

# 干燥方法对白鲢鱼片质量的影响

孙月娥<sup>1,2</sup>, 王卫东<sup>1,2</sup>, 付湘晋<sup>2,3,\*</sup>

(1. 徐州工程学院食品学院, 江苏 徐州 221008; 2. 江南大学 食品科学与技术国家重点实验室, 江苏 无锡 214122;  
3. 中南林业科技大学食品科学与工程学院, 湖南 长沙 410004)

**摘 要:** 比较热风干燥、微波干燥、微波真空干燥对鱼片干燥的影响。以硫代巴比妥酸值评价脂肪氧化程度, 并进行感官评价。热风干燥鱼片烤肉味最浓, 但脂肪氧化也很严重; 微波干燥时, 功率越高, 干燥速度越快, 脂肪氧化越轻; 微波真空干燥时, 真空度越高, 干燥速度越快, 但脂肪氧化也越重。综合来看, 微波干燥是鲢鱼片最佳的干燥方法, 干燥时间短, 脂肪氧化轻。

**关键词:** 白鲢鱼; 微波干燥; 脂肪氧化; 鱼腥味; 哈喇味; 土霉味

## Effect of Drying Method on the Quality of Silver Carp Slices

SUN Yue-e<sup>1,2</sup>, WANG Wei-dong<sup>1,2</sup>, FU Xiang-jin<sup>2,3,\*</sup>

(1. College of Food Engineering, Xuzhou Institute of Technology, Xuzhou 221008, China;  
2. State Key Laboratory of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China;  
3. School of Food Science and Engineering, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410000, China)

**Abstract:** The effects of hot-air drying, microwave drying and microwave-vacuum drying on the quality of silver carp slices were investigated in this paper. The TBARS as the indicator of lipid oxidation was determined to evaluate the sensory quality of silver carp slices. Hot air dried silver carp slices had the strongest flavor of toast meat due to severe lipid oxidation. During microwave drying, the drying rate revealed an increase with the increase of microwave power, while the degree of lipid oxidation revealed a decrease with the increase of microwave power. During microwave-vacuum drying, both drying rate and lipid oxidation exhibited an increase trend due to the increase of vacuum degree. Therefore, microwave drying was the optimal drying method for silver carp slices due to the reduced drying time and less lipid oxidation.

**Key words:** silver carp; microwave drying; lipid oxidation; fishy; rancidity; earthy-muddy

中图分类号: TS 254.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2012)10-0016-04

白鲢鱼(*Hypophthalmichthys molitrix*)是我国养殖量和产量最大的淡水鱼之一, 肌肉颜色洁白, 蛋白质含量高, 富含多不饱和脂肪酸, 营养价值很高; 但白鲢鱼肉薄刺多, 腥味重, 鲜销价格很低<sup>[1]</sup>。深加工是提高白鲢鱼附加值的重要途径, 拓宽淡水鱼的加工途径和改进加工工艺是当务之急, 而鱼片生产作为开发鱼类休闲食品的主要形式成为重要突破口之一<sup>[2]</sup>。

目前, 鱼片的干燥方法主要是热风干燥, 尽管热风干燥设备投资比较少, 操作、控制相对容易, 但热风干燥温度高、时间长、能耗大; 在干燥过程中容易造成热损伤和过度氧化<sup>[3]</sup>。微波干燥和微波真空干燥是

近年来研究较多的新技术。微波干燥技术具有加热迅速、可控性好、安全卫生的优点; 微波真空干燥综合了微波干燥和真空干燥各自的优点。Wu 等<sup>[4]</sup>发现微波干燥草鱼片的产品质量优于热风干燥产品, 但还是有部分脂肪氧化和轻微的异味。张国琛等<sup>[5]</sup>发现微波真空干燥的扇贝柱具有良好的色泽及表面质量, 且其干燥速度和抗破碎能力均明显优于自然干燥及热风干燥。

本实验比较了热风干燥、微波干燥、微波真空干燥这 3 种干燥方法对鲢鱼片脂肪氧化和风味的影响, 旨在为淡水鱼加工及品质管理等方面提供有指导意义的基础理论数据。

收稿日期: 2011-05-09

基金项目: 中南林业科技大学人才引进基金项目(104-0107); 中南林业科技大学青年科学研究基金项目(QJ2010032B)

作者简介: 孙月娥(1975—), 女, 讲师, 博士, 研究方向为食品科学。E-mail: www.123@163.com

\* 通信作者: 付湘晋(1980—), 男, 讲师, 博士, 研究方向为水产品加工。E-mail: yangtzfu@yahoo.com.cn

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与设备

鲜活白鲢鱼购于当地农贸市场。

微波真空干燥设备为实验室自制,干燥腔中的载物托盘可以旋转,转速为5r/min。微波真空干燥设备不抽真空即用于微波干燥。微波功率参照Cui等<sup>[6]</sup>等描述的标准方法进行。本研究中,微波功率高(H)、高中(HM)、中(M)、中低(ML)、低档(L)分别为 $(460.5 \pm 1.5)$ 、 $(350.0 \pm 2.0)$ 、 $(210.3 \pm 2.3)$ 、 $(122.1 \pm 3.1)$ 、 $(52.3 \pm 2.0)$ W。

101-2-B 电热鼓风干燥箱 上海跃进医学仪器有限公司; MP2000D 型精密电子天平 上海天平有限公司; XMD-16 型数字测温探头 上海自动化仪器有限公司。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 白鲢鱼鱼片制备

新鲜鲢鱼经去头、内脏、鳞后,紧贴鱼脊骨两侧下刀,避开鱼脊骨和腹腔大刺,将鱼体剖为两片,冻制( $-46^{\circ}\text{C}$ )处理。冻制好的鱼片切片,切片厚度控制在 $(2.0 \pm 0.3)\text{mm}$ ,质量范围控制在 $(2.5 \pm 0.5)\text{g}$ 。鱼片的含水量为 $(80.5 \pm 0.5)\%$ 。

#### 1.2.2 鱼片干燥方法

鱼片(10g左右)单层铺在托盘中进行干燥:

1)热风干燥:测含水率时,鱼片在 $60^{\circ}\text{C}$ 和 $90^{\circ}\text{C}$ 分别干燥6h和4h;进行硫代巴比妥酸值(TBARS)的测定和感官评定时,鱼片在 $60^{\circ}\text{C}$ 和 $90^{\circ}\text{C}$ 分别干燥5h和2h。

2)微波干燥:在微波功率H、HM、M、ML和L档的分别为 $(46.0 \pm 0.5)$ 、 $(35.0 \pm 0.2)$ 、 $(21.0 \pm 0.2)$ 、 $(12.2 \pm 0.3)\text{W/g}$ 和 $(5.2 \pm 0.2)\text{W/g}$ ,干燥时间分别为7、10、10、16min和40min。

3)微波真空干燥:固定在微波功率HM档 $[(35.0 \pm 0.2)\text{W/g}]$ 分别在0.08、0.06、0.04MPa条件下干燥7min。

原鱼片记为RAW,热风干燥鱼片记为HAD,微波干燥鱼片为MD,微波真空干燥鱼片为MVD。

在实验中,每隔一定时间检测鱼片的含水率和温度,得出含水率随干燥时间变化曲线<sup>[7]</sup>。

#### 1.2.3 含水率测定

采用称量法:在 $105^{\circ}\text{C}$ 干燥至质量恒定,以每克鱼片中含有水分的质量分数表示。

#### 1.2.4 硫代巴比妥酸值测定

称取约0.3g样品,添加2.7mL三氯乙酸(质量分数15%)-硫代巴比妥酸(质量分数0.1%)溶液, $60^{\circ}\text{C}$ 加热反应1h,5000r/min离心5min,取上清液在532nm波长处测定吸光度。以丙二醛为标准品制备标准曲线。结果表示以每千克鱼肉含有TBARS的质量表示<sup>[8]</sup>。

#### 1.2.5 感官评定

将20g样品装在100mL棕色广口瓶中, $30^{\circ}\text{C}$ 密封平

衡30min。由7位感官评定员(23~35岁之间,系统学习过感官评定课程,有一定的感官评定经验)进行感官评定。采用0~9分制评定气味强度,9分为最强,气味最后得分取平均值<sup>[9]</sup>。

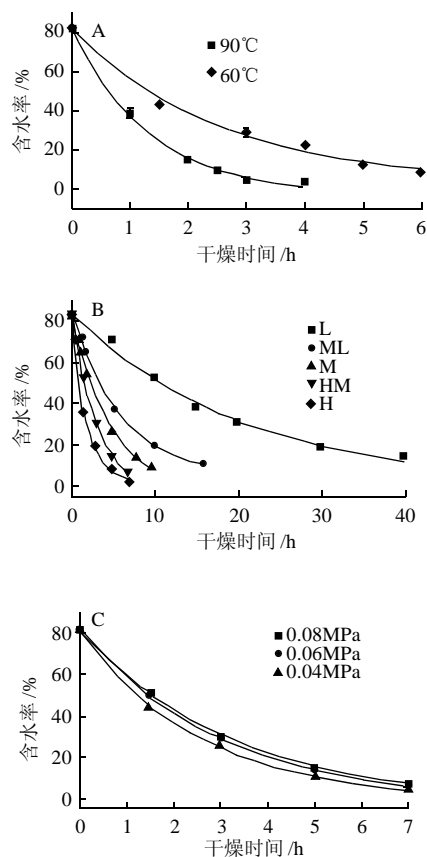
### 1.3 数据处理

用软件SPSS 5.0和Excel 2003分析数据,用软件Origin 7.0绘图。

## 2 结果与分析

### 2.1 干燥条件对鲢鱼片含水率的影响

热风干燥、微波干燥、微波真空干燥过程中鲢鱼片的含水率见图1。微波功率和真空度对鲢鱼片的干燥速度有很大影响,功率越高,干燥速度越快;压力越低,即真空度越高,干燥速度越快。由图可见,鲢鱼的微波干燥和微波真空干燥速度远大于热风干燥速度,在微波干燥中,当功率为高中档(HM)时,需5min左右就达到了含水率15%;在微波真空干燥中,功率为高中档(HM),压力为0.04MPa时,仅需5min左右即可达到含水率15%;而同样的鲢鱼片在 $60^{\circ}\text{C}$ 和 $90^{\circ}\text{C}$ 的热风干燥下需5h和2h左右。

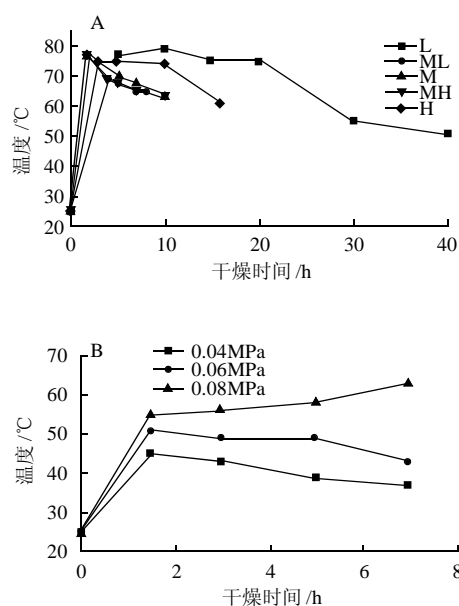


A. 热风干燥; B. 微波干燥; C. 微波真空干燥。

图1 干燥对鲢鱼片含水率的影响

Fig. 1 Effect of drying method on water content of silver carp slices

## 2.2 干燥条件对鲢鱼片温度的影响



A.微波干燥; B.微波真空干燥。

图2 干燥对鲢鱼片温度的影响

Fig.2 Effect of drying on temperature of silver carp slices

从图2可以看出,当微波功率为L档[(52.3 ± 2.0)W]时,鱼片温度在初始5min上升到77℃,接下来15min保持在75℃以上,然后下降到50℃直到干燥结束;当微波功率为ML档[(122.1 ± 3.1)W]时,鱼片温度在初始3min上升到75℃,接下来10min保持在75℃,然后下降到60℃直到干燥结束;但在微波功率为M、HM、和H档时,鱼片的温度在1.5min内上升到78℃,接下来逐渐下降到60℃。所以,当微波功率为L及ML时,鱼片在加热过程中的温度曲线包括3个阶段,即上升段、稳定段、下降段;但当微波功率为M、HM、H时,鱼片在加热过程中的温度曲线只包括上升和下降2个阶段。

真空度对鱼片在微波真空干燥中的温度有很大影响(图2B)。在0.08MPa时,鱼片温度先在1.5min内快速上升到55℃,然后缓慢上升到60℃。在0.06MPa和0.04MPa时,温度先在1.5min内快速上升到50℃和44℃,然后缓慢下降到43℃和38℃。比较图2A和2B,可以发现同样的微波功率下,鱼片在真空条件下温度较低。

## 2.3 干燥方法对鲢鱼片脂肪氧化的影响

因为TBARS值反映脂肪降解产物如低级醛、酮的含量,并且TBARS与白鲢鱼异味具有良好的相关性<sup>[8]</sup>,所以采用TBARS评价鱼片的脂肪氧化程度。干燥鱼片

的TBARS测定结果见表1。微波和微波真空干燥鱼片的TBARS值显著低于热风干燥鱼片( $P < 0.05$ )。在微波加热干燥中,微波功率越高,TBARS值越低。在微波真空干燥中,压力越低,TBARS值越高。在同样微波功率(HM)条件下,微波真空干燥鱼片的TBARS值高于微波加热干燥的鱼片,特别是在高真空度下,所以,真空对鱼片的脂肪氧化没有保护作用,这是一个意外的结果。

表1 干燥方法对鲢鱼片TBARS值的影响

Table 1 Effect of drying method on lipid oxidation of dried silver carp slices

干燥方法	温度/功率档	时间/min	真空度/MPa	TBARS/(mg/kg)
热风	60℃	300	—	4.534 ± 0.112 <sup>F</sup>
	90℃	120	—	4.990 ± 0.169 <sup>G</sup>
微波	L	40	—	3.025 ± 0.130 <sup>E</sup>
	ML	16	—	2.527 ± 0.118 <sup>D</sup>
	M	10	—	2.120 ± 0.080 <sup>C</sup>
	HM	10	—	1.375 ± 0.152 <sup>A</sup>
	H	7	—	1.273 ± 0.115 <sup>A</sup>
微波真空		7	0.08	1.450 ± 0.052 <sup>A</sup>
	HM	7	0.06	1.797 ± 0.044 <sup>B</sup>
		7	0.04	2.735 ± 0.247 <sup>D</sup>

注:肩标不同字母表示差异显著( $P < 0.05$ )( $n = 3$ )。

食品中的脂肪氧化是自由基反应,自由基主要由热、光、金属离子或酶催化产生。自由基引发不饱和脂肪酸与氧反应生成过氧化物,过氧化物断裂生成新的自由基和TBARS<sup>[10]</sup>。温度越高,脂肪氧化速度越快,时间越长,氧化越严重;所以90℃热风干燥鱼片的TBARS值高于60℃热风干燥鱼片;同理,微波干燥和真空微波干燥鱼片的TBARS低于热风干燥鱼片。但是,鱼片在微波真空干燥过程中温度低于微波干燥,并且真空度越高,TBARS值反而越高,这与预想的不一致。可能是因为在真空环境中,由于鱼片内外压力差较大,内部的脂肪随水分蒸发迁移到鱼片表面,从而增加了与氧气接触面积,促进氧化。另一方面,由于鱼片在微波真空干燥过程中温度很低,特别是0.04MPa和0.06MPa时鱼片温度都在50℃以下(图3B),鱼肉中催化脂肪氧化的生物催化剂如脂肪氧合酶、血红蛋白、肌红蛋白等并未失活,它们也可能促进了鱼片脂肪氧化。而相反,这些生物催化剂在热风干燥和微波干燥中已经被高温灭活<sup>[11]</sup>。

综合考虑干燥时间和脂肪氧化,采用微波在功率HM档干燥比较合适。

## 2.4 干燥方法对鲢鱼片风味的影响

对风味鱼片而言,为形成烤肉香味,热反应必不可少;而微波加热及微波真空加热干燥过程中由于加热

时间短、温度低,存在干鱼片的风味不足的问题。原鱼片和干燥鱼片的感官评分结果见表4。鱼片干燥后,鱼腥味明显减轻,烤肉味明显增强,HAD(8.4)和MD(7.1)的得分高于MVD(5.3),这是因为烤肉味增强与高温下发生的美拉德反应有关,干燥温度高则烤肉味强。在干燥鱼片中,MVD的哈喇味最重。

哈喇味、鱼腥味和脂肪氧化产生的醛、酮类物质有关。有报道TBARS与鱼肉异味明显正相关<sup>[8]</sup>,一般认为,TBARS高于2mg/kg,鱼肉即有不可接受的异味<sup>[12]</sup>。感官评价结果与TBARS值测定结果基本一致。MVD的TBARS值(2.735mg/kg)较高,所以鱼腥味较重。

鱼肉土霉味由土味素和2-甲基异茨醇引起,它们与鱼肉中蛋白质、脂肪等结合紧密,脱除非常困难,已经成为制约淡水水产发展的重要问题<sup>[12-14]</sup>。干燥后,白鲢鱼的土霉味部分被脱除。

表2 干燥方法对鲢鱼片风味的影响  
Table 2 Effect of drying method on flavor of silver carp slices

干燥方法	鱼腥味	哈喇味	土霉味	烤肉味
RAW	5.0	1.0	4.5	0
HAD(90℃、2h)	2.2	3.8	3.8	8.4
MVD(HM档、0.04MPa、7min)	3.0	4.0	3.6	5.3
MD(HM档、10min)	2.6	3.7	1.9	7.1

### 3 结 论

微波和微波真空干燥显著缩短鱼片干燥的时间,鲢鱼片在60℃和90℃的热风下需干燥5h和2h左右,而微波干燥(功率为高中档)时和微波真空干燥(功率为高中档、压力为0.04MPa)时只需要5min左右。干燥使鱼肉脂肪发生不同程度氧化,鱼腥味明显减轻,烤肉味明显增强,白鲢鱼的土霉味部分被脱除。与预想不同,在微波真空干燥中,真空对鱼肉脂肪没有保护作用,干燥的鱼片脂肪氧化、腥味重;而微波干燥是最佳的干燥方法,它干燥时间短,鱼片脂肪氧化轻,香味浓。

### 参考文献:

- [1] 付湘晋,贺海翔,许时婴,等. 酵母细胞液处理对白鲢鱼鱼糜脂肪氧化和风味的影响[J]. 食品科学, 2010, 31(15): 95-99.
- [2] ZHANG Jun, ZHANG Min, SHAN Liang, et al. Microwave-vacuum heating parameters for pressing savory crisp bighead carp (*Hypophthalmichthys nobilis*) slices[J]. Journal of Food Engineering, 2007, 79(3): 885-891.
- [3] 段振华, 尚军, 徐松, 等. 罗非鱼的热风干燥特性及其主要成分含量变化研究[J]. 食品科学, 2006, 27(12): 479-482.
- [4] WU Tao, MAO Linchun. Influences of hot air drying and microwave drying on nutritional and odorous properties of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets[J]. Food Chemistry, 2008, 110(3): 647-653.
- [5] 张国琛, 毛志怀, 牟晨晓, 等. 微波真空干燥扇贝柱的物理和感官特性研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(3): 141-144.
- [6] CUI Zhengwei, Xu Shiying, SUN Dawen. Microwave-vacuum drying kinetics of carrot slices[J]. Journal of Food Engineering, 2004, 65(2): 157-164.
- [7] 朱德泉, 钱良存, 孙磊, 等. 草莓切片微波真空干燥特性及干燥品质研究[J]. 食品科学, 2010, 31(16): 111-116.
- [8] SIDDIAIH D, REDDY G, RAJU C V, et al. Changes in lipids, proteins and kamaboko forming ability of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) mince during frozen storage[J]. Food Research International, 2001, 34(1): 47-53.
- [9] RICHARDS M P, HULTIN H O. Effect of pH on lipid oxidation using trout hemolysate as a catalyst: a possible role for deoxyhemoglobins[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2000, 48(8): 3141-3147.
- [10] STEWART O J, RAGHAVAN G S V, ORSAT V, et al. The effect of drying on unsaturated fatty acids and trypsin inhibitor activity in soybean [J]. Process Biochemistry, 2003, 39(4): 483-489.
- [11] TURHAN S, USTUN S N, ALTUNKAYNAK T B. Effect of cooking methods on total and heme iron contents of anchovy (*Engraulis encrasicolus*)[J]. Food Chemistry, 2004, 88(2): 169-172.
- [12] FAN Wenjiao, CHI Yuanlong, ZHANG Shuo. The use of a tea polyphenol dip to extend the shelf life of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) during storage in ice[J]. Food Chemistry, 2008, 108(1): 148-153.
- [13] BETT K L, INGRAM D A, GRIMM C C, et al. Alteration of the sensory perception of the muddy/earthy odorant 2-methylisoborneol in channel catfish *Ictalurus punctatus* fillet tissues by addition of seasonings [J]. Journal of Sensory Studies, 2000, 15(4): 459-472.
- [14] YAMPRAYOON J, NOOMHORM A. Effects of preservation methods on geosmin content and off-flavor in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) [J]. Journal of Aquatic Food Product Technology, 2000, 9(4): 95-107.