

文章编号:1673-1689(2005)05-0089-05

银鱼冷冻干燥的工艺

邹兴华, 过世东, 银红娟, 檀亦兵

(江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214036)

摘要: 研究并优化了银鱼冷冻干燥时的工艺条件, 包括预冻方式、加热板程序对冷冻干燥过程的影响, 得出银鱼冻干工艺条件为: 采用中速冻结的方式将银鱼预冻, 在 10 Pa 左右的真空度、冷凝器温度为 -45°C 的条件下, 采用的加热板加热程序分别为 0°C 保持 3 h, 10°C 保持 0.5 h, 20°C 保持 0.5 h, 然后将温度升高至 40°C . 当物料温度接近于加热板温度的时候表示物料基本冻干.

关键词: 银鱼; 冻干; 加热板程序

中图分类号: S 983

文献标识码: A

The Experimental Study of Freeze Drying Technology of Whitebait

ZOU Xing-hua, GUO Shi-dong, YIN Hong-juan, TAN Yi-bing

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

Abstract: The purpose of this study is to optimize the freeze drying condition of whitebait, including the mode of pre-freezing and heating procedure of plate. The result was as follows: pre-freezing the whitebait at medium cooling rate, a pressure about 10 Pa, a condenser temperature of -45°C . In addition, the heating plate procedure was as follows: keeping the temperature in 0°C for 3 hours, then increasing temperature to 10°C for half an hour, and to 20°C for another half an hour, in the end, rising temperature to 40°C till the temperature of sample reached the plate temperature.

Key words: whitebait; freeze drying; heating procedure

银鱼 (*Hemisalanx prognathus*) 属鲑形目, 主要分布在我国以及东北亚等地区^[1]. 银鱼个体小, 其味佳, 具有较高的经济价值. 由于银鱼的肉质比较细嫩、其体内的组织蛋白酶的活性较强, 极易腐败变质^[2], 从而使银鱼的贮藏加工显得极为重要. 传统的方法是将银鱼晒干或烘干以及将其速冻. 但前者对银鱼的色泽、外观和营养成分破坏较大, 后一种方法则不利于贮藏运输. 真空冷冻干燥技术 (简称冻干) 是干燥技术领域科技含量高, 涉及面广, 同时也是成本较为昂贵的一种技术. 由于冻干

技术的特点, 冻干产品具有复水性能佳, 色泽保持好, 营养成分损失少, 便于运输, 易于长期保存等优点, 从而使其成为干燥技术发展的前沿^[3].

鉴于以上分析, 本研究将冻干技术应用于银鱼的加工, 研究银鱼冻干过程的工艺特性, 主要包括冻结时的降温速率、加热板温度、冷凝器温度对冻干过程的干燥情况、质构和产品含水率、复水性的影响以及其色度和鲜度的影响, 从而得出银鱼冻干的最佳工艺条件. 为了考察冻干技术的先进性, 还将冻干产品和热风干燥的产品进行了比较, 以期为

收稿日期: 2004-09-16; 修回日期: 2004-12-13.

作者简介: 邹兴华 (1979-), 男, 山东威海人, 食品科学与工程硕士研究生.

万方数据

开发冻干银鱼这一高档水产品提供理论和技术依据.

1 材料与方法

1.1 材料与设备

1.1.1 材料 银鱼:购于当地市场.

1.1.2 设备 热差扫描仪(DSC):美国 PE 公司生产;色差计 TCT-;上海棱光光学技术有限公司生产;TA. XT_{2i} 物性测试仪:英国 Stable Micro System 生产;普通冰箱:海尔 BCD-216E/B 生产;超低温冰柜:美国 Asheville NC 生产公司生产;液氮生物容器:四川亚西机器厂生产;冻干机:美国 LA-CONCO 公司生产;热电偶温度计:深圳市胜利高电子科技有限公司生产.

1.2 实验方法

1.2.1 银鱼共晶点的测定 该方法是利用物料冻结前是“过冷”的,冻结时放出潜热而使其自身温度略有上升这一物理现象来测定共晶点^[4].实际测定时,通过 DSC 测量热焓的变化来确定共晶点.

1.2.2 冻结速率的确定及冻结试验

1)冻结速率的确定

将晾洗干净的银鱼用游标卡尺量出鱼体中间

最厚处表面到中心的距离(d)后分别置于普通冰箱、超低温冰箱以及液氮中进行冻结,用热电偶温度计测定鱼体中心温度达到 $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 所需要的时间(t),然后根据公式 $F_r=d/t(\text{cm/h})$,算出冻结速率(式中 F_r 为冻结速率).其结果为普通冰箱 F_r 为 1.3 cm/h ,超低温冰箱 F_r 为 3.9 cm/h 液氮冻结 F_r 为 6.8 cm/h .

2)冻结试验

在确定冻干的速率之后将大批量的银鱼分别进行慢速、中速和快速预冻,然后放入冻干机中干燥,真空度为 10 Pa 左右,加热板温度为程序升温,冷凝器温度为 $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$.在干燥的过程中测定物料质量变化,干燥完测定其复水性,并进行质构分析.

1.2.3 加热程序对干燥过程和产品品质的影响

1)加热板加热程序对干燥过程的影响

将中速预冻的银鱼放入干燥室进行干燥,干燥室的真空度为 10 Pa ,加热板所采用的加热板程序如表 1 所示.冷凝器温度为 $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$.在干燥过程中记录物料温度的变化以及物料外观的变化.

2) 加热板加热程序对产品品质的影响

将不同加热程序下干燥的银鱼进行复水性、色差、质构以及挥发性盐基氮的分析.

表 1 加热板加热程序(PTN)

Tab.1 Heating procedure

序 列 号	1 阶段		2 阶段		3 阶段		1 阶段	
	加热 温度/ $^{\circ}\text{C}$	维持 时间/h	加热 温度/ $^{\circ}\text{C}$	维持 时间/h	加热 温度/ $^{\circ}\text{C}$	维持 时间/h	加热 温度/ $^{\circ}\text{C}$	维持 时间/h
PTN1	-20	4	-5	1	10	0.5	30	至干燥
PTN2	-13	4	0	0.5	10	0.5	40	至干燥
PTN3	0	3	10	0.5	20	0.5	40	至干燥
PTN4	10	3	20	0.5	30	0.5	40	至干燥
PTN5	30	3	40	至干燥				

1.2.4 产品理化品质的测定与评价 与冻干工艺条件有关的理化指标为:含水率、复水能力、体积收缩率、质构性和白度以及鲜度.其中复水能力又以复水速率和复水量进行衡量.

1) 含水率采用 GB9695.15—88 测定.

2) 复水能力:称取 20 组冻干银鱼,每组 1 g ,置于 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 恒温水浴锅中进行浸泡,浸泡时间为 $2,4,6,8\cdots\cdots 40\text{ min}$,取出滤干,晾干表面的水后进行称重,记录出现恒质量的时间和质量,计算复水量并绘制复水速率曲线.

3) 体积收缩率:随机取晾干后的银鱼 5 条,用

量筒分别量取其体积 V_0 .冻干后将该 5 条鱼涂抹凡士林并放入量筒中测量其体积 V_1 ,则各条鱼的收缩率 $\%=\frac{(V_0-V_1)}{V_0}\times 100$.

4)质构性:采用二次压缩法测弹性

弹性指产品本身在第一次压缩过程中变形后的“弹回”程度,这种“弹回”程度可在第二次压缩时进行测量,两次压缩动作的间隙时间必须保证产品已弹回到最大限度.弹性度量有多种方法,常用的是二次穿刺试验.实验中运用 TPA 模式,选用 cyl-inder p/0.5 探头对肉进行二次穿刺试验.典型的测

试图见图 1, 所采用的计算弹性方法为第二次穿刺的测量高度 (Length2) 同第一次测量的 高度 (length1) 的商^[5].

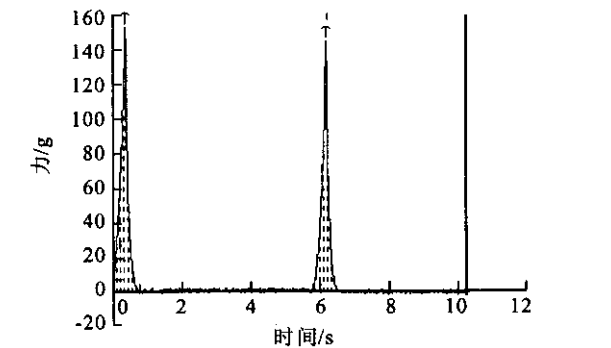


图 1 银鱼二次压缩试验之压力-时间曲线图

Fig. 1 Pressure - time curve of using two times compression method of whitebait experiment

5) 白度: 采用色差计来测定. 将粉碎后的银鱼放入测量盒中, 按下测试键, 即可显示测定结果, 选择 L^* 、 a^* 、 b^* 表示. 其中 L^* 表示明度指数, 其值越大, 产品约趋向于白色; a^* 表示红绿方向 b^* 表示黄蓝方向^[6]. 因为银鱼通体透明, 发白, 因此我们选用 L^* 作为评价指标, 其值越大, 表示干燥后产品的色泽越好.

6) 鲜度: 采用国标 GB/T 5009. 44 挥发性盐基氮的检测作为评价指标.

1.3 银鱼冻干工艺与对照组设立

1.3.1 冻干工艺 鲜银鱼→筛选→漂洗→沥水→装盘→预冻→冷冻干燥

1.3.2 对照组设立 将晾洗好的银鱼分别置于 50℃ 热风干燥箱内进行干燥. 同时对其品质进行测定与评价, 以资比较.

2 结果与分析

2.1 共晶点的确定和分析

所谓食品的共晶点就是食品中的水分全部冻结的温度. 试验所得的 DSC 曲线如图 2 所示, 从中可以推断出银鱼的共晶点温度为 -10.575°C , 在对鱼体进行冻结的时候要使冻结温度低于共晶点温度 $5\sim6^{\circ}\text{C}$ 也就是在 -16°C 以下温度冻结, 从而保证鱼体完全冻结.

2.2 冻结方式对干燥速率和产品质量的影响

在冷冻干燥过程中不同的预冻方式所对应的物料质量变化情况和产品复水速率如图 3、图 4 所示.

由 3 可知, 预冻速度越慢, 物料在干燥过程中的质量减少的越快, 既表征了干燥速度越快. 其理

论依据为: 慢冻导致大冰晶的形成, 而冰晶在升华后遗留下来的空穴比较大, 从而有利于后续冰晶升华时的水蒸气的逸出^[7].

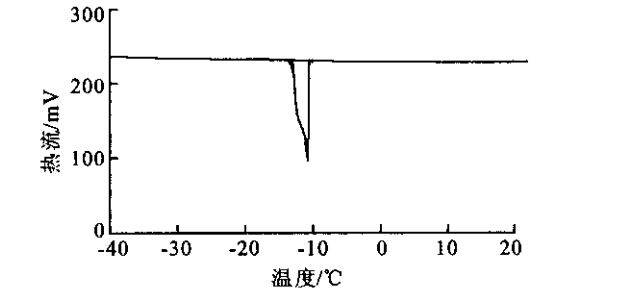


图 2 银鱼的 DSC 曲线(扫描速率为 5 °C/min)

Fig. 2 DSC curve of whitebait (scanning rate 5 °C/min)

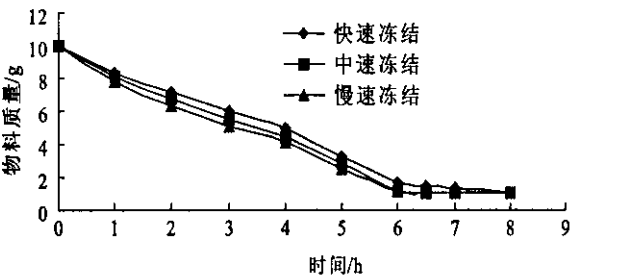


图 3 预冻方式对干燥速率的影响

Fig. 3 Effect of pre-freezing on the drying rate

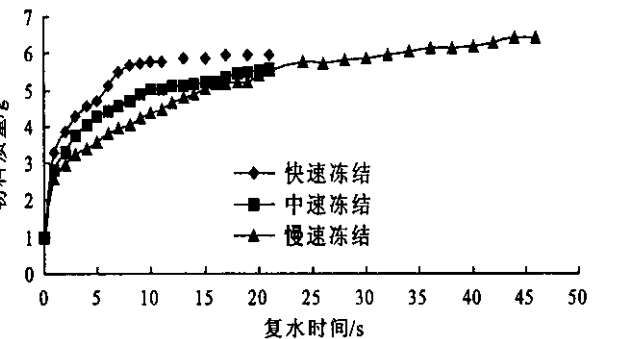


图 4 预冻方式对复水速率的影响

Fig. 4 Effect of pre-freezing on rehydration rate

由图 4 可知, 随着降温速率的降低, 产品的复水量减少, 这是因为慢冻会导致大冰晶的形成, 大冰晶会穿破、破坏细胞膜, 因而产品的复水性较差. 速冻的鱼体由于冻结时强烈的内外温差应力导致鱼体结构的急剧破裂, 从而降低了复水的速率, 而中速冻结则避免了上述两者冻结方式的缺点. 结合两方面的因素, 我们将预冻的方式选为中速冻结.

2.3 加热程序对干燥过程和产品质量的影响

2.3.1 加热程序对干燥过程物料温度变化和产品外观的影响 不同的加热板加热程序对干燥过程物料的温度影响情况如图 5 所示, 从图中可以看到鱼体初期的温度都保持在共晶点温度以下. PTN1-4 加热程序使产品的外观保持良好, 但在加热板程

序设定为 PTN5 时,表皮出现严重鼓泡现象并且产品包装后出现了较多的粉末,因此银鱼冷冻干燥的初期阶段应该采用较低的温度。

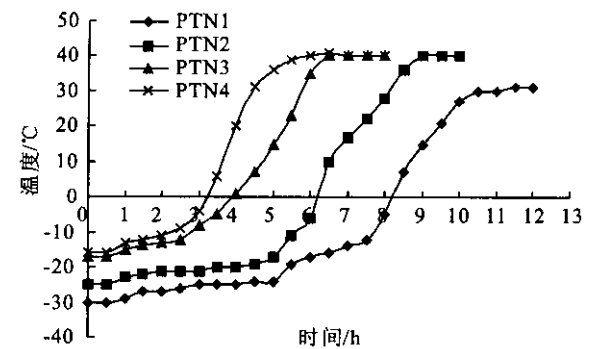


图5 不同加热板加热程序对物料温度的影响

Fig. 5 Material temperature under different heating procedure

2.3.2 加热板加热程序对干燥速率和干燥后产品品质的影响 加热板加热程序对干燥速率和干燥后产品品质的影响如表 2 和图 6 所示,从中可看出,

PTN1 和 PTN2 的干燥时间相对较长,而其产品质量和 PTN3 相比差异并不是特别明显. PTN3 和 PTN4 相比较,两者的干燥时间差异相对较小,在干燥速率相差不大的情况下,加热板温度越低越好,而表 2 的结果也证明了 PTN3 的产品质量要好于 PTN4.

结合以上分析,我们将加热板加程序选定为 PTN3.

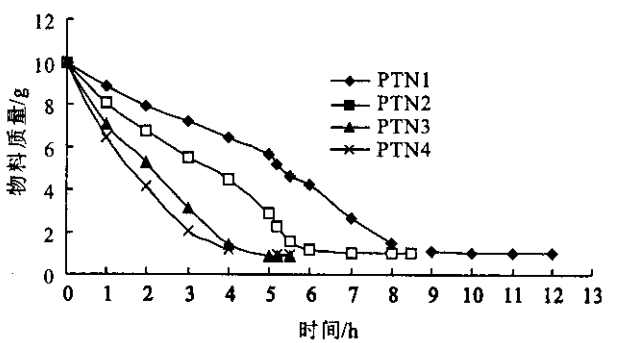


图6 不同加热板加热程序对干燥速率的影响

Fig. 6 Effect of heating procedure on drying rate

表 2 不同的加热板加热程序所对干燥后产品质量的影响

Tab. 2 Effect of heating procedure on the product quality

加热板程序	含水率/%	体积收缩率/%	白度 L*	弹性	挥发性盐基氮/mg/g	复水速率/水增加额/min	复水时间/min	复水后水分含量/%
PTN1	3.5	34.2	83.19	0.039	4.2	4.06	20	84.6
PTN2	3.0	37.7	83.45	0.036	4.2	4.22	19	83.2
PTN3	2.6	35.0	83.54	0.036	4.2	4.77	17	83.7
PTN4	2.5	41.2	83.11	0.032	4.9	4.07	20	83.8

2.4 银鱼冻干工艺条件确定以及其产品质量与热风干燥的比较

2.4.1 银鱼冻干工艺条件的确定 总结以上的分析,银鱼冻干较好的工艺条件是采用中速冻结的方式将银鱼预冻,在 10 Pa 的真空度、冷凝器温度为 -45 ℃ 的条件下,采用的加热板加热程序为 0 ℃ 保

持 3 h; 10 ℃ 保持 0.5 h; 20 ℃ 保持 0.5 h,然后将温度升高至 40 ℃. 当物料温度接近于加热板温度的时候表示物料基本冻干.

2.4.2 冻干产品与热风干燥产品的比较 按上述最佳工艺条件对银鱼进行冻干,并将获得的产品同热风干燥的产品相比较结果如表 3 所示.

表 3 冻干产品同热风干燥的产品质量之比较

Tab. 3 Quality comparison between freeze drying and hot air drying

评价项目		冷冻干燥	热风干燥
感官指标	色泽(L*)	83.54	79.12
	组织形态	通体洁白 鱼体原来框架结构保持良好,表皮无气泡,收缩很小.	颜色为淡黄 严重收缩变形,基本无原来鱼体框架结构
物理指标	复水量(g 水/g 产品)	5.16	2.68
	复水时间(min)		
	复水速率(水增加额/min)	17	28
	质构性(弹性)	4.77	2.28
	体积收缩率/%	0.036	0.007
		35	75

由表 3 可见,冷冻干燥银鱼的产品质量要远远好于热风干燥.

3 讨 论

1) 本研究在国内率先将冷冻干燥技术用于银鱼的保藏加工,并在该加工过程引入了加热板程序升温的加热方式.

2)传统的冷冻干燥工艺通常采用单一的加热方式,像 Sablani 在 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下干燥沙丁鱼到 4% 含水率(干基)需要 72 h^[9],也有的采用较高的加热板温度,虽然降低了干燥时间,但保证不了产品质量.而我们采用加热板程序升温的加热方式,既保证了产品质量又在一定程度减少了干燥的时间.

参考文献:

[1] 伍汉霖,邵广昭,赖春福.拉汉世界鱼类名典[M]. 基隆:台湾水产出版社,1999.79—80.

[2] 刘惠生.银鱼的开发利用和外贸[J]. 水产学杂志,1998,(1)85—88.

[3] 全国农产品干燥技术情报网.农产品干燥技术学术会论文集[C]. (1989—1991 年),1993.134.

[4] 赵鹤皋,林秀城.冷冻干燥技术[M]. 北京,中国轻工业出版社,1990.10—11.

[5] 蒋予箭,周雁.肉类弹性测定方法的研究[J]. 食品科学,2002,(4):99—102.

[6] Taner Baysal,Filliz Icier, Seda ersus. Effect of microwave and infrared drying on the quality of carrot and garlic[J]. **Europe Food Research Technology**, 2003, 218:68—73.

[7] F Shishegarha, J Makhlof, C Ratti. Freeze-drying characteristics of strawberries[J]. **Drying Technology**,2002, 20 (1): 131—145.

[8] S Litvin,C H Manheim,J Miltz. Dehydration of carrots by a combination of freeze drying, microwave heating and air or vacuum drying[J]. **Journal of Food Engineering**,1998,36,103—111.

[9] Sablani S S, Myhara R M M. Water sorption isotherm of freeze fish sardines[J]. **Drying Technology**,2001,19(4):673—680.

(责任编辑:杨 萌)

(上接第 88 页)

作者成功地克隆出 GDHt- β 亚基的基因序列并进行了核苷酸序列分析,为重组 GDHt 的表达提供了可靠的基因材料,并为进一步研究 GDHt- β 亚基的

结构、生物学功能及与辅酶 B12 之间的作用方式奠定基础.

参考文献:

[1] Toraya T. Radical catalysis of B₁₂ enzymes: structure, mechanism, inactivation, and reactivation of diol and glycerol dehydratases[J]. **Cell Mol Life Sci**, 2000, 57:106—127.

[2] Raynaud C, Sarcabal P, Meynial Salles I, *et al.* Molecular characterization of the 1,3-propanediol (1,3-PD) operon of *Clostridium butyricum*[J]. **Proc Natl Acad Sci U S A**, 2003,100(9):5010—5015.

[3] 邵敬伟,刘长江. *Klebsiella pneumoniae* 甘油脱水酶 α 亚基基因的克隆与序列分析[J]. 食品与生物技术学报, 2004, 23 (2):27—30.

[4] Tobimatsu T, Azuma M, Matsubara H, *et al.* Cloning, sequencing and high-level expression of the genes encoding adenosylcobalamin-dependent glycerol dehydrase of *Klebsiella pneumoniae*[J]. **J Biol Chem**, 1996,271: 22352—22357.

(责任编辑:李春丽)