

宣恩火腿蛋白质降解规律

范露,冯牛,许嘉验,李航,母玲,邱朝坤

(武汉设计工程学院食品与生物科技学院,湖北武汉 430205)

摘要:分析测定了宣恩火腿从原料腿到成品的整个加工过程中蛋白质的变化情况,结果显示:宣恩火腿中非蛋白氮含量从原料腿中的 685.9 mg/100 g 增加到成品的 1724.3 mg/100 g,非蛋白氮中的多肽氮在整个加工周期内持续上升,发酵末期上升幅度更大,氨基酸态氮含量在发酵中前期快速升高,末期略有下降,挥发性盐基氮含量变化规律跟氨基酸态氮一致。呈味氨基酸含量在整个加工过程中上升明显,从 315.8 mg/100 g 增加到 2171.3 mg/100 g,其中鲜味较强的谷氨酸含量增加了 29.6 倍。宣恩火腿各蛋白质中,肌浆蛋白和肌原纤维蛋白均由于降解而含量下降,特别是在发酵中后期降幅更大,肌浆蛋白比肌原纤维蛋白降解更彻底。肉基质蛋白含量在发酵初期由于蛋白质的热变性而升高,随后保持稳定。总而言之,蛋白质的水解伴随着整个宣恩火腿的加工过程,尤其是在发酵中后期,这种水解程度更为明显,为火腿特有风味的形成产生重要作用。

关键词:宣恩火腿,蛋白质,降解,蛋白氮,非蛋白氮

Degradation Law of Protein of Xuanen Ham

FAN Lu, FENG Niu, XU Jia-yan, LI Hang, MU Ling, QIU Chao-kun

(College of Food & Biology Science and Technology, Wuhan Institute of Design and Sciences, Wuhan 430205, China)

Abstract: The protein changes of Xuanen ham from raw leg to finished product in the entire processing stage were analyzed, the results showed that the content of non-protein nitrogen increased from 685.9 mg/100 g to 1724.3 mg/100 g in the raw material leg in the finished product. The polypeptide nitrogen in non-protein nitrogen continued to rise throughout the processing stage, and the increase in the end of fermentation was greater. The amino acid nitrogen content increased rapidly in the early stage of fermentation, and decreased slightly at the end stage. The change of volatile base nitrogen content was consistent with amino acid nitrogen. The content of taste amino acids increased significantly during the whole process, from 315.8 mg/100 g to 2171.3 mg/100 g, and the glutamic acid content increased by 29.6 times. Among the proteins of Xuanen ham, the content of sarcoplasmic protein and myofibrillar protein decreased due to degradation, especially in the middle and late stages of fermentation, and the sarcoplasmic protein was more thoroughly degraded than myofibrillar protein. The meat matrix protein content increased at the beginning of the fermentation due to thermal denaturation of the protein and then remained stable. All in all, the hydrolysis of protein was accompanied by the processing of the entire Xuanen ham, especially in the middle and late stages of fermentation, the degree of hydrolysis was more obvious, which played an important role in the formation of the unique flavor of ham.

Key words: Xuanen ham; protein; degradation; protein nitrogen; non-protein nitrogen

中图分类号: TS251.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2019)23-0042-06

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2019.23.007

引文格式: 范露,冯牛,许嘉验,等.宣恩火腿蛋白质降解规律[J].食品工业科技,2019,40(23):42-46,53.

宣恩火腿是我国湖北省恩施自治州一带特产,以宣恩县所产火腿最负盛名,其肉质细嫩,皮黄脂白肉红,气味鲜香宜人,滋味浓郁^[1],在乾隆时期就作为贡品进贡朝廷,被誉为“中国四大名腿”之一^[2]。

风味是判别火腿品质的重要指标,火腿独特的风味主要来源于脂肪和蛋白质在内源酶和环境微生物产生的外源酶双重作用下形成的各种风味物质^[3],包括醇类、酯类、酸类、醛类、酮类、烷烃类以及含氧、氮、硫的杂环化合物等^[4-5]。蛋白质在火腿生产过程中降解产生低分子量的氨基酸、肽、有机酸等物

质,这些物质有的直接产生风味,有的是风味前体物质^[6],其中游离氨基酸和小分子肽又经过美拉德反应和斯托克斯降解,生成了一些具有挥发性的风味物质^[7]。火腿蛋白质的结构变化包括肽主链的断裂、分子间二硫键的形成以及氨基酸残基侧链的羰基化等^[8]。随着蛋白质结构的变化,蛋白质组成也发生了变化,大分子物质种类和含量逐渐减少,这种变化主要是组织蛋白酶引起的^[9]。这些变化对火腿品质产生有利或不利的影 响,有利的影响是使火腿形成特有的风味,如金华火腿游离氨基酸比鲜腿高出 15

收稿日期:2019-03-04

作者简介:范露(1982-),女,硕士,副教授,研究方向:食品加工与安全,E-mail:154021725@qq.com。

基金项目:2016年湖北省高等学校优秀中青年科技创新团队计划项目(T201635)。

倍,谷氨酸含量高出 60 倍^[10],游离氨基酸进一步反应生成挥发性风味物质,如醇、酯、酮等^[11],这些物质共同构成了干腌火腿的特有风味。不利影响主要体现在猪肉肉变学特性、凝胶特性变差,导致火腿品质下降^[12]。

目前对金华火腿和宣威火腿蛋白质降解规律及对风味的形成贡献研究比较清晰^[13-14],关于宣恩火腿蛋白质的降解规律研究比较滞后。本课题拟研究宣恩火腿不同加工阶段蛋白质降解规律,为探究宣恩火腿品质及风味形成研究提供基础,研究成果可为宣恩火腿的现代化生产提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

实验用火腿 由湖北省思乐牧业集团有限公司提供,每个阶段采集三支火腿,取股二头肌为实验对象;本课题研究五个阶段的样品 分别为原料腿、腌制期、发酵初期、发酵中期和成品腿,原料腿指用于生产制作宣恩火腿的新鲜猪腿(恩施本地黑猪),腌制期指腌制 1 个月的猪腿(用盐量为每 10 kg 猪腿用盐 1 kg,分 6~7 次上盐),发酵初期指发酵 1 个月的猪腿,发酵中期指发酵 4 个月的猪腿,成品腿指发酵 7 个月后经洗霉修割的猪腿;氢氧化钠、甲醛、茚三酮、磷酸二氢钾、磷酸氢二钠、硫酸钾、硫酸铜、氯化钾、氯化钠、硼酸、三氯乙酸、碳酸钾、碳酸钠、乙醇、牛血清蛋白、福林酚试剂、溴甲酚绿、氧化镁 分析纯,国药集团化学试剂有限公司;硫酸、盐酸 分析纯,平煤神马集团开封东大化工有限公司试剂厂。

FE20 型 pH 计 瑞士 Metteler toledo 公司;**UV2000 型分光光度计** 美国 Unico 公司;**AL-104 型分析天平** 瑞士 Metteler toledo 公司;**JY600 型蛋白质电泳仪** 北京六一仪器厂;**K9840 型自动凯氏定氮仪** 江南海能仪器股份有限公司;**Neofuge 18R 型高速冷冻离心机** 香港 Heal Force 公司;**8900 型氨基酸自动分析仪** 日本 Hitachi 公司。

1.2 实验方法

1.2.1 宣恩火腿简要工艺流程 选腿→修胚→腌制→洗腿→整形→烘腿→入库发酵→洗霉→修割→验收^[15]。

1.2.2 蛋白质组成的测定 各火腿样品中不同类型蛋白质提取方法见图 1,对提取的蛋白质采用凯氏定氮法测定氮含量,具体参照 GB 5009.5-2016。

1.2.3 蛋白质水解指数 非蛋白氮占总氮的比例即为蛋白质水解指数。

1.2.4 多肽氮的测定 参照胡亚亚等^[16]的方法提取样品多肽,参照方细娟^[17]的方法测定多肽含量并换算成多肽氮含量。

1.2.5 氨基酸态氮的测定 氨基酸态氮含量采用酸度计法进行测定,具体参照 GB 5009.235-2016。

1.2.6 挥发性盐基氮的测定 挥发性盐基氮含量采用半微量定氮法进行测定,具体参照 GB 5009.228-2016。

1.2.7 pH 的测定 称取 10.00 g 均匀的样品于 250 mL 的锥形瓶中,加入 100 mL 无二氧化碳蒸馏水,浸泡 15 min,并随时摇动,过滤后取滤液用 pH 计

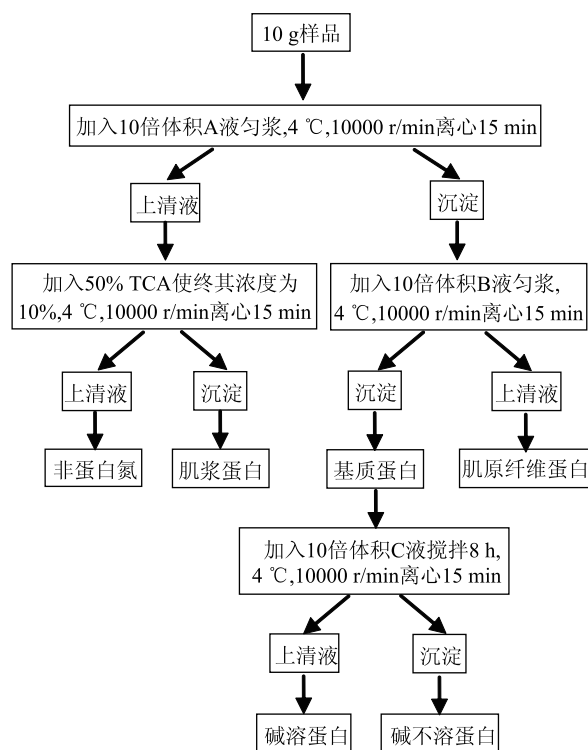


图 1 各蛋白质提取步骤

Fig.1 Extraction steps of each protein

注:A液含 15.6 mmol/L 磷酸氢二钠,3.5 mmol/L 磷酸二氢钾, pH7.5; B液含 0.5 mol/L 氯化钾, 15.6 mmol/L 磷酸氢二钠,3.5 mmol/L 磷酸二氢钾, pH7.5; C液为 0.1 mol/L 氢氧化钠。

测定 pH。

1.2.8 游离氨基酸组成的测定 氨基酸组成采用自动氨基酸分析仪进行测定,具体参照 GB 5009.124-2016。

1.2.9 蛋白质电泳 将 1.2.2 中提取的四种蛋白进行电泳分析。分离胶丙烯酰胺浓度 12%,浓缩胶浓度 5%,样品缓冲液为 50 mmol/L Tris-HCl。电泳前将样品和样品缓冲液煮沸 5 min,取 10 μ L 上清液进行点样。凝胶电泳于恒流进行,在浓缩胶时电压为 85 V,进入分离胶时电压为 125 V,最后染色、脱色、照胶。

1.3 数据处理

所有实验平行测定 3 次,取平均值,采用 SAS 9.2 对数据进行处理。

2 结果与分析

2.1 宣恩火腿加工过程中非蛋白氮变化

2.1.1 非蛋白氮含量变化 非蛋白氮主要包括多肽氮、氨基酸态氮、挥发性盐基氮、核酸氮等,火腿非蛋白氮主要包括多肽氮和氨基酸态氮,大约占非蛋白氮的 70%~80%^[18]。

从表 1 可以看出,宣恩火腿在加工过程中总氮在经过腌制期时含量显著下降($P < 0.05$),随后保持稳定,腌制期大量的盐分进入导致渗透压升高,细胞破裂,汁液流失,导致少量蛋白质损失。非蛋白氮含量在整个加工过程中持续上升,从原料腿中的

表1 宣恩火腿不同阶段非蛋白氮含量及水解指数变化(干基,mg/100 g)

Table 1 Changes of non-protein nitrogen content and hydrolysis index in different stages of Xuanen ham(DW,mg/100 g)

指标	原料腿	腌制期	发酵初期	发酵中期	成品
非蛋白氮	685.9 ± 25.7 ^e	791.1 ± 18.6 ^d	1025.7 ± 35.4 ^c	1308.7 ± 27.2 ^b	1724.3 ± 29.6 ^a
总氮	7396.5 ± 116 ^a	6879.1 ± 182 ^b	6977.8 ± 287 ^b	7027.4 ± 124 ^b	6795.6 ± 205 ^b
蛋白质水解指数	9.27%	11.5%	14.7%	18.6%	25.3%

注:同行不同字母之间表示差异显著($P < 0.05$);表2~表5同。

表2 宣恩火腿不同阶段各非蛋白氮含量变化(干基,mg/100 g)

Table 2 Changes of each non-protein nitrogen content in different stages of Xuanen ham(DW,mg/100 g)

指标	原料腿	腌制期	发酵初期	发酵中期	成品
多肽氮	91.6 ± 18.0 ^d	116.7 ± 21.8 ^d	225.2 ± 23.7 ^c	358.5 ± 37.9 ^b	652.0 ± 18.8 ^a
氨基酸态氮	378.6 ± 19.2 ^e	468.1 ± 28.7 ^c	710.2 ± 26.9 ^b	827.0 ± 35.7 ^a	795.9 ± 20.2 ^{ab}
挥发性盐基氮	7.71 ± 0.60 ^c	16.6 ± 1.27 ^d	73.4 ± 3.32 ^a	64.0 ± 0.78 ^b	56.2 ± 3.61 ^c

685.9 mg/100 g增加到成品的 1724.3 mg/100 g,其含量的增加主要来源于蛋白的降解。从蛋白质水解指数可以看出,发酵阶段蛋白质水解指数上升幅度较快,表明此阶段蛋白质分解速度较快。Careri 等报道,品质好的意大利干腌火腿蛋白质水解指数在 22%~30% 之间,蛋白质水解指数小于 20% 时火腿缺乏应有的风味,而大于 30% 时火腿质地变软,有明显的金属味和苦味^[19]。成品腿蛋白质水解指数为 25.3%,比较适中,表明宣恩火腿生产过程中对蛋白质的水解程度控制较好。

综合分析,宣恩火腿非蛋白氮含量随着加工的进行持续上升,表明蛋白质的水解伴随整个加工过程,在发酵期尤其是发酵末期这种水解反应更为剧烈。

2.1.2 非蛋白氮组成变化 从表2可以看出,宣恩火腿在腌制期前多肽氮含量无显著性变化($P > 0.05$),腌制期结束后多肽氮含量呈快速上升,尤其是在发酵中期以后,多肽氮含量快速升高,发酵中期多肽氮含量是发酵初期的 1.6 倍,成品中多肽氮含量是发酵中期的 1.8 倍。宣恩火腿生产过程中经过盐腌后肌内食盐含量迅速上升,此时内源酶中的肽酶活性受到抑制,因而前期多肽氮含量变化不明显,但随着发酵的深入,内源酶逐渐适应了这种高盐环境,酶活逐渐复苏,蛋白质逐渐开始水解,更为重要的是在发酵中期火腿表面滋生大量微生物,这些微生物分泌的包括肽酶在内的外源酶开始起作用,使得蛋白质的水解加速。在此过程中,更高分子量的肌原纤维蛋白降解产生的肽是多肽氮含量上升的主要原因^[20]。

宣恩火腿中氨基酸态氮含量在发酵中期之前其含量不断升高,随后略有下降,这也正好与火腿风味物质主要在发酵后期产生相一致。蛋白质和肽在组织蛋白酶的作用下降解成游离氨基酸,导致火腿中氨基酸态氮含量的升高,但氨基酸又会通过斯托克斯降解和麦拉德反应等进一步生成一些挥发性的风

味化合物,其含量又会缓慢下降^[21]。

挥发性盐基氮可用于反映诸如火腿等腌腊肉制品中蛋白质的变化,来探索火腿风味、安全性等。研究表明,当火腿中挥发性盐基氮含量在 25~71 mg/100 g 时,火腿中能产生特有的香气^[22]。原料腿中挥发性盐基氮含量较低,仅为 7.71 mg/100 g,腌制期上升至 16.6 mg/100 g。进入发酵阶段后挥发性盐基氮含量迅速上升至峰值,达到 73.4 mg/100 g,随后下降。挥发性盐基氮的变化是一个动态过程,蛋白质不断分解产成但同时又不断挥发散失,前期火腿水分含量较高,适合腐败微生物的生长,挥发性盐基氮含量迅速增加,发酵后期,随着火腿中的含水量逐渐减少,腐败微生物的作用受到抑制,挥发性盐基氮生成速度减缓,所以到了后期火腿中挥发性盐基氮含量呈缓慢下降趋势。

综合分析,多肽氮在整个加工周期内持续上升,发酵末期上升幅度更大,这与肌原纤维蛋白水解有关。氨基酸态氮在发酵中前期由于蛋白质和肽的水解而快速升高,末期略有下降,主要原因是部分氨基酸进一步反应损失了。挥发性盐基氮含量变化规律跟氨基酸态氮一致,主要原因是发酵初期腐败菌滋生导致蛋白质降解成胺等,随后火腿水分含量逐渐减少其活性受到抑制,挥发性盐基氮含量逐步下降。

蛋白质降解形成的这些非蛋白氮对肌肉 pH 产生一定影响,不同阶段宣恩火腿肌肉 pH 测定结果如表3所示。

从表3可以看出,宣恩火腿在加工过程中 pH 整体呈显著上升趋势($P < 0.05$),主要原因是蛋白质分解产生了氨、胺以及碱性氨基酸等碱性物质所致,这与金华火腿^[23]中 pH 变化规律一致,pH 的变化也从侧面反映了蛋白质的降解。

2.1.3 游离氨基酸组成变化 从表4可以看出,宣恩火腿游离氨基酸总量随着加工的不断深入逐渐升高,从原料腿中的 976.9 mg/100 g 增加到成品的

表3 宣恩火腿不同阶段肌肉 pH 变化

Table 3 Changes of pH in different stages of Xuanen ham

原料腿	腌制期	发酵初期	发酵中期	成品
5.91 ± 0.02 ^e	6.14 ± 0.01 ^d	6.25 ± 0.04 ^c	6.43 ± 0.04 ^b	6.75 ± 0.01 ^a

表4 宣恩火腿不同阶段游离氨基酸组成变化(干基, mg/100 g)

Table 4 Changes of free amino acid composition in different stages of Xuanen ham (DW, mg/100 g)

氨基酸种类	原料腿	腌制期	发酵初期	发酵中期	成品
天冬氨酸	21.5 ± 1.7 ^c	31.4 ± 0.7 ^c	178.8 ± 7.7 ^b	312.6 ± 18.3 ^a	331.5 ± 14.8 ^a
苏氨酸	42.9 ± 1.9 ^d	51.7 ± 1.9 ^d	142.6 ± 8.6 ^c	195.8 ± 10.1 ^b	262.3 ± 4.8 ^a
丝氨酸	58.4 ± 2.1 ^d	62.9 ± 1.9 ^d	117.2 ± 7.1 ^c	185.7 ± 13.4 ^b	237.7 ± 17.5 ^a
谷氨酸	24.7 ± 1.2 ^e	54.1 ± 2.9 ^d	234.7 ± 16.6 ^c	423.9 ± 18.0 ^b	756.3 ± 32.5 ^a
甘氨酸	88.9 ± 5.6 ^e	115.3 ± 1.1 ^d	152.3 ± 6.6 ^c	232.7 ± 16.9 ^b	341.3 ± 22.5 ^a
丙氨酸	117.5 ± 6.1 ^d	158.0 ± 9.2 ^c	218.3 ± 13.6 ^b	245.3 ± 20.0 ^b	310.2 ± 20.5 ^a
缬氨酸	58.9 ± 1.5 ^e	85.4 ± 2.2 ^d	196.7 ± 17.4 ^c	275.3 ± 13.0 ^a	232.8 ± 18.7 ^b
甲硫氨酸	8.7 ± 0.6 ^d	17.3 ± 1.6 ^d	47.6 ± 4.8 ^c	66.2 ± 7.9 ^b	86.3 ± 6.0 ^a
异亮氨酸	14.3 ± 0.9 ^e	57.6 ± 1.7 ^d	117.5 ± 10.9 ^c	302.5 ± 27.2 ^a	260.9 ± 7.6 ^b
亮氨酸	145.0 ± 5.7 ^d	214.5 ± 16.6 ^c	327.9 ± 16.1 ^b	426.6 ± 33.0 ^a	345.6 ± 25.0 ^b
酪氨酸	24.7 ± 1.5 ^e	58.9 ± 1.7 ^d	142.7 ± 9.6 ^c	167.9 ± 13.6 ^b	195.5 ± 6.0 ^a
苯丙氨酸	38.5 ± 0.8 ^e	68.3 ± 3.8 ^d	154.1 ± 14.7 ^c	192.1 ± 7.5 ^b	236.5 ± 19.1 ^a
组氨酸	57.1 ± 0.8 ^e	108.4 ± 3.6 ^d	185.8 ± 11.3 ^c	278.9 ± 18.5 ^a	221.5 ± 16.5 ^b
赖氨酸	128.6 ± 10.3 ^c	141.5 ± 12.5 ^c	357.8 ± 39.9 ^b	446.6 ± 26.8 ^a	454.9 ± 37.6 ^a
精氨酸	89.4 ± 2.1 ^e	158.6 ± 7.8 ^d	258.0 ± 24.5 ^c	354.2 ± 20.6 ^b	398.3 ± 33.5 ^a
脯氨酸	57.8 ± 1.7 ^d	127.6 ± 3.1 ^c	154.3 ± 12.5 ^b	170.1 ± 10.2 ^a	182.1 ± 8.4 ^a
总量	976.9	1511.5	2986.3	4276.4	4853.7
呈味氨基酸	315.8	486.0	1080.9	1574.5	2171.3

4853.7 mg/100 g, 增长了 4.9 倍, 游离氨基酸含量在发酵期涨幅更快, 表明此阶段是蛋白质降解的高峰期。呈味氨基酸含量也是随着加工的进行逐渐升高, 从原料腿到成品增长了 5.9 倍, 尤其是谷氨酸含量增长了 29.6 倍, 由于成品火腿肌肉 pH 为 6.75, 正好能够使谷氨酸以谷氨酸钠形式存在, 使得火腿能够呈现较强的鲜味。在发酵前期氨基酸含量快速上升, 到了发酵末期氨基酸含量上升幅度已经变缓, 主要原因是缬氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、组氨酸等氨基酸含量出现了下降, 形成这种下降的主要原因是这些氨基酸经斯托克斯降解反应生成了吡嗪、醛、酮、醇、含硫化合物等挥发性风味成分, 这些物质是火腿特有风味的重要来源之一^[24]。

综合分析, 火腿游离氨基酸含量在发酵期上升较快, 表明蛋白质的降解阶段主要发生在发酵期。鲜味氨基酸在发酵末期快速上升, 一方面是谷氨酸等呈味氨基酸含量大幅增加, 二是部分氨基酸降解形成新的风味物质。

2.2 宣恩火腿加工过程中蛋白氮变化

2.2.1 蛋白质组成变化分析 对宣恩火腿各蛋白分级并测定了其含量, 从表 5 可以看出, 肌原纤维蛋白和肌浆蛋白在整个加工阶段都呈下降趋势, 且肌浆蛋白下降幅度更大, 表明这两类蛋白质的降解伴随着整个火腿的加工周期。而肉基质蛋白含量在发酵

初期结束时有一个较大幅度上升, 随后基本稳定。火腿中肌原纤维蛋白和肌浆蛋白含量的减少主要有两方面的原因: 一是由于热作用导致这两部分蛋白变性, 改变了其溶解性而转变成基质蛋白, 基质蛋白在发酵初期显著升高可以证实这一点。因为腌制结束后是烘腿工序, 在此期间肌原纤维蛋白和肌浆蛋白热变性转为不溶的肉基质蛋白。二是肌原纤维蛋白和肌浆蛋白发生了降解, 形成了多肽和氨基酸等, 这一点从非蛋白氮含量的逐步升高可以得到证实。各蛋白质的含量变化也与后续蛋白质电泳结果基本吻合。本研究结果与汪玉霞^[11]研究的金华火腿、孙为正^[25]研究的广式腊肠中蛋白质降解规律基本一致。

综合分析, 宣恩火腿中肌浆蛋白和肌原纤维蛋白均由于降解而含量下降, 特别是在发酵期内降幅更大, 肌浆蛋白降解比肌原纤维蛋白更彻底。肉基质蛋白含量在发酵初期由于蛋白质的热变性而升高, 随后保持稳定。

2.2.2 蛋白质电泳分析 由图 2A 可知, 肌浆蛋白从发酵初期便开始发生降解, 尤其是一些低分子量的组分降解更为明显。分子量在 14.4~20.1 kDa 之间的蛋白片段发生降解, 可能是肌红蛋白随着血水的渗出而损失或肌红蛋白发生降解^[11]。肌浆蛋白包括很多酶类, 火腿在加工过程中受到了一些盐、热、酸的

表5 宣恩火腿不同阶段各蛋白质含量变化(干基, g/100 g)

Table 5 Changes of each protein in different stages of Xuanen ham (DW, mg/100 g)

指标	原料腿	腌制期	发酵初期	发酵中期	成品
肌浆蛋白	17.2 ± 1.97 ^a	13.7 ± 1.72 ^b	9.53 ± 1.10 ^c	6.33 ± 0.60 ^d	2.34 ± 0.33 ^e
肌原纤维蛋白	9.11 ± 0.49 ^a	7.28 ± 0.55 ^b	6.72 ± 0.25 ^b	5.97 ± 0.29 ^c	5.01 ± 0.91 ^d
肉基质蛋白	13.2 ± 0.64 ^b	14.1 ± 1.34 ^b	20.5 ± 0.64 ^a	21.3 ± 1.00 ^a	21.5 ± 1.48 ^a

影响,导致其变性,一些蛋白质条带逐渐变浅,例如 29、67、90 kDa 等条带。同时也有一些条带加深,比如 43 kDa 的蛋白质条带,可能是更高分子量的肌原纤维蛋白降解的结果。从电泳图中可以看出肌浆蛋白主要在发酵初期大量降解,加工后期变化不大。

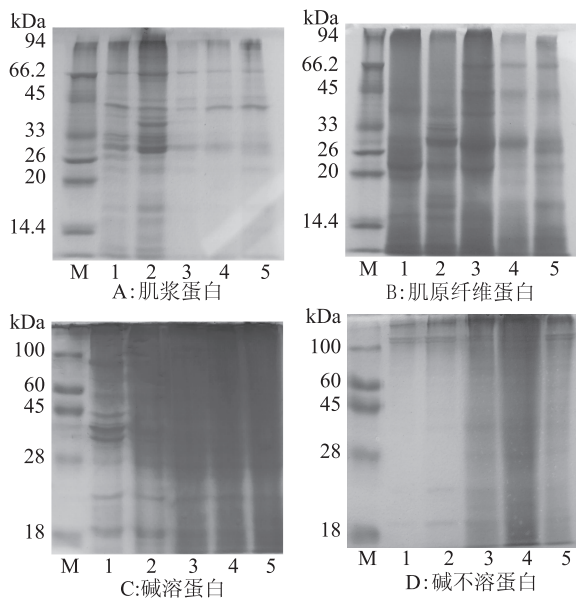


图2 宣恩火腿各组分蛋白质电泳图

Fig.2 Electropherogram of various protein of Xuanen ham

注:M-Marker,1-原料腿,2-腌制期,3-发酵初期,4-发酵中期,5-成品。

由图2B可知,肌原纤维蛋白在发酵中期开始明显降解。肌原纤维蛋白由肌动蛋白、肌球蛋白和肌球蛋白等组成,对肉制品的凝胶特性有重要影响^[26]。由图2B可以看出,在发酵中期逐渐生成了一些蛋白质条带例如 45~94 kDa 之间的蛋白质片段,轻酶解肌球蛋白(17 kDa)在加工过程中逐步降解,到了发酵末期几乎完全消失。

由图2C可知,碱溶蛋白条带在发酵初期开始逐渐变深,这与其含量在这一加工阶段开始升高是一致的。从碱溶蛋白条带与肌浆蛋白和肌原纤维蛋白条带对比分析可以看出,碱溶蛋白含量的升高主要是肌浆蛋白和肌原纤维蛋白转化而来。

由图2D可知,碱不溶蛋白的条带变化不明显,这是因为碱不溶蛋白主要包括胶原蛋白、粘性蛋白和网状蛋白等大分子蛋白质,这些蛋白质性质比较稳定,在宣恩火腿加工过程中基本不会发生太大变化。

综合分析,肌浆蛋白、肌原纤维蛋白和碱溶蛋白在整个加工周期内都发生了变化,而碱不溶蛋白基本保持稳定。肌浆蛋白在发酵初期就已经开始降解,小分子片段基本消失;肌原纤维蛋白在发酵中期开始大量降解,降解形成了一些大分子片段,可能是一些多肽;碱溶蛋白在发酵其内浓度迅速上升,结构并无太大变化;碱不溶蛋白保持稳定。

3 结论

本文主要研究了宣恩火腿在加工过程中五个阶段蛋白质的变化情况,研究结果表明:宣恩火腿中非蛋白氮含量随着加工的进行持续上升,从原料腿中

的 685.9 mg/100 g 增加到成品的 1724.3 mg/100 g,非蛋白氮的增加主要来源于蛋白质的水解,在发酵期尤其是发酵末期这种水解反应表现得更为剧烈。非蛋白氮中的多肽氮在整个加工周期内持续上升,发酵末期上升幅度更大,氨基酸态氮含量在发酵中前期快速升高,末期略有下降,挥发性盐基氮含量变化规律跟氨基酸态氮一致。呈味氨基酸含量在整个加工过程中上升明显,从 315.8 mg/100 g 增加到 2171.3 mg/100 g,其中鲜味较强的谷氨酸含量增加了 29.6 倍。呈味氨基酸在发酵期呈快速上升趋势,表明此阶段是火腿风味形成关键期。宣恩火腿各蛋白质中,肌浆蛋白和肌原纤维蛋白均由于降解而含量下降,特别是在发酵中后期降幅更大,肌浆蛋白比肌原纤维蛋白降解更彻底。肉基质蛋白含量在发酵初期由于蛋白质的热变性而升高,随后保持稳定。总而言之,蛋白质的水解伴随着整个宣恩火腿的加工过程,尤其是在发酵中后期,这种水解程度更为明显,为火腿特有风味的形成产生重要作用。

参考文献

- [1] 崔莹莹,何乐,王海滨,等.湖北宣恩火腿基本成分分析[J].肉类研究,2015(5):6-9.
- [2] 崔莹莹.脂质水解和氧化对湖北传统发酵火腿风味形成的影响[D].武汉:武汉轻工大学,2016.
- [3] 陆瑞琪,邝延军,孙敬,等.金华火腿现代化生产过程中脂质及内源酶的变化特点[J].食品与机械,2008(3):17-20,47.
- [4] 戴照琪,赵见营,罗辑,等.复合精油涂层对干腌火腿挥发性风味品质的影响研究[J].食品工业科技,2018,39(3):243-249,258.
- [5] 宋雪,高韶婷,杭梦茜,等.基于电子鼻的金华和宣威火腿产地鉴别与品质评定[J].食品与机械,2015,31(2):114-118.
- [6] 周芳伊,张泓,黄峰,等.肉制品风味物质研究与分析进展[J].肉类研究,2015,29(7):34-37.
- [7] 欧全文,王卫,张荃,等.肉类风味的研究进展[J].食品科学,2012,37(12):107-110.
- [8] Lund M N,Heinonen M,Baron C P,et al.Protein oxidation in muscle food: A review [J]. Molecular Nutrition and Food Research,2011,55(1):83-95.
- [9] Carolina P,Francesco S,Martin S,et al.The effect of ripening time on the chemical, textural, volatile and sensorial traits of Biceps femoris and Semimembranosus muscles of the Slovenian dry-cured ham Krakiprut[J].Meat Science,2015,100:58-68.
- [10] 竺尚武,杨耀寰.金华火腿口味及呈味物质的研究[J].食品科学,1993,14(3):8-11.
- [11] 汪玉霞.金华火腿加工过程中蛋白质降解规律的研究[D].北京:中国农业大学,2005.
- [12] 耿翠竹,王海滨,崔莹莹,等.蛋白质降解对猪肉制品品质影响的研究进展[J].肉类研究,2016,30(2):35-39.
- [13] 周洋,刘妹韵,谷大海,等.宣威火腿加工过程中的蛋白质降解规律[J].现代食品科技,2018,34(8):57-63,74.
- [14] 马志方.低钠传统金华火腿加工过程中脂质和蛋白质水解及氧化的研究[D].南京:南京农业大学,2016.

(下转第 53 页)

Physicochemical characterization of lemongrass essential oil – alginate nanoemulsions; Effect of ultrasound processing parameters [J]. Food and Bioprocess Technology, 2013, 6(9): 2439–2446.

[13] Kfoury M, Auezova L, Greige – Geroges H, et al. Promising applications of cyclodextrins in food: Improvement of essential oils retention, controlled release and antiradical activity [J]. Carbohydrate Polymers, 2015, 131: 264–272.

[14] Vishwakarma G S, Gautam N, Babu J N, et al. Polymeric encapsulates of essential oils and their constituents: A review of preparation techniques, characterization, and sustainable release mechanisms [J]. Polymer Reviews, 2016, 56(4): 668–701.

[15] Martins E, Renard D, Davy J, et al. Oil core microcapsules by inverse gelation technique [J]. Journal of Microencapsulation, 2015, 32(1): 86–95.

[16] Martins E, Poncelet D, Rodrigues R C, et al. Oil encapsulation in core–shell alginate capsules by inverse gelation II: Comparison between dripping techniques using W/O or O/W emulsions [J]. Journal of Microencapsulation, 2017, 34(6): 522–534.

[17] Mokhtari S, Jafari S M, Assadpour E. Development of a nutraceutical nano – delivery system through emulsification/ internal gelation of alginate [J]. Food Chemistry, 2017, 229: 286–295.

[18] 刘欣, 郭星尧, 韩亚, 刘淑萍. 海藻酸钠为囊材锐孔法制备铁叶绿酸钠微囊 [J]. 现代食品科技, 2009, 25(9): 1043–1045, 1015.

[19] 赵鑫鹏, 陈京美, 王松, 等. 南极磷虾油微胶囊的制备 [J]. 食品研究与开发, 2016, 37(21): 84–88.

[20] Martins E, Poncelet D, Renard D. A novel method of oil encapsulation in core–shell alginate microcapsules by dispersion–inverse gelation technique [J]. Reactive and Functional Polymers, 2017, 114: 49–57.

[21] Magagna F, Valverde – Som L, Ruiz – Samblas C, et al.

Combined untargeted and targeted fingerprinting with comprehensive two – dimensional chromatography for volatiles and ripening indicators in olive oil [J]. Analytica Chimica Acta, 2016, 936: 245–258.

[22] 罗程印, 程远渡, 易有金, 等. 植物甾醇酯和葛根素复合微胶囊的制备工艺优化 [J]. 食品科学, 2016, 37(6): 26–33.

[23] Evandro Martins, Denis Poncelet, Denis Renard. A novel method of oil encapsulation in core–shell alginate microcapsules by dispersion – inverse gelation technique [J]. Reactive and Functional Polymers, 2017, 114: 49–57.

[24] 宋旺弟, 刘盼盼, 陈文. 分子蒸馏纯化薰衣草精油主要成分的 HS–SPME–GC 分析 [J]. 食品工业科技, 2018, 39(2): 196–201, 206.

[25] Rai V K, Mishra N, Yadav K S, et al. Nanoemulsion as pharmaceutical carrier for dermal and transdermal drug delivery: Formulation development, stability issues, basic considerations and applications [J]. Journal of Controlled Release, 2018, 270: 203–225.

[26] Benjamin O, Silcock P, Leus M, et al. Multilayer emulsions as delivery systems for controlled release of volatile compounds using pH and salt triggers [J]. Food Hydrocolloids. 2012, 27(1): 109–118.

[27] 石燕, 李翠, 郑为完, 等. 淀粉酯的物化特性及对月见草油微胶囊品质的影响 [J]. 食品与发酵工业, 2017, 43(1): 55–59.

[28] Azarakhsh N, Osman A, Ghazali H M, et al. Lemongrass essential oil incorporated into alginate–based edible coating for shelf–life extension and quality retention of fresh–cut pineapple [J]. Postharvest Biology and Technology, 2014, 88: 1–7.

[29] Carvalho I T, Estevinho B N, Santos L. Application of microencapsulated essential oils in cosmetic and personal healthcare products – a review [J]. International Journal of Cosmetic Science, 2016, 38(2): 109–119.

(上接第 46 页)

[15] 余红英, 余瑞明. 宣恩火腿的加工工艺 [J]. 食品研究与开发, 1997, 18(3): 28–29.

[16] 胡亚亚, 邢路娟, 周光宏, 等. 不同提取方法对金华火腿粗肽液抗氧化活性的影响 [J]. 食品工业科技, 2015, 36(14): 115–118, 122.

[17] 方细娟. 罗非鱼鱼肉蛋白多肽及其锌配合物的制备与生物活性 [D]. 广州: 广州大学, 2012.

[18] 张亚军. 金华火腿蛋白降解与其品质的关系 [D]. 杭州: 浙江大学, 2004.

[19] Careri M, Mangia A, Barbieri G, et al. Sensory property relationships to chemical date of Italian type dry–cured ham [J]. Journal of Food Science, 1998, 58(5): 968–972.

[20] 惠腾, 戴瑞彤, 彭增起, 等. 重组干腌火腿加工过程中脂质与蛋白质的氧化 [J]. 肉类研究, 2017, 31(9): 7–13, 102.

[21] Mottram D.S. Flavour formation in meat and meat products: A

review [J]. Food Chemistry, 2008, 62(4): 415–424.

[22] Couro Gmaborti C, Gandemer G. Lipolysis and oxidation in subcutaneous adipose tissue during dry – cured ham processing [J]. Food Chemistry, 2009, 64: 95–101.

[23] 马志方, 张雅玮, 惠腾, 等. 低钠传统金华火腿加工过程中理化特性的变化 [J]. 食品工业科技, 2016, 37(14): 118–123, 127.

[24] Toldra F. Proteolysis and lipolysis in flavour development of dry–cured meat products [J]. Meat Science, 1998(49): 101–110.

[25] 孙为正. 广式腊肠加工过程中脂质水解, 蛋白质降解及风味成分变化研究 [D]. 广州: 华南理工大学, 2011.

[26] Liu W, Stevenson C D, Lanier T C. Rapid heating of Alaska pollock and chicken breast myofibrillar proteins as affecting gel rheological properties [J]. Journal of Food Science, 2013, 78(7): 971–977.