



YUROU FANGZHEN
SHIPIN SHENGCHAN
GONGYI JI SHEBEI YANJIU

鱼肉仿真食品 生产工艺及设备研究



◎ 何阳春 著



安徽大学出版社

鱼肉仿真食品生产工艺 及设备研究

何阳春 著

安徽大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

鱼肉仿真食品生产工艺及设备研究/何阳春著. —合肥:
安徽大学出版社, 2004. 1

ISBN 7-81052-756-8

I. 鱼... II. 何... III. ①人造食品—食品加工
②人造食品—食品加工设备 IV. TS219

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 115980 号

鱼肉仿真食品生产工艺及设备研究

何阳春 著

出版发行	安徽大学出版社	印刷	中国科学技术大学印刷厂印刷
	(合肥市肥西路 3 号 邮编 230039)	开本	850×1168 1/32
联系电话	总编室 0551-5107719	印张	8
	发行部 0551-5107784	字数	201 千
电子信箱	ahdxchps@mail.hf.ah.cn	版次	2004 年 5 月第 1 版
责任编辑	高 兴	印次	2004 年 5 月第 1 次印刷
封面设计	孟献辉		

ISBN7-81052-756-8 / T·100

定价 15.00 元

如有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换

前 言

本著作以本人的博士论文《鱼肉仿真工程食品生产工艺及设备研究》为蓝本撰写而成,向诸位介绍鱼肉仿真食品及其生产技术的研究心得与成果。

鱼肉仿真食品是一类以低值的海水鱼或淡水鱼为主要原料,采用先进工艺和设备生产,制成外形、质地与天然动物食品相仿的新型高级鱼糜制品。仿真食品具有营养价值高、外形美观、美味适口、食用方便等优点,深受人们喜爱。日本等许多国家都把发展仿真食品作为一个重要的研究方向,并把研究成果应用于生产,而我国在这方面的研究起步较晚,仅停留在加工工艺探索阶段。

为了推动仿真食品的研究,加快仿真工程食品产业化进程,缩小与国外研究差距,中国食品工业协会曾在制定“九五”中国食品工业科技发展纲要时,把“应用低值鱼为原料加工鱼糜的科技成果,并进一步推广仿真工程食品的新技术,提高产品技术含量和附加值”作为水产食品研究的发展重点。为响应中国食品工业协会的号召,在进行大量调研的基础上,我们向浙江省科委申报了研究课题“淡水鱼开发模拟虾仁产业化研究”,并被浙江省科委作为重点攻关项目列入 1998 年科技项目计划。经过三年多的研究,完成了应用基础研究、工艺研究和设备研究,并于 2001 年底通过了省科技厅科技成果鉴定。鉴定委员会认为,淡水鱼模拟虾仁产业化研究为淡水鱼

的综合利用开辟了一条深加工、高附加值利用新途径,课题组所进行的基础研究、工艺研究、设备研究先进合理,“模拟虾仁产业化”的成果填补了国内该领域的空白,该项目的研究技术水平处于国内领先”。

本文在总结模拟虾仁产业化研究成果的基础上,对仿真食品生产存在的一些共性问题如应用基础、工程技术等进行了系统性研究,解决在仿真食品产业化过程中遇到的生产工艺、生产设备及应用基础等方面的问题。

本文主要内容有:鱼肉流变特性研究、鱼肉机械特性研究、鱼肉蛋白纤维生产工艺研究、仿真食品成形工艺研究和仿真食品生产设备研究。

本文在以下方面取得了创新性成果:

1. 根据鱼糜糊的独特性质,确定了适宜鱼肉流变特性的测量方法——螺杆挤压式短模孔流变测量法,解决了该流变测量法所需的测量装置和具体测量方法。

本文深入研究了鱼肉的流变特性,为仿真食品生产技术研究提供最基础、最关键的数据。本文认为,鱼糜与食盐、淀粉等配料混合而成的鱼糜糊,具有粘度大、流动性差、易“架空”、填料不均、清洗困难等特性,不宜采用旋转式粘度计、活塞式毛细管流变仪进行流变测量,因而提出了螺杆挤压式短模孔流变测量比较适合鱼肉流变测量的观点,本文在文献报道的“鱼肉流变性质符合非牛顿幂律规律”及幂律流体流变理论的基础上,利用先进的单片机测量和控制技术,成功地将螺杆挤出机改装成适于鱼糜糊测量的螺杆挤压式流变测量装置,顺利地完成了仿真食品所用鱼糜糊流变特性的测量,编制了螺杆挤压式流变测量装置的计算机辅助分析计算程序。

2.通过鱼肉挤压流动过程中机械特性研究,架起了鱼肉流变特性与仿真食品工程技术之间的桥梁,提供了仿真食品生产工艺的制定、生产设备的设计计算的理论依据。

本文研究了鱼肉在活塞推料、螺杆推料等挤压流动过程中的机械特性,为确定仿真食品工艺参数和设计仿真食品设备结构提供理论依据。以前,鱼肉流变特性的研究,仅在认识鱼肉特性方面作了贡献,但鱼肉流变特性与仿真食品工程之间的关系尚无人进行研究,不能将鱼肉流变特性的研究成果用来指导生产。本文根据前人研究成果,通过运动分析、受力分析和理论推导,建立了鱼肉在活塞挤压和螺杆挤压两种流动过程中的压力、流量、生产率、功率等机械特性与鱼肉流变特性、挤压流动装置结构参数之间的关系。

3.解决了仿真食品生产工艺的技术关键,制定了适合机械化生产工艺流程,确定了鱼肉蛋白纤维挤出压力、仿真食品成形压力、加热温度等主要工艺参数。

本文研究了仿真食品生产工艺流程和工艺条件,为设计仿真食品生产设备提供必要的工艺数据。鱼肉仿真食品有外形、色泽等外观质量和致密性、凝胶弹性、咀嚼性等内在质量的要求,不同于一般的鱼糜制品,要求制定一条既满足质量要求又容易实现机械化生产的工艺过程。本文利用前人鱼肉凝胶特性研究成果和本人上述研究结论,通过方案对比和正交试验,确定了鱼肉蛋白纤维生产工艺流程和最佳工艺条件,确定了典型仿真食品——模拟虾仁制品成形工艺流程和最佳工艺条件。

4.解决了仿真食品生产设备研究过程中的设计计算问题,研制成功仿真食品生产设备——模拟虾仁成形机和配套

设备,获得了国家知识产权局授予的“仿生制品成形机”实用新型专利权。

本文研究了仿真食品生产设备,开发了模拟虾仁生产设备,为最终实现仿真食品产业化提供最关键、最重要的生产设备。以前,国内在仿真食品生产设备研究开发方面是个空白,而日本等国生产的仿真食品生产设备,外形庞大,结构复杂,造价昂贵,不适合在我国水产食品生产厂家普遍采用,影响了我国仿真食品产业的发展。本文提出了研究开发国产化中小型仿真食品生产设备的设想,成功地完成了模拟虾仁成形机及配套的机械设备的研制工作,设备造价仅为国外同类设备的十分之一,由于设备生产的制品质量好,获得了用户的一致好评,通过了省级科研成果鉴定。

由于作者水平所限,敬请各位专家及读者批评指正。

何阳春

2003 年秋于杭州

目 录

前言	1
1 绪论	1
1.1 研究目的和意义	1
1.2 国内外文献综述	3
1.2.1 我国渔业资源极为丰富	3
1.2.2 鱼类的营养价值和保健功能	6
1.2.3 鱼类食品加工大有可为	9
1.2.4 鱼肉仿真食品研究势在必行	13
1.3 本文主要内容	41
2 鱼肉流变特性研究	44
2.1 概述	44
2.2 实验原理	47
2.2.1 流变测量原理	47
2.2.2 流变测量装置	51
2.2.3 实验材料	63
2.3 实验方法和步骤	64
2.3.1 实验方法	64
2.3.2 实验步骤	64
2.4 实验数据处理	66
2.4.1 实验数据	66
2.4.2 实验数据处理	68

2.4.3	实验结论	76
2.5	小结	79
3	挤压流动过程的鱼肉机械特性研究	80
3.1	概述	80
3.2	活塞挤压推料时鱼肉机械特性研究	82
3.2.1	活塞推料压力与流量	82
3.2.2	活塞推料时的功率	85
3.3	螺杆挤压推料时鱼肉机械特性研究	88
3.3.1	螺杆挤压模型	89
3.3.2	挤压模型的修正	96
3.3.3	流量、压力的关系	103
3.3.4	挤压螺杆轴的扭矩	104
3.3.5	挤压螺杆的功率	108
3.4	小结	110
4	鱼肉仿真食品生产工艺研究	112
4.1	概述	112
4.2	鱼糜糊生产工艺	114
4.2.1	鱼糜糊生产工艺流程	114
4.2.2	操作要点	114
4.3	鱼肉蛋白纤维生产工艺	116
4.3.1	生产方案选择	116
4.3.2	工艺流程与实验条件	118
4.3.3	实验设计及结果	122
4.3.4	实验数据处理	124
4.3.5	确证实验	127
4.3.6	挤出压力	128

4.4	模拟虾仁成形工艺	129
4.4.1	生产方案选择	129
4.4.2	工艺流程与实验条件	130
4.4.3	评价标准	133
4.4.4	实验设计与结果	139
4.4.5	实验数据处理	146
4.4.6	浇注压力确定	148
4.5	小结	150
5	鱼肉仿真食品生产设备研究	152
5.1	概述	152
5.2	设备研究目标	154
5.3	设备总体方案	154
5.3.1	设计任务书	154
5.3.2	方案论证	155
5.3.3	总体设计	164
5.4	鱼糜定量装置	167
5.4.1	定量泵	167
5.4.2	凸轮推杆机构	169
5.5	着色装置	173
5.5.1	柱塞泵	174
5.5.2	喷雾头	174
5.5.3	单向球阀	175
5.6	浇注装置	176
5.6.1	凸轮与滚子	177
5.6.2	浇注头与喷雾头	177
5.7	间歇输送装置	178

5.7.1	虾仁模板	178
5.7.2	链式输送机构	179
5.7.3	槽轮机构	180
5.7.4	模具开合机构	181
5.8	喂料装置	181
5.8.1	螺杆与锥套	183
5.8.2	出料流量	184
5.8.3	螺杆转速和挤压力	184
5.8.4	螺杆轴扭矩	186
5.9	电机功率	186
5.9.1	主电机功率	186
5.9.2	喂料电机功率	192
5.10	加热炉与电热功率	193
5.10.1	加热炉体	193
5.10.2	电热功率	194
5.11	小结	195
6	总结与展望	196
6.1	总结	196
6.2	展望	199
参考文献		200
附录		215
A.1	计算机压力、温度、流量测控系统软件清单	215
A.2	流变测量计算程序	229
后记		237

图 表 目 次

图 1-1	鱼类肌肉组织结构排列模式图	15
图 1-2	旋转双筒流变仪原理图	30
图 1-3	日本式仿真食品生产流程图	35
图 1-4	模拟虾仁生产工艺流程图	42
图 2-1	活塞挤压式流变仪结构原理图	46
图 2-2	流体受力平衡图	48
图 2-3	PB-70 型喷爆机(单螺杆挤压机)	
	结构原理图	52
图 2-4	出口模头及模板	54
图 2-5	进料装置结构示意图	55
图 2-6	应变片式压力传感器和测量放大电路	
	原理图	57
图 2-7	温度测量、放大电路原理图	58
图 2-8	流量定时取样装置原理图	59
图 2-9	定时取样控制电路	60
图 2-10	单片机检测控制系统硬件结构框图	60
图 2-11	单片机检测控制系统软件流程图	63
图 2-12	$\lg \dot{\gamma}_a$ 与 $\lg \Delta P$ 的关系图	70
图 2-13	$\dot{\gamma}_a$ 为定值时 $\Delta P - L/R$ 的关系图	72
图 2-14	$L^*/R - \dot{\gamma}_a$ 关系图	73
图 2-15	τ_w 与 $\dot{\gamma}_a$ 的关系图	75

图 2-16	流变测量程序框图	78
图 3-1	活塞压力推料原理图	82
图 3-2	活塞受力分析	87
图 3-3	螺旋、筒体几何形状及展开图	90
图 3-4	组合螺杆示意图	95
图 4-1	鱼糜糊生产工艺流程图	114
图 4-2	挤压喷丝凝胶法鱼丝生产工艺流程图	118
图 4-3	鱼糜挤压喷丝凝胶实验装置工作原理图	120
图 4-4	模拟虾仁浇注成形工艺流程图	130
图 4-5	天然真虾仁 T.P.A 测定结果图	137
图 4-6	浇注实验装置原理图	141
图 4-7	测力器结构示意图	149
图 5-1	美国专利展示的模拟虾仁成形机结构简图 ..	155
图 5-2	专利定量泵的结构原理图	156
图 5-3	专利虾仁模具结构图	157
图 5-4	专利虾仁模具开合装置示意图	158
图 5-5	方案一:辊压成形工作原理图	159
图 5-6	方案二:旋转浇注成形工作原理图	161
图 5-7	方案三:传送浇注成形工作原理图	162
图 5-8	虾仁模具结构图	162
图 5-9	开模机构动作示意图	163
图 5-10	鱼糜定量装置工作原理图	164
图 5-11	成形机工作相序图	165
图 5-12	成形机传动系统图	166
图 5-13	凸轮推杆机构组成原理图	170
图 5-14	凸轮位移线图与轮廓曲线	171

图 5-15	镰形凸轮受力分析图	172
图 5-16	着色机构原理图	173
图 5-17	喷雾头结构	175
图 5-18	单向球阀的结构	176
图 5-19	浇注机构原理图	177
图 5-20	输送链与模板的挂接	179
图 5-21	槽轮机构	181
图 5-22	开模固定凸轮	182
图 5-23	喂料装置工作原理图	183
图 5-24	主电机传动路线图	187
表 1-1	主要水产经济动物的必需氨基酸含量	7
表 2-1	鱼糜糊密度实验数据	67
表 2-2	实验数据表	67
表 2-3	$\lg \dot{\gamma}_a$ 与 $\lg \Delta P$ 的计算数据	69
表 2-4	ΔP 与 L/R 的关系	72
表 2-5	各组实验的端部效应 L^*/R 值	74
表 3-1	正流系数 F_d 、倒流系数 F_p 的计算值	92
表 3-2	实验数据与计算结果汇总表	102
表 3-3	螺杆综合修正系数表	103
表 4-1	鱼丝品质因素水平表	123
表 4-2	鱼丝品质 $L_9 3^4$ 正交试验结果	123
表 4-3	品质评价指标	124
表 4-4	鱼丝品质 $L_9 3^4$ 正交试验结果的模糊评价	125
表 4-5	主效应分析表	126
表 4-6	确证试验测试分析结果	128

表 4-7	物性测定仪 TA-XT2i 的 T.P.A	
	测定项目	134
表 4-8	感官评价标准	135
表 4-9	天然真虾仁 T.P.A 测量结果表	138
表 4-10	模拟虾仁品质因素水平表	143
表 4-11	模拟虾仁实验正交表	143
表 4-12	模拟虾仁实验感官评价分值	144
表 4-13	模拟虾仁实验仪器 T.P.A 测定结果表	144
表 4-14	模拟虾仁品质 L_93^4 正交试验结果	145
表 4-15	主效应分析表	146
表 5-1	凸轮向径与压力角	171

1 绪 论

1.1 研究目的和意义

21 世纪是海洋的世纪,海洋占地球总面积的 70% 以上,蕴藏着极为丰富的自然资源,它是全球生命支持系统的基本组成部分,是保证人类可持续发展的重要财富。当今世界越来越多的国家已将开发海洋作为获取资源、扩大生存空间、推动经济发展的战略重点。我国是一个海洋大国,领海辽阔,海洋资源十分丰富,开发前景巨大。海洋经济将成为我国 21 世纪新的支柱产业。

我国又是个淡水渔业大国,有着广阔的内陆水域,水产品资源极为丰富。改革开放后,我国淡水渔业的发展也很迅速。

1979 年全国水产品总产量仅为 470 万吨,1989 年增至 1150 万吨,到 1993 年为 1500 万吨,1997 年已达 3206 万吨。海洋资源与淡水资源中,又数鱼类产量为最大。仅就淡水鱼产量而言,1990 年已达 523 万吨,1995 年为 1078 万吨,1997 年为 1425 万吨^[1]。

鱼类食品被公认为是一种优质的保健食品,它富含蛋白质,并且其蛋白质易被人体消化吸收,利用率高,鱼类脂肪含量少且多由不饱和酸组成,其营养价值高于其他动物脂肪,鱼肉中钙、锌、磷等无机盐含量比畜禽肉类高,经常食用鱼肉,可

改善人们膳食结构,促进少年儿童骨骼生长,加快青年身体发育,防止中老年因缺钙等引起的骨质疏松症。鱼体内还含有丰富的亚油酸、亚麻酸与一定量的二十碳五烯酸(EPA)和二十二碳六烯酸(DHA),它们是构成人脑极为重要的营养素,决定人的智力水平,被国际上誉为“能使人聪明的食品”^[2],日本有“食鱼能使头脑变得聪明”^[3]的说法,它还具有降低血脂、抗血栓和健脑益智之功效。因而对现代人类来说,鱼肉不仅可提供维持身体机能不可缺少的营养物质,而且能起到强身健体、延寿增智的作用,因而,鱼肉成为人们日常膳食结构的重要一环。

鱼类中不乏有价值较高的经济鱼类,也有数量可观的低值鱼类,随着海洋渔业生产的发展,经济鱼类逐年减少,小杂鱼、低值鱼产量逐年增多^[4]。淡水养殖鱼类中鲢鱼等低值鱼产量很大,比如在浙江省千岛湖等水库、河流中数鲢鱼产量为最大^[5]。这些低值鱼由于食用不便、口感不佳等原因,没有得到很好利用,产区有大量的低值鱼或被低价抛售,或因无人问津而腐烂掉,这就带来优质鱼肉蛋白及其他营养素的浪费,致使渔民收入降低,还造成对环境的污染。如何加工低值小杂鱼,充分开发利用其蛋白质资源,已引起世界各国的高度重视^[6]。在利用这些低值鱼方面,将其加工成鱼糜制品是最有效的利用途径之一^[4]。

目前鱼糜生产工艺已十分成熟,浙江省就有几家较大的鱼糜生产企业,如中外合资舟山兴业有限公司、中外合资龙生水产制品有限公司玉环分公司等,鱼糜生产能力较大,但仅作为鱼丸等初级鱼糜制品的原料,造成开工不足、设备闲置。大力开发鱼肉仿真食品,是积极消化并增加鱼糜产量的最佳方