

发酵型半干罗非鱼片热风 and 热泵干燥的对比研究

吴建中, 张宸, 欧仕益, 周华, 金君

(暨南大学食品科学与工程系, 广东广州 510632)

摘要: 为探寻一个适用于发酵型半干罗非鱼片干燥的方法, 以干燥罗非鱼为原料制备发酵型半干鱼, 分别采用热风与热泵 2 种干燥方式对发酵型半干罗非鱼片进行干燥, 比较了 2 种干燥方式对发酵型半干鱼口感、色泽、质构、微观结构、微生物特性的影响。结果显示: 热风干燥效率优于低温热泵干燥, 其完成罗非鱼片干燥所需时间仅为热泵干燥的一半; 但采用热泵干燥鱼片在感官指标、色泽、质构均匀性等方面均优于热风干燥鱼片; 热泵干燥鱼片中的总菌数和乳酸菌数分别为 1.46×10^8 cfu/g 和 1.38×10^8 cfu/g, 热风干燥鱼片中的总菌数和乳酸菌数分别为 2.44×10^8 cfu/g 和 2.9×10^7 cfu/g。相对于热风干燥, 热泵干燥有助于保存乳酸菌, 减少杂菌污染, 更加适合于乳酸菌发酵食品的干燥。研究结果可以为乳酸菌发酵食品的干燥加工提供参考。

关键词: 罗非鱼; 发酵; 乳酸菌; 干燥

文章编号: 1673-9078(2013)12-2942-2946

Hot-air and Heat Pump Drying of *Lactobacillus* Fermented Half-dry Tilapia Fillets

WU Jian-zhong, ZHANG Cheng, OU Shi-yi, ZHOU Hua, JIN Jun

(Department of Food Science & Engineering, Jinan University, Guangzhou 510632, China)

Abstract: The fermented half-dry tilapia fillets were dried by hot-air and heat pump in order to find an optimum drying method. The effects of the two drying methods on drying rate, sensory properties, color, microstructure and microbial contents of products were investigated. The results showed that the hot-air drying had a higher efficiency which required just half time of drying by heat pump. But the tilapia fillets dried by heat pump advanced sensory score, color index and uniform texture. The total bacteria count and *lactobacillus* count of the tilapia fillets dried by heat pump were 1.46×10^8 cfu/g and 1.38×10^8 cfu/g, respectively, while 2.44×10^8 cfu/g and 2.9×10^7 cfu/g when the tilapia fillets were dried by hot-air. The heat pump drying was preferable to preserve *lactobacillus*, reduce bacterial pollution, which was more suitable for drying *lactobacillus* fermented half-dry tilapia fillets. The results can provide references for drying process of *lactobacillus* fermented foods.

Key words: tilapia fillets; fermentation; *lactobacillus*; drying

传统咸鱼采用腌制与干制相结合的方式生产, 在增加渗透压的同时降低水分含量, 从而达到延长保质期的效果, 但也因为含盐量高、水分低, 传统咸鱼已不符合现代健康养生的要求, 口感也相对较差, 市场日渐萎缩。近年来, 一种低盐的半干鱼出现在国内外市场, 其含盐量远低于传统咸鱼, 口感软硬适中, 烹饪方便, 但产品的腊香风味及保藏性不及传统咸鱼^[1-4]。为增加半干鱼的腊香风味, 延长保质期, 人们在半干鱼生产中引入微生物人工接种与发酵工艺来模拟传统咸鱼的自然接种与发酵过程, 以达到改善产品品质、延长保存期的效果, 但该类发酵型半干鱼产品中要求保存有一定数量的接种活菌数, 同时尽可能减少杂菌的

污染, 因此必须选择干燥条件较为温和、干燥环境相对封闭的干燥技术^[5-6]。

热风干燥设备投资少、操作简单、广泛应用于水产品干燥, 缺点是干燥温度较高、容易引起脂肪氧化和美拉德褐变、破坏水产品的组织结构。热泵低温干燥技术能够在较低的温度下脱除物料的水分, 对物料的生物活性, 色泽、营养的影响小, 同时提供一个封闭的干燥环境, 节省能量, 卫生条件容易控制, 缺点是设备投资大, 操作较为繁琐。为探讨发酵型食品的合适干燥方式, 本文分别研究了 2 种干燥方式在发酵型半干罗非鱼生产中的应用, 比较了 2 种干燥方式对发酵型半干鱼口感、色泽、质构、微观结构及微生物特性的影响, 分析了 2 种干燥方式的利弊, 研究结果能够为发酵型半干鱼的干燥工艺的优化提供指导, 而且也能够对发酵腌肉、发酵香肠等发酵产品的工业化生产提供帮助^[5-7,12]。

收稿日期: 2013-08-12

基金项目: 广东省科技攻关项目(2011B020311003); 中央高校基金项目(21609501)

作者简介: 吴建中, 博士, 副教授, 研究方向: 水产品加工

1 材料与amp;方法

1.1 材料与amp;试剂

罗非鱼,由佛山高明举世农业开发有限公司提供,品种为新吉富罗非鱼,质量为400~500 g;食盐为广州市盐业公司制售加碘食盐;植物乳杆菌为CICC20764,中国工业微生物中心。

1.2 仪器与amp;设备

DHG-9123A型电热鼓风干燥箱,上海一恒科学仪器有限公司;热泵除湿干燥箱,广州农业机械研究所有限公司提供;HT-628风速计,广州宏诚科技有限公司;扫描电镜,FEI-XL-30型扫描电子显微镜;PCM+色差计,Color-Tec公司。

1.3 试验方法

1.3.1 乳酸菌发酵剂制备

菌种制备:将乳酸菌在MRS液体培养基中培养24 h进行活化,得到发酵剂。

乳酸菌计数:按照GB4789.35-2010方法。

1.3.2 乳酸菌发酵半干罗非鱼的制备

参照企业标准(Q/MMKG 1-2009)制备发酵型低盐半干罗非鱼片,要求该产品的氯化钠含量低于6%,含水率低于50%,实际操作时将罗非鱼片干燥至含水率49%,换算成干基含水率约为96%。具体操作如下:将罗非鱼去鳞、内脏和黑膜,切下两侧完整鱼片,去皮,形成2块接近对称的鱼片,鱼片质量为79±8 g,鱼片采用清水洗净,用3% (m/m)盐水清洗去腥,得到去腥罗非鱼片。采用6%的盐水浸泡8 h,沥干,得到低盐罗非鱼片。乳酸菌的选择参考金君硕士论文《发酵型低盐半干罗非鱼关键技术研究》,将乳酸菌按每克鱼 1×10^7 CFU的接种量喷洒至低盐罗非鱼片表面,于20℃密闭发酵10 h;沥干,分别采用热风和热泵干燥方法进行干燥处理,至半干鱼的干基含水率达到96%左右,真空包装,在7℃放置24 h,用于感官评价^[3,8]。

1.3.3 工艺流程

参考金君等发表的论文^[3-4]。将罗非鱼进行前处理后清洗干净,沥干,腌制后再次沥干,接种发酵,沥干,干燥后进行真空包装,进行后发酵,最后检测。

1.3.4 热风干燥方法

为防止热风温度太高可能出现表面干燥效应和热敏性物质变性,或干燥温度太低影响干燥速率。采用的热风干燥温度50℃、相对湿度58~62%、风速1.5 m/s。将鱼片在筛网上平铺、均匀放置,放入热风干燥

箱进行干燥,每隔1 h称重,记录鱼片性状,直至鱼片干基含水率达到96%左右^[5]。

1.3.5 热泵干燥方法

控制循环风门大小,将风速调整到1.5 m/s,调节热泵干燥装置温度为25℃,相对湿度20%。将鱼片在筛网上平铺、均匀放置,放入热泵干燥装置进行干燥,每隔1 h称重,记录鱼片性状,直至鱼片干基含水率达到96%左右^[8-10]。

1.3.6 水分测定方法

常压干燥法:称10 g左右处理好的样品,放入105℃的干燥箱中干燥至恒重^[1,5]。

1.3.7 物料干基含水率计算方法

$$\varphi = \frac{G_t - G_g}{G_g} \times 100\%$$

注:式中 G_t 为干制至 t 时刻物料质量; G_g 为干物质质量^[1,5]。试验结果平行测定3次。

1.3.8 物料干燥速率计算

$$v_t = \frac{\varphi_t - \varphi_{t+dt}}{dt} \times 100\%$$

注: φ_t 为 t 时刻的干基含水率; φ_{t+dt} 为 $t+dt$ 时刻的干基含水率; v_t 为物料干燥速率^[1,5]。

1.3.9 风速测定

采用HT-628风速计进行测定。

1.3.10 感官评价及评分方法

在半干鱼干燥完成后,采用真空包装,7℃保藏24 h后进行感官评定,评定小组由9名经过培训的评价员组成,分别对不同干燥处理的鱼片进行感官评价,评价指标包括鱼片风味、质构和外观,三者的得分之和为该样品的得分^[10-12]。评分标准见表1。

1.3.11 微观结构分析

将待测样品放入戊二醛溶液中固定后,乙醇梯度脱水,真空冷冻干燥,切片、固定在贴有导电胶的样品台上,离子溅射喷金后置于FEI XL-30型扫描电子显微镜下观察照相,加速电压为20 kV,放大倍数为1000倍^[12]。

1.3.12 色差分析

利用色差计测定半干发酵罗非鱼表面亨特色空间参数。随机选择2种干燥方式的半干罗非鱼各5个样品,对每个样品的亨特色空间参数 L^* , a^* 和 b^* 值测量3次后取平均值。 L^* 值从0到100变化;0表示黑色,100表示白色。 a^* 值表示从红到绿;100表示红色,-80表示绿色。 b^* 值表示从黄色到蓝色;100表示黄色,-80表示蓝色^[10-12]。

1.3.13 菌落测定方法

菌落总数测定方法采用GB 4789.2-2010;乳酸菌

测定方法采用 GB4789.35-2010。

表 1 感官评价标准

Table 1 Sensory evaluation standard		
指标	感官描述	得分
风味	有明显腊鱼香, 基本无腥味, 无腐败异味	优秀(8-9分)
	有腊鱼风味, 轻微腥味, 无腐败异味	良好(5-7分)
	无腊鱼风味, 腥味较重, 轻微腐败异味	一般(2-4分)
	无腊鱼风味, 腥味严重或有腐败臭味	较差(0-1分)
质构	产品的硬度适中, 咀嚼性好	优秀(8-9分)
	产品较湿或较干, 咀嚼性较好	良好(5-7分)
	产品过湿或过干, 咀嚼性较差	一般(2-4分)
	产品非常湿或干, 咀嚼性差	较差(0-1分)
外观	鱼片平整, 外表油润并有透明质感, 浅褐色, 切面无泛白现象	优秀(8-9分)
	鱼片基本平整, 透明质感较差, 颜色较深, 切面出现少许泛白	良好(5-7分)
	鱼片边缘少量翘起, 较粗糙, 无透明质感, 颜色较深, 切面泛白	一般(2-4分)
	鱼片不平整, 外表粗糙, 无透明质感, 颜色较深, 切口泛白严重	较差(0-1分)

1.4 数据分析

数据处理采用 SPSS 17.0 统计软件。

2 结果与讨论

2.1 两种干燥方式的干燥过程的比较

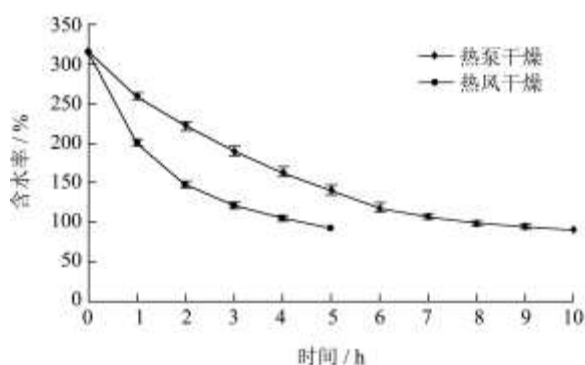


图 1 含水率随干燥时间的变化曲线

Fig.1 Relationship between moisture and drying time

分别将采用 1.3.2 方法制备的乳酸菌发酵半干罗非鱼 3 kg 放入热风和热泵干燥设备, 定时记录鱼质量, 换算成鱼的干基含水率和干燥速率。图 1 显示出热风和热泵干燥方式下鱼片干基含水率随时间的变化曲线, 图 2 显示出热风和热泵干燥方式下鱼片干燥速率随时间的变化曲线。

从图 1 和图 2 可见, 在干燥初期热风干燥速率远高于热泵干燥, 达到同样的脱水效果, 热风干燥过程

明显比热泵干燥过程用时更短, 例如: 利用热风干燥将干基含水率从 314.67% 降至 92.61%, 用时 5 h; 而利用热泵干燥将干基含水率降至 91.86%, 用时 10 h, 约为热风干燥的 2 倍, 因此仅仅从干燥效率分析, 热风干燥效率较高。

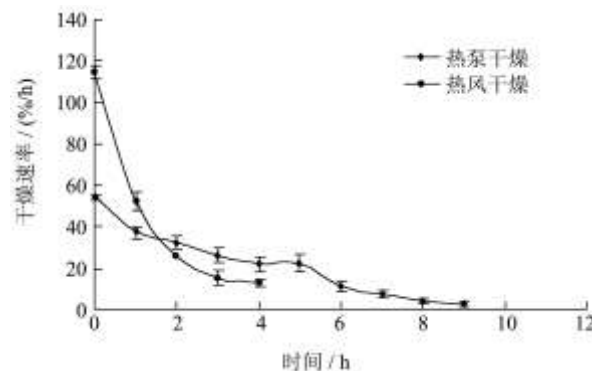


图 2 干燥速率随干燥时间的变化曲线

Fig.2 Relationship between drying rate and drying time

2.2 感官分析

采用 1.3.8 感官评价及评分方法, 将干燥处理后的乳酸菌发酵半干鱼在 7 °C 保藏 24 h 后进行感官评定, 由 9 名评价员分别给鱼片的风味、质构和外观打分, 算出每项的平均分, 鱼片风味、质构和外观三者的得分之和为综合评分。结果见表 2。

表 2 发酵半干罗非鱼片的感官评分

干燥方式	感官指标得分			
	风味得分	质构得分	外观得分	综合评分
热风干燥	8.2±0.5	6.8±0.7	5.6±0.6	20.6±1.4
热泵干燥	8.5±0.7	8.0±0.6	7.7±0.4	24.2±1.5

如表 2 所示, 每种指标从 0 到 9 分分级, 综合评分总分为 27 分, 2 种干燥方式的感官比较, 风味评分相差较小, 质构和外观相差较大。热风干燥的鱼片收缩变形较严重, 鱼片色泽相对较深, 质构评分较低。而热泵干燥下的鱼片, 鱼香浓郁无异味, 质构紧密, 咀嚼性好, 表面平整, 透明质感好, 个体均匀。因此从鱼片的感官指标分析, 热泵干燥效果优于热风干燥。

2.3 产品色泽分析

2 种干燥方法对鱼片的色泽影响见表 3。

由表 3 可知, 2 种干燥方法制备鱼片的亮度 L* 参数值无显著性差异。而热风干燥制备鱼片的红度 a* 和黄度 b* 参数值均显著高于热泵干燥 (p<0.05), 因此, 从鱼片色泽来看, 热泵干燥明显优于热风干燥的。分析出现这种现象的原因, 主要是热风干燥造成鱼片表面过度密实, 表现为颜色加深, 另外, 热风促进了鱼

片中的脂肪氧化和美拉德反应,也会导致生成较多的深色物质。

表3 不同方式干燥的罗非鱼片色泽参数

Table 3 Color characteristic parameters of tilapia fillets by

干燥方式	半干发酵鱼片的亨特色空间参数		
	L*	a*	b*
热风干燥	46.59±1.47	4.35±1.16	8.98±0.87
热泵干燥	45.66±2.51	0.15±1.31	2.46±1.79

2.4 微观结构分析

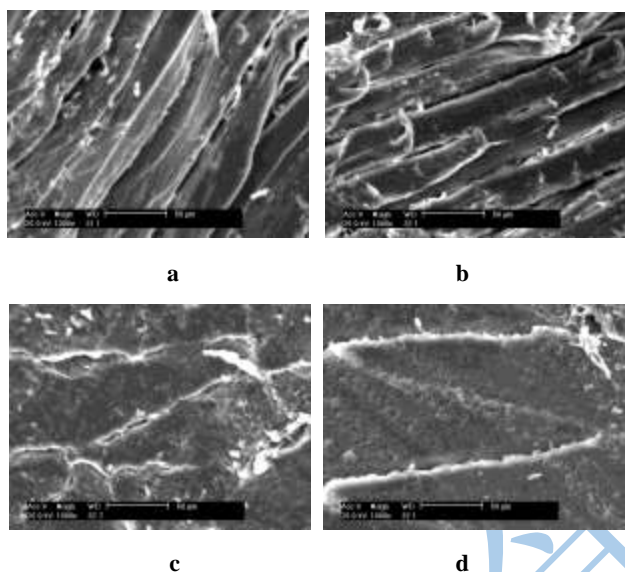


图3 发酵半干鱼片内部肌肉组织结构扫描电镜照片

Fig.3 Scanning electron micrographs of muscular structure of fermented half-dry tilapia fillets

注: a: 热风干燥鱼片(竖切面), b: 热泵干燥鱼片(竖切面), c: 热风干燥鱼片(横切面), d: 热泵干燥鱼片(横切面)。

选择热风和热泵干燥的乳酸菌发酵罗非鱼片,分别采用顺鱼肉纹理切片和横鱼肉纹理切片的方式制作鱼肉切片,按照 1.3.11 方法进行处理,置于 FEI XL-30 型扫描电子显微镜下观察照相,加速电压为 20 kV,放大倍数为 1000 倍,得到的电镜图^[15],见图 3。

从图 3 可见,热风与热泵方式干燥的发酵型半干罗非鱼片的内部微观结构具有明显的差异。从两者的竖切面图可见,两者的鱼肉肌肉纤维呈现出有规则的束状排列,但热风干燥的鱼片由于内外水分不平衡,表面失水严重,而导致肌纤维发生分离,呈现出裂隙,热泵干燥的鱼片鱼肉纤维仅有轻微收缩,鱼肉内部水分分布均匀,没有明显裂隙。从两者的横切面图可见,热风干燥的鱼片,存在局部失水严重的现象,导致肌肉组织分布不均匀,结构中有较多裂隙,而采用热泵

干燥的鱼片中肌肉组织均匀分布,组织结构紧密,几乎没有裂隙存在。

2.5 微生物指标分析

分别检测经过热风和热泵干燥处理的乳酸菌发酵罗非鱼片中的总菌数和乳酸菌数,分析不同干燥方法对鱼片微生物数量的影响,结果见图 4。

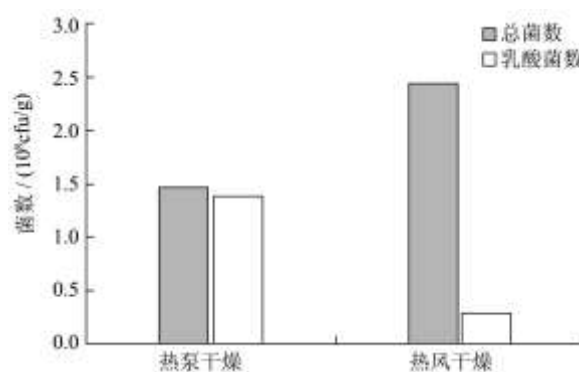


图4 不同方式干燥的发酵半干鱼片微生物指标比较

Table 4 Microbial indices of fermented half-dry tilapia fillets dried by different drying methods

如图 4 所示,热风干燥后的鱼片,其总菌数与乳酸菌数分别为 2.44×10^8 cfu/g 和 2.9×10^7 cfu/g,相差近一个数量级,显示杂菌污染严重。而热泵干燥后的鱼片,总菌数与乳酸菌分别为 1.46×10^8 cfu/g 和 1.38×10^8 cfu/g,显示乳酸菌是热泵干燥鱼片中的优势菌群。原因是热风干燥过程中,50 °C 的环境中不利于乳酸菌的繁殖生长,而且利于杂菌的生长。而热泵干燥过程中,25 °C 的环境中乳酸菌能够在保持自身生长繁殖的前提下,有效抑制杂菌的生长。

3 结论

对分别采用热风和热泵两种干燥方式制备的乳酸菌发酵半干罗非鱼片的研究发现:热泵干燥的干燥速率虽然低于热风干燥,但热泵干燥的鱼片的感官评价结果、色泽指标均明显优于热风干燥鱼片,鱼片的肌肉组织结构更加紧密。从微生物指标上来看,热风干燥过程中有较多的杂菌产生,乳酸菌损失较多,热泵干燥的鱼片乳酸菌损失较少,是优势菌种。因此对于乳酸菌发酵鱼产品乃至其他乳酸菌发酵产品的干燥应该优先选择热泵干燥方式。

参考文献

- [1] 朱文学.食品干燥原理与技术,科学出版社[M].2009
Zhu Wenxue. The food Drying Theory and Technology [M]. Science Press, 2009
- [2] 龚丽.李浩权.刘清化,等.半干咸鱼的加工工艺[J].食品与发

- 酵工业,2004,30(9):130-132
- Gong Li, Li Hao quan, Liu Qing hua, et al. Study on Processing of Half-dried Salt-cured Saltwater Fish [J]. Food and Fermentation Industries, 2004, 30(9): 130-132
- [3] 金君.发酵型低盐半干罗非鱼关键技术研究[D].广州:暨南大学,2011
- Jin Jun. Key Technology of Low-salt and Half-dry Fermented Tilapia [D]. Guangzhou: Jinan University, 2011
- [4] 金君,武伦福,王沂东,等.乳酸菌发酵对半干罗非鱼挥发性成分的影响[J].暨南大学学报(自然科学与医学版), 2012, 32(5): 15-31
- Jin Jun, Wu Lun fu, Wang Yi dong. Effects of Fermentation by Lactic Acid Bacteria on The Volatile Components of Damp-dry Tilapia [J]. Journal of Jinan University (Natural Science), 2012, 32(5): 15-31
- [5] 潘永康.王喜忠.刘相东.现代干燥技术[M].北京:化学工业出版社,2007
- Pan Yongkang, Wang Xizhong, Liu xiangdong, et al. Modern drying technology [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2007
- [6] Perera C O, Rahman M S. Heat pump dehumidifier drying of food [J]. Trends in Food Science & Technology, 1997, 8(3): 75-79
- [7] Shi Qilong, Xue Changhu, Zhao Ya. Drying Characteristics of Horse Mackerel (*Trachurus japonicus*) Dried in A Heat Pump Dehumidifier [J]. Journal of Food Engineering, 2008, 84: 12-20
- [8] 石启龙,薛长湖,赵亚,等.热泵变温干燥对竹荚鱼干燥特性及色泽的影响[J].农业机械学报,2008,39(4):83-87
- Shi Qilong, Xue Changhu, Zhao Ya, et al. Effect of Time-varying Temperature Drying on Drying Characteristics and Color of Horse Mackerel Dried by Heat Pump Dehumidifier [J]. Transactions of The Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(4): 83-87
- [9] Shi Q L, Xue C H. Optimization of Processing Parameters of Horse Mackerel (*Trachurus japonicus*) Dried in A Heat Pump Dehumidifier Using Response Surface Methodology [J]. Journal of Food Engineering, 2008, 87: 74-81
- [10] Chiou T K, Tsai C Y, Lan H L. Chemical, Physical and Sensory Changes of Small Abalone Meat Curing Cooking [J]. Fisheries Science, 2004, 70: 867-874
- [11] Zhang G, Sigurjón A, Sveinn V A. Physical and sensory properties of heat pump dried shrimp [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2008, 24(5): 235-239
- [12] 刘书成,张常松,吉宏武,等.不同干燥方法对罗非鱼片品质和微观结构的影响[J].农业工程学报,2012,15:221-227
- Liu Shucheng, Zhang Changsong, Ji Hong wu, et al. Effects of Drying Methods on Qualities and Micro-structure of Tilapia Fillet [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2012, 15: 221-227