

高品质鱼粉加工装置研究

王永鼎¹, 田晨曦¹, 董亚龙¹, 刘宇²

(1 上海海洋大学工程学院, 上海 201306;

2 中国石油集团济柴动力总厂成都压缩机厂 四川 成都 610100)

摘要:随着水产养殖业的高速发展,鱼粉作为优质水产饲料的原料在国内有着很大需求。为提高鱼粉生产的效率、提升鱼粉成品的品质,研制了一种高品质鱼粉加工装置。该装置优化了加工工艺和加工设备,精准控制鱼粉加工过程中蒸煮、压榨、干燥环节的工艺参数,通过引入蛋白质检测装置,精准控制蒸煮环节温度,以此降低蛋白质变质现象;采用双级干燥工艺和脂肪检测装置来降低鱼粉的含水量和脂肪含量。成品鱼粉品质的测定试验表明,该装置生产出的鱼粉与传统加工装置生产的鱼粉相比,蛋白质含量提高11%,脂肪含量降低17%。通过饲养试验进一步验证了鱼粉品质的优越性。从渔业可持续发展的角度来看,高品质鱼粉加工装置具有较好的市场前景。

关键词:鱼粉加工装置;双级压榨;智能调控;双级干燥

中图分类号:S985.1+3

文献标志码:A

文章编号:1007-9580(2017)04-068-05

鱼粉富含蛋白质和多种营养素,即含有18种氨基酸、矿物质(钙、磷、镁),还含有维生素B、二十碳五烯酸(Eicosapentaenoic Acid, EPA)和二十碳六烯酸(Docosahexenoic Acid, DHA)等,是动物(畜、禽、鱼)养殖业的高级饲料,也是药用、微生物发酵工业的原料^[1]。在水产饵料中加入鱼粉,可加快鱼虾的生长速度、缩短饲养周期。我国是世界第一的水产养殖大国,也是水产饲料使用大国,水产饲料年总产量超过1 800万t,随着集约化养殖的迅猛发展,全球水产养殖以每年8%~10%的速度增长,鱼粉的需求量急剧上升^[2]。但由于中国沿海地区常年滥捕现象猖獗以及环境污染严重,鱼粉生产所依赖的渔业资源逐渐减少,目前鱼粉供求矛盾已成为市场上最主要的问题之一^[3]。因此,在渔业资源有限的情况下,提升鱼粉品质成为亟需解决的问题。

现阶段,鱼粉加工分为干法加工和湿法加工两种。干法加工是将杂鱼或下脚料直接投入烘炉蒸干,然后粉碎即可。由于蒸炉温度较高且蒸干时间较长,鱼粉焦化、氧化严重,且蛋白质容易遭到破坏^[4]。湿法加工是目前国际上通用的鱼粉加工方法,其主要流程包括蒸煮、压榨、干燥、粉碎

等环节^[5]。采用湿法加工工艺生产的鱼粉,不仅色泽浅、保质期长,而且还能因降低油脂氧化所带来的负面效应^[6]。现代湿法加工会使水溶性蛋白质、维生素和矿物质等营养物质流失,导致鱼粉蛋白质含量低、脂肪含量高。通过对传统鱼粉加工工艺的分析,本研究提出一种高品质鱼粉加工装置。

1 传统鱼粉加工工艺

蛋白质是鱼粉品质的重要指标,同时鱼粉中脂肪含量不易过高,否则会引发以不饱和脂肪酸为主的鱼油氧化酸败反应,导致鱼粉品质下降^[7]。因此,鱼粉中蛋白质含量越高、脂肪含量越低,鱼粉品质越好^[8]。鱼粉的市场价格也主要受到鱼粉中粗蛋白含量的影响^[9]。国家标准《GB/T 19164—2003 鱼粉》规定^[10]:鱼粉特级品粗蛋白质量分数 $\geq 65\%$,一级品粗蛋白质量分数 $\geq 60\%$ 。湿法加工过程中蒸煮、压榨、干燥环节对鱼粉品质有较大影响^[11]。

1.1 蒸煮环节

蒸煮的目的是使鱼料中蛋白质受热凝固,破

收稿日期:2017-04-23

基金项目:上海市科技兴农重点攻关项目(沪农科攻字(2014)第6-3号)

作者简介:王永鼎(1963—),男,教授,研究方向:海洋装备。E-mail: ydwang@shou.edu.cn

坏其细胞组织,促进油水与蛋白质的分离;其次,鱼体内的酶类与附着在鱼体上的微生物受热被破坏,以此达到杀菌防腐的目的。蒸煮过程中,时间、温度、蒸汽压力等参数均影响鱼粉的品质。蒸煮的最适宜温度为 $80^{\circ}\text{C}\sim 95^{\circ}\text{C}$,此温度下,鱼肉中不溶性蛋白维持较高含量^[12]。蒸煮的最适宜时间为 $15\sim 40\text{ min}$,若蒸煮时间不足,油脂很难被分离压出,导致鱼油残留量较高;若蒸煮时间过长,蛋白质会被降解,也会导致鱼粉品质下降。

1.2 压榨环节

湿法加工中将蒸煮后的鱼料进行压榨是一道必不可少的工序,其目的是从蒸煮过的原料中最大限度地压出油脂^[13]。目前普遍采用双螺杆压榨机进行鱼料压榨,但现阶段双螺杆压榨机压榨力较小,不能将鱼料中的油脂充分压榨出来,因此会造成压榨环节中去油、脱脂不充分,导致鱼粉脂肪含量过高^[14]。同时,还会由于鱼油的氧化酸败反应引起维生素A(VA)及维生素E(VE)的缺乏,导致鱼粉品质下降^[15]。

1.3 干燥环节

鱼粉干燥主要有直火烘干和蒸汽干燥两种方式。直火烘干设备的结构简单、升温快、能耗低,但容易使物料局部过热,破坏营养成分;蒸汽干燥是以蒸汽为介质间接烘干原料,烘干温度一般为 $90^{\circ}\text{C}\sim 130^{\circ}\text{C}$ 。现阶段普遍使用人工控制干燥环节的加工环境,若控制不当,会导致产生鱼料的蛋白质流失、脂肪含量过高、维生素含量不稳定等问题^[16]。

2 高品质鱼粉加工装置

针对现阶段鱼粉加工的缺点,本研究设计了一种高品质鱼粉加工装置,工艺流程如图1所示。该高品质鱼粉加工装置包括鱼料仓、电磁除铁器、螺旋输送机、鱼粉蒸煮机、双螺杆压榨机、螺旋输送撕碎机、一级干燥机、二级干燥机、冷却设备、筛分设备、粉碎机、自动包装设备。

2.1 工艺流程

鱼料仓中的鱼料落入皮带输送机上,在输送过程中,电磁除铁器将鱼料中含铁杂质析出,鱼料经过螺旋输送机落入鱼粉蒸煮机,蒸煮时间控制在 $15\sim 20\text{ min}$ 。鱼粉蒸煮机的末端设有蛋白质快速检测装置,该装置将检测的蛋白质含量转换成

数字信号反馈到鱼粉蒸煮机的蒸汽控制系统,该系统通过调节蒸汽输入量来调节蒸煮温度,以此降低鱼粉在蒸煮过程中发生蛋白质变质现象。若检测出鱼粉蛋白质含量低于 65% ,蒸煮机的蒸汽输入量将会减少,从而降低蒸煮温度,使蛋白质含量回升并稳定在 65% 左右。

鱼料经过蒸煮后被输送到双螺杆压榨机中进行压榨去除汁液,使鱼油、水分与鱼肉分离;鱼料经过压榨后变成碎饼输送到螺旋输送撕碎机进行撕碎,以增加鱼料后续处理工序的表面积;撕碎后输送至双螺杆压榨机进行鱼料和鱼液的进一步分离。分离后的鱼料进入一级干燥机(盘式干燥机)中进行初步干燥,鱼料经过 30 min 、 $70^{\circ}\text{C}\sim 80^{\circ}\text{C}$ 的盘式干燥,其含水量可降至 $25\%\sim 35\%$ ^[17]。鱼料经过一级干燥机后被输送至二级干燥机(圆形真空干燥机)中。二级干燥机采用低温低压蒸汽干燥工艺,在真空环境中将鱼粉加热到 $60^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$,时长 $28\sim 32\text{ min}$,以使鱼粉含水量降至 $8\%\sim 12\%$ 。高品质鱼粉加工装置工艺流程如图1所示。

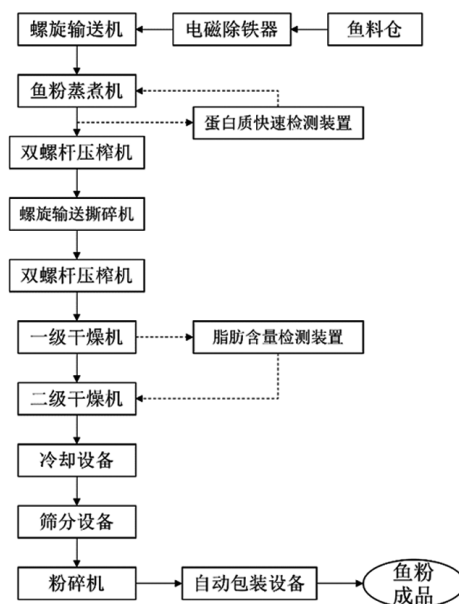


图1 高品质鱼粉加工装置工艺流程

Fig. 1 The process flowchart of the high quality fish meal processing equipment

一级干燥机末端还设有脂肪检测装置(全自动水解脂肪测定仪),能实时快速检测一级干燥机内鱼料的脂肪含量,并将其转换成数字信号反馈至二级干燥机的控制系统,若检测到脂肪含量

在 12% 以上,则根据脂肪含量减少干燥时间。鱼粉经过干燥后输送到冷却设备中进行冷却降温,以达到包装前的产品稳定性。冷却后的鱼粉进入筛分设备去掉粉头,粗鱼粉经过粉碎机进行打碎处理,最后进入自动包装设备包装成鱼粉成品。高品质鱼粉加工装置通过对加工工艺和加工设备的优化,精准控制鱼粉加工过程中蒸煮、压榨、干燥等环节的工艺参数,在提高鱼粉成品蛋白质含量的同时,降低脂肪含量。

2.2 双螺旋压榨机

鱼料经过蒸煮后输送至双螺旋压榨机

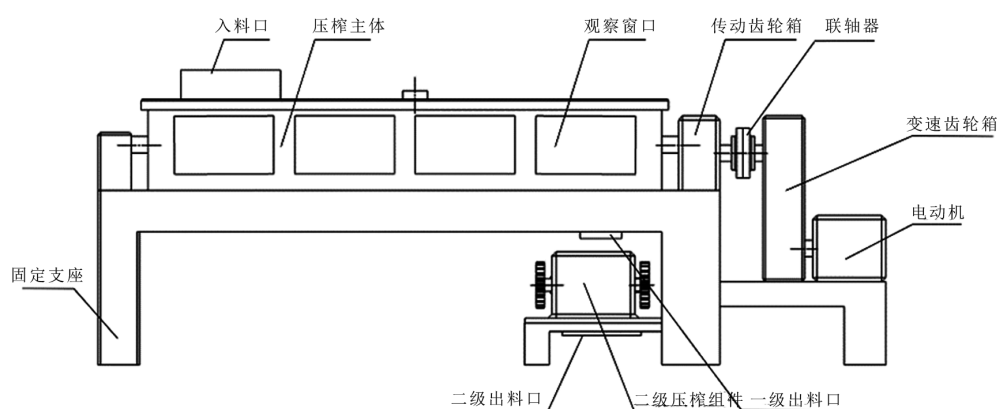


图 2 双螺旋压榨机示意图

Fig. 2 Schematic diagram of the double screw presser

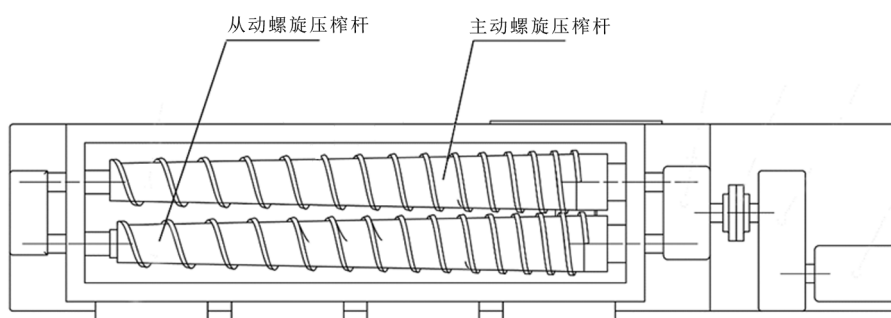


图 3 主体结构内部示意图

Fig. 3 Schematic diagram of the main structure

经过充分压榨加工生产出来的鱼粉不仅色泽浅、保质期长,而且还能减少油脂氧化所带来的负面效应,能够获得较为优质的脱脂鱼粉和鱼油^[19]。采用二级压榨的双螺旋压榨机,降低了传统压榨机的压榨负担,具有高压榨率、高出油率等优点,在提高鱼粉品质和工作效率的同时,还能够节约能源、降低成本。

(图 2),内设有主动螺旋压榨杆和从动螺旋压榨杆(图 3),由于螺旋压榨杆的轴芯直径逐渐增大,螺旋叶片的螺距逐渐减小,因此施加于鱼料上的压力逐渐增大,鱼料中的水分和鱼油被压榨出来^[18]。初步压榨的鱼料通过出料口进入二级压榨组件中,二级压榨组件包括主动压榨辊和从动压榨辊,鱼料通过两者之间 1.5~2 cm 的间隙进行二次压榨。经过二次压榨后的鱼料、水分和鱼油进一步被压榨出来,降低了鱼料的油脂含量,进一步提高了成品鱼粉的品质。

3 对照试验

3.1 鱼粉品质试验

鱼粉品质的对比试验设对照组与试验组。对照组以传统鱼粉加工装置制备的鱼粉成品为测试对象,试验组以高品质鱼粉加工装置制备的鱼粉成品为测试对象。前者相对于后者的不同之处在

于:蒸煮机末端无蛋白质快速检测装置,压榨装置为单级压榨,干燥装置为单级干燥,且干燥装置末端无脂肪检测装置。

以鳀鱼鱼粉为试验对象,对照组的蒸汽干燥温度设定为 90 ℃,干燥时间 20 min,其它工艺参数与高品质鱼粉加工装置相同。鱼粉的蛋白、脂肪、灰分测定均为干基测定。粗蛋白测定采用 GB/T6432—1994 半微量凯式定氮法;粗脂肪测定采用 GB/T6433—2006 索氏提取法;粗灰分测定采用 GB/T6438—2007 总灰分测定法^[20]。

鱼粉成品对照组与试验组的测定结果见表 1。一般来说,粗蛋白含量高于 65%、粗灰分低于 16% 的鱼粉被称为特级鱼粉^[20-21]。从表 1 可以看出,试验组鱼粉粗蛋白含量与对照组相比,改善比提高了 11.1%;试验组鱼粉中粗脂肪含量与对照组相比,改善比降低了 17.3%;试验组鱼粉中粗灰分含量与对照组相比,改善比降低了 5.5%。从测定结果可以得出,高品质鱼粉加工装置制备的鱼粉蛋白质含量得到提升,并且脂肪含量和粗灰分含量维持较低水平,这表明该装置生产的鱼粉品质更好。

表 1 不同工艺方法对鳀鱼鱼粉品质的影响

Tab. 1 The influence of different process methods on fish meal quality

鱼粉成分	对照组/%	试验组/%	改善比/%
粗蛋白	60.0±2.1	66.7±1.3	11.1
粗脂肪	10.4±0.7	8.6±0.5	-17.3
粗灰分	16.2±0.2	15.3±0.2	-5.5

3.2 鱼粉饲养试验

粗蛋白含量是评价鱼粉品质的重要指标之一,利用粗蛋白指标对鱼粉营养价值进行评价必须结合其他指标同时进行^[22]。最理想的评价方法是通过养殖试验测定鱼的体长增长率及体重增长率。取人工繁殖孵化的 46 日龄半滑舌鲷稚鱼为试验对象。试验前用 5 天时间使稚鱼逐步适应试验配合饲料,随机分于 6 个规格为 50 cm×40 cm×40 cm 的水箱中,每箱 60 尾,分 2 组进行对照试验。试验开始时的稚鱼干重为(14.63±1.81) mg,水温(24±1) ℃,每日早上清污,流水养殖,每日投饵 4 次,投喂量以饱食为准。每 7 d 取样 3 尾/箱,进行体长及体重测定。试验结束后

将鱼贮存于-80 ℃,以备生化指标测定。

在饲料中分别添加由高品质和传统两种鱼粉加工装置制备的鱼粉,饲料配方为:鱼粉 60 份、虾粉 20 份、鱼油 5 份、磷脂 2 份、甜菜碱 0.3 份、淀粉 1 份、水解鱼蛋白 10 份,将各种原料粉碎并用螺旋挤压机挤压成型,分别制成试验饲料与对照饲料。

动物生长指标测定:

$$L = (L_1 - L_0) / L_0 \times 100\% \quad (1)$$

$$W = (W_1 - W_0) / W_0 \times 100\% \quad (2)$$

式中: L_0 —试验开始时体长,mm; L_1 为试验结束时体长,mm; W_0 为试验开始时体重,g; W_1 为试验结束时体重,g。

半滑舌鲷稚鱼的生长情况见表 2。饲养 21 d 后,无论是试验组还是对照组,半滑舌鲷稚鱼的体长、体重均有明显增长。对照组中,稚鱼体长增长率最大为 13.99%,最小为 9.67%;试验组中,稚鱼体长增长率最大为 23.99%,最小为 19.23%。对照组中,稚鱼体重增长率最大为 156.97%,最小为 139.73%;试验组中,稚鱼体重增长率最大为 283.48%,最小为 252.82%。试验组中,半滑舌鲷稚鱼体长增长率与体重增长率均优于对照组,且组间差异具有显著性($P<0.05$)。因此,试验组鱼粉饲养效果优于对照组。结果表明,高品质鱼粉加工装置制备的鱼粉在水产养殖中效果显著。

表 2 饲养 21 d 后半滑舌鲷稚鱼的生长情况

Tab. 2 Growth of *Cynoglossus semilaevis* gunther post-larvae after 21 days

生长指标	对照组	试验组
体长增长率/%	11.83±2.16	21.61±2.38*
体重增加率/%	148.35±8.62	268.15±15.33*
存活率/%	79.31±7.33	86.34±5.25

注:* 表示与对照组相比差异具有显著性($P<0.05$)

4 结论

研制的一种高品质鱼粉加工装置,采用二级压榨工艺,可降低鱼粉含水量和脂肪含量;通过对一级干燥后的鱼粉脂肪含量检测,能有效控制二级干燥时间,保证加工鱼粉质量的稳定性。该装置生产出的鱼粉与传统加工装置生产的鱼粉相

比,蛋白质含量增加 11%,脂肪含量降低 17%。鱼粉饲养试验验证了高品质鱼粉在水产养殖过程中的显著效果。通过优化加工工艺及加工设备,在生产出高品质鱼粉的同时,还降低了污染物排放和能源消耗。该高品质鱼粉加工装置具有较好的生产经济性与市场发展前景。

□

参考文献

- [1] 杜玉雯,孙琛. 我国鱼粉市场需求的影响因素及对策分析[J]. 中国渔业经济,2016,34(3):10-17.
- [2] 曹小华. 浅谈鱼粉的营养特性与新鲜度评价指标(一)[J]. 广东饲料,2015,24(8):39-42.
- [3] 上海鱼品加工厂. 鱼品加工工艺[M]. 上海:上海科学技术出版社,1978:55-58.
- [4] 徐景珩. 鱼粉加工技术与设备[J]. 包装与食品机械,1989,15(2):29-33.
- [5] 郑银萍,王春涛,郑国红. 连续式真空干燥机在鱼粉加工中应用研究[J]. 浙江海洋学院学报,2014,33(6):534-537.
- [6] 彭侃. 鱼粉生产过程中质量变异的研究[D]. 苏州:苏州大学,2016.
- [7] 吴维辉,何绮霞. 鱼粉的质量现况和分析[J]. 广东饲料,2010,19(6):44-45.
- [8] 夏森,董华龙. 鱼粉生产工艺对鱼粉质量的影响[J]. 浙江海洋学院学报,2002,21(3):288-291.
- [9] ABEROUMAND A. A research work on chemical composition and quality of some fishes meals in Iran[J]. World Journal of Fish and Marine Sciences,2010,2(6):505-507.
- [10] GB/T 19164-2003 鱼粉[S].
- [11] 刘娟花. 鱼粉加工工艺研究进展[J]. 广东饲料,2013,22(5):29-31.
- [12] 曹霞,曹瑾玲. 鱼粉的研究现状及展望[J]. 农产品加工(创新版),2011(4):69-75.
- [13] 田胜. 鱼粉加工工艺及其对品质的影响[J]. 食品技术研究,2015,36(1):143.
- [14] MOMCILOVIC D, RASOOLY A. Detection and analysis of animal materials in food and feed [J]. Journal of Food Protection,2000,63(11):1602-1609.
- [15] 王联珠,谭乐义,李晓川,等. 影响鱼粉胃蛋白酶消化率的因素之探讨[J]. 海洋水产研究,2005(6):50-54.
- [16] 曹文明,薛斌,袁超,等. 油脂氧化酸败研究进展[J]. 粮食与油脂,2013(3):1-5.
- [17] 郑银萍. 高效连续真空低温式鱼粉干燥设备的研究[D]. 舟山:浙江海洋学院,2015.
- [18] 林伟初. 湿法鱼粉主要设备工艺性能分析[J]. 渔业机械仪器,1991,18(3):27-30.
- [19] 冯幼,许合金,刘定,等. 不同原料及生产工艺对鱼粉品质的影响[J]. 饲料与畜牧,2014(2):13-15.
- [20] 牛燕. 鱼粉成分分析及品质判别[J]. 福建分析测试,2013,22(6):37-40.
- [21] 郭伶. 不同加工工艺对鱼粉质量影响的研究[J]. 饲料研究,2014(13):23-26.
- [22] 叶元土. 鱼粉的质量控制及其在淡水鱼饲料中应用[J]. 饲料工业,2007,28(8):1-6.

Study on high quality fish meal processing equipment

WANG Yongding¹, TIAN Chenxi¹, DONG Yalong¹, LIU Yu²

(1 College of Engineering Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

2 CNPC Ji-chai Power Equipment Company Chengdu Compressor Plant, Chengdu 610100, China)

Abstract: With the rapid development of aquaculture, fish meal is in great demand at home as the raw material of high quality aquatic feed. In order to improve the efficiency of fish meal production and the quality of fish meal as well, a kind of high quality fish meal processing equipment is developed. By optimizing process and equipment, the process parameters of cooking, pressing and drying are controlled accurately. By introducing protein detection device, the temperature in cooking process is controlled accurately, which reduces protein denaturation. Two-stage drying process and fat detection device are used to reduce water and fat content. Through the test of the quality of fish meal, compared with traditional processing equipment, the protein content of fish meal produced by high quality fish meal processing equipment is increased by 11% and the fat content decreased by 17%. The quality of fish meal is further verified through feeding experiment. From the perspective of sustainable development, high quality fish meal processing equipment has a good market prospect.

Key words: fish meal processing equipment; two-stage pressing; intelligent control; two-stage drying