

温度对真空干燥海鳗的鲜度和滋味影响

邹磊, 万金庆, 钟耀广, 姚志勇, 李佳, 赵彦峰, 厉建国, 高先楚

(上海海洋大学食品学院, 上海 201306)

摘要: 实验以海鳗鱼片为对象, 研究了不同温度对真空干燥海鳗鲜度和滋味的影响。实验设置了5种干燥温度, 分别为: 14℃(方式I)、8℃(方式II)、3℃(方式III)、冰温(方式IV)和-3℃微冻(方式V)。结果表明, 在5种真空干燥温度下, 干燥速率随温度下降而逐渐降低, 含水率则逐渐升高, 鲜度指标K值在-3℃真空干燥下最小为1.05%接近新鲜样品, 肌苷酸(IMP)含量在冰温真空干燥下最高为1.30 mg/g, 优于其它干燥温度, 其中在-3℃时仅有0.46 mg/g, 对游离氨基酸和主要呈味游离氨基酸而言, 冰温真空干燥也优于其它温度的真空干燥, 增加量分别为22.61%和22.59%。因此, 对于5种温度来说, -3℃真空干燥新鲜度最好, 但滋味物质含量较低, 而冰温真空干燥在获得较好鲜度的同时, 滋味物质肌苷酸和游离氨基酸含量也处于较高水平。

关键词: 温度; 真空干燥; 冰温; K值; IMP; 游离氨基

文章编号: 1673-9078(2014)8-206-211

Effect of Temperature on the Freshness and Taste of *Muraenesox cinereus* during Vacuum Drying

ZOU Lei, WAN Jin-qing, ZHONG Yao-guang, YAO Zhi-yong, LI Jia, ZHAO Yan-feng, LI Jian-guo, GAO Xian-chu

(College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: The effect of temperature on the freshness and taste of *Muraenesox cinereus* during vacuum drying were studied. Five different drying temperatures were tested: 14 °C (mode I), 8 °C (mode II), 3 °C (mode III), ice-temperature (mode IV), and -3 °C (mode V). The results showed that the drying rate declined gradually as the vacuum drying temperature decreased, while the moisture content gradually increased. The minimum K value (freshness quality index) in the fillet dried at -3 °C during vacuum drying was 1.05%, which was very close to that of the fresh sample. The highest content of inosine monophosphate (IMP) (130 mg/100 g) was detected in the fillet vacuum-dried at ice-temperature, which was higher than that detected at other temperatures. For the filets vacuum-dried at -3 °C, the IMP content was low, at 46 mg/100 g. In terms of free amino acid and main flavor-free amino acid, the increments for the K values of the filets dried at ice-temperature during vacuum drying were 22.61%, 22.59%, respectively, which were better than other conditions. In summary, for the five tested vacuum-drying temperatures, the freshness of the filets vacuum-dried at -3 °C was the best, with a lower content of flavor compounds. In contrast, vacuum drying at ice-temperature produced samples of excellent-grade freshness and a relatively high content of flavor compounds, IMP, and free amino acids.

Key words: temperature; vacuum drying; ice-temperature; K value; inosine monophosphate; free amino acid

鳗鱼 (*Muraenesox cinereus*), 俗称门鳙、狼牙、钩鱼等, 肉质细滑、味道鲜美、营养丰富, 富含多种不饱和脂肪酸。历来被称为优质食用鱼类, 具有十分重要的经济价值。除鲜销外, 海鳗常被制成风味独特的鳗鲞, 有“新风鳗鲞味胜鸡”之美誉, 产品深受消

收稿日期: 2014-03-13

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(31171764); 国家 863 计划(2012AA092301); 上海高校一流学科建设项目资助(学科名: 食品科学与工程)

作者简介: 邹磊(1988-), 男, 在读硕士生, 研究方向: 水产品保鲜

通讯作者: 万金庆(1964-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 食品保鲜

费者喜爱^[1]。但是海鳗本身蛋白质、脂肪、水分含量较高, 适宜微生物的生长繁殖, 极易造成腐败变质, 贮藏期较短, 因此需要对海鳗进行加工以延长其货架期。干燥是食品保藏的重要手段之一, 在食品生产加工过程中被广泛应用。由于干制品水分含量较低, 减缓了微生物的生长繁殖, 降低了干制品内部生化反应的速率, 使得食品的货架期得到延长, 同时干制品在包装、运输和储藏过程中更为简便, 成本更低^[2]。然而, 不同的干燥方式对食品的品质有很大影响。热风干燥成本较低, 但干燥后食品色泽、风味及复水性较差, 维生素等热敏性营养成分或活性成分的损失大,

造成品质下降等^[3]。真空冷冻干燥能克服热风干燥的缺点,获得高质量的干燥制品,但设备昂贵,效率低,耗能大,成本高^[4]。真空干燥被称为绿色干燥,抽真空能降低水的沸点使产品保持低温,并能产生压力梯度提高干燥速率,保留了原料的营养成分和风味,提高了制品品质,又可以达到节能的目的^[5]。低温真空干燥指的是在一定真空度的密闭容器内低温加热物料,通过压力差或浓度差使物料内部的水扩散到表面,被真空泵抽走的干燥方法。既保留了真空干燥干燥速度快,产品的膨化性能和复水性好的特点,同时由于温度低避免了热力损伤,减少营养物质的流失,消除常压干燥产生的物料表面硬化现象^[4]。冰温指的是零度以下冰点以上的温度区域,在此区域贮藏食品能保持其原有风味,提高新鲜度和口感,从细胞角度来看,冰温带内生物细胞仍处于活体状态,影响着食品的品质^[6]。因此,本实验以海鳗为实验原料,就冰温真空干燥与其它不同温度低温真空干燥进行了对比研究,通过检测鱼片干燥速率、鲜度指标K值和游离氨基酸的变化情况,分析了不同干燥温度对海鳗鱼片鲜度和滋味的影响,为海鳗真空干燥技术的发展提供理论支持。

1 材料和方法

1.1 实验材料

海鳗,2013年10月份购于上海市铜川路水产品贸易市场,体重1500~1600 g/尾。购买后迅速充氧运回实验室,置于保活箱中蓄养1~2 h,避免其挣扎,然后将海鳗敲击致死,取脊背肉剔除红肉和脂肪,片成厚度约为5 mm的鱼片,装盘放入干燥箱。

1.2 试剂与设备

1.2.1 实验试剂

三磷酸腺苷(ATP)、二磷酸腺苷(ADP)、肌苷酸(IMP)、次黄嘌呤(Hx),Sigma公司;一磷酸腺苷(AMP),日本TCI公司;肌苷(HxR),德国Dr. Ehrenstorfer公司;磷酸氢二钾、磷酸二氢钾、甲醇,上海安谱科学仪器公司,色谱纯;超纯水、高氯酸(PCA)、氢氧化钾、氢氧化钠、磷酸、三氯乙酸,国药集团化学试剂有限公司,分析纯。

1.2.2 实验设备

LC-2010CHT高效液相色谱仪、AUW320电子天平,日本岛津公司;L-8800氨基酸全自动分析仪,HITACHI公司;H2050R冷冻离心机,长沙湘仪有限公司;GM-0.33A隔膜真空泵及溶剂过滤器,天津市津腾

实验设备有限公司;Agilent-34972A温度采集仪,安捷伦公司;IMS-50全自动雪花制冰机,常熟雪科有限公司;SB25-12DT超声机,宁波新芝生物科技;FA25均质机Fluko公司;PHS-3C型pH计。

图1为自行研制的真空干燥装置。主要由真空系统、制冷系统、加热系统、计算机采集和控制系统、冷阱及真空箱组成,真空箱放置于冷库内,其他装置在冷库外。真空系统主要由真空泵、压力传感器以及管道组成,能使真空箱维持在所需的真空度下。制冷系统为冷阱提供冷量,将冷阱维持在-15℃以下。加热系统通过电加热板向物料提供热量。计算机采集及控制系统主要用于采集和控制被干物料的温度。

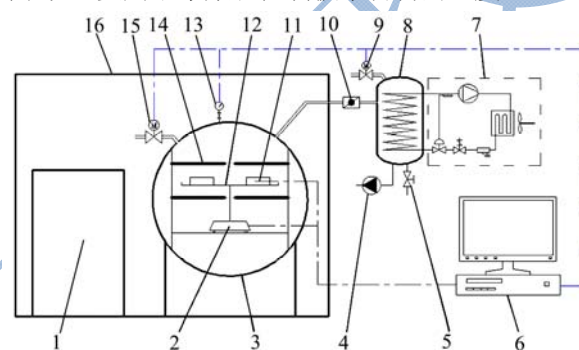


图1 真空干燥装置示意图

Fig.1 Schematic diagram of vacuum drying devices

注:1.冷库门,2.电子天平,3.真空箱,4.真空泵,5.排水阀,6.计算机采集及控制系统,7.制冷系统,8.冷阱,9.渗气阀I,10.蝶阀,11.温度传感器,12.钢丝网物料托盘,13.压力传感器,14.电加热板,15.渗气阀II,16.冷库。

1.3 实验方法

1.3.1 冰点测定

将海鳗沿脊椎剖为两片,把热电偶插入鱼体表下约0.5 cm处,置于-20℃的冻藏室,利用温度采集仪记录鱼体温度,采集间隔为10 s,实验结束后绘制冻结曲线并得出海鳗冰点。

1.3.2 不同干燥方式设定

实验设置了5种不同的真空干燥温度:14℃(方式I)、8℃(方式II)、3℃(方式III)、冰温(方式IV)和-3℃微冻(方式V),温度波动为±0.5℃。真空箱压力:1400 Pa~1500 Pa,干燥时间:22 h。实验通过控制渗气方式(渗气阀I或渗气阀II渗气)、电加热板温度和冷库温度来控制海鳗的温度。

1.3.3 ATP及其关联化合物测定

参考Yokoyama^[7]的方法,略有改动。ATP关联物的提取:样品切碎后取5 g放入离心管中,加入10 mL 10%的高氯酸(PCA)用均质机匀浆,然后冷冻离心

(10000 r/min, 4 °C, 15 min), 取上清液, 沉淀加5 mL 5% PCA溶解, 再离心后取上清液, 合并两次上清液, 加入15 mL超纯水, 用10 mol/L和1 mol/L的KOH调节pH至6.5, 静置30 min, 取上清液用超纯水定容至50 mL, 摇匀, 用0.45 μm的滤膜过滤后待测。

ATP关联物的高效液相色谱 (HPLC) 检测: 液相色谱柱Inertsil ODS-SP C18 (4.6 mm×250 mm, 5 μm); 保护柱柱芯Inertsil ODS-SP (4 mm×10 mm, 5 μm); 流动相A为pH 6.5的0.05 mol/L磷酸二氢钾和磷酸氢二钾 (1:1) 溶液; 流动相B为甲醇溶液; 等度洗脱; 流速1 mL/min; 柱温28 °C; 进样量10 μL; 检验波长254 nm。

鲜度指标K值的计算公式如下:

$$K/\% = \frac{HxR + Hx}{ATP + ADP + AMP + IMP + HxR + Hx}$$

1.3.4 游离氨基酸的检测

参考邓捷春^[8]的游离氨基酸测定方法, 略有改动。游离氨基酸的提取: 取2 g 鱼肉加入15 mL 15%三氯乙酸, 用匀浆机匀浆2 min, 静置2 h后离心 (10000 r/min, 4 °C, 15 min), 取5 mL 上清液, 用一定量的NaOH溶液调节pH至2.0左右, 定容至10 mL, 用0.45 μm 微孔过滤后待测。分析条件: L-8800 型氨基酸自动分析仪, 样品分析周期53 min。色谱柱(4.6 mm×150 mm, 7 μm); 通道1 流速: 0.4 mL/min, 通道2 流速: 0.35 mL/min; 柱温: 50 °C。流动相: 柠檬酸和柠檬酸钠混合缓冲液 (pH 分别为 3.3、3.2、4.0、4.9) 和浓度为4%茚三酮缓冲液。

2 结果与讨论

2.1 冰点测定

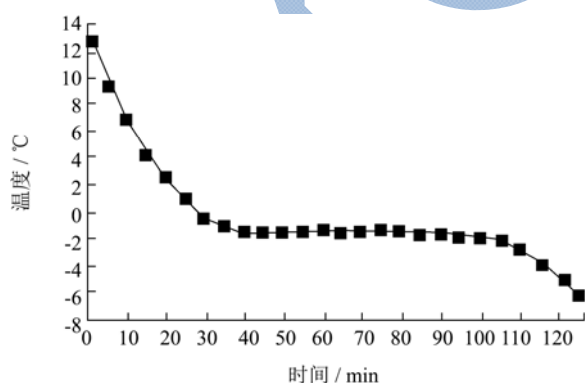


图2 海鳗冻结曲线

Fig.2 Freezing curve of *Muraenesox cinereus*

由图2可知, 海鳗的冻结点在-1.4 °C左右, 因此海鳗的冰温带为-1.4 °C~0 °C。根据测得的海鳗的冰点, 实验在进行冰温真空干燥时严格控制海鳗的温度为-0.7 °C, 上下波动不得超出冰温带。

2.2 真空干燥过程中鱼片温度及含水率变化

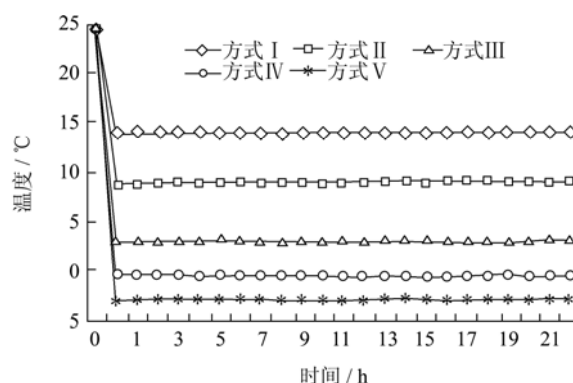


图3 不同温度真空干燥下海鳗温度曲线

Fig.3 Temperature curve of *Muraenesox cinereus* with different vacuum drying temperatures

不同温度真空干燥海鳗鱼片温度的变化如图3所示。新鲜海鳗的含水率为79.05%, 在真空干燥22 h后, 方式I、方式II、方式III、方式IV、方式V海鳗的含水率分别为36.18%、38.43%、42.60%、45.49%和48.89%。表明温度对真空干燥海鳗含水率有较为明显的影响, 干燥温度越高, 干燥速率越快, 干燥结束后鱼片含水率越低。

2.3 鲜度指标 K 值的变化

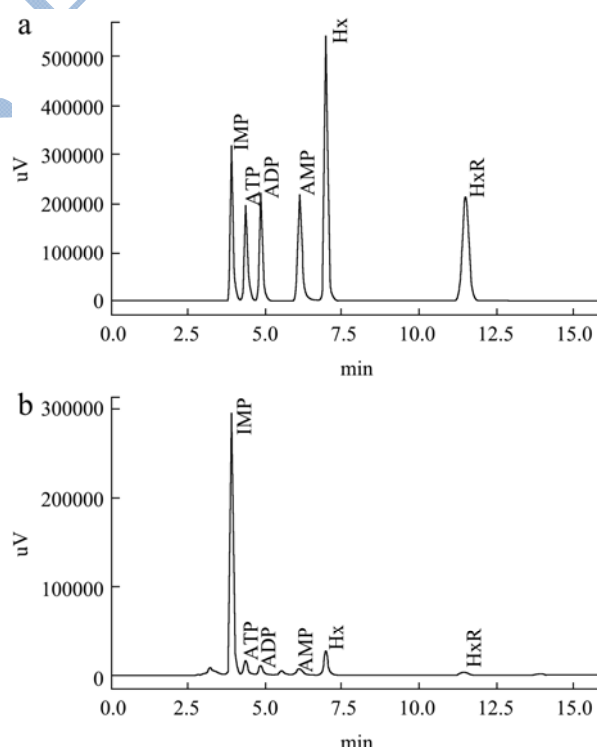


图4 ATP 关联物的 HPLC 图谱

Fig.4 HPLC of ATP-related compounds

注: a: 标准品, b: 样品。

图4 是 ATP 关联物的高效液相色谱图, ATP 及其

降解产物在本色谱条件下 16 min 内就能得到有效的分离, 且重现性好。ATP 关联物与水产原料的新鲜度紧密相关, K 值是反映水产品初期鲜度变化的生化指标。Saito^[9]等人提出用 ATP 及其相关化合物作为评定鱼类鲜度指标以来, K 值已是一种公认的评价鱼早期鲜度的指标^[10-11]。K 值越小表示鲜度越好, K 值越大则鲜度越差。即杀鱼的 K 值一般在 10% 以下, K 值小于 20% 为一级鲜度, 20%~40% 为二级鲜度, 60%~80% 为初级腐败。

5 种不同温度真空干燥对海鳗 K 值的影响如图 5 所示, 新鲜海鳗 K 值约为 0.96%。不难看出真空干燥温度越高, 海鳗 K 值越高, 但 5 种真空干燥温度干燥的海鳗 K 值均小于 10%, 属于一级鲜度。这与真空干燥能将鱼片的温度快速降低, 低温在一定程度上抑制酶活性相关。此外, 真空干燥是一种快速干燥方式, 鱼片中水分含量快速降低, 使得鱼片中的生化反应减慢。方式 V 真空干燥的 K 值为 1.05%, 接近新鲜海鳗 K 值, 可能是抽真空使鱼片温度快速降到 -3 °C, 造成鱼片处于微冻状态, 细胞质流动性减弱, 阻碍酶和物质的接触, 降低了生化反应速率使海鳗 K 值处于较低水平。方式 IV 和方式 III 真空干燥海鳗 K 值约为 2.29% 和 2.36%, 区别不大, 方式 II K 值略大为 2.80%, 从冰温到 8 °C 的温度区间, K 值增加比较缓慢, 当温度增加到 14 °C 时 K 值增加明显为 6.41%。

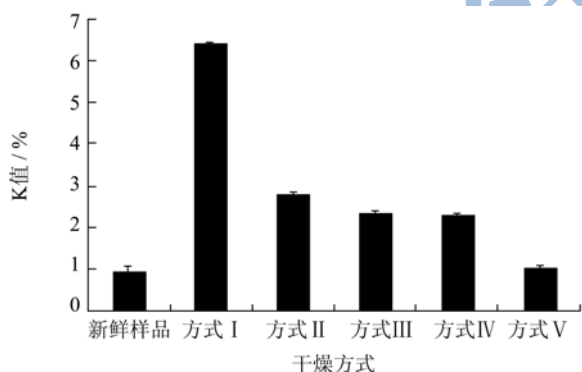


图 5 不同真空干燥温度下海鳗 K 值的影响

Fig.5 Changes of K value in *Muraenesox cinereus* fillets with different vacuum drying temperatures

2.4 核苷酸 ATP、ADP 及 IMP 分析

肌苷酸 (IMP) 是三磷酸腺苷 (ATP) 降解产物之一, 是核苷酸类的呈味物质, 鲜味极强, 与谷氨酸钠有协同作用, 二者混合鲜味可提高数倍至数十倍^[12]。5 种不同温度真空干燥样品中 ATP、IMP 和 ADP 变化如图 6 所示, 方式 V 真空干燥和其他 4 种温度真空干燥明显不同。方式 I、II、III、IV 真空干燥 ATP、IMP 和 ADP 的变化趋势相同, 且变化幅度相差不大。

ATP 由 1.60 mg/g (湿基) 降到 0.14 mg/g (湿基) 左右, ADP 由 0.27 mg/g (湿基) 降到 0.06 mg/g (湿基) 左右。IMP 的增幅略有差异, 方式 IV 真空干燥条件下 IMP 增加最多为 1.30 mg/g (湿基), 方式 III 次之为 1.20 mg/g, 方式 I 和方式 II IMP 增加略少为 1.04 mg/g (湿基) 左右, 而方式 V 只有 0.46 mg/g。方式 V 和其它 4 种温度真空干燥相比, ATP 和 ADP 大部分保留了下来, IMP 增加较少, 从侧面解释了方式 V 的海鳗 K 值与鲜样的接近的原因, 同时印证了细胞出现微冻, 生化反应速率降低, 游离氨基酸增加较少。

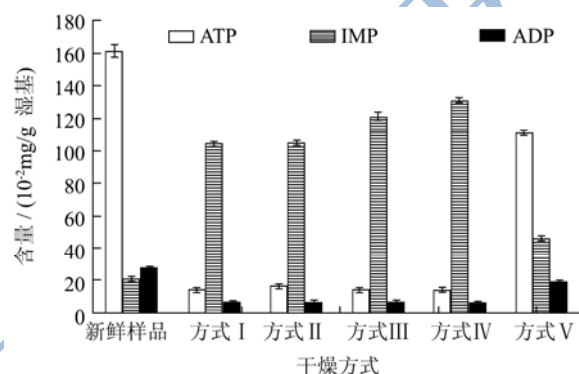


图 6 不同温度真空干燥对海鳗 ATP、ADP 和 IMP 含量的变化

Fig.6 Changes of ATP, ADP and IMP contents in *Muraenesox cinereus* fillets with different vacuum drying temperatures

2.5 游离氨基酸分析

表 1 列出了海鳗 6 种主要的呈味游离氨基酸和游离氨基酸总量的变化情况。就游离氨基酸总量 (TFAA) 而言, 方式 I、II、III、IV 增幅分别为 13.39%、15.20%、18.01% 和 22.61%, 可以看出 4 种温度真空干燥温度越低, 游离氨基酸总量增幅越大, 而方式 V 游离氨基酸总量增幅仅 9.96%。其原因可能与水分蒸发及温度相关, 由于游离氨基酸为水溶性物质, 在干燥过程中水分的蒸发可能导致了游离氨基酸的流失^[13]。同时方式 V 干燥温度为 -3 °C 过低, 鱼片细胞出现结晶, 蛋白质降解及生化反应速率下降^[14], 使得游离氨基酸增加量变少。主要呈味游离氨基酸, 方式 IV 为 22.59%, 高于方式 I、方式 II、方式 III 及方式 V 的 9.47%、11.22%、11.00%、8.41%。因此, 无论呈味游离氨基酸还是游离氨基酸总量, 冰温真空干燥相比于其它温度真空干燥均能获得较多的含量, 使海鳗获得较好的风味和滋味。

甘氨酸、谷氨酸是鲜味物质, 跟肌苷酸有协同增效作用。从表中可以看出甘氨酸 (Gly) 含量高于其它游离氨基酸, 其变化趋势与游离氨基酸总量 (TFAA) 相同, 其中方式 IV 约有 27% 的增加量。而其余游离氨基酸由于含量较少, 以及测量的误差, 其变化规律不明确。

表1 不同温度真空干燥对海鳗游离氨基酸含量的影响

Table 1 Effects of different vacuum drying temperatures on free amino acid of *Muraenesox cinereus* fillets

| 不同温度 | 含量(10 ² mg/g, 湿基) | | | | | | | | |
|------|------------------------------|------------|------------|-------------|------------|------------|-------------|-------------------|-------------|
| | 苏氨酸 Thr | 谷氨酸 Glu | 甘氨酸 Gly | 异亮氨酸 Ile | 亮氨酸 Leu | 精氨酸 Arg | 呈味氨基酸 总量 | 游离氨基酸 总量(TFAA) | |
| 新鲜样品 | I | 9.55±0.80 | 2.59±0.04 | 37.18±2.57 | 3.64±0.19 | 5.84±0.24 | 1.80±0.12 | 60.60±3.87 | 124.10±7.11 |
| | II | 7.59±0.03 | 3.25±0.14 | 22.47±0.77 | 3.82±0.12 | 6.17±0.01 | 1.81±0.22 | 45.11±1.27 | 100.49±2.40 |
| | III | 10.37±0.72 | 7.07±0.54 | 46.27±1.86 | 4.09±0.23 | 7.44±0.16 | 2.64±0.40 | 77.88±2.65 | 135.73±2.17 |
| | IV | 9.56±0.06 | 6.26±0.41 | 49.07±0.82 | 5.19±0.08 | 11.25±0.28 | 2.10±0.07 | 83.43±0.89 | 150.22±1.32 |
| | V | 7.07±0.02 | 1.69±0.14 | 37.38±0.45 | 4.40±0.01 | 6.60±0.79 | 0.99±0.01 | 58.13±0.44 | 114.83±0.14 |
| 干燥结束 | I | 10.18±0.04 | 3.95±0.46 | 40.65±0.21 | 3.58±0.01 | 6.09±0.21 | 1.88±0.02 | 66.34±0.90 | 140.72±0.74 |
| | II | 7.73±0.58 | 3.67±0.08 | 25.40±2.45 | 4.44±0.58 | 6.91±0.64 | 2.02±0.04 | 50.17±4.38 | 115.76±6.93 |
| | III | 9.49±0.04 | 7.94±0.01 | 52.60±0.27 | 4.08±0.04 | 9.23±0.22 | 3.11±1.17 | 86.45±1.58 | 160.18±1.59 |
| | IV | 11.58±0.71 | 7.13±0.13 | 62.57±3.81 | 6.02±0.35 | 12.72±0.48 | 2.26±0.09 | 102.28±5.57 | 184.19±6.90 |
| | V | 7.66±0.47 | 1.70±0.29 | 41.20±2.30 | 4.78±0.18 | 6.46±0.28 | 1.22±0.01 | 63.02±3.52 | 126.27±4.15 |
| 增幅 | I | 6.60% | 52.51% | 9.33% | -1.65% | 4.28% | 4.44% | 9.47% | 13.39% |
| | II | 1.84% | 12.92% | 13.04% | 16.23% | 11.99% | 11.60% | 11.22% | 15.20% |
| | III | 9.27% | 12.31% | 13.68% | -0.24% | 24.06% | 17.80% | 11.00% | 18.01% |
| | IV | 21.13% | 13.90% | 27.51% | 15.99% | 13.07% | 7.62% | 22.59% | 22.61% |
| | V | 8.35% | 0.59% | 10.22% | 8.64% | -2.12% | 23.23% | 8.41% | 9.96% |
| 阈值 | 260 | 5 | 130 | 190 | 90 | 50 | | | |
| 呈味 | 甜味 | 鲜味 | 鲜甜味 | 苦味 | 苦味 | 苦味 | | | |

注: 游离氨基酸总量(TFAA)共包括17种氨基酸: 天门冬氨酸、苏氨酸、丝氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸、胱氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸、组氨酸、精氨酸、脯氨酸; 本文主要列出了6种呈味游离氨基酸和游离氨基酸总量的变化情况。

3 结论

3.1 在本文实验条件下,不同温度真空干燥对海鳗鱼片的鲜度和滋味影响是不同的。5种温度真空干燥海鳗的鲜度指标K值均小于10%,为一级鲜度,从趋势来看温度越低,K值越小,其中方式V K值仅为1.05%,接近于新鲜样品K值0.96%,方式III、方式IV K值约为2.29%和2.36%,区别不大,只有方式I K值较大为6.41%。表明真空干燥能较好的抑制K值的生长,且温度越低抑制效果越好。同时,方式IV呈味物质IMP含量最大为1.30 mg/g(湿基),方式III次之为1.20 mg/g,方式I和方式II的为1.04 mg/g(湿基)左右,方式V IMP含量仅有0.46 mg/g,表明方式V ATP降解并不明显而其它温度真空干燥降解明显,尤其是冰温真空干燥。

3.2 游离氨基酸在5种温度真空干燥中均有一定量的增加,其中,方式I、II、III、IV的增加量随温度降低呈上升趋势,这可能与水分的蒸发带走一部分游离氨基酸相关。冰温真空干燥游离氨基酸含量增加最为明显为22.61%,高于方式I、II、III、V。而方式V

由于温度过低,蛋白质降解及生化反应速率下降,影响游离氨基酸的增加仅为9.96%。在呈味游离氨基酸方面,冰温真空干燥的增加量为22.59%同样优于其它温度真空干燥的增加量。

参考文献

[1] 赵辉,徐大伦,周星宇,等.新鲜海鳗营养成分及其风味物质分析[J].食品科学,2010,31(20):278-281
ZHAO Hui, XU Da-lun, ZHOU Xing-yu, et al. Analysis of nutritional and flavor compounds in fresh muraenesox cinereus muscle [J]. Food Science, 2010, 31(20): 278-281

[2] Orikasa T, Koide S, Okamoto S, et al. Impacts of hot air and vacuum drying on the quality attributes of kiwifruit slices [J]. Journal of Food Engineering, 2014, 125: 51-58

[3] Schulze B, Hubbermann E M, Schwarz K. Stability of quercetin derivatives in vacuum impregnated apple slices after drying (microwave vacuum drying, air drying, freeze drying) and storage [J]. Food Science and Technology, 2014, 57: 426-433

[4] 申江,李帅,齐含飞.低温真空干燥对胡萝卜品质的影响[J].

- 制冷学报,2012,33(2):64-67
- SHEN Jing, LI Shuai, QI Han-fei. Influence of low temperature vacuum drying on the quality of carrots [J]. Journal of Refrigeration, 2012, 33(2): 64-67
- [5] 车刚,李成华,汪春.蕨菜真空干燥的试验研究[J].农业工程学报,2006,22(5):165-168
- CHE Gang, LI Cheng-hua, WANG Chun. Experimental study on pteridium aquilinum vacuum drying [J]. Transactions of the CSAE, 2006, 22(5): 165-168
- [6] 服部國彦.提高食品新鲜度及口味的冰温技术[C].第3届中国食品冷藏链新设备新技术论坛论文集.天津:中国制冷空调工业协会,2007,10:66-71
- [7] Yokoyama Y, Sakaguchi M, et al. Change in concentration of ATP-related compounds in various tissues of oyster during ice storage [J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 1992, 58(11): 2125-2136
- [8] 邓捷春,王锡昌,刘源.暗纹东方鲀与红鳍东方鲀滋味成分差异研究[J].食品工业科技,2010,31(3):106-108
- DENG Jie-chun, WANG Xi-chang, LIU Yuan. Study on difference of taste compounds between Fugu obscurus and Fugu rubripes [J]. Science and Technology of Food Industry, 2010, 31(3): 106-108
- [9] Saito T, Araki K, Matsuyoshi M. A new method for estimating the freshness of fish [J]. Bulletin of the Japanese Society Scientific Fisheries, 1959, 24(9): 749-750
- [10] Kuda T, Fujita M, Goto H, et al. Effects of retort conditions on ATP-related compounds in pouched fish muscle [J]. Food Science and Technology, 2008, 41(3): 469-473
- [11] Nejib G, Moza A A, Ismail M A, et al. The effect of storage temperature on histamine production and the freshness of yellow fin tuna (*Thunnus albacares*) [J]. Food Research International, 2005, 38: 215-222
- [12] 杜琨,张亚宁,方多.呈味核苷酸及其在食品中的应用[J].中国酿造,2005,10:50-52
- DU Kun, ZHANG Ya-ning, FANG Duo. Flavor nucleotides and their application in food [J]. China Brewing, 2005, 10: 50-52
- [13] 庞文燕,王金庆,姚志勇,等.不同真空压力对冰温干燥罗非鱼片品质的影响[J].食品科学,2013,34(21):5-9
- PANG Wen-yan, WAN Jing-qing, YAO Zhi-yong, et al. Effects of different vacuum pressure on quality of tilapia fillets in ice-temperature drying [J]. Food Science, 2013, 34(21): 5-9
- [14] Liu D S, Liang L, Xia W S, et al. Biochemical and physical changes of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) fillets stored at -3 and 0 °C [J]. Food Chemistry, 2013, 140: 105-114