

文章编号:1673-1689(2006)02-0037-05

# 真空微波工艺条件对香脆鳊鱼片品质的影响

张骏, 张慤, 单良

(江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214036)

**摘要:** 研究了预脱水鱼片含水量、微波功率、真空度对真空微波加工香脆鳊鱼片品质的影响, 在此基础上, 采用混合正交试验进一步优化了真空微波制备香脆鳊鱼片的工艺条件。研究结果表明, 适宜的水分含量和微波功率可以提高鱼片的膨化率和脆度, 改善鱼片的感官品质。高真空度可以改善鱼片的膨化作用和脆性, 提高微波加热的效率, 很大程度上避免了鱼片出现焦黑点。最佳的真空微波加热条件是预脱水鱼片水分质量分数控制在 $(15.3 \pm 1)\%$  (50 ℃鼓风干燥 3.5 h), 微波功率设定为高火档 $(686 \pm 3.5)$  W, 在真空度 0.095 MPa 下加热 12 s 后, 间歇摇匀后再加热 10 s。

**关键词:** 鳊鱼; 鱼片; 真空微波; 膨化率; 脆度

中图分类号: S 965.114

文献标识码: A

## Effect of Microwave-Vacuum on the Quality of Crisp Bighead Carp Slices

ZHANG Jun, ZHANG Min, SHAN Liang

(School of Food Science and Engineering, Southern Yangtze University, Wuxi 214036, China)

**Abstract:** The effects of the moisture content of the pre-dehydrating bighead carp (*Hypophthalmichthys nobilis*) slices, microwave power, vacuum degree on the qualities of the savory crisp bighead carp slices prepared by microwave-vacuum heating was studied. On the basis of the results, the conditions of processing the savory crisp bighead carp slices were optimized by a  $L_{15}(5^1 \times 3^2)$  orthogonal design. The study showed that proper moisture content and microwave power could increase the expansion ratio and crispness of the fish slices, therefore the sensory quality of the finished products could be improved. High vacuum degree could enhance the puffing effect, improve the crispness of the fish slices, increase the energy efficiency of microwave heating, and significantly prevent from forming burnt spots in the surface of the final products. The optimum microwave-vacuum heating conditions were determined as following: the moisture content of the pre-dehydrating bighead carp slices was controlled at 15.31% (50 ℃ hot air drying for 3.5 h), microwave power was selected at high fire  $(686 \pm 3.5)$  W, microwave heating lasted for 12 s at the vacuum pressure of 0.095 MPa, and then heating continued for another 10 s after shaking up the fish slices.

**Key words:** bighead carp; fish slices; microwave-vacuum heating; expansion ratio; crispness

我国的淡水渔业发展迅猛, 淡水鱼产量已经占到渔业总产量的 40%, 而其中鲢、鳊等低值淡水鱼

收稿日期: 2005-05-30; 修回日期: 2005-07-08.

基金项目: 国家“十五”重大科技攻关专项项目(2001BA501A-25).

作者简介: 张骏(1975-), 男, 安徽宣城人, 食品科学与工程硕士研究生.

占了淡水鱼生产总量的60%以上<sup>[1-2]</sup>。由于我国淡水鱼加工业起步较晚,加工水平比较落后,鲢、鳙等低值淡水鱼基本以鲜活、冷冻方式进入市场<sup>[3]</sup>,加工环节的滞后已经成为淡水渔业进一步发展的瓶颈。为此,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应该成为重要突破口。目前,鱼片的生产方法主要还是烘烤和油炸两种方法,虽然有人在鱼片的微波加工做了一些有益尝试<sup>[4-6]</sup>,但是还存在以下方面的问题:1)制品的色泽比远红外烤制的差;2)受热不均匀,制品易产生焦黑点;3)干燥过度,制品质构和口感不好,易有颗粒感。

产生上述问题的主要原因是鱼片表面不平整,微波的电磁波电场棱角效应明显,使某些点升温特别快<sup>[4]</sup>。为了克服这个缺点,作者采用微波结合真空的方法,即采用真空微波工艺来生产调味鱼片,较好地解决了微波加热不均及鱼片口感问题。真空微波技术充分利用了微波加热的迅速、高效、可控性好、安全卫生的优点,同时,真空所创造的环境低压降低了水的沸点,这一方面提高了热效率,另一方面可以防止鱼片因局部过热而出现的焦黑点,另外,还可以提高鱼片的膨化率,改善鱼片质构。作者采用鳙鱼为原料,采用真空微波工艺制得的鱼片既达到了烤制鱼片的香味,又具有烤制鱼片缺乏的脆性,是一种有开发前途的高蛋白休闲食品。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与设备

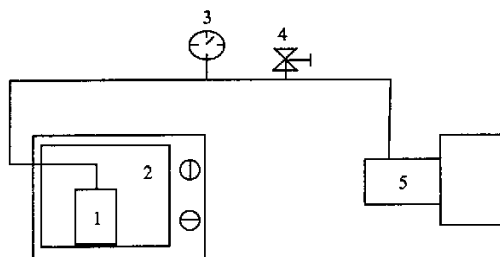
新鲜鳙鱼、小米:市售;食盐、白糖、味精、酱油、醋、料酒等调味料:购于无锡市青山农贸市场;碳酸氢钠:分析纯,上海化学试剂公司产品。

ZKJ-1型循环水真空泵:上海嘉鹏科技有限公司产品;真空微波炉:无锡气高精工电器有限公司W7001型微波炉改装而成(见图1);101-1-BS型电热恒温鼓风干燥箱:上海跃进医疗器械厂产品;TA-XT2i物性测定仪:英国Stable Micro System公司产品。

### 1.2 试验指标测定与测定方法

1.2.1 质构测定 采用TA-XT2i物性测定仪。测定条件:P/0.25S型不锈钢球形探头,下行速度、测试速度和返回速度分别为8.0,5.0,8.0 mm/s。

1.2.2 脆度的计算 评定食品脆性的方法有两种:感官评定(sensory approaches)和仪器分析(instrumental approaches),而仪器分析方法中的压缩试验(compression tests)是最常用的,作者所采用



1. 玻璃容器;2. 微波炉;3. 真空表;4. 调压阀;5. 真空泵

图1 真空微波试验装置简图

Fig. 1 Schematic of the microwave-vacuum heating system

的方法即属于其中的一种<sup>[7]</sup>。由于食品的脆性是一个非常复杂的特性指标,所以对其的评定方法应针对具体食品而选择,同时还要结合感官结果进行综合评判。鱼片脆度用式(1)计算<sup>[8]</sup>,其中C表示鱼片的脆度,K为物料常数,在本试验范围内,取K值为10 000,H为质构仪测得的硬度值。

$$C = \frac{K}{H} \quad (1)$$

1.2.3 体积测定 采用小米排除法<sup>[9]</sup>,如式(2)所示。

物料的体积( $\text{cm}^3$ ) = 小米加物料的体积( $\text{cm}^3$ ) - 小米的体积( $\text{cm}^3$ )

1.2.4 膨化率的计算 如式(3)所示,膨化率 = 膨化后体积/膨化前体积

1.2.5 水分测定 按照GB5009.3-85进行。

### 1.3 预脱水鱼片的制备

新鲜鳙鱼经去头、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( $-46\text{ }^\circ\text{C}$ )处理。冻制好的鱼片经沸水冲淋后,剥去鱼皮,然后切片,切片厚度控制在 $(2.0 \pm 0.3)$  mm,质量范围控制在 $(2.5 \pm 0.75)$  g。切好的鱼片浸泡于脱腥液(1%  $\text{NaHCO}_3$  + 0.4%  $\text{NaCl}$ 的混合溶液)中进行脱腥处理,脱腥液用量为鱼片质量的4倍,脱腥时间为30 min。脱腥后的鱼片经自来水漂洗8 min,浸渍于配好的调味液中进行调味处理,调味时间45 min,然后将调味后的鱼片单层摆放于纱网上,沥水片刻,置 $50\text{ }^\circ\text{C}$ 烘箱中鼓风干燥,得到不同含水量的预脱水鱼片。

### 1.4 真空微波制备香脆鱼片的试验步骤

称取 $(5 \pm 0.5)$  g预脱水鱼片放入微波炉内与真空泵连接的容器中,开启真空泵,调节控制阀门获得相应的真空度,再调节微波炉至相应的功率,启动微波进行加热,得到真空微波加工鱼片,然后测定鱼片的膨化率和脆度,再进行感官评定。

### 1.5 感官评定方法

采用10分法评定,即由9名以上熟练人员品

尝,将外观色泽、质地和风味用分数表示,由得分进行综合评定。评定标准如下:1)外观:满分 3 分。表面平整,膨化均匀,无大气泡,呈亮黄色,3 分;表面较平整,膨化较均匀,基本无大气泡,呈淡黄色或棕黄色,2 分;膨化不均,表面有大气泡,呈白中略带黄色或黄褐色,1 分。2)质地:满分 3 分。质地酥脆,膨化适中,3 分;质地酥脆,膨化不佳,2 分;膨化较好,柔软不酥脆,1 分。3)风味:满分 4 分。香脆适口,入口无颗粒感,4 分;香脆适口,入口稍颗粒感,3 分;风味可以接受,入口稍颗粒感,2 分;入口有烧焦气味或有苦味等异味,1 分。

## 2 结果与讨论

### 2.1 水分质量分数对鱼片品质的影响

微波加热是利用物料中的极性分子在微波场作用下高速摆振实现的<sup>[10]</sup>。水在食品中是最易极化的分子,因为它很容易形成正负两极,所以水分质量分数对微波加工食品品质的影响极为显著<sup>[11]</sup>。设定微波炉的真空度为 0.06 MPa,微波功率为高火档(686 ± 3.5) W,将干燥 2h(水分质量分数(39.4 ± 2)% )、3 h(水分质量分数(19.8 ± 2)% )和 4 h(水分质量分数(13.5 ± 1)% )的预脱水鱼片分别在微波炉中加热 10,15,20,25 s,试验结果如图 2 和图 3 所示。

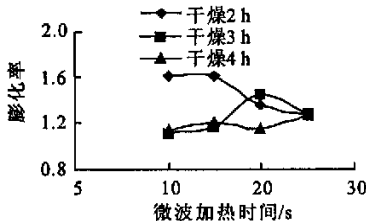


图 2 水分质量分数对鱼片膨化率的影响

Fig. 2 Effect of moisture content on the expansion ratio of the fish slices

由图 2 可见,干燥 2 h 的预脱水鱼片在 10 s 和 15 s 处均有较大膨化率,当加热时间进一步延长时,膨化率则迅速减小。这是因为食品中在含有较多水分的情况下,可以较快地吸收微波能量,达到瞬间内部受热,导致物料内部水分的迅速汽化和迁移,并形成无数微孔通道,达到膨化的效果<sup>[12]</sup>,但加热时间过长,由于鱼片进一步脱水,组织干缩,致使鱼片的膨化率反而减小。干燥 3 h 的预脱水鱼片在 10 s 和 15 s 处的膨化率较小,但在 20 s 处有一最大膨化率,而干燥 4 h 的预脱水鱼片的膨化率在整個的加热过程中几乎没有显著性变化。这是因为当物料的水分质量分数较低时,物料内部不能形成足

够蒸汽压的缘故<sup>[13]</sup>。

图 3 显示干燥 2 h 的预脱水鱼片的脆度在整个加热范围内均很小,因此,即使其有较大的膨化率,但感官评分也较小。干燥 3 h 的预脱水鱼片的脆度在 20 s 处达到最大值,此处的感官评分也最高(见图 4),但随着加热时间的延长,其脆度反而下降。干燥 4 h 的预脱水鱼片的脆度在整个加热范围内呈逐渐下降趋势。这是因为真空微波工艺所制备鱼片的脆度受其最终水分质量分数的影响很大,当鱼片的水分质量较高时,真空微波加热未能脱去足够多的水分,因而脆度较低,且易产生颗粒感而影响感官评分;而当鱼片的最终水分质量分数过低时,由于此时的鱼片已经焦化干缩而变硬,其脆度随着硬度的增大而降低,感官评分也就急剧下降。因此,在兼顾膨化率和脆度这两项指标的基础上,结合感官评定,作者认为鱼片热风干燥 3 h 后的水分质量分数是最佳的工艺水分质量分数。

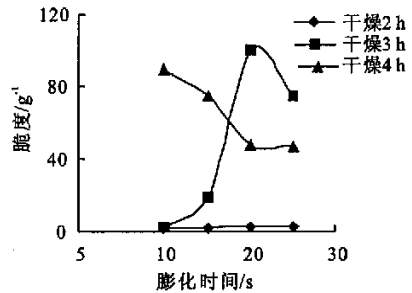


图 3 水分质量分数对鱼片脆度的影响

Fig. 3 Effect of moisture content on the crispness of the fish slices

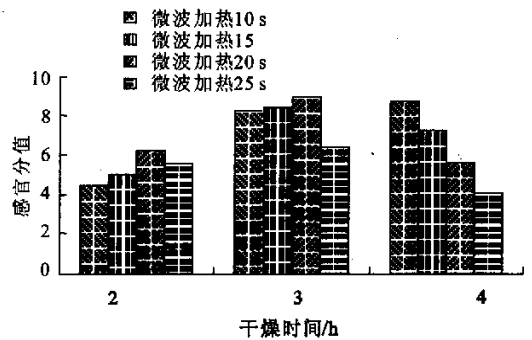


图 4 水分质量分数和加热时间对鱼片感官分值的影响

Fig. 4 Effect of moisture content and heating time on the sensory scores of the fish slices

### 2.2 微波功率对鱼片品质的影响

选取干燥 3 h 的预脱水鱼片为原料,固定真空微波炉的真空度为 0.06 MPa,进行真空微波试验。

由于微波功率不同,所以在各微波功率下的加热时间也不应相同<sup>[14]</sup>。作者设计预脱水鱼片在中火档(382±3.5)W下分别加热50、70、90、110s,在中高火档(518±3.5)W下分别加热10、20、30、40s,在高火档下分别加热10、15、20、25s,试验结果见图5和图6。图5显示鱼片的膨化率在中火档下的变化不明显,而在中高火档及高火档下的变化很显著,在很短时间内就会导致膨化率的极大改变,另外,鱼片在中火档下的最大膨化率也最低,而在高火档下能在最短的时间内达到最大值。这是因为当食品中的水分质量分数一定时,微波功率越高,产热量越大,食品升温越快,膨化时的气泡产生也越快,食品内气体压力也越大,产生了较大的膨化率。过低的微波功率使食品内气压太小,不利于膨化<sup>[15]</sup>。

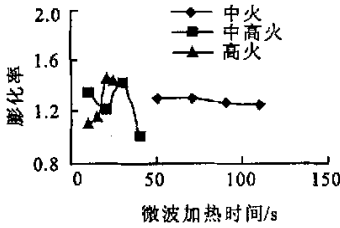


图5 微波功率对鱼片膨化率的影响

Fig. 5 Effect of microwave power output on the expansion ratio of the fish slices

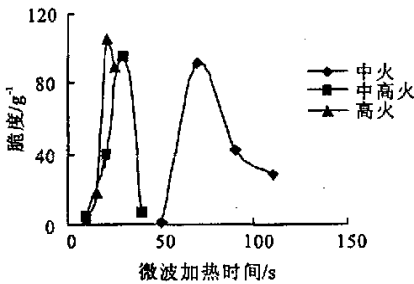


图6 微波功率对鱼片脆度的影响

Fig. 6 Effect of microwave power output on the crispness of the fish slices

由图6可见,在3个功率范围内鱼片的脆度都有显著变化,都是在加热初期表现出较低的脆度,随着加热时间的延长,脆度值迅速增大到最大值后又迅速降低,高火及中高火功率下脆度下降的速率要比中火迅速得多,这显然是因为前两者的脱水速率较快,导致鱼片焦化干缩,硬度迅速增长的缘故。另外,3个功率条件下所制鱼片的最大脆度相较,仍以高火条件下最大,且高火功率所制鱼片的感官评分也高于其它两者(见图7)。因此,无论是从提高生产效率的角度出发,还是从提高制备鱼片品质的角度出发,高火档的功率都是最佳微波功率条件。

万方数据

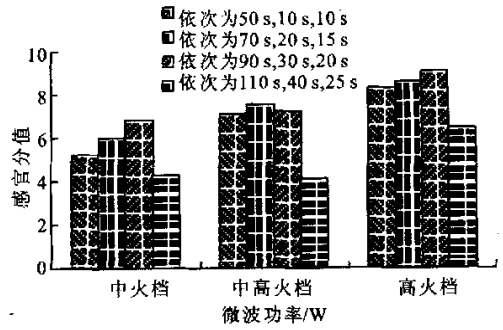


图7 微波功率和加热时间对鱼片感官分值的影响

Fig. 7 Effect of microwave power output and heating time on the sensory scores of the fish slices

### 2.3 真空度对鱼片品质的影响

微波功率设定为高火档,以干燥3h的预脱水鱼片为原料,调节微波炉的真空度分别为0.00、0.03、0.06、0.09MPa,进行真空微波试验,试验结果见图8与图9。从图8可以看出,真空度对鱼片的膨化率有重要影响,在常压下,鱼片的膨化率呈缓慢上升趋势,总体膨化率都不高,在0.03MPa和0.06MPa下,鱼片膨化率呈现出相同的变化趋势,都是在微波加热时间20s处有较大膨化率,然后在25s处稍下降,而在0.09MPa下,鱼片膨化率的变化趋势显然不同于前三者,其在10s处即有一个较大膨化率,在15s处上升到最大值后又逐渐下降。这是因为热风干燥3h的鱼片已经比较低,在常压下微波加热已经不能够使鱼片有效地膨化,而在较高的真空度下,由于水的沸点降低,能够促使水分较快集中蒸发,所以仍可以获得较大的膨化率。

图9显示真空度对鱼片脆度的影响极为显著。在常压下,鱼片脆度的变化幅度很小,而在0.03、0.06、0.09MPa下,鱼片脆度的变化幅度很明显,前两者在微波加热20s处获得较大值,而后者在更短的时间15s处即获得最大值,并且在整个加热范围内都保持较高水平,同时图10显示0.09MPa下鱼片的感官评分也均较高。这说明在高真空度下,鱼片的品质不但得到了改善,而且还能在较宽的微波加热时限内保持较好的鱼片品质。这可能是因为:其一,在较低的真空度乃至常压下水分的沸点较高,使得物料的温度上升得较快较高,导致鱼片在加热后期易出现焦化而影响鱼片品质;其二,高真空度下物料水分蒸发得较为迅速,使得微波的产热作用(通过水)不能在物料的某一点处高度集中,于是较大程度地避免了鱼片出现焦黑点。

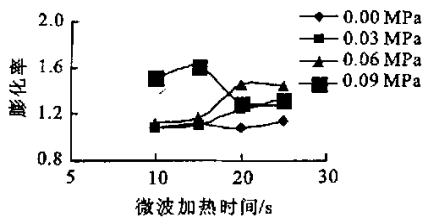


图 8 真空度对鱼片膨化率的影响

Fig. 8 Effect of vacuum degree on the expansion ratio of the fish slices

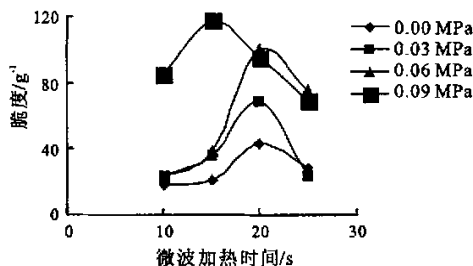


图 9 真空度对鱼片脆度的影响

Fig. 9 Effect of vacuum degree on the crispness of the fish slices

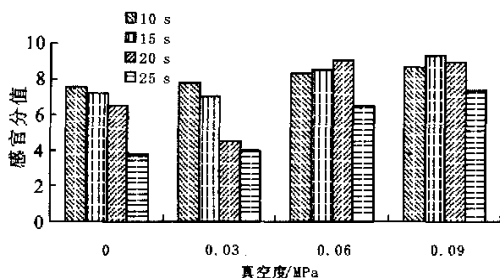


图 10 真空度和加热时间对鱼片感官分值的影响

Fig. 10 Effect of vacuum degree and heating time on the sensory scores of the fish slices

2.4 工艺条件优化试验结果与分析

在单因素试验中发现,真空微波所采用时间的微小差距即会导致鱼片品质的巨大改变,另外,还发现采用间歇加热法可使鱼片得到均匀的加热,从而获得质量更佳的香脆鱼片。因此,选定微波加热的功率为高火档,采用混合水平正交试验设计  $L_{15}(5^1 \times 3^2)$  安排了真空微波加热的优化试验,考察了时间、水分质量分数、真空度 3 个因素对鱼片品质的影响,试验结果见表 1。从表中可以看出,因素的主次顺序为:水分质量分数 > 真空度 > 时间,最佳的微波加热条件为  $A_4 B_3 C_3$ ,即各因素的最佳水平分别为加热时间(12+10) s,真空度 0.095 MPa,水分质量分数(15.3±1)%。此真空微波工艺条件下制备的鳙鱼片表面平整,膨化均匀,颜色亮黄,香

万方数据

脆适口。此外,水分质量分数≤10%,水分活度  $A_w$  ≤0.585,是一种水分活度低、极耐贮藏的鱼干片。

表 1  $L_{15}(5^1 \times 3^2)$  混合正交设计与试验结果

Tab. 1 The  $L_{15}(5^1 \times 3^2)$  compound levels orthogonal design and results

序号	时间 A/s	真空度 B/MPa	水分质量分数 C/%	感官评分
1	1(15)	3(0.095)	1(27.0±2)	8.12
2	1	1(0.085)	2(19.8±2)	8.58
3	1	2(0.09)	3(15.3±1)	9.24
4	2(18)	2	1	7.65
5	2	3	2	9.27
6	2	1	3	8.18
7	3(10+10)	1	1	8.26
8	3	2	2	9.39
9	3	3	3	9.60
10	4(12+10)	1	1	7.83
11	4	2	2	8.47
12	4	3	3	9.82
13	5(12+12)	3	1	8.26
14	5	1	2	8.12
15	5	2	3	9.15
$K_1$	25.94	40.97	40.12	
$K_2$	25.10	43.9	43.83	
$K_3$	27.25	45.07	45.99	
$K_4$	26.12			
$K_5$	25.53			
R	2.15	4.1	5.87	

3 结 论

鱼片在较高的水分质量分数下虽然有较大的膨化率,但却会导致鱼片的脆度不高,同时还会使鱼片的表面出现大气泡,影响鱼片感官;太低的水分质量分数除了会造成鱼片的膨化率较低外,还将导致鱼片出现较多的僵片。较高的微波功率可以提高鱼片的膨化率和脆度,从而改善鱼片的感官品质,因此,高火档是最佳的微波工艺条件。高的真空度不但能提高鱼片的膨化率和脆度,而且由于其降低了水的沸点,从而提高了热效率,另外,高的真空度还很大程度上避免了鱼片出现焦黑点。

(下转第 47 页)

- [5] 商振华, 郭为, 于亿年, 等. 化学改性纤维素亲和膜色谱用作人血清白蛋白中杂质的去除[J]. 分析测试学报, 1995, 14(4):28-32.
- [6] 魏琪, 姚汝华. 固定化金属螯合亲和膜纯化重组抗菌肽研究[J]. 生物化学与生物物理进展, 2000, 27(4):401-403.
- [7] 郭为, 商振华. 大孔纤维素亲和膜在生化制剂纯化中的应用[J]. 中国药学杂志, 1998, 33(12):731-734.
- [8] Keung Wing-ming, Parviz Azri. Structure and Function of Ovotransferrin[J]. *The Journal of Biological Chemistry*, 1982, 257(3):1184-1188.
- [9] Mashikhi S A Al, Shuryo Nakai. Separation of ovotransferrin from egg white by immobilized metal affinity chromatography[J]. *Agric Biol Chem*, 1987, 51(11):2881-2887.
- [10] 张亚辉, 杨严俊. 纤维素金属螯合亲和膜的制备及其对牛血清白蛋白的吸附研究[J]. 食品工业科技, 2005, 26(3):89-92.
- [11] 张龙翔, 张庭芳, 李令媛. 生化实验方法和技术[M]. 北京: 人民教育出版社, 1983. 166-168.
- [12] 杨严俊, 张亚辉. 鸡蛋清中转铁蛋白的分离提取[J]. 无锡轻工大学学报, 2003, 22(4):37-40.
- [13] 李静, 陈欢林, 柴红. 金属螯合亲和膜吸附分离与纯化溶菌酶的研究(III) [J]. 膜科学与技术, 2001, 21(4):5-8.
- [14] 姚红娟, 王晓琳. 膜分离在蛋白质分离纯化中的应用[J]. 食品科学, 2003, 24(1):167-171.
- [15] 杨利, 贾凌云. IDA 型固定化镍离子金属螯合亲和膜色谱对人血清白蛋白的分离纯化[J]. 生物工程学报, 200, 16(1):74-77.

(责任编辑:杨萌)

(上接第 41 页)

试验确立的最佳真空微波加热条件是预脱水鱼片水分质量分数控制在  $(15.3 \pm 1)\%$  (热风干燥 3.5 h), 微波功率设定为高火档  $(686 \pm 3.5) \text{ W}$ , 在真空度  $0.095 \text{ MPa}$  下加热 12 s 后, 间歇摇匀后再加热 10 s.

## 参考文献:

- [1] 段振华, 张慧, 汤坚. 鲮鱼的热风干燥规律研究[J]. 水产科学, 2004, 23(3):29-32.
- [2] 何秋生, 李向阳. 淡水鱼的加工及综合利用初探[J]. 中国水产, 1999, (7):44-46.
- [3] 严宏忠. 风味淡水鱼肉松生产工艺研究[J]. 食品科技, 2002, (3):22-23.
- [4] 杨宪时, 许钟, 马鲁勇. 微波烤制鱼片的应用试验[J]. 渔业机械仪器, 1995, (3):27-28.
- [5] 迟玉森, 朱玉晶, 崔文新. 微波膨化马哈鱼片的研究[J]. 食品科学, 1999, (7):25-28.
- [6] 吴燕燕, 李来好. 罗非鱼片干的微波烘烤技术[J]. 渔业现代化, 2002, (3):31-33.
- [7] Roudaut G, Dacremont C. Crispness: a critical review on sensory and material science approaches[J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2002, (13):217-227.
- [8] 段振华. 去头鲮鱼综合利用工艺和相关机理研究[D]. 无锡: 江南大学, 2003.
- [9] 李远志, 郑素霞, 罗树灿. 真空微波加工马铃薯脆片的工艺特性[J]. 食品与发酵工业, 2003, 29(8):40-43.
- [10] 高福成, 陈卫. 微波食品[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1999.
- [11] Lin Y E, Ananthswaran R C. Studies in popping of popcorn in a microwave oven [J]. *Journal of Food Science*, 1988, (53):1746-1749.
- [12] 段振华, 张慧, 郝建. 香脆鲮鱼片的制备工艺[J]. 食品工业科技, 2003, (2):44-47.
- [13] 黄儒强, 芮汗明, 曾庆孝. 水分对微波真空膨化爆裂玉米的影响[J]. 食品与机械, 2002, (6):15-16.
- [14] Jaspreet S, Narpinder S. Effects of different ingredients and microwave power on popping characteristics of popcorn [J]. *Journal of Food Engineering*, 1999(42):161-165.
- [15] 滕建文. 微波膨化香蕉脆片的加工[J]. 广西轻工业, 2002, (1):27-29.

(责任编辑:朱明)