

纳地青霉发酵对鸡肉质构、游离氨基酸及挥发性物质变化的影响

刘功名¹, 孙京新¹, 李鹏¹, 于林宏¹, 黄明², 徐幸莲², 于冰¹

(1. 青岛农业大学食品科学与工程学院, 山东青岛 266109) (2. 南京农业大学食品科技学院, 江苏南京 210095)

摘要: 本文运用物性分析仪 (TA-Xt.plus)、气相色谱质谱 (GC-MS) 联用仪、高速氨基酸分析仪 (Agilent1100) 分析了纳地青霉发酵对鸡肉食用品质的变化。将纳地霉菌接入经高压灭菌锅灭菌后的鸡肉糜中, 27±1 °C 下前发酵 3 d、4 °C 下后熟 7 d 制得发酵鸡肉产品, 比较了肉样在发酵过程中、最终发酵产品与未发酵鸡肉样 (对照) 质构、游离氨基酸及挥发性物质的变化。结果表明: 鸡肉在发酵过程中, 硬度呈先增大后减小, 弹性逐渐减小, 黏着性则逐渐升高的趋势; 后熟 7 d 的发酵鸡肉产品中游离氨基酸、游离的必需氨基酸和风味氨基酸含量总和显著增加 ($P < 0.05$); 发酵鸡肉产品的挥发性物质主要包括醇类、醛类、酮类、酯类等, 与未发酵鸡肉样相比新产生了愈创木酚、 γ -丁内酯等物质。因此, 灭菌鸡肉经霉菌发酵后产生了适于食用的品质, 这为开发新型发酵肉制品提供了一种新思路。

关键词: 纳地青霉; 鸡肉; 质构; 游离氨基酸; 挥发性物质

文章编号: 1673-9078(2015)9-289-295

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.9.047

Texture, Free Amino Acid Content, and Volatile Compounds of Chicken Meat Fermented by *Penicillium nalgioense*

LIU Gong-ming¹, SUN Jing-xin¹, LI Peng¹, YU Lin-hong¹, HUANG Ming², XU Xing-lian², YU Bing¹

(1.College of Food Science and Engineering, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, China)

(2.College of Food Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: Changes in the edible quality of chicken meat fermented by *Penicillium nalgioense* were studied using a texture analyzer (TA-Xt plus), gas chromatograph-mass spectrometer (GC-MS), and high-speed amino acid analyzer (Agilent 1100). Chicken meat paste was sterilized by autoclaving, inoculated with *Penicillium nalgioense*, pre-fermented for 3 days at 27 ± 1 °C, and ripened for 7 days at 4 °C, to produce a fermented chicken meat product. Changes in certain aspects of the edible quality such as texture, free amino acid (FAA) content, and volatile compounds were compared among meat samples during fermentation, including the final fermented chicken meat products and unfermented meat samples (control). The results showed that, for the meat samples, during fermentation, hardness first increased and then decreased. Springiness decreased gradually, while gumminess increased gradually. The FAA content, essential FAA and flavor FAA, in the fermented chicken meat product ripened for 7 days increased significantly ($P < 0.05$). The volatile compounds in the final fermented chicken meat products were mainly alcohols, aldehydes, ketones, and esters, of which guajacolum and γ -butyrolactone were newly formed when compared to those in unfermented chicken meat samples. Hence, sterilized chicken meat fermented by fungi presents an acceptable edible quality and represents a creative way to develop a new type of fermented meat product.

Key words: *Penicillium nalgioense*; chicken meat; texture; free amino acid; volatile compound

收稿日期: 2014-11-08

基金项目: “十二五”农村领域国家科技“863”计划课题 (2011AA100805-0-2); 山东省现代农业产业技术体系家禽创新团队建设项目 (SDAIT-13-011-11); 国家级大学生创新训练计划和青岛农业大学名校建设工程大学生科技创新项目

作者简介: 刘功名 (1989-), 男, 硕士研究生, 研究方向为动物性食品加工及资源利用

通讯作者: 孙京新 (1970-), 男, 博士, 教授

肉的发酵主要依赖于肉中内源酶和自然或人工接种的外源微生物酶的作用^[1]。而接种于香肠的霉菌主要是包括青霉和曲霉在内的土著菌群, 随着肉制品生产向大规模工厂化的演变及消费者安全意识的提升, 工业化也成了用于接种霉菌生产的必经之路^[2]。因此, 关于单一菌株或特定的混合菌株在整个发酵过程中的作用的研究十分必要。目前, 将乳酸菌、葡萄球菌及酵母接种于干发酵香肠, 评价其影响的研究很

多。Zuber 等^[3]将乳酸杆菌及葡萄状球菌的不同菌种接种于香肠中,并未发现其对香肠的脂肪降解有作用;Casaburi 等^[4]研究了接种于干发酵香肠的葡萄球菌的工艺活性,发现其可以降解肌质蛋白但是不能降解肌纤维蛋白;马萍等^[5]在总结传统火腿呈香机理的基础上,指出酵母不但是火腿全发酵中的优势有益菌群,而且对成熟火腿香甜成分的增加及风味的形成起重要作用;王潇等^[6]采用顶空固相微萃取-气相色谱-质谱(SPME-GC-MS)联用技术研究了香肠发酵过程中木糖葡萄球菌对发酵香肠挥发性风味物质的影响,指出木糖葡萄球菌对香肠风味物质的含量有明显影响;陈剑等^[7]将植物乳杆菌、木糖葡萄球菌、汉逊氏德巴利酵母菌接种于兔肉糜,研究了该混合菌株对兔肉糜的作用,表明三种菌的复合发酵分解产生游离脂肪酸的能力较强。谢诚等^[8]用包含酵母、红曲和乳酸菌在内的混合菌种对草鱼肉进行发酵,研究发现其可以控制草鱼制品中组胺、酪胺、腐胺、亚精胺及精胺的含量,抑制大肠菌群的生长。丛俊英等^[9]对纳豆菌发酵鱼肉蛋白制备低分子肽的工艺进行了研究,并确定了其适宜的发酵条件。关于霉菌发酵对肉降解作用的研究则相对较少。Benito 等^[10]从产黄青霉中分离出一种蛋白酶 EPg222,并证明了这种酶添加于发酵香肠,可增强肌纤维蛋白的降解,促进非蛋白氮的富集,且可以降低发酵香肠的硬度,增进呈香。Benito 等^[11]进一步研究证明蛋白酶 EPg222 在 10 °C~60 °C, NaCl 含量 0~3 M, pH 值在 5~7 之间时活性最强。Garcia 等^[12]以纳地青霉为对照组,研究了毛霉、青霉-3 及青霉-6 对干发酵香肠感官性质的影响,表明这三种霉菌都可以增加发酵香肠的感官评分并有利于其风味改进,而纳地青霉只对发酵香肠的外观有积极影响,不能增强其可接受性。而将霉菌应用于腐乳^[13]、干酪^[14]的发酵的研究较多。

目前,国内外关于纳地青霉发酵作用的研究极少,且微生物发酵研究多接种于生肉。本研究以青霉菌(纳地青霉)为发酵剂,首先对生鸡肉做高温处理,使其自身的酶失活,利用纳地青霉生长代谢中产生的酶对其进行酶解,并分析其对肉品降解作用。为纳地青霉在实际生产中的应用提供理论依据,并提供一种单菌发酵熟肉新的研究思路。

1 材料与方法

1.1 材料

新鲜白羽鸡鸡腿肉 6 kg,购于青岛市大润发流通事业股份有限公司(下简称大润发);纳地青霉

(3.4357)购于中国科学院微生物研究所;JYL-C025 九阳料理机,购于大润发;TFD8503 真空冷冻干燥机,荷兰 TFD 公司;DPX-916 恒温培养箱,上海福玛实验设备有限公司;物性分析仪(TA-Xt.plus),英国 Stable Micro Systems 公司;气相色谱质谱(GC-MS)联用仪 5975B/6890N,美国 Agilent 公司;57300-U 萃取头,广州市淘仪贸易有限公司;日立 8900 高速氨基酸分析仪(Agilent1100),美国 TA 公司。

1.2 方法

1.2.1 纳地青霉活化及菌悬液制备

自制察氏培养基,高温灭菌后倒入无菌试管中,冷凝成试管斜面。将菌种接入培养基斜面,置于 27±1 °C 恒温培养箱中培养 4 d,从斜面上挑取长势较好的菌苔接入另一个斜面,重复操作,连续转接 3 次,即获得活化菌株。将活化好的菌株斜面,用适量无菌水反复冲洗吹打菌落,将孢子和菌丝移入灭菌的 50 mL 的三角瓶内(瓶内预置数粒玻璃珠),充分振摇后用无菌纱布过滤,冲洗滤渣 2~3 次,最后使滤液体积达到 10 mL,即为孢子悬浮液。将孢子悬浮液进行梯度稀释,采用血球板计数法进行计数,选择 10⁶ cfu/mL 左右浓度的梯度稀释液作为接种的菌悬液。

1.2.2 灭菌鸡肉的制备

取新鲜鸡腿肉,整理切块并称量,添加 2% 的 NaCl,用料理机 20000 r/min 绞 30 s 成肉泥状,每份取 30 g 平摊于 10 cm 的平皿,在 115 °C 条件下灭菌 20 min,将制备好的菌悬液无菌操作下接种于平皿中,每个平皿 2 mL,空白接种无菌水 2 mL,在 27±1 °C 下前发酵 3 d、4 °C 下后熟 7 d 制得发酵鸡肉样(或产品)。

1.2.3 接种纳地青霉灭菌鸡肉质构的测定

分别取发酵过程中(前发酵 0 d、1 d、2 d、3 d,后熟 1 d、2 d、3 d、5 d、7 d)鸡肉样,去除表面菌丝,用手术刀切成块型完整、均匀一致的小块。通过物性测定仪采用二次下压法对样品进行质构剖面分析(TPA),具体参数如下:探头型号为 P/0.5R 柱状,以 1.0 mm/s 速度进入测试肉样,再恢复至初位,下压距离 8 mm。从 TPA 特征曲线计算出硬度(g)、弹性(Pa)、黏着性(g s)。

1.2.4 接种纳地青霉灭菌鸡肉中游离氨基酸的测定

分别取前发酵 3 d 鸡肉样、后熟 7 d 的发酵鸡肉产品与未发酵鸡肉样,去除表面菌丝,冻干后用研钵磨成粉末状。参照 Ventanas 等^[15]和 Xue 等^[16]的方法,进行修改,方法如下:精确称取冻干样品粉末 1 g(精确到 0.0001),置于 40 mL 去离子水中,超声(80 Hz,

350 W) 溶解 20 min, 用去离子水定容至 50 mL, 准确取 4 mL, 加入 4 mL 10% 的磺基水杨酸, 振荡混匀, 静置 2 h 沉淀蛋白质。经中速滤纸过滤, 滤液中准确加入 2 mL 1% 的 EDTA-Na 溶液和 2 mL (0.06 mol/L) 盐酸溶液混合, 振荡 5 min, 高速离心 (15000×g) 10 min, 取上清液 1 mL, 用日立 8900 高速氨基酸分析仪进行测定。

1.2.5 接种纳地青霉灭菌鸡肉中挥发性物质的测定

分别取前发酵 3 d 鸡肉样、后熟 7 d 的发酵鸡肉产品与未发酵鸡肉样, 去除表面菌丝, 在室温下剪碎, 取 5.0 g 于固相微萃取瓶中, 萃取头在气相色谱进样口老化 60 min (280 °C) 后插入瓶中顶空部分, 在 60 °C 条件下萃取 60 min, 吸附结束后, 拔出萃取头, 再于气相进样口 250 °C 下解吸 2 min。

气相色谱质谱 (GC-MS) 条件: 参照 Wu^[17] 的方法, 采用 TR-5-MS 毛细管色谱柱 (30 m×0.25 mm, 0.25 μm); 升温程序: 起始柱温 40 °C, 保持 3 min, 以 5 °C/min 至 200 °C, 再以 10 °C/min 至 240 °C, 保留 10 min, 运行总时间 49 min; 检测温度 240 °C; 载气为 He; 流速 1.6 mL/min; 恒压 13.02 kPa; 离子源温度 240 °C; 电子能量 70 eV。

质谱定性、定量分析: 化合物经过计算机谱库 (NIST05、NIST05s) 进行化合物的质谱鉴定, 检测出挥发性成分匹配度大于 800 (最大值 1000) 的化合物作为定性结果。因本研究采用程序升温, 所以可用保留时间计算保留指数 (Retention Index, RI), 计算公式如下:

$$I = 100 \times \frac{n + [t(i) - t(n)]}{[t(n+1) - t(n)]}$$

式中: $t(i)$ 为待测组分的调整保留时间; $t(n)$ 为具有 n 个碳原子的正构烷烃的调整保留时间; $t(n+1)$ 为具有 $(n+1)$ 个碳原子的正构烷烃的保留时间。

定量分析采用峰面积归一化法进行定量分析, 求得各挥发性成分的相对含量。

1.2.6 数据分析

用 SPSS17.0 对数据进行描述性分析、一维方差分析, 并用 Duncan's 多重比较, 差异显著性水平 $P=0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 质构

由发酵过程中鸡肉样硬度的变化(如图 1)可看出, 纳地青霉发酵鸡肉样的硬度总体呈先增大后减小的趋

势, 在前发酵 3 d 时硬度最大, 显著高于 ($P<0.05$) 前发酵 0 d 和未发酵鸡肉样; 后熟 5 d 时比前发酵 3 d 时硬度显著减小 ($P<0.05$), 后熟 5 d 后硬度变化不显著 ($P>0.05$); 未发酵鸡肉样的硬度无显著性变化 ($P>0.05$)。

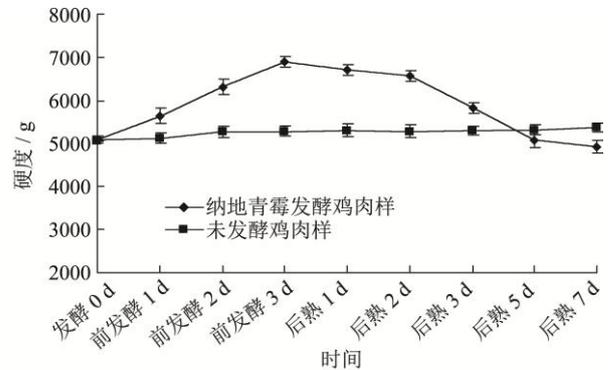


图 1 发酵过程中鸡肉样硬度的变化 (n=3)

Fig.1 Changes in the hardness of fermented or unfermented chicken meat samples during the fermentation process

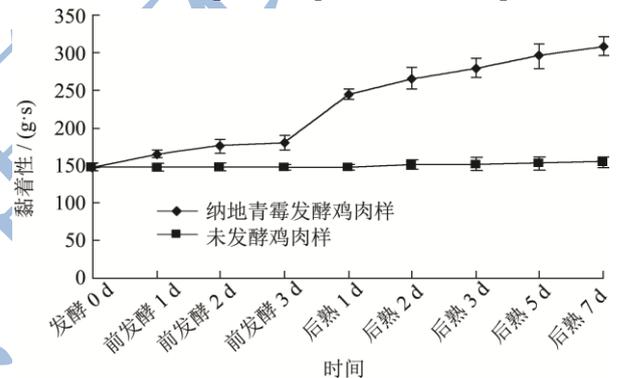


图 2 发酵过程中鸡肉样黏着性的变化 (n=3)

Fig.2 Changes in the gumminess of fermented or unfermented chicken meat samples during the fermentation process

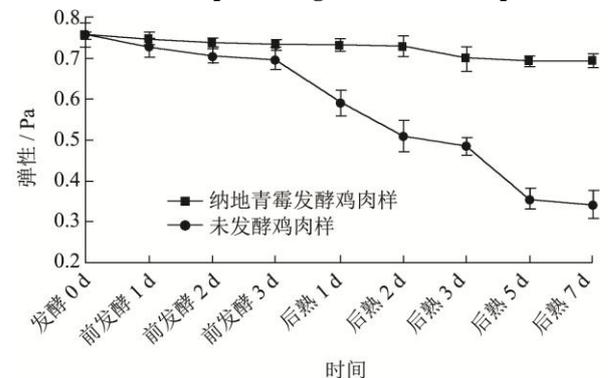


图 3 发酵过程中鸡肉样弹性的变化 (n=3)

Fig.3 Changes in the springiness of fermented or unfermented chicken meat samples during the fermentation process

由发酵过程中鸡肉样黏着性的变化(如图 2)可看出, 前发酵 3 d 的黏着性与前发酵 0 d 和未发酵鸡肉样相比变化不显著 ($P>0.05$); 后熟 1 d 时, 肉样黏着性显著增加 ($P<0.05$), 后熟 7 d 时, 肉样黏着性达到最

大值,为 308.11g s,而未发酵鸡肉样的黏着性无显著变化 ($P>0.05$)。

由发酵过程中鸡肉样弹性的变化(如图 3)可看出,前发酵 3 d 的弹性与前发酵 0 d 和未发酵鸡肉样的弹性无显著差异 ($P>0.05$);后熟 1 d 时,肉样的弹性显著降低 ($P<0.05$),后熟 7 d 时,肉样弹性达到最小值,为 0.34 Pa;而未发酵鸡肉样的弹性无显著变化 ($P>0.05$)。

表 2 鸡肉样中游离氨基酸的含量 (mg/100g)

Table 2 Free amino acid content of chicken meat samples			
游离氨基酸种类	未发酵 鸡肉样	前发酵 3 d 鸡肉样	后熟 7 d 发 酵鸡肉样
天门冬氨酸(ASP)	3.11±0.01 ^b	3.25±0.12 ^b	48.09±0.05 ^a
苏氨酸(THR)	5.51±1.26 ^c	8.41±0.03 ^b	57.28±0.01 ^a
丝氨酸(SER)	4.56±1.41 ^c	7.87±0.05 ^b	52.97±0.04 ^a
谷氨酸(GLU)	9.82±0.04 ^b	10.24±0.31 ^b	136.74±0.13 ^a
色氨酸(TRP)	11.06±0.19 ^b	13.01±0.04 ^a	127.54±0.28 ^a
甘氨酸(GLY)	4.35±0.17 ^b	3.68±1.20 ^b	33.89±0.07 ^a
丙氨酸(ALA)	10.42±0.28 ^b	5.81±0.04 ^c	60.22±0.01 ^a
半胱氨酸(CYS)	4.79±0.09 ^b	6.59±0.06 ^a	4.17±0.04 ^c
缬氨酸(VAL)	8.65±0.05 ^c	8.60±0.09 ^b	52.05±0.08 ^a
蛋氨酸(MET)	1.03±0.04 ^c	6.75±0.01 ^b	30.39±0.03 ^a
异亮氨酸(ILE)	2.06±0.07 ^c	4.01±0.03 ^b	51.31±0.41 ^a
亮氨酸(LEU)	3.05±0.05 ^c	11.10±0.05 ^b	100.36±1.02 ^a
酪氨酸(TYR)	3.96±0.08 ^c	17.39±0.02 ^b	46.99±0.04 ^a
苯丙氨酸(PHE)	5.07±0.03 ^c	30.08±0.01 ^b	43.17±0.03 ^a
赖氨酸(LYS)	5.03±0.01 ^c	27.11±0.04 ^b	100.80±0.05 ^a
组氨酸(HIS)	3.85±0.07 ^c	8.33±0.09 ^b	22.51±0.01 ^a
精氨酸(ARG)	4.03±0.03 ^b	4.78±0.01 ^b	35.49±0.09 ^a
脯氨酸(PRO)	1.94±0.02 ^b	4.91±0.03 ^a	6.45±0.08 ^a
氨(不计)(NH ₃)	8.83±0.04 ^c	29.26±0.13 ^a	24.18±0.07 ^b
游离氨基酸 含量总和	101.07±3.45 ^c	211.09±2.32 ^b	1034.60±2.19 ^a
其中:必需氨 基酸含量总和	30.45±0.25 ^c	96.06±0.23 ^b	435.36±1.62 ^a
其中:风味氨 基酸含量总和	31.73±0.53 ^b	27.76±1.68 ^c	314.43±0.35 ^a

注: 1.数值表示为平均值±标准误差 (n=3),同一行上角标不同字母表示差异显著 ($P<0.05$); 2.必需氨基酸:苏氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸; 3.风味氨基酸:鲜味氨基酸(天门冬氨酸、谷氨酸)+甜味氨基酸(丝氨酸、苏氨酸、甘氨酸、丙氨酸、脯氨酸)。

肉样的质构与其成分含量存在着一定的相关性。郑晓婷等^[18]发现豆腐发酵前期,坯身变硬,在后熟阶段质地又逐渐变软;蒋丽婷等^[19]认为腐乳的硬度与水

溶性蛋白的相关性最大。本研究中肉样的硬度变化类似于豆腐发酵过程中硬度的变化,在前发酵阶段,纳地青霉在肉表面迅速生长形成菌丝过程中会吸收大量水分,可能使肉样硬度增大。在后熟阶段,由于纳地青霉产酶使肉蛋白质水解,其凝胶网状结构被破坏,肉样变得软而松散,致使黏着性增加,硬度和弹性下降。

2.2 游离氨基酸含量

由表 2 可知,前发酵 3 d 与未发酵鸡肉样相比,除天门冬氨酸、谷氨酸、丙氨酸、甘氨酸、缬氨酸含量变化不显著 ($P>0.05$) 外,其他游离氨基酸的含量均显著增加 ($P<0.05$);后熟 7 d 的发酵鸡肉产品中相较于前发酵 3 d,除半胱氨酸含量显著降低 ($P<0.05$) 外,其他游离氨基酸含量均显著增加 ($P<0.05$);在整个发酵过程中,游离氨基酸和必需氨基酸含量总和均显著增加 ($P<0.05$)。后熟 7 d 的发酵鸡肉产品中以谷氨酸、色氨酸的含量最大,其次是亮氨酸和赖氨酸,这与金明等^[20]的研究结果一致。

随着发酵时间的延长,发酵鸡肉样中游离氨基酸含量总和显著增加,这与 Casaburi 等^[4]的研究结果一致。而发酵肉制品在成熟过程中游离氨基酸的变化将直接影响到发酵香肠的风味。由表 2 也可看出,鸡肉样经纳地青霉发酵风味氨基酸增加显著 ($P<0.05$),其中,天门冬氨酸和谷氨酸有利于处理肉样的呈鲜;丝氨酸、甘氨酸、丙氨酸、精氨酸利于肉样产生甜味。

2.3 挥发性物质

通过气-质联用处理鸡肉样,得到其挥发性物质的 GC-MS 总离子流图 (TIC) (如图 4),鉴定出的挥发性物质见表 3 和表 4。未发酵鸡肉样共鉴定出 18 种挥发性物质(相对含量 98.671),其中醛类 5 种(相对含量 46.976),醇类 5 种(相对含量 24.461),芳香族类 2 种(相对含量 16.031);最终发酵鸡肉产品中共鉴定出 26 种挥发性物质(相对含量 96.206),显著高于未发酵鸡肉样 ($P<0.05$);与未发酵鸡肉样比,除含有醛类(相对含量 35.709)、醇类(相对含量 33.267)、烷类(相对含量 8.823)等物质外,还新产生了酯类(相对含量 10.286)、酮类(相对含量 7.046)、酚类(相对含量 0.872)物质。未发酵鸡肉样与最终发酵鸡肉产品中所鉴定出物质出峰面积占总峰面积的比例均大于 95%,基本可代表其挥发性物质总量,不满 100%是因含少量杂质。与未发酵鸡肉样相比,最终发酵鸡肉产品挥发性物质的种类、含量的变化可表明纳地青霉对鸡肉有降解作用。本研究中挥发性物质种类明显少于

刘欣^[21]等的研究结果,这可能是由于在样品高温灭菌阶段对挥发性物质造成了损耗。

注: 数值表示为平均值±标准误差 (n=3)。

表 4 最终发酵鸡肉产品挥发性物质表

Table 4 Volatile compounds from the final fermented chicken meat products

序号	保留时间/min	保留指数	种类	相对含量/%
1	3.02	824	乙醛	13.916±0.012
2	3.96	841	1,3-丙二醇	4.430±0.035
3	4.57	856	庚醛	7.673±0.023
4	4.65	887	2,6-二甲基吡嗪	3.929±0.018
5	4.87	892	苯甲醇	5.894±0.042
6	6.12	1073	1-辛烯-3-醇	5.301±0.027
7	6.74	1098	5-甲基-3-庚酮	4.430±0.009
8	6.86	1121	十四烷二酸二甲酯	4.115±0.011
9	6.94	1145	辛酸乙酯	4.707±0.032
10	7.13	1189	E-2-癸烯-1-醇	6.486±0.009
11	7.19	1196	3,5-辛二烯-2-醇	3.836±0.011
12	7.96	1254	苯乙醛	1.464±0.022
13	8.84	1277	E-2-辛烯醇	1.743±0.005
14	8.96	1316	1-辛醇	1.767±0.053
15	9.16	1354	2-壬醛	2.651±0.026
16	9.79	1387	2-癸烯醛	4.115±0.037
17	10.12	1421	正壬醛	1.464±0.018
18	11.14	1530	2-(3H)-呋喃酮	2.058±0.008
19	11.79	1587	2-癸烯醇	0.279±0.024
20	12.08	1632	1-羟基-2-丙酮	0.558±0.016
21	12.73	1698	E-2-辛烯醛	3.243±0.018
22	13.46	1734	2-呋喃甲醇	1.464±0.034
23	13.77	1789	Z-2-辛烯-1-醇	0.872±0.042
24	15.87	1876	四甲基十七烷	2.930±0.015
25	20.02	2016	愈创木酚	0.872±0.033
26	24.93	2287	γ-丁内酯	1.464±0.009

注: 数值表示为平均值±标准误差 (n=3)。

与未发酵鸡肉样中各挥发性物质的含量相比,最终发酵鸡肉产品中醇类、醛类物质的含量显著增加 ($P<0.05$); 而醛类、醇类物质主要来源于脂肪降解,是样品的特征风味物质; Olivares 等^[22]对干发酵香肠中的挥发性物质进行研究,发现己醛、辛醛、壬醛与火腿的芳香风味关系密切,它们具有腊香、脂肪香和花香气味; 酯类也是良好风味所必需的,它们多带有水果味,其中某些酯类还有轻微的脂香味。最终发酵鸡肉产品中检测出的挥发性风味成分中,醛类、醇类所占比重最大,且主要是饱和醛,可能是比较重要的风味成分。酮类物质一般来自于脂肪氧化和美拉德反应,该实验中新产生了酮类物质,但其阈值要远高于

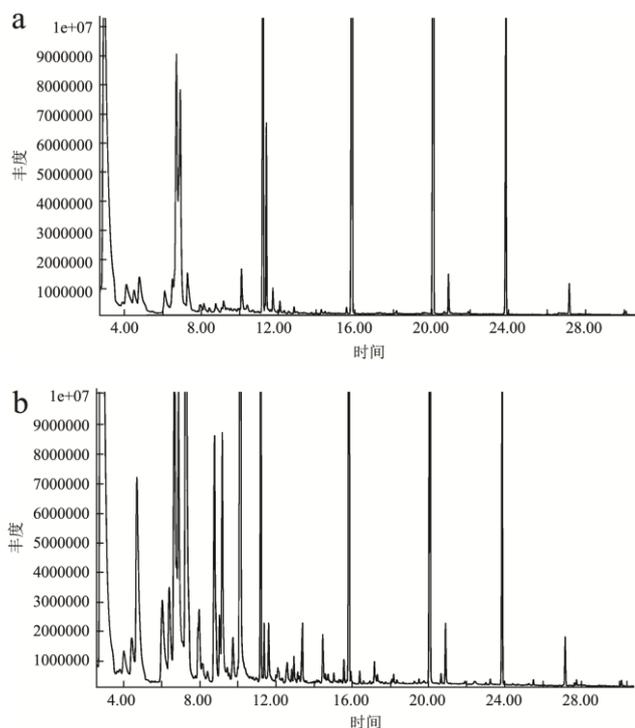


图 4 未发酵鸡肉样和最终发酵鸡肉产品的挥发性物质的 GC-MS 总离子流图 (TIC)

Fig.4 Total ion chromatogram of volatile compounds from unfermented chicken meat samples and the final fermented chicken meat products

注: a-未发酵鸡肉样, b: 最终发酵鸡肉产品。

表 3 未发酵鸡肉样挥发性物质表

Table 3 Volatile compounds from unfermented chicken meat samples

序号	保留时间/min	保留指数	种类	相对含量/%
1	3.02	825	乙醛	18.647±0.016
2	3.96	841	乙苯	7.392±0.009
3	4.02	856	对二甲苯	8.639±0.021
4	4.57	887	庚醛	7.392±0.013
5	4.87	890	苯甲醛	13.658±0.015
6	6.07	995	1-庚醇	8.639±0.026
7	6.42	1004	1-辛烯-3-醇	4.889±0.006
8	6.64	1063	3,4-环氧基-3-乙基	9.899±0.033
9	7.16	1109	辛醛	3.640±0.025
10	7.96	1156	1-辛烯-3-醇	4.889±0.012
11	11.22	1237	1,3-丙二醇	3.639±0.007
12	13.96	1348	1-辛醇	2.404±0.015
13	15.97	1493	壬醛	3.640±0.023
14	23.96	1894	6-甲基十八烷	1.149±0.028

同分异构体的醛类,一般认为风味贡献不大^[23];脂肪降解产生的脂肪酸和醇缩合可形成酯,一般认为,除内酯和硫酯以外的酯阈值较高,在肉中含量有限,对肉风味贡献不大^[21],本实验中新产生的三种酯,其中 γ -丁内酯具有牛奶和奶油的气味,辛酸乙酯具有白兰地酒香;经纳地青霉处理后为产生酸类风味物质,烃类物质含量略有下降,产生的少量酚类物质愈创木酚具有特殊的芳香气味,并广泛应用于医药、香料和染料的合成。

3 结论

鸡肉糜经灭菌处理,在排除了鸡肉本身组织酶作用的条件下,经单纯的纳地青霉发酵后,鸡肉中的游离氨基酸含量显著增加,并且纳地青霉的发酵也有利于风味氨基酸的大量产生,促进肉的呈鲜和呈甜;鸡肉中的挥发性物质的种类的含量均显著增加,可知纳地青霉在发酵过程中,对肉的降解作用明显,并可以产生具有鸡肉特征风味及特殊芳香的醛类、醇类及脂类等物质。这为开发新型发酵肉制品提供了一种新思路。

参考文献

- [1] Monica F, Fidel T. Microbial enzymatic activities for improved fermented meats [J]. Trends in Food Science and Technology, 2011, 22(2-3): 81-90
- [2] Sunesen L O, Stahnke L H. Mould starter cultures for dry sausages selection, application and effects [J]. Meat Science, 2003, 65(3): 935-948
- [3] Zuber, A D, Horvat, M. Influence of starter cultures on the free fatty acids during ripening in Tea sausages [J]. European Food Research and Technology, 2007, 224(4): 511-517
- [4] Casaburi A, Di Monaco R, Cavella S, et al. Proteolytic and lipolytic starter cultures and their effect on traditional fermented sausages ripening and sensory traits [J]. Food Microbiology, 2008, 25(2): 335-347
- [5] 马萍,江东福,段若玲,等.宣威火腿及其微生物作用菌群的研究-I 宣威火腿主要益生菌群及其与火腿质量的关系[J]. 云南大学学报,1990,12(1):64-70
MA Ping, JIANG Dong-fu, DUAN Ruo-ling, et al. The studies of Xuanwei hams and its functional microflora I. primary beneficial and harmful microflora on traditional Xuanwei hams and their effect on quality of hams [J]. Yunnan Institute of Microbiology, 1990, 12(1): 64-70
- [6] 王萧,袁星露,徐慧卿,等.木糖葡萄球菌对发酵香肠挥发性风味化合物的影响[J]. 科技创新导报,2011,(3): 208
WANG xiao, YUAN Xing-lu, XU Hui-qing, et al. The volatile flavor compounds of fermented sausage fermented by *Staphylococcus xylosus* [J]. Science and Technology Innovation Herald, 2011, (3): 208
- [7] 陈剑,蒋云升,闫婷婷.发酵剂对兔肉脯游离脂肪酸变化的影响[J].食品科学,2014,35(11):174-178
CHEN Jian, JIANG Yun-sheng, YAN Ting-ting. Effect of starter cultures on changes in free fatty acids in dried rabbit meat slice [J]. Food Science, 2014, 35(11): 174-178
- [8] 谢诚,刘忠义,周宇峰,等.混合菌种发酵对草鱼肉微生物和生物胺变化的影响[J].西北农林科技大学学报,2010,38(3): 167-172
XIE Cheng, LIU Zhong-yi, ZHOU Yu-feng, et al. Effects of fermentation with mixed starter cultures on changes of biogenic amines and microorganisms in grass carp muscles [J]. Journal of Northwest A & F University, 2010, 38(3): 167-172
- [9] 丛俊英,张淑莲,王阳,等.纳豆菌发酵鱼肉蛋白制备低分子肽的工艺研究[J].大连工业大学学报,2011,30(6): 416-419
CONG Jun-ying, ZHANG Shu-lian, WANG Yang, et al. The Degree of Proteolysis from Fish Protein Fermentation by *Bacillus Natto* [J]. Journal of Dalian Polytechnic University, 2011, 30(6): 416-419
- [10] Benito M J, Rodriguez M, Nunez F et al. Purification and characterization of an extracellular protease from *Penicillium chrysogenum* Pg222 active against meat proteins [J]. Applied and Environmental Microbiology, 2002, 68(7): 3532-3536
- [11] Benito M J, Rodriguez M, Cordoba M G, et al. Effect of the fungal protease EPg222 on proteolysis and texture in the dry fermented sausage 'salchichon' [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2005, 85: 273-280
- [12] Garcia M L, Casas C, Toledo V M, et al. Effect of selected mould strains on the sensory properties of dry [J]. European Food Research and Technology, 2001, 212: 287-291
- [13] 孙菁赫,孙冰玉,刘琳琳,等.克东腐乳发酵过程中挥发性风味物质分析[J].现代食品科技,2014,30(1): 200-205
SUN Jing-he, SUN Bing-yu, LIU Lin-lin, et al. Analysis of volatile components in Kedong fermented bean curd during the fermentation [J]. Modern Food Science and Technology, 2014, 30(1): 200-205
- [14] Bergamini C V, Hynes E R, Candioti M C, et al. Multivariate analysis of proteolysis patterns differentiated the impact of six stains of probiotic bacteria on a semi-hard cheese [J]. Journal of Dairy Science, 2009,92(6): 2455-2467
- [15] Ventanas J, Cordoba J, Antequera T, et al. Hydrolysis and

- maillard reactions during ripening of Iberian Ham [J]. Journal of Food Science, 1992, 57(4): 813-8151
- [16] Xue F, Jiang Y S, Zhao W J, et al. Effect of microbial culture starters on free amino acid in rabbit sausage [J]. Advanced Materials Research, 2013, 781-784: 1801-1805
- [17] Wu W, Wu R, Tao N P. Identification of volatile compounds in cooked meat of farmed obscure puffer (*Takifugu obscurus*) using SDE and HS-SPME combined with GC-MS [J]. Advanced Materials Research, 2013, 706-708: 399-402
- [18] 郑晓婷,赵新淮.毛霉发酵对豆制品的质构和微观结构的影响[J].食品与发酵工业,2008,34(9):33-36
ZHENG Xiao-ting, ZHAO Xin-huai. Study on the Effect of Tofu Fermentation by Mucoron Texture and Microstructure [J]. Food and Fermentation Industries, 2008, 34(9): 33-36
- [19] 蒋丽婷,李理.白腐乳质构与其成分相关性研究[J].现代食品科技,2010, 26(8):797-854
JIANG Li-ting, LI Li. The relation of chemical component to texture of white Sufu [J]. Modern Food Science and Technology, 2008, 26(8): 797-854
- [20] 金明,牛宏亮,袁辉,等.高效液相色谱柱后衍生法测定鸡肉中的 18 种氨基酸[J].食品与发酵工业,2014,40(1):212-215
JIN Ming, NIU Hong-liang, YUAN Hui, et al. Determination of eighteen amino acids by high performance liquid chromatography and post-column derivation in chicken [J]. Food and Fermentation Industries, 2014, 40(1): 212-215
- [21] 刘欣,赵改名,柳艳霞,等.肉桂块和肉桂粉对卤鸡腿肉挥发性风味成分影响的比较[J].食品科学,2013,34(14):223-226
LIU Xin, ZHAO Gai-ming, LIU Yan-xia, et al. Effects of cinnamon pieces and powder on volatile flavor components of stewed chicken leg [J]. Food Science, 2013, 34(14): 223-226
- [22] Olivares A, Navarro J L, Flores M. Distribution of volatile compounds in lean and subcutaneous fat tissues during processing of dry fermented sausages [J]. Food Research International, 2009, 42(9): 1303-1308
- [23] 夏延斌.食品风味化学[M].北京:化学工业出版社,2008
XIA Yan-bin. Flavor Chemistry [M]. Bei Jing: Chemical Industry Press, 2008