	0.04 ± 0.01 ^c	0.04 ± 0.00 ^{bc}	0.05 ± 0.00 ^a
C22:6n3 (DHA)	19.54 ± 0.32 ^a	5.27 ± 0.87 ^b	3.69 ± 0.65 ^c	5.66 ± 0.65 ^b	4.24 ± 0.76 ^c	5.52 ± 0.54 ^b
ΣSFA	14.67 ± 0.34 ^a	9.82 ± 0.18 ^d	11.63 ± 1.11 ^c	12.2 ± 0.46 ^c	11.62 ± 0.49 ^c	13.23 ± 0.63 ^b
ΣMUFA	27.21 ± 0.33 ^c	29.53 ± 0.95 ^d	35.69 ± 1.7 ^a	31.84 ± 1.34 ^c	33.95 ± 1.42 ^b	30.04 ± 1.65 ^d
ΣPUFA	58.17 ± 0.65 ^b	60.69 ± 1.08 ^a	52.69 ± 1.06 ^c	55.74 ± 1.99 ^{cd}	54.46 ± 1.13 ^d	56.77 ± 1.46 ^c
n-3 脂肪酸	34.12 ± 0.83 ^a	33.73 ± 1.04 ^a	22.51 ± 0.8 ^c	25.67 ± 2.37 ^b	23.12 ± 2.19 ^c	26.87 ± 1.91 ^b
n-6 脂肪酸	23.96 ± 0.28 ^d	26.87 ± 1.59 ^c	30.08 ± 1.58 ^{ab}	29.95 ± 0.62 ^{ab}	31.23 ± 1.81 ^a	29.79 ± 1.09 ^b
n-6/n-3PUFAs	0.70 ± 0.03 ^c	0.80 ± 0.07 ^c	1.34 ± 0.11 ^a	1.18 ± 0.14 ^b	1.37 ± 0.20 ^a	1.12 ± 0.11 ^b
P/S	3.97 ± 0.13 ^d	6.18 ± 0.21 ^a	4.56 ± 0.38 ^b	4.57 ± 0.29 ^b	4.69 ± 0.17 ^b	4.3 ± 0.22 ^c
AI	0.05 ± 0.01 ^{bc}	0.05 ± 0.00 ^c	0.06 ± 0.01 ^{ab}	0.06 ± 0.00 ^{ab}	0.06 ± 0.01 ^{abc}	0.06 ± 0.01 ^a
TI	0.08 ± 0.00 ^c	0.07 ± 0.00 ^d	0.11 ± 0.01 ^{ab}	0.10 ± 0.01 ^b	0.11 ± 0.01 ^{ab}	0.11 ± 0.01 ^a

注：ND：未检出；SFA：饱和脂肪酸；MUFA：单不饱和脂肪酸；PUFA：多不饱和脂肪酸；P/S：PUFAs/SFAs的比率；n-6/n-3PUFAs：多不饱和脂肪酸n-6与n-3的比率；AI：动脉粥样硬化指数；TI：血栓形成指数。

2.5 不同品牌南京盐水鸭差异分析

为了探讨不同品牌南京盐水鸭差异，采用 PCA 和 OPLS-DA 开展分析，结果如图 3a 和 3b 所示，六个品牌盐水鸭呈现较好的区分，($R^2X=0.906$, $R^2Y=0.672$ 7, $Q^2=0.64$)，特别是 H1 和 H3 组分离明显，且 200 次随机置换检验进一步证实了原始模型的可靠性 ($Q^2Y < -0.05$, 图 3c)。不同指标对品牌之间的差异贡献由图 3d 可知，H1 组中的 Asp、Phe、C10:0、C15:0、C21:0、C22:6n3 (DHA)；H2 组中的 Tyr；H3 组

中的 Pro、Val、Lys、C16:0、C18:1n-9t、C18:1n-9c、C18:3n6；H4 组中的 Glu、Gln、C22:2n6；H6 组中的蛋白质和 Ser，分别在不同品牌中贡献最大，这表明不同品牌的品质指标存在明显的区别。通过 OPLS-DA 模型中的成分进行了差异筛选，VIP >1 为标准，如图 3e 所示，共筛出 11 种差异物质（蛋白质、IMP、C16:0、C18:0、C16:1、C18:1n-9c、C18:2n6c、C18:2n6t、C18:3n3、C18:3n6 和 DHA）。

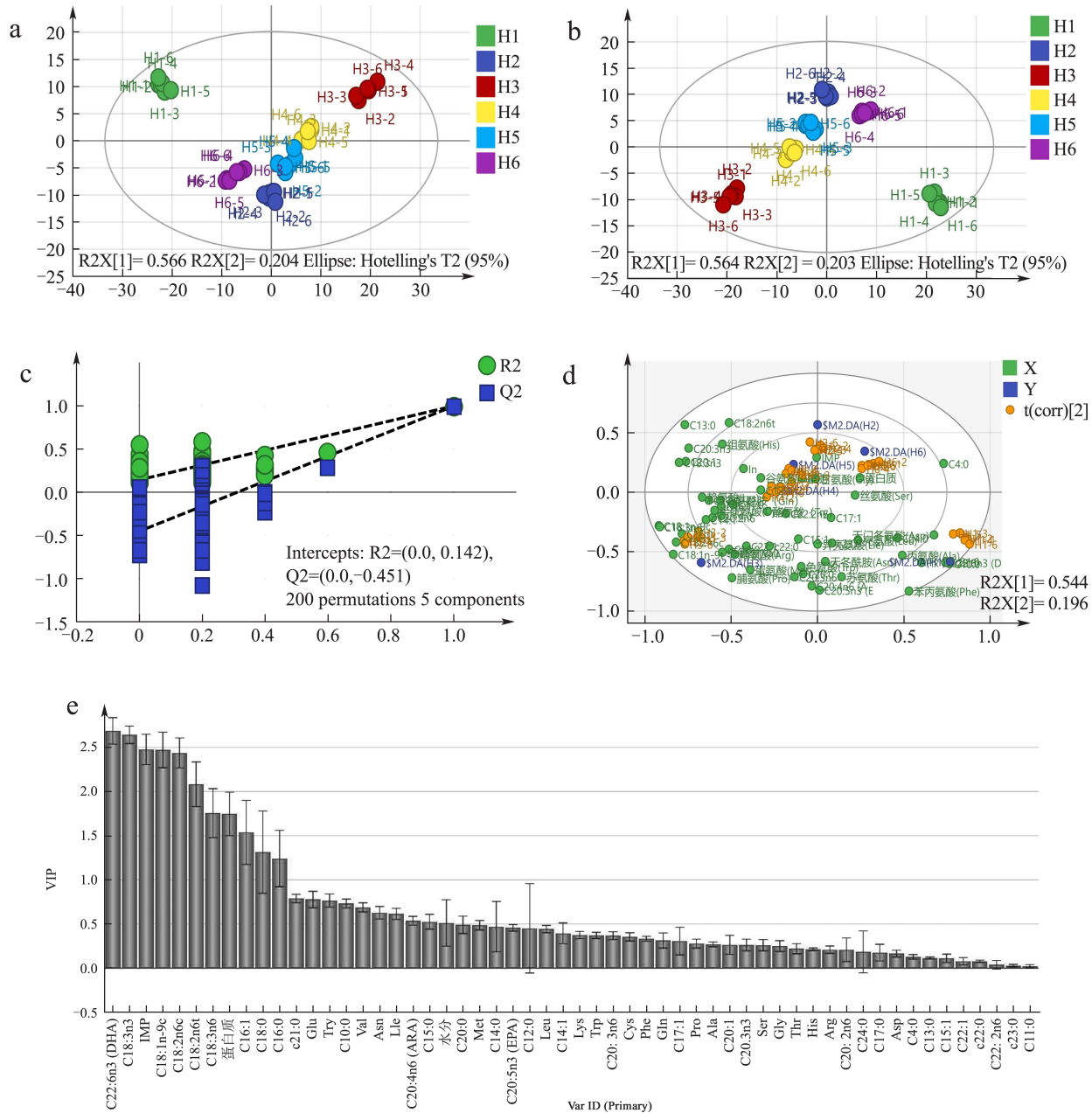


图 3 不同品牌南京盐水鸭的差异分析

Fig.3 Comparative analysis of Nanjing salted duck from different brands

注: (a) PCA 分析; (b) OPLS-DA ; (c) 200 次模型置换检验; (d) Biplot ; (e) VIP 分析。

基于差异指标，通过 Pearson 相关系数进行分析差异品质指标的相关性。如图 4a 所示，蛋白质和 IMP 之间呈正相关，由于嘌呤核苷酸在蛋白质合成过程中发挥作用^[35]；DHA 与差异脂肪酸（C16:0、C18:0、C16:1、C18:1n-9c、C18:2n6c、C18:2n6t、C18:3n3、C18:3n6）呈负相关，根据已有的研究，DHA 这类长链 PUFAs 与这些脂肪酸之间的相互关系可通过脂肪酸的伸长、降解以及去饱和等反应进行转化^[36,37]。进一步分析不同品牌南京盐水鸭的品质差异性，如图 4b 所示，差异化合物与上述所测指标在不同品牌中结果一致，其中 H1 品牌的 IMP 和 DHA 含量显著较高，这两者均为鲜味物质^[38]，IMP 作为风味增强物质，能提升食品的口感和鲜美度，而 DHA 作为 Omega-3 类脂肪酸，是重要的膳食来源之一，对消费者的健康有益。因此对于注重健康的消费者来说该品牌的产品能够提供更丰富的口感和营养价值。

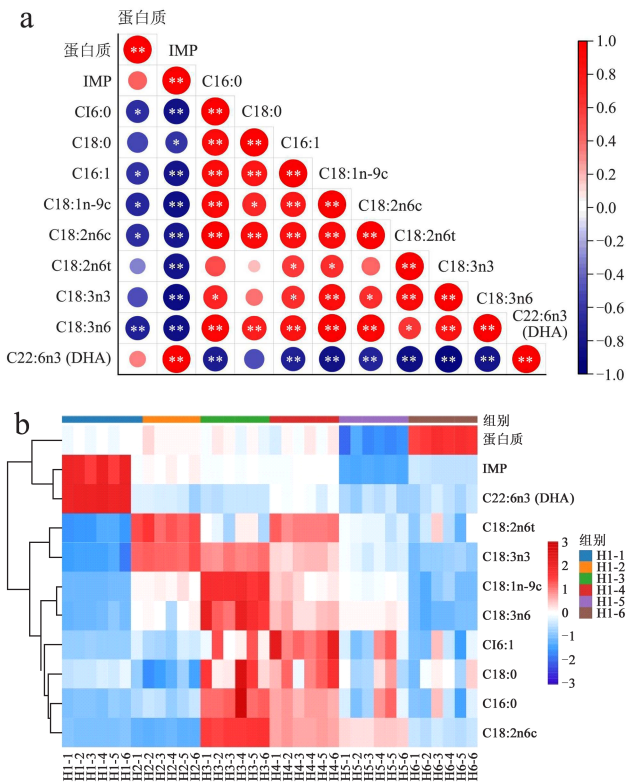


图 4 南京盐水鸭的差异指标 Pearson 图与热图

Fig.4 Pearson plots versus thermograms for indicators of variation in Nanking salted ducks

注：a：圆形表示 Pearson 相关数值 R；* 表示相关性显著 ($P < 0.05$)，** 表示相关性极显著 ($P < 0.01$)，红色表示正相关蓝色表示负相关。b：为热图颜色的不同代表不同的数值范围或强度，蓝色代表较低数值，白色代表中间值，红色代表较高的数值。

3 结论

本文对南京盐水鸭（六种市售品牌）进行品质分析，结果显示，南京盐水鸭中蛋白质含量较高，为 20.9%~34.46%；肌苷酸含量为 36.45~128.05 mg/100 g；游离氨基酸中谷氨酸和缬氨酸含量较高，分别为 2.12~5.84 g·kg⁻¹ 和 2.52~5.46 g·kg⁻¹；脂肪酸中 PUFAs 含量较高，为 52.69%~60.69%。不同品牌之间存在显著差异，具体而言，H6 品牌的蛋白质含量最高；H1 品牌的肌苷酸含量最高；H4 品牌的谷氨酸含量最高；H3 品牌的缬氨酸含量最高，H2 的 PUFAs 含量最高。通过多元统计分析，筛选出 11 种差异物质（蛋白质、IMP、C16:0、C18:0、C16:1、C18:1n-9c、C18:2n6c、C18:2n6t、C18:3n3、C18:3n6 和 DHA）。相关性分析表明，蛋白质与 IMP 之间存在正相关关系；除 DHA 外，脂肪酸之间普遍呈极显著正相关性，这些差异体现了各品牌在品质和口感上的独特特点，可能源自不同企业在原料鸭的质量要求、生产工艺控制、执行标准和品牌定位上的差异。基于研究结果，消费者可根据个人健康需求或口感偏好选择合适的品牌。综上，本研究从成分含量角度揭示了南京盐水鸭肉滋味鲜美与营养丰富的品质特征。

参考文献

- [1] 江新业,宋焕禄.部分家禽肉肌内脂肪及脂肪酸含量的测定与分析[J].无锡轻工大学学报,2004,5:26-28,33.
- [2] 李聪.磷脂分子及加工工艺对盐水鸭特征风味形成影响研究[D].无锡:江南大学,2020.
- [3] 李聪,徐宝才,李世保,等.市售盐水鸭挥发性风味物质研究分析[J].现代食品科技,2016,32(12):350-358.
- [4] XIE Q S, XU B C, XU Y, et al. Effects of different thermal treatment temperatures on volatile flavour compounds of water-boiled salted duck after packaging [J]. Food Science and Technology, 2022, 154: 112625.
- [5] WANG L, ZHAO B, CHENG X Y, et al. Exploration on the stability changes and flavor profiles of duck soup during cooking [J]. Food Science and Technology, 2024, 211: 116905.
- [6] 刘源.鸭肉风味及其在加工过程中的变化研究[D].南京:南京农业大学,2006.
- [7] 李柯呈,徐宝才,姚忠,等.干腌盐量对南京盐水鸭特征风味成分的影响[J].食品与发酵工业,2019,45(17):98-104.
- [8] LI C, AL-DALALI S, WANG Z P, et al. Investigation of volatile flavor compounds and characterization of aroma-active compounds of water-boiled salted duck using GC-MS-O, GC-IMS, and E-nose [J]. Food Chemistry, 2022, 386: 132728.
- [9] ABDEL-NAEEM H H S, SALLAM K I, ZAKI H M B A. Effect of different cooking methods of rabbit meat on topographical

- changes, physicochemical characteristics, fatty acids profile, microbial quality and sensory attributes [J]. Meat Science, 2021, 181: 108612.
- [10] WANG D, ZHANG J, ZHU Z S, et al. Effect of ageing time on the flavour compounds in Nanjing water-boiled salted duck detected by HS-GC-IMS [J]. Food Science and Technology, 2022, 155: 112870.
- [11] 刘平香.基于代谢组学的大蒜生长贮藏过程中特征成分变化研究[D].北京:中国农业科学院,2020.
- [12] 龙正玉,邹金浩,杨怀谷,等.不同原料配比对发酵型鸡肉黄豆酱营养及风味的影响[J].中国酿造,2024,43(10):161-169.
- [13] 葛倩倩.猪肉中呈味核苷酸变化规律及肌苷酸基体标准样品研制[D].北京:中国农业科学院,2020.
- [14] BANASZAK M, KUZNIAK J, BIESEK J, et al. Meat quality traits and fatty acid composition of breast muscles from ducks fed with yellow lupin [J]. Animal, 2020, 14 (9): 1969-1975.
- [15] 齐千慧,朱作艺,王伟,等.中畜草原白羽肉鸭与樱桃谷鸭肌肉品质的比较[J].现代食品科技,2022,38(11):226-233.
- [16] ZHU Z S, BASSEY A P, CAO Y Q, et al. Meat quality and flavor evaluation of Nanjing water boiled salted duck (NWSD) produced by different Muscovy duck (*Cairina moschata*) ingredients [J]. Food Chemistry, 2022, 397: 133833.
- [17] 曹正锋.不同日龄肉鸭肌肉发育及营养物质沉积研究[D].扬州:扬州大学,2018.
- [18] 王欣.樱桃谷鸭原料特性及其烤鸭制品风味特性分析[D].武汉:武汉轻工大学,2020.
- [19] 梁万森,袁媛,贾一鸣,等.南疆地区不同品种及部位绵羊肉氨基酸及肌原纤维蛋白特性分析[J].食品工业科技,2025,46(10):311-321.
- [20] FU H X, FENG Q H, QIU D, et al. Improving the flavor of tilapia fish head soup by adding lipid oxidation products and cysteine [J]. Food Chemistry, 2023, 429: 136976.
- [21] LIU J B, LIU M Y, HE C C, et al. Effect of thermal treatment on the flavor generation from Maillard reaction of xylose and chicken peptide [J]. Food Science and Technology, 2015, 64 (1): 316-325.
- [22] 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.
- [23] 刘登勇,刘欢,张庆永,等.卤汤循环利用次数对扒鸡非盐呈味物质的影响[J].食品与发酵工业,2018,44(12):194-199.
- [24] 于恒和,马一凡,韩东,等.酱卤鸭脖的特征风味物质剖面解析[J].现代食品科技,2024,40(3):259-271.
- [25] LIU Y, XU X L, ZHOU G H. Changes in taste compounds of duck during processing [J]. Food Chemistry, 2007, 102 (1): 22-26.
- [26] 康生萍,胡林勇,张晓玲,等.不同月龄青海黑藏羊肌肉脂肪酸组成和风味差异比较[J].黑龙江畜牧兽医,2021,20:34-41,46.
- [27] ZHU W Z, HUAI X, ZHAO Z, et al. The nutritional quality and flavor profiles of Sandiao soup made by the traditional refinement process [J]. International Journal of Gastronomy and Food Science, 2025, 39: 101084.
- [28] LI F, LU Y L, HE Z L, et al. Analysis of carcass traits, meat quality, amino acid and fatty acid profiles between different duck lines [J]. Poultry Science, 2024, 103 (7): 103791.
- [29] ALEXANDER G D, FATIMA A B, EKATERINA V N, et al. Fatty acids in the meat and by-products of reindeer from northwestern Siberia, Russia [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2025, 139: 107104.
- [30] LIU H, WANG Z, ZHANG D, et al. Generation of key aroma compounds in Beijing roasted duck induced via Maillard reaction and lipid pyrolysis reaction [J]. Food Research International, 2020, 136: 109328.
- [31] XIA C L, HE Y X, CHENG S, et al. Free fatty acids responsible for characteristic aroma in various sauced-ducks [J]. Food Chemistry, 2021, 343: 128493.
- [32] ZHONG Q, XING Z, TENG F, et al. Evaluation of the aroma and taste contributions of star anise (*Verum hook. f.*) in braised duck leg via flavor omics combined with multivariate statistics [J]. Food Research International, 2024, 184: 114209.
- [33] WANG J P, XU S Y, WANG Y L, et al. Elucidating the effect of various roasting methods on the water-holding capacity and volatile flavor profiles of ultrasound-assisted pickled roast duck meat [J]. International Journal of Gastronomy and Food Science, 2024, 38: 101006.
- [34] KICZOROWSKA B, SAMOLINSKA W, AL-YASIRY A, et al. Immunomodulant feed supplement *Boswellia serrata* to support broiler chickens' health and dietary and technological meat quality [J]. Poultry Science, 2020, 99(2): 1052-1061.
- [35] BOUTCHUENG-DJIDJOU, COLLARD-SIMARD G, FORTIER S, et al. The last enzyme of the de novo purine synthesis pathway 5-aminoimidazole-4-carboxamide ribonucleotide formyltransferase/IMP cyclohydrolase (ATIC) plays a central role in insulin signaling and the golgi/endosomes protein network* [J]. Molecular & Cellular Proteomics, 2015, 14(4): 1079-1092.
- [36] MARYAM R. A study on correlation coefficients between fatty acids in the meat of chickens fed fatty acids (PUFAs) rich diets [J]. African Journal of Biotechnology, 2012, 11 (5): 1293-1297.
- [37] LIU N J, PUSTJENS A M, ERASMUS S W, et al. Dairy farming system markers: The correlation of forage and milk fatty acid profiles from organic, pasture and conventional systems in the Netherlands [J]. Food Chemistry, 2020, 314: 126153.
- [38] BARIDO F B, KIM H, SHIN D, et al. Physicochemical characteristics and flavor-related compounds of fresh and frozen-thawed thigh meats from chickens [J]. Foods, 2022, 11 (19): 3006.