

一种即食带壳无头虾的冻干工艺研究

马金铃¹, 卢利群², 段青源³, 桑卫国^{1*}

(1. 宁波大学 应用海洋生物技术教育部重点实验室, 浙江 宁波 315211; 2. 海通集团股份有限公司, 浙江 宁波 315300; 3. 宁波市海洋与渔业研究院, 浙江 宁波 315000)

摘要: 采用差示热量扫描法测定对虾的共晶点, 在此基础上建立对虾的冷冻干燥工艺, 并对冻干产品复水后的品质进行评价. 结果显示对虾的共晶点为 -14.2°C , 所建立的对虾冷冻干燥工艺为: 对虾在 -22°C 或以上的冰箱中预冻 5 h; 干燥仓搁板温度为在 0~1 h 时, 从 50°C 上升到 60°C ; 1~4 h 时, 保持在 60°C ; 4~5 h 时, 由 60°C 上升到 70°C ; 5~10 h 时, 保持在 70°C ; 10~15 h 时, 由 70°C 降温至 50°C ; 整个冻干过程的真空度维持在 0.5 Torr (66.66 Pa) 左右; 干燥 15 h 后, 对虾的水分由最初的 70.2% 降低为 4.2%, 达到目标水分含量. 冻干对虾复水后, 其硬度、咀嚼性均有不同程度的降低, 差异显著, 而弹性和黏聚性无显著差异.

关键词: 南美白对虾; 真空冷冻干燥; 工艺; 品质

中图分类号: S986.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2014) 04-0022-05

南美白对虾学名凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*), 原产于中、南太平洋水域, 是目前世界上三大养殖对虾中单产量最高的虾种, 浙江是该对虾的养殖大省^[1]. 南美白对虾营养丰富, 此外还含有多种微量元素和维生素^[2].

由于对虾捕捞季节集中, 产品贮藏保鲜和深度加工滞后, 所以有必要对南美白对虾进行深加工, 提高其附加值. 真空冷冻干燥(冻干)技术能在低温状态下将固态冰直接汽化成水, 避免传统脱水方法带来变色、变质、变味、成分流失等缺陷^[3].

目前为止, 在国内外真空冷冻干燥应用于食品加工有许多, 如鹿茸^[4]、红烧肉^[5]、海参^[6-7]、银鱼^[8]等, 但国内虾类加工还处于初步阶段. Boeh^[9]对虾等进行了真空和常压冷冻干燥的比较研究, 发现后者耗时更长. 何学连对白对虾(*Penaeus vannamei*)进行多种干燥方式效果的比较, 结果发现, 冷冻干燥的白对虾综合品质最佳, 真空干燥、微波干燥次之, 热风干燥最差^[10]. 目前已有厂家利用真空冷冻干燥发明了一种虾仁制作方法^[11]. 近几年, 国外也有一些关于常压冷冻干燥^[12-14]、真空

冻干与其他方法组合的干燥试验研究报道^[15], 人们在不断寻找方法, 期望能在保证制品质量的前提下, 提高干燥速率, 缩短干燥时间, 降低能耗. 笔者在此基础上, 研究带壳南美白对虾的冻干工艺, 为工厂化生产提供依据.

1 材料与方法

1.1 材料

新鲜南美白对虾购于夏季, 浙江省宁波市水产大世界, 体长平均在 9~12 cm; 食盐、白糖、味精等调味料符合国家食品安全要求.

1.2 主要仪器与设备

冻干实验机, Ufreeze Orying-03 型, 厦门联友冷冻设备有限公司; 差示量热扫描仪, 200 F3 型, 德国 netsch 公司; 质构仪, TA.XT2i 型, 英国 Stable Micro Systems 公司.

1.3 生产工艺

1.3.1 工艺流程

南美白对虾→预处理→预煮→调味→预冻→真空冷冻干燥→分拣→包装.

收稿日期: 2013-04-07.

宁波大学学报(理工版) 网址: <http://journalg.nbu.edu.cn/>

基金项目: 浙江省科技计划项目 (2006C13091); 宁波大学科研项目 (XKL09119).

第一作者: 马金铃 (1988—), 女, 浙江绍兴人, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 食品科学. E-mail: dubai11@sina.com

*通信作者: 桑卫国 (1955—), 男, 浙江宁波人, 副教授, 主要研究方向: 水产品设备. E-mail: sangweigu@nbu.edu.cn

表 1 对虾感官评价评分表

等级	外观色泽	质地口感	风味	评分/分
1	色泽与新鲜烫漂对虾接近, 呈现红色, 体积基本无明显变化	组织结构疏松, 味道鲜美	香味浓郁, 无明显腥味	7~9
2	颜色与新鲜烫漂对虾有差距, 偏黄, 体积有变化	组织结构较疏松, 味道略有不足	香味清淡, 略有腥味	4~6
3	色泽与新鲜烫漂对虾颜色差距较大, 淡黄偏白, 体积收缩也较大	组织结构紧密, 味道一般	有较浓腥味	1~3

1.3.2 操作要点

(1)预处理: 将新鲜南美白对虾清洗, 去杂, 挑除泥筋。(2)预煮(以下所有添加物单位均为质量分数): 洗净的对虾在 0.1%柠檬酸溶液中浸泡 5 min, 然后在加有 2%~3%食盐、1%~5%生姜的沸盐水中热烫 1~2 min, 快速冷渍, 然后去除虾头, 漂洗。(3)调味: 按以下配方在 25℃室温下调味 4 h。盐: 0.5%~2%; 白砂糖: 1%~2%; 味精: 0.01%~0.03%; 辣椒粉: 0.1%~0.5%; I+G: 0.05%~0.2%; 五香粉: 0.1%~0.5%; 虾肉香精: 0.05%~0.2%。(4)预冻: 对虾在 -25℃环境中预冻 5 h 或以上。(5)真空冷冻干燥: 在一定温度及压强条件下冷冻干燥后在密闭容积中平衡水分, 挑选大小基本一致的进行包装。

1.4 检测指标与方法

(1)采用差示量热扫描仪测定 DSC 共晶点。(2)水分含量测定参照 GB5009.3-2010 中的常压干燥法。(3)感官评定: 对虾干冷冻干燥后, 专业人员从外观色泽、质地口感、风味三方面进行评价(表 1), 使用 9 分标度, 5 分以上为可接受。(4)复水性测定: 将 15 g 对虾样品投入 80℃蒸馏水中, 隔 10 min 后称量物料重量, 复水率(%)=干物料吸收水分的重量(g)/干物料重量×100。(5)菌落总数按 GB4789.2-2010 标准测定, 大肠菌群按 GB4789.3-2010 标准测定。(6)质构分析: 选用 P/0.5 柱形探头并调整距离, 每条虾测点数 2 个。参数设置: 预压速度 2 mm·s⁻¹, 下压速度 3 mm·s⁻¹, 压后上行速度 5 mm·s⁻¹, 2 次压缩中间停顿 5 s, 试样深度为 50%。

2 结果分析

2.1 南美白对虾的共晶点测定

应用差示量热扫描仪 DSC 对调味后对虾进行 -30℃→20℃→-30℃扫描, 扫描速度为 10℃·min⁻¹, 结果如图 1 所示: 对虾共晶点为 -14.2℃, 确定对虾

的预冻温度最好在 -22℃以下。

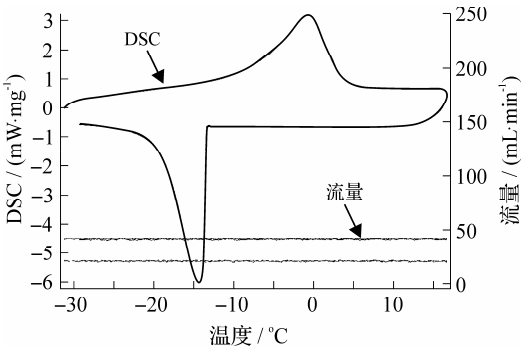


图 1 南美白对虾肉的 DSC 曲线

2.2 干燥搁板的温度

变温干燥是冷冻干燥主要方式, 因此以搁板温度为因素, 以虾干复水性、感官评价为评价指标进行单因素实验, 因素水平见表 2, 结果见表 3。

表 2 真空冷冻干燥机搁板温度水平表

时间/h	温度/℃		
	水平 1	水平 2	水平 3
0~1	40~70	40~60	40~50
1~4	70	60	50
4~5	70~80	60~70	50~60
5~10	80	70	60
10~15	80~60	70~50	60~40

表 3 对虾感官评价及复水性表

水平	感官评价/分				复水率/%
	外观色泽	质地口感	风味	总评	
1	5±0.707	6±0.866	6±1.000	17 ^a ±2.57	205.5 ^a ±7.810
2	7±0.866	8±1.000	7±0.866	22 ^b ±2.73	234.2 ^b ±2.594
3	7±0.866	7±0.707	7±0.707	21 ^b ±2.28	223.0 ^b ±6.082

注: a 和 b 表示采用单因素方差分析, 字母相同者差异不显著, 字母不同表示差异显著(P<0.05), 下表同。

由表 2 和表 3 的相关数据可见, 对虾冷冻干燥搁板最适温度为 0~1 h 时, 从 40℃上升到 60℃; 1~4 h 时, 保持在 60℃; 4~5 h 时, 由 60℃上升到 70

℃; 5~10 h 时, 保持在 70℃; 10~15 h 时, 由 70℃降温至 50℃; 在此温度下生产的虾干, 其感官评价和复水性最好。

2.3 对虾的真空冷冻干燥曲线

由上述较佳工艺可得对虾的真空冷冻干燥曲线(图 2)。由图 2 可见, 在 0~7 h 时, 搁板温度由 40℃上升至 70℃, 对虾温度上升缓慢, 仅由 -30℃上升到 -25℃, 吸收的热量主要用来增加温度, 而用于升华的很少; 在 7~11 h 时, 搁板温度先是维持在 70℃, 再逐渐降低, 对虾温度却迅速上升, 此时由于对虾水分的减少和冰层的后退, 外部提供的热量大部分用于水分升华; 在最后 3 h 内, 对虾温度上升至 50℃, 与搁板温度一致。

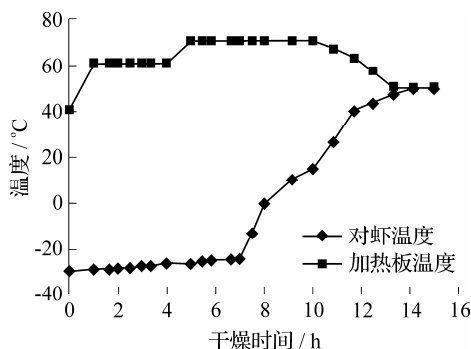


图2 对虾的冷冻干燥曲线

2.4 对虾冻干过程中水分变化

在上述较佳工艺条件下, 对虾真空冷冻干燥过程中水分含量随干燥时间变化如图 3 和图 4 所示。结果发现, 在 0~5 h 内, 对虾脱水速度较慢, 由 70.2%减少到 63.1%, 平均脱水速率为 $1.49\% \cdot h^{-1}$; 在 5~12 h 内, 脱水速度较快, 由 63.1%减少到 10.4%, 其中 5~8 h、8~10 h、10~12 h, 平均脱水速率分别为 $7.8\% \cdot h^{-1}$ 、 $8.25\% \cdot h^{-1}$ 、 $6.35\% \cdot h^{-1}$; 在 12~16 h 内, 脱水速度又趋于稳定, 由 10%减少到 2.5%, 在 12~14 h、14~15 h、15~16 h 内, 脱水速率分别为 $2.02\% \cdot h^{-1}$ 、 $2\% \cdot h^{-1}$ 、 $1.8\% \cdot h^{-1}$ 。

2.4 微生物检测

经检测, 真空冷冻干燥的对虾菌落总数平均为 $5.4 \times 10^3 \text{ cfu} \cdot g^{-1}$, 大肠菌群 $< 0.3 \text{ MPN} \cdot g^{-1}$, 符合

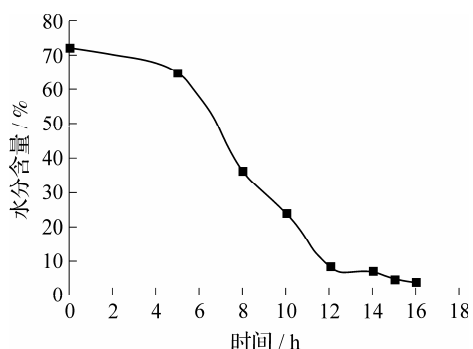


图3 冷冻干燥过程中对虾水分随干燥时间变化

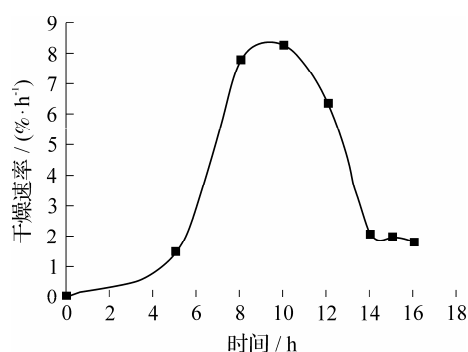


图4 冷冻干燥过程中对虾水分干燥速率随时间变化

GB 10144-2005 动物性水产干制品卫生质量标准。

2.5 质构比较分析

质构在食物物性学中用来表示食品的组织状态、口感及滋味感觉等, 包括硬度、弹性、黏聚性、咀嚼性、回复性等, 是衡量产品质构的重要指标。硬度是指使食品达到一定变形所需要的力, 也是食品保持形状的内部结合力; 弹性是指外力作用时, 变形及去力后的恢复程度; 黏聚性反映了虾仁细胞间结合力的大小, 黏聚性值越小, 那么水分与肌肉蛋白结合越紧密; 咀嚼性是指与硬度、弹性及黏聚性有关的^[16-17]。

由表 4 可见, 冻干后复水的对虾与新鲜烫漂的对虾相比, 硬度和回复性下降最多, 差异显著; 弹性和黏聚性略有上升, 但无明显差异。

3 讨论

共晶点是物料中游离水分完全冻结成冰晶时

表4 新鲜烫漂的对虾与冻干复水后的对虾质构分析比较

项目	硬度	弹性	黏聚性	咀嚼性
新鲜烫漂的对虾	$8.662^a \pm 0.489$	$0.899^a \pm 0.027$	$0.725^a \pm 0.023$	$5.646^a \pm 0.005$
冻干后复水的对虾	$7.442^b \pm 0.179$	$0.914^a \pm 0.013$	$0.756^a \pm 0.017$	$5.142^b \pm 0.033$

的温度,它是真空冷冻干燥工艺中的重要参数,对于确定预冻温度具有十分重要的意义,也是影响冻干产品质量的重要因素。物料在冷冻干燥之前应预冻至共晶点温度以下,且以低于共晶点 $7\sim 8^{\circ}\text{C}$ 为宜。冻结温度过低,造成能源的不必要浪费,也延长了冻干时间;冻结最终温度设定过高,物料没有完全冻结,在抽真空升华时容易造成局部沸腾和起泡现象,干燥时不能保证物料中的水分全部以冰升华的形式直接除去,使被干燥物料中的部分水分在液体状态下汽化,干燥时会发生收缩和失形现象。由于未冻结部分的水分所含溶解物质不能就地析出,而是随内部水分向表面迁移,从而造成冻干制品表面硬化现象^[18]。

共晶点测定方法有电阻法、差示量热法、低温显微镜直接观察法等,相比之下,差示量热法简单快速,所以笔者采用该法测定虾的共晶点。南美白对虾共晶点为 -14.2°C ,与罗氏沼虾^[11] -20°C 的共晶点相比存在差异,这可能是由于2种虾的营养成分所致,且本试验虾经烫漂、白糖等调味,而罗氏沼虾则是生鲜原料。张国治曾指出,真空冻干产品中的水溶液大多数含有蛋白质、脂肪、有机盐、无机盐、酸、糖等溶质,是一种多元的混合液体^[19],所以该液体中各溶质含量不同,共晶点温度也不同;Louis 的研究也认为蔗糖可提高物料的共晶点^[20]。

不同的物料搁板最佳温度也有所不同。叶彪等^[21]干燥罗非鱼最终温度为 30°C ,云霞等^[22]干燥海参的最终温度为 60°C 。这是由于产品品种、冻干机性能不同造成的,产品最终温度只要不超过它的崩解温度即可。本试验干燥仓搁板温度设置见表2,而表3中水平2所代表的温度生产出的虾干为最佳,其感官评价和复水性最好。水平1虾干感官评价只有17分,复水率也最低,这可能是因为板层最终温度太高,引起对虾干燥层温度升高,结构崩塌,使气流不顺,影响物料外观和组织结构,并使得复水率降低。水平3的虾干虽然与水平2在感官评价和复水率上无显著差异,但是考虑到板层温度低,则干燥时间延长,耗能增加^[23],所以最终选择水平2所代表的温度作为搁板的最佳温度。

通常冷冻干燥过程的升华干燥时间最长,且可去除物料水分的90%,剩余水分的10%在解析阶段完成。本实验对虾干燥过程的冻干曲线和水

分曲线、脱水速率曲线与虾仁^[11]、罗非鱼^[21]的基本一致。0~5 h 时对虾温度上升缓慢,水分汽化也缓慢,水分由70.2%减少到63.1%,5~12 h 时对虾温度上升,脱水速度加快,由63.1%减少到10.4%,这2个阶段都属于真空冷冻干燥的升华阶段;从12~16 h,物料温度缓慢上升至不变,主要去除结合水,属于真空冷冻干燥的解析阶段,脱水速度较慢。

冻干对虾复水后与新鲜对虾质构比较分析,可以看出前者硬度、咀嚼性均有所降低,与新鲜对虾差异显著,而弹性、黏聚性有所升高,与后者差异不显著。这与杨媚等人^[5]的研究结果一致。对虾在复水过程中吸收了比原来更多的水,也有可能是调味时添加的盐等使更多蛋白质溶出,提高了组织间的连接和强度,增强了弹性、黏聚性,也使得硬度、咀嚼性得到改善^[25]。Mohammad^[26]研究认为硬度与咀嚼性呈极显著正相关。从复水后对虾的质构参数的变化程度可以看出,对虾经冷冻干燥后的产品具有良好的品质。

4 结论

调味后的南美白对虾共晶点是 -14.2°C ,所以应将虾在 -22°C 及以下冰箱中预冻。真空冷冻干燥过程中,搁板最合适温度在0~1 h 时,从 50°C 上升到 60°C ;1~4 h 时,保持在 60°C ;4~5 h 时,由 60°C 上升到 70°C ;5~10 h 时,保持在 70°C ;10~15 h 时,由 70°C 降温至 50°C 。在此温度下生产虾干的水分含量由最初70.2%可降至4.1%,其感官评价和复水性最好,品质符合《动物性水产干制品卫生标准》。

参考文献:

- [1] 农业部渔业局. 2011 中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2011:39-50.
- [2] 王锭安. 美味即食虾仁的研制[J]. 中国水产, 2009(12): 59-60.
- [3] 张静, 袁惠新. 几种食品干燥技术的进展与应用[J]. 包装与食品机械, 2003, 21(1):29-32.
- [4] 刘军, 张世伟. 鹿茸的冻干新工艺[J]. 真空科学与技术学报, 2011, 21(2):229-233.
- [5] 杨媚, 刘宝林. 红烧肉的冷冻干燥工艺研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 26:14781-14783.
- [6] 任炜, 段续. 冻干海参的吸附等温特性研究[J]. 食品研究与开发, 2010, 31(8):189-192.
- [7] 云霞, 韩学宏, 农绍庄, 等. 海参真空冷冻干燥工艺[J].

- 食品科技, 2002, 27(12):46-47.
- [8] 邹兴华. 太湖银鱼的真空冷冻和真空微波联合干燥[D]. 江苏: 江南大学, 2009.
- [9] Boeh O O. Effects of vacuum and atmospheric freeze-drying on quality of shrimp, turkey flesh and carrot samples[J]. Journal of Food Science, 1984, 49:1457-1461.
- [10] 何学连. 白对虾干燥工艺的研究[D]. 江苏: 江南大学, 2009.
- [11] 江苏威伍水产发展股份有限公司, 江南大学. 一种真空冷冻干燥虾仁的制备: 中国, 201110000794[P]. 2011-06-29.
- [12] Bantle M, Kolsaker K, Eikevik T M. Modification of the Weibull distribution for modeling atmospheric freeze-drying of food[J]. Drying Technology, 2011, 29(10):1161-1169.
- [13] Rahman S M A, Mujumdar A S. A novel atmospheric freeze-drying system using a vibro-fluidized bed with adsorbent[J]. Drying Technology, 2008, 26(4):393-403.
- [14] Trygve M E, Ingvald S. Freeze drying at atmospheric pressure: New product possibilities[J]. Food Science and Technology Research, 2004(2):232-234.
- [15] Duan X, Zhang M, Mujumdar S, et al. Trends in microwave-assisted freeze drying of foods[J]. Drying Technology, 2010, 28(4):444-453.
- [16] Josem A, Amparo C, Pedro F. Food dehydration and product structure[J]. Trends in Food Science & Technology, 2003(4):432-437.
- [17] 李里特. 食品物性学[M]. 北京: 农业出版社, 2001:96.
- [18] 李云飞, 王成芝. 真空冻干工艺的几种物料公晶点测定与分析[J]. 中国农机化, 1997, 21:82-87.
- [19] 张国治. 速冻及冻干食品加工技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007:8.
- [20] Louis R R. Biophysical aspects of freeze drying, in Freeze drying of foods[M]. Washington: Washington Press, 1962:2.
- [21] 叶彪, 蒋小强, 李敏, 等. 真空冷冻干燥过程参数对罗非鱼片冻干时间及其除水率的影响[J]. 大连水产学报, 2008, 23(1):47-51.
- [22] 云霞, 韩学宏, 农少庄, 等. 海参真空冷冻干燥工艺[J]. 中国水产科学, 2006, 13(4):662-666.
- [23] Lopez Q E, Antelo L T, Ajonso A A. Time-scale modeling and control of freeze-drying[J]. Journal of Food Engineering, 2012, 111(4):655-666.
- [24] 蒋小强, 孙小红, 李敏, 等. 真空冷冻干燥升华干燥时间的实验研究[J]. 制冷空调与电力机械, 2007(2):6-10.
- [25] Promluck S, Shai B. Textural and sensory quality of poultry meat batter containing malvanut gumsalt and phosphate[J]. LWT, 2007, 40:498-504.
- [26] Mohammad S R. Instrumental texture profile analysis (TPA) of date flesh as a function of moisture content[J]. Journal of Food Engineering, 2005, 66:505-511.

A Freezing-drying Technique for Processing Ready-to-eat Shell-retained Shrimps

MA Jin-ling¹, LU Li-qun², DUAN Qin-yuan³, SANG Wei-guo^{1*}

(1.Key Laboratory of Applied Marine Biotechnology of Ministry of Education, Ningbo University, Ningbo 315211, China; 2.Haitong Food Group Company, Ningbo 315300, China; 3.Ningbo Marine and Fisheries Research Institute, Ningbo 315000, China)

Abstract: In this report, the co-crystallization point is obtained using DSC, based on which the freezing-drying technique for processing the shrimp is explored, and the quality of the rehydrated, frozen-and-dried shrimps is evaluated. The procedure is presented as follows: the shrimps are first frozen at -22°C for 5 hours with the temperature of drying shelf-panel increasing from 50°C to 60°C in the first hour, and remaining at 60°C for 3 hours; In the next two hours, the temperature rises from 60°C to 70°C and remains unchanged for 5 hours; In the last 5 hours, the temperature gradually decreases to 50°C . The vacuum degree is kept around 0.5 Torr (66.66Pa) during the whole freezing-drying procedure. After 15 hours, the moisture content decreases as expected from 70.2% to 4.2%. It is found that both the hardness and chewiness of dried-and-rehydrated shrimps decrease to a varying degree, while the elasticity and viscosity remain almost unchanged.

Key words: *Litopenaeus vannamei*; freezing-drying; processing; quality

(责任编辑 章践立)