

重组鱼粒配方及其红外-负压微波喷动联合干燥

刘振彬, 王玉川, 张 慇*

(江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214122)

摘要: 用白鲢鱼和咸蛋清为主要原料, 采用红外-负压微波喷动干燥方式制作松脆可口的重组鱼粒。试验中进行了大量的单因素试验以研究各种原辅料以及喷动工艺参数对重组鱼粒的影响, 通过对膨化倍数、松脆性、感官品质等指标的综合分析, 得重组鱼粒的最优配方(所占鱼肉的质量分数)为: 咸蛋清40%, 木薯淀粉10%和糖含量3%。最佳工艺参数为红外预干燥至水分质量分数25%, 每分钟喷动6次, 33 W/g。此时得到的重组鱼粒的品质最好, 产品具有很好的松脆性和很好的口感。

关键词: 重组鱼粒; 负压微波喷动; 咸蛋清; 红外; 工艺参数

中图分类号: TS 254 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673—1689(2015)06—0621—06

Microwave-Assisted Infrared and Negative Pressure Spouted Drying for Reconstructed Fish Tidbit

LIU Zhenbin, WANG Yuchuan, ZHANG Min*

(School of Food Science, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: The reconstructed fish tidbit from silver carp and salted egg white was obtained by microwave assisted infrared and negative pressure spouted drying. The optimal formula was 10% of tapioca starch, 3% of white sugar and 40% of salted egg white. The best processing parameters were: infrared drying to 25% of moisture content, spouting 6 times per minute, microwave power 33 w/g. With these conditions, the crispy and delicious fish tidbit was manufactured.

Keywords: reconstructed fish tidbit, microwave-assisted negative pressure spouted drying, salted egg white, infrared, process parameters

白鲢鱼是我国四大淡水鱼之一, 富含水分、蛋白质、脂肪, 还含有钙、磷、铁、硫胺素、核黄素等营养物质。白鲢鱼养殖量很大, 是我国产量最高的淡水鱼种, 年产量约500万t。鲢鱼新鲜食用因其具有土腥味、肉薄而且骨刺多, 销路受到限制, 经济效益低, 故可将其加工成高蛋白质、低脂肪、营养丰富且

食用方便的新型休闲食品^[1-2]。咸蛋清中含有较多优质动物性蛋白质, 但是在腌制后蛋清中的盐含量很高, 极大地限制了咸蛋清的利用, 仅有极少量被用于饲料, 以及饼干及面条等面制品的加工, 绝大部分被遗弃, 这样不仅会造成蛋白质资源的极大浪费和巨大的经济损失。同时, 由于咸蛋清的发酵分

收稿日期: 2014-07-20

基金项目: 教育部、广东省产学研结合项目(2012B091000125)

*通信作者: 张慇(1962-), 男, 浙江平湖人, 工学博士, 教授, 博士研究生导师, 主要从事农产品加工与贮藏研究。E-mail: min@jiangnan.edu.cn

解及腐败,对环境、水源造成严重污染。因此,咸蛋清的综合处理和开发利用,已成为一件有意义的事^[3]。负压微波喷动干燥是在真空条件实现物料的喷动干燥,一方面可以使物料中的水分在较低沸点下快速除去,另一方面由于实现了喷动可使微波加热的均匀性极大提高。本试验中通过以白鲢鱼和咸蛋清为主要原料,研究了重组鱼粒的最优配方及工艺参数,采用红外-负压微波喷动联合干燥方式制取口感松脆鲜美的重组鱼粒,这对于提高白鲢鱼和咸蛋清的综合利用率,以及提高其附加值有着重要的意义,同时也可使人们更加方便地摄取优质蛋白质。

1 材料与方法

1.1 试验材料与试剂

白鲢鱼,购买于无锡市雪浪农贸市场;木薯淀粉、玉米淀粉、马铃薯淀粉,无锡圣伦特国际贸易有限公司提供;五香粉、白砂糖、食盐,购于无锡市华润万家超市;咸鸭蛋,购买于湖北神丹公司;碳酸氢钠、氯化钠、蔗糖、六偏磷酸钠、焦磷酸钠、山梨醇均为分析纯,购买于国药集团化学试剂有限公司。

1.2 试验仪器

负压微波喷动干燥设备,江南大学自主研制;101-1-BS电热恒温鼓风干燥箱,上海跃进医疗器械厂制造;CM-14型斩拌机,西班牙MAINCA公司制造;PL203型电子分析天平,TA-XT2质构仪,英国Stable Micro System Co制造;家用冷藏冷冻箱,LG公司制造。

1.3 试验指标与测定方法

1.3.1 试样体积和膨化倍数的测定 体积的测定采用小米测体积法,测出膨化前后物料的体积,物料的体积

$$V = V_2 - V_1 \quad (1)$$

再通过前后体积比计算出膨化倍数,膨化倍数

$$N_v = V_b / V_q \quad (2)$$

式(1)(2)中, V_2 为小米加物料的体积, V_1 为小米的体积, V_b 为膨化后的体积, V_q 为膨化前的体积。

1.3.2 质构测定 质构采用TA-XT2物性测试仪进行测定,试验结果用脆度(g)来表示(测试仪量值显示单位g,1 g=9.8 mN)。脆度是人牙齿咀嚼食物时所用力的间接反映,直接反映了产品的可接受度。根据重组休闲脆粒的物理特性,选用P 0.25S探头(Surrey, UK)。测试条件为:测前速度、测后速度

8 mm/s,测试速度2 mm/s,触发力为20 g,60%的压缩比。试验中将形状规则的脆粒平放于测试台上,每个样品重复测定5次,取较稳定的3次试验数据的平均值作为最终数据。

1.3.3 水分含量测定 采用烘箱常压干燥法,各时刻的水分含量通过定时取样并迅速称质量后在 $(100 \pm 5)^\circ\text{C}$ 的烘箱内烘干至恒质量,并换算得到湿基含水率

$$r = \frac{m - m_0}{m} \times 100\% \quad (3)$$

式(3)中, m 为样品质量, m_0 为干样恒质量。

1.3.4 感官评定方法 选取10位训练有素的感官评定员组成评价小组进行感官评定,主要从重组鱼粒的外观、质地、风味3个方面进行评定,满分10分,以10名评定员的平均评分为综合评分。其评分标准如下^[4]。

1)外观色泽满分4分:外形圆,膨化均匀,无大气泡,呈淡黄色,色泽均匀4分;外形较圆,膨化较均匀,基本无大气泡,呈白中略带黄色,色泽均匀3分;膨化不均或收缩,表面有大气泡,呈黄褐色,色泽不均匀2分。

2)质地满分3分:质地酥脆细腻,膨化适中3分;质地较酥脆,脆度一般,较细腻,膨化较好2分;膨化不好,柔软不酥脆,不细腻1分。

3)风味满分3分:香脆适口有浓郁的鱼肉味,无异味,入口无颗粒感3分;香脆适口,入口稍有颗粒感,有鱼肉味,无异味2分;风味一般,可以接受,入口稍有颗粒感,有淡的鱼肉味1分。

1.4 工艺流程

白鲢鱼→前处理→采肉→去腥→斩拌→擂溃→成型→预凝胶→凝胶→切粒→速冻→红外预干燥→负压微波喷动干燥→包装

1.5 操作要点

1)前处理:选取活的原料鱼,去头、去尾、去内脏,去鱼皮、鱼鳞和较大鱼刺,注意去除腹腔内的那层黑膜。在去皮的时候可以在鱼脊背上划开,然后用手撕下鱼皮。

2)采肉:将较大鱼肉切成1 cm×1 cm×1 cm鱼块。

3)去腥:将采得的鱼肉于质量分数1% NaHCO_3 +质量分数0.4% NaCl 的去腥剂中浸泡2 h^[5],去腥剂与鱼肉的质量比为4:1,脱腥的同时加入冰块降温,控制脱腥温度在6~10℃,同时不断搅拌,浸泡后用自来水清洗干净表面的去腥剂。

4)斩拌:用斩拌机将鱼肉斩碎成鱼糜,为防止蛋白质变性,斩拌温度控制在 10°C 以下,加入质量分数0.15%的多聚磷酸钠、偏磷酸钠和质量分数1%的山梨醇和蔗糖以防止鱼糜在冻藏中发生变性。斩拌时间为4 min。

5)擂溃:擂溃操作过程可分为空擂、盐擂和调味擂。擂溃是鱼糜制品生产的一个重要工序。擂溃分3阶段进行。第1阶段,脱水后的鱼肉放入擂溃机内擂溃,进一步破坏鱼肉的肌肉纤维组织,为防止温度过度升高要加适量的冰,擂溃时间为2 min;第2阶段,加入咸蛋清和适量食盐均匀分散(食盐的量按鱼肉和咸蛋清总质量的2.5%减去咸蛋清中的含盐量求得,咸蛋清的含盐量按质量分数8%计)撒入肉糜中,擂溃时间为4 min,擂溃至浆体发亮、均匀度升高,在盐擂的过程中加入冰块进行降温,使浆体温度控制在 10°C 以下;第3阶段,边搅拌边加入其他配料,擂溃过程中及时加入冰块降温,擂溃时间为8 min^[6]。本试验中用斩拌机代替擂溃机。

6)成型:将制好的鱼糜迅速放在一次性保鲜盒中压板成型,注意压实,为了去除其中的气泡可进行抽真空处理。从鱼糜到压板成型的时间不应太长,以免影响凝胶效果。

7)预凝胶:将压板成型的鱼糜放在 37°C 的烘箱中进行预凝胶50 min,上面可覆盖一层湿纱布以防止表面形成一层较硬的硬膜。

8)凝胶:将上步预凝胶的鱼糜转移到 95°C 的烘箱中处理35 min,同时表面覆盖一层湿的纱布防止表面形成硬膜。

9)切粒:将成型的鱼糜凝胶切成 $10\text{ mm}\times 10\text{ mm}\times 10\text{ mm}$ 鱼粒,再放在超低温冰箱中速冻,然后将其拿出解冻。

10)红外预干燥:用中短波红外线将鱼粒预干燥至一定的水分含量,温度在 95°C 左右。

11)负压微波喷动干燥:将预干燥的鱼粒用负压微波喷动干燥机进行后期干燥至水分质量分数在7%以下。

12)包装保存:将鱼粒放凉后真空包装,置于低温干燥环境。

2 结果与分析

2.1 原辅料对重组鱼粒品质的影响

2.1.1 不同淀粉的选择 在调味擂溃过程中分别

加入8%(占鱼肉和蛋清总质量)的木薯淀粉、马铃薯淀粉和玉米淀粉,其他辅料以及咸蛋清制成成品,分析其感官、膨化倍数和脆性等特性。由图1可以看出,添加木薯淀粉的感官评分最高,膨化均匀度较好,质地也较为松脆。添加马铃薯淀粉的重组鱼粒的膨化效果最差,仅为2.3,玉米淀粉的膨化效果中等。这是由于木薯淀粉的支链淀粉含量较高,支链淀粉具有很好的伸展性,且具有较大的相对分子质量,在经过糊化后分子之间相互搭接,形成较为复杂的网状结构,同时支链淀粉不易老化,这些因素都有助于膨化^[7],所以木薯淀粉的膨化效果好,质地较为松脆。综合上述因素,选择木薯淀粉作为辅料较好。

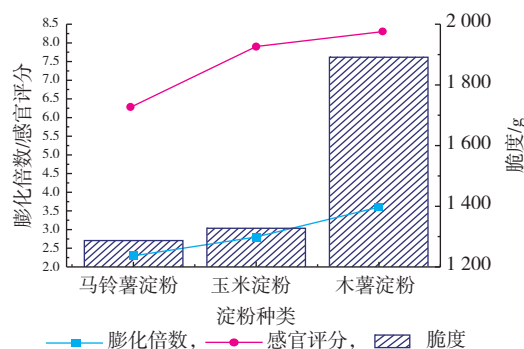


图1 淀粉种类对鱼粒品质的影响

Fig.1 The effect of different starch

2.1.2 不同木薯淀粉含量的选择 由上述推知木薯淀粉作为一种辅料效果最好。选取质量分数6%、8%、10%、12%的淀粉含量,分析其膨化、感官效果等。由图2可以看出,随着木薯淀粉添加量的增加,重组鱼粒的膨化效果和感官评分都呈现先增高、后下降的趋势。在淀粉添加量为质量分数10%的时候鱼粒的品质最好,质量分数超过10%时膨化效果、脆性和感官评分又开始下降。这主要是因为木薯淀粉含有较多的支链淀粉,而支链淀粉具有较好的延展性以及能够形成较好的网络结构,在一定范围内有利于膨化,但当量增加到一定程度时,由于淀粉含量过多而导致糊化不完全,从而影响膨化效果。在淀粉含量较低时,发现鱼粒表面在喷动过程中会形成很多的蜂窝状小孔洞,这可能是由于在喷动过程中相互碰撞而形成,而当淀粉含量在质量分数10%左右时,可以明显地减少喷动过程中形成的表面小孔,且鱼粒的脆度也很好。综合以上分析,选定木薯淀粉的添加量为质量分数10%最好。

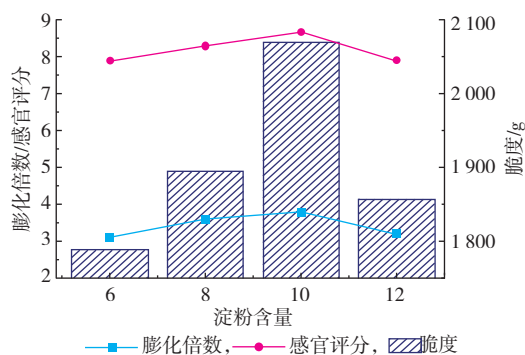


图2 淀粉添加量对鱼粒品质的影响

Fig.2 The effect of different amount of tapioca on product quality

2.1.3 不同糖含量的选择 糖在重组鱼粒的制作过程中有很重要的作用,可以改善重组鱼脆粒的口感,抵抗食盐带来的咸味。同时由于含有较多的羟基,可以影响鱼粒在干燥过程中对微波的吸收,因此试验研究了不同糖含量对鱼脆粒品质的影响。由图3可以看出,随着加糖量的增加,重组鱼粒的膨化倍数、松脆性和感官评分都会下降,这可能是由于蔗糖分子具有多个羟基,具有较强的结合水的能力,当将蔗糖加到鱼糜中去时,蔗糖分子会和淀粉分子中的含水区域相互作用,从而不利于淀粉分子的吸水膨胀,使淀粉糊化不能够完全进行,从而影响膨化效果^[8]。

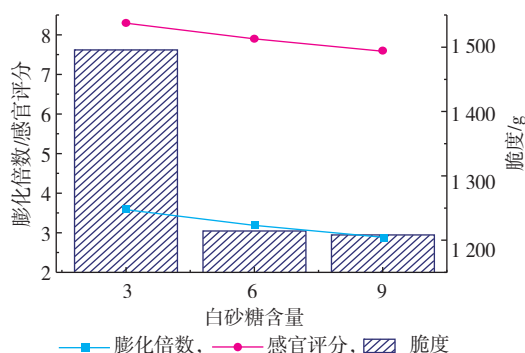


图3 白砂糖添加量对鱼粒品质的影响

Fig.3 The effect of different amount of white granulated sugar on product quality

2.1.4 不同咸蛋清添加量的选择 蛋白质的相对分子质量很大,在鱼粒膨化过程中能够形成一定的骨架,是鱼粒膨化的重要因素,且在重组鱼粒中加入咸蛋清能够充分利用利用率很低的咸蛋清。本文讨论了不同咸蛋清的添加量(占鱼肉的质量分数)对鱼粒品质的影响。由图4可以看出,随着咸蛋清添加量的增加,鱼粒的膨化倍数逐渐增大,

这是由于蛋白质分子本身是一种高分子物质,在蛋白质变性时分子会相互聚集成有序的网格结构,同时卵清蛋白质还可与淀粉分子之间相互缠绕、折叠形成更加牢固的网状结构,从而有利于膨化。从感官评分来看,当咸蛋清含量在质量分数50%时,虽然膨化倍数较高,但是由于咸蛋清里含有较高的盐分,会导致鱼粒的咸味较重,导致很多人不能接受,同时这也与现代提倡的低钠饮食方式相悖。综上因素,确定咸蛋清的合适添加量为质量分数40%。

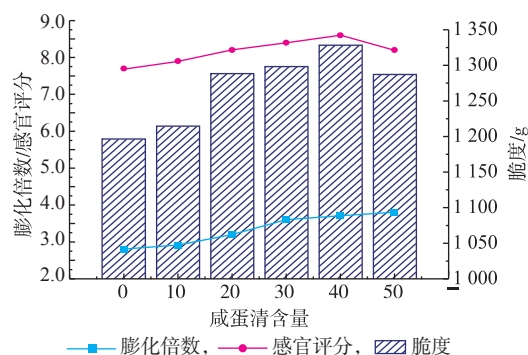


图4 咸蛋清添加量对鱼粒品质的影响

Fig.4 The effect of different amount of salted egg supernatant on product quality

2.2 负压微波喷动加工工艺的影响

2.2.1 红外预干燥 在用负压微波喷动干燥法重组鱼粒的过程中,水分含量较高的鱼粒之间会相互粘连在一起影响喷动效果以及膨化倍数,因此用中短波红外干燥箱先将重组鱼粒干燥至一定的含水量,然后再转移至负压微波喷动干燥设备中进行后期干燥。红外干燥是利用红外线被物料吸收后将光能转化为热能的一种干燥方法。红外线使物料内部水分得到加热,形成内高外低的温度梯度,这与水分梯度引起的水分扩散方向是一致的,因此可以极大地提高干燥的速度。本试验中采用95℃的干燥温度。由图5可以看出,在水分含量较高时,干燥速率很快,在水分质量分数约30%时干燥速率明显下降,这可能是由于在干燥后期鱼粒表面形成了一层硬膜,阻碍了水分的散失。

2.2.2 不同微波功率下的干燥曲线 通过红外线预干燥至水分质量分数在25%的重组鱼粒放在负压微波喷动设备中进行喷动干燥,真空度在-0.08~-0.085 MPa之间波动,物料量为80 g,在干燥过程中干燥至一定时间后将物料取出再放进相同质量的另一批物料,干燥至所需要的时间,由此测出的不

同功率下的干燥曲线见图6。

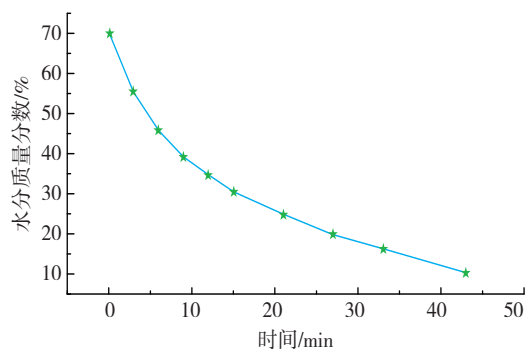


图5 红外干燥曲线

Fig.5 Drying curve of re-structured fish tidbit under infrared ray

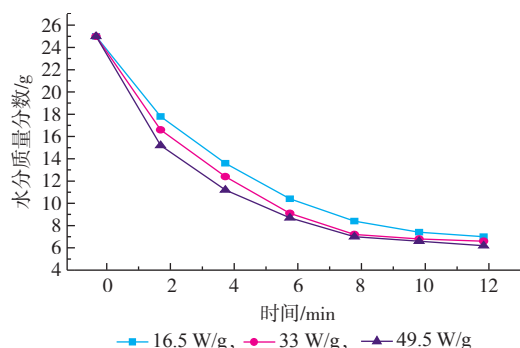


图6 不同微波功率下的干燥曲线

Fig.6 Drying curves of re-structured fish tidbit under different microwave power

由图6可知,功率越大,干燥的速率相应也较大,但区别不是很明显,前期的干燥速率较快,后期的干燥速率缓慢下降,但都能将鱼粒的水分质量分数在8 min内从25%下降到7%以下,从而实现鱼粒的快速干燥。

2.2.3 不同喷动次数对鱼粒品质的影响 干燥过程中喷动次数对鱼粒干燥的均匀性影响很大,喷动次数越高,干燥的均匀性越好,但相应的由于破真空的次数过多会导致腔体中的真空度降低而影响膨化效果。试验中为探究不同的喷动次数对鱼粒品质的影响因素,设置了每分钟喷动3、6、9次,来探究合适的喷动次数。由图7可以看出,随着喷动次数的增加,鱼粒的膨化倍数随之下降,这是由于物料的喷动次数过多,导致破真空的程度较大,使负压干燥腔体中的真空度较低,从而影响鱼粒的膨化效果。同时由于喷动次数较少,鱼粒干燥的均匀性较差,有些鱼粒没能实现很好的膨化,且有些鱼粒出现焦黄现象。

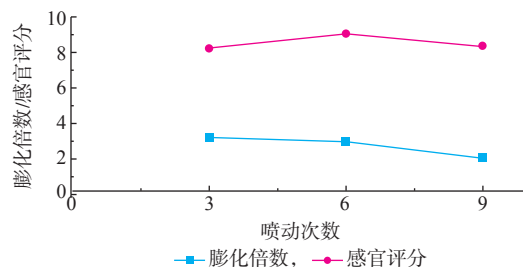


图7 喷动次数对鱼粒品质的影响

Fig.7 The effect of different spout times on product quality

由图7还可以看出,喷动3次和6次鱼粒的膨化效果差别不大,但随着喷动次数的提高,鱼粒干燥的均匀度有较大提高,而且没有出现有些鱼粒的焦黄现象。当喷动次数为9次时,鱼粒的膨化度较低,仅为2.73,且由于鱼粒在喷动的过程中相互碰撞而形成的表面空洞较多。综合以上因素,选定物料的喷动次数为每分钟6次最好。

2.2.4 不同初始含水量对鱼粒品质的影响 通过预实验发现负压微波喷动的初始含水量对鱼粒的品质有重要的影响,而且在喷动时如果含水量过高,将会导致很多鱼粒粘结在一起不能实现喷动,同时还会导致众多的鱼粒粘连在喷动腔体的玻璃管上,这些因素都会影响鱼粒的品质。通过预实验,设置了质量分数10%、15%、20%、25%、30%的喷动初始含水量。由下图8可以看出,水分质量分数在20%以下时,鱼粒之间的膨化倍数之间没有显著差异,膨化倍数都能达到3.3以上,当水分质量分数在25%时,膨化倍数有稍微的下降,但下降也不是很明显。当水分质量分数在30%时,膨化倍数则有较大程度的下降,且在试验过程中发现鱼粒内部形成很多较大的气孔,气孔的均匀性也很差。

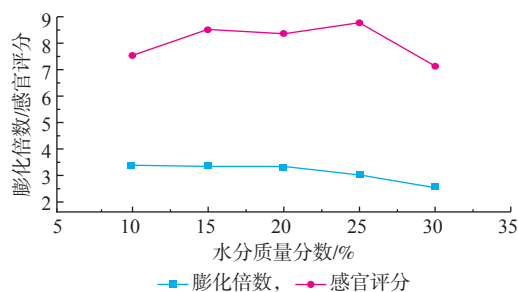


图8 初始含水量对鱼粒品质的影响

Fig.8 The effect of different moisture content on product quality

可见,应控制预干燥时鱼粒的含水量在质量分数30%以下,同时考虑到红外干燥时,越在后期干

干燥速度越慢,水分质量分数从25%降到20%时由图5可看出需要数分钟时间。综合考虑以上因素,选择负压喷动干燥的初始含水量为质量分数25%。

2.2.5 不同微波功率对鱼粒品质的影响 微波功率在鱼粒膨化方面影响很大,微波功率太低时水分从内部向外散失而形成的膨化倍数不佳,而微波功率过高又会导致物料内部易出现焦黄现象,影响鱼粒品质。试验中设置了不同的微波功率进行试验,以确定鱼粒干燥时合适的微波功率。见图9。

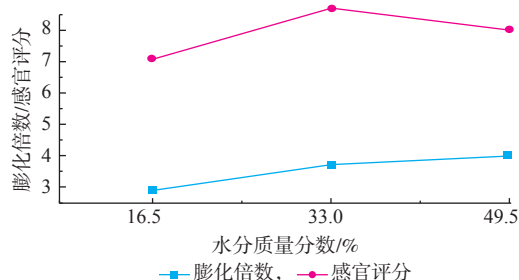


图9 微波功率对鱼粒品质的影响

Fig.9 The effect of different microwave power on product quality

可以看出,功率越高,鱼粒的膨化倍数相应的也越高,这是由于功率较高时物料中的极性分子短时

间内吸收较多的微波而汽化,形成较大的一种从内到外的膨化力,从而有利于膨化的进行。当微波功率较低时,这种膨化力也较低,导致膨化倍数不大。当功率为33 W/g时,膨化倍数达到3.2,高于16 W/g时的膨化倍数。而当微波功率为49.5 W/g时,虽然膨化倍数较高,但由于功率过大,导致鱼粒内部有焦黄现象,从而导致感官评分较低。综合考虑膨化倍数和感官评分,选择33 W/g功率为最合适。

3 结 语

通过一系列的实验和分析得到重组鱼粒的最优配方为:鱼肉质量分数60%,咸蛋清40%(占鱼肉的质量分数),木薯淀粉、白砂糖分别为鱼肉和咸蛋清总质量的10%和3%,适量的五香粉。最佳工艺条件为:中短波红外预干燥至水分质量分数25%,然后在负压微波喷动干燥设备中每分钟喷动6次,微波功率在33 W/g。采用鱼糜与咸蛋清重组制得的休闲鱼脆粒,一方面可以充分地利用白鲢鱼这种大宗淡水鱼以及利用率很低的咸蛋清,另一方面又可以更好更方便地满足人们对优质蛋白质的摄取,具有广阔的市场前景。

参考文献

- [1] 王隽冬,张国琛,王麓璐,等.微波真空干燥技术及其在水产品加工中的应用[J].大连水产学院学报,2009,24(1):202-205.
WANG Juandong, ZHANG Guochen, WANG Lulu, et al. Microwave vacuum drying technology and application in fishery product processing[J]. *Journal of Dalian Fisher*, 2009, 24(1): 202-205. (in Chinese)
- [2] Channarong Chomnawang, Kasem Nantachai, Jirawat Yongsawatdigul, et al. Chemical and biochemical changes of hybrid catfish fillet stored at 4°C and its gel properties [J]. *Food Chemistry*, 2007, 103(2): 420-427.
- [3] 谢颖,方东升,周璟明,等.絮凝技术应用于咸蛋清综合利用[J].北京农业,2014,2(3):6-9.
XIE Ying, FANG Dongsheng, ZHOU Haoming, et al. The comprehensive utilization of salted egg white by flocculation technology [J]. *Beijing Agriculture*, 2014, 2(3): 6-9. (in Chinese)
- [4] ZHANG Jun, ZHANG Min, SHAN Liang. Microwave-vacuum heating parameters for processing savory crisp bighead carp (*Hypophthalmichthys nobilis*) slices[J]. *Journal of Food Engineering*, 2007, 79(3): 885-891.
- [5] 张骏,张慙,单良.真空微波工艺条件对香脆鳊鱼片品质的影响[J].食品与生物技术学报,2006,25(2):37-41.
ZHANG Jun, ZHANG Min, SHAN Liang. Effect of microwave-vacuum on the quality of crisp bighead carp slices[J]. *Journal of Food Science and Biotechnology*, 2006, 25(2): 37-41. (in Chinese)
- [6] 吴文龙.罗非鱼鱼丸的加工工艺研究[J].食品科学与技术,2006,2(3):39-43.
WU Wenlong. Study on processing technology of tilapia surimi[J]. *Food Science and Technology*, 2006, 2(3): 39-43. (in Chinese)
- [7] 杨志娟,冯嘉诚.用小虾肉制作香辣脆片的加工工艺研究[D].湛江:广东海洋大学,2009.
- [8] 陈凤杰,张慙.真空微波干燥重组鱼丸的研究[J].食品与生物技术学报,2002, 31(7):702-708.
CHEN Fengjie, ZHANG Min. The study of vacuum microwave drying re-structured fish balls[J]. *Journal of Food Science and Biotechnology*, 2002, 31(7): 702-708. (in Chinese)