

鱿鱼加工副产物的开发利用研究进展

魏薇薇, 闻正顺*, 姚利阳 (浙江海洋大学食品与医药学院, 浙江舟山 316000)

摘要 简要介绍了鱿鱼的结构及其营养成分, 对鱿鱼加工下脚料各个部分的利用状况进行了概括总结。分别从鱿鱼皮、头、鳍、软骨、墨汁、精白、眼和内脏几种下脚料的加工利用方面阐述了研究进展, 为今后鱿鱼加工下脚料的进一步开发与利用提供依据。

关键词 鱿鱼; 下脚料; 利用

中图分类号 S985 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)36-0129-03

Research Progress on Development and Utilization of Squid Byproducts

WEI Wei-wei, WEN Zheng-shun*, YAO Li-yang (College of Food and Medicine, Ocean University of Zhejiang, Zhoushan, Zhejiang 316000)

Abstract The structure of squid and its nutritional ingredients were introduced, the utilization status of each part of squid processing wastes were summarized, the research progress in processing and utilization of several kinds of wastes were elaborated respectively from the squid skin, head, fins, cartilage, ink, polished, ocular and visceral, which can provide the basis for further development and utilization of squid processing wastes.

Key words Squid; Waste; Utilization

鱿鱼是全球产量较高的海洋性资源, 我国鱿鱼年捕获量约达 100 万 t, 其中仅舟山鱿鱼的加工量就占到全国的 50% 左右。鱿鱼在加工处理过程中会产生 20% ~ 25% 的下脚料, 例如表皮、软骨、鱿鱼眼及内脏等, 而这些下脚料中也含有大量的粗脂肪、多糖、蛋白质等营养成分, 但其利用率却很低, 这类副产物大都被简单加工成鱼粉, 另外也有一部分被随意销毁或掩埋。因此, 研究开发高效、低能耗、环境友好型的鱿鱼下脚料加工利用技术尤为重要。为了更好地开发利用鱿鱼加工下脚料, 人们需要对目前鱿鱼加工下脚料的利用现状有一定的认识。笔者在前人研究的基础上, 对鱿鱼及其加工下脚料的利用状况和开发前景进行了归纳与总结。

1 鱿鱼的营养成分及其加工利用现状

1.1 鱿鱼的基本构造及分布 鱿鱼又称中国枪乌贼, 是一种海洋软体类动物, 其身体的颜色为白色并带有淡褐色斑, 体形呈圆锥型。鱿鱼基本构造可分为头、胴体和足 3 部分, 头较短, 胴体较长, 尾端尖细, 头前部有 10 条触足, 尾端具有呈三角形的肉鳍, 其体内的 2 片腮是呼吸器官。鱿鱼常成群地游弋在深 20 m 左右的海洋中, 其游动速度 40 ~ 50 km/h。

在全世界水产品中, 鱿鱼产品占据了将近一半。在全球范围内, 生产、消费鱿鱼的国家和地区很多, 就捕捞量而言, 日本占据领先地位, 而且为满足其国内需求, 日本还不断地从国外进口鱿鱼产品, 在 1998 年其进口量就已达到 5 万 t。另外, 美国的鱿鱼市场进口量也不断扩大, 2000 年其进口量达到 4.6 万 t, 其中鱿鱼的主要供应国是我国和印度^[1]。近年来, 我国鱿鱼的捕捞量迅速增长, 到 2005 年就已近 60 万 t。浙江省作为我国鱿鱼加工的大省, 就其省内的兴业集团而言, 鱿鱼捕捞量在 2007 年就超过 20 万 t^[2]。

1.2 鱿鱼的营养成分 鱿鱼较其他海洋软体动物而言, 具有个头大、胴体长、肉质鲜嫩多汁等显著的品种特性。鱿鱼加工利用部位从整体上可以分为三大部分: 鱿鱼肉、头和足、鱿鱼皮和内脏, 分别占其体重的 50%、25%、25%, 其中可食用的部分占其体重的 75%, 比其他大多数鱼类高出约 20%。由此可以看出, 鱿鱼的利用率较高。研究表明, 鱿鱼的蛋白质含量较高, 约 20%, 而且含有多种人体必需的氨基酸, 而鱿鱼的粗脂肪含量比较低, 其中磷脂是其组成成分, 占脂质总量的 40% ~ 50%。细胞膜的重要构成部分即是磷脂, 它具有较强的生物学功能。除此之外, 鱿鱼还含有大量的风味物质, 如核酸、牛磺酸、甜菜碱等。因此, 鱿鱼是一种既营养健康, 又具有自身优良特性的海产品。

1.3 鱿鱼制品的加工现状 鱿鱼资源分布广泛, 其本身肉质鲜美, 风味独特, 低脂肪高蛋白, 可以满足大多数现代人对健康美味食品的追求, 因而市场上流通着各类鱿鱼制品, 如鱿鱼罐头、鱿鱼丝、鱿鱼圈、鱿鱼酱油等。在国外, 对鱿鱼需求量比较大的国家很多, 例如日本、美国、波兰、德国等, 其中对鱿鱼需求量最多的是日本和美国, 他们主要把鱿鱼加工成鱿鱼圈、面包和沙拉等进行销售。

近些年来, 我国也开始大规模地推进鱿鱼加工业的发展, 并且其已逐渐发展成为我国水产品加工行业的重要组成部分^[3]。目前, 我国鱿鱼的加工种类繁多, 主要类型有鱿鱼片、鱿鱼丁、鱿鱼丸、鱿鱼丝^[4]、鱿鱼火腿肠^[5]、鱿鱼水解蛋白制品^[6]等。而在这些产品中, 鱿鱼丝的生产规模较大, 而且鱿鱼丝也充分保持了鱿鱼的天然风味及其营养成分; 另外, 鱿鱼丝不仅食用便利, 贮藏及运输也比较方便, 可以满足偏远地区人们对鱿鱼的需求。虽然国内的鱿鱼加工业近年来发展比较迅速, 但总体上对鱿鱼进行深加工的方法并不多, 甚至没有一种鱿鱼制品, 可以在市场上处于主导地位。我国对于鱿鱼的消费主要聚集在临海地区, 很大一部分消费人群对于鱿鱼的营养价值知之甚少。此外, 鱿鱼制品品种比较单一, 上述因素都在很大程度上影响了鱿鱼制品的销量以及价格。

基金项目 舟山市科技计划项目(2012C33004, 2016-41015); 浙江海洋大学科研计划项目(面上项目)(X12M05); 浙江海洋大学校级重大项目(X12ZD08)。

作者简介 魏薇薇(1991-), 女, 江苏丰县人, 硕士研究生, 研究方向: 微生物发酵营养制品。* 通讯作者, 副教授, 博士, 从事海洋天然产物与健康研究。

收稿日期 2016-11-11

2 鱿鱼加工下脚料及其利用

2.1 鱿鱼加工下脚料 鱿鱼在加工处理过程中,必然会有大量的副产物,例如鱿鱼头、眼、表皮、软骨及内脏等下脚料,占鱿鱼总体重的20%~25%^[7]。有研究得出,鱿鱼加工下脚料所占质量百分数如下:墨囊1.3%,羽状壳0.2%,肝脏7.5%~10.0%,精白0.5%~0.7%,鱿鱼皮2.0%,其他内脏4.8%~6.0%^[8]。

鱿鱼加工下脚料营养丰富,不但含有大量的蛋白质、脂质,还富含牛磺酸、维生素、软骨素等。当前,我国对于鱿鱼加工副产物的处理相对粗犷,大多都是将其直接掩埋,也有一部分被进一步利用做成饲料,亦或者加工成鱼粉。目前,发达国家对水产品加工的利用率比较高,尤其是美国和日本,其对水产品的加工利用率在80%以上,我国对水产品的利用率则在30%以下。鱿鱼的水分较大,其体内的酶非常活跃,导致下脚料不能长期储存,而且随着储存时间的延长,下脚料还伴有很浓的腥臭味。对于鱿鱼下脚料的加工,由于缺乏成熟的加工工艺,导致加工难度比较大,进而造成高成本、低利润的状况,因而对其的利用率很低。

2.2 鱿鱼加工下脚料的利用现状

2.2.1 鱿鱼皮 鱿鱼皮约占鱿鱼质量的10%。鱿鱼皮中蛋白质含量丰富,约占其干重的88%,胶原蛋白是其主要成分,另外还含有大量的脯氨酸、甘氨酸及羟脯氨酸,而且其水解物中含有丰富的生物活性肽^[9]。前人对胶原蛋白已有所研究,主要是利用胶原蛋白低温下易溶于稀酸或中性盐的特性,把胶原蛋白以胶原溶液的形式提取出来,因为胶原蛋白有美容和保健的功效,因而其在医药、化妆品行业得到广泛应用。Alemán A等^[10]从鱿鱼皮中提取了胶原蛋白,并将其水解成多肽,而且还测定了这些胶原蛋白肽在体外的活性,进而发现了其能影响胃肠的消化作用,可进一步做成助消化药物,应用于医药行业。另外,胶原蛋白还可以当做摄影材料使用,也有人将其作为包裹香肠的肠衣,而且胶原蛋白还可以作为一种添加剂加入到功能性食品当中。鱿鱼皮中胶原蛋白用途广泛,如能有效地回收利用,既可以保护环境,也可以使胶原蛋白的资源库得到丰富与扩大^[11],进而可以实现鱿鱼皮的高值化利用。

2.2.2 鱿鱼头和鳍 鱿鱼头部肌肉比较坚韧,而且其经过干燥之后愈发坚硬。对于鱿鱼头的利用前人也有所研究,例如鱿鱼蛋白粉,它就是用高效蛋白酶对其进行酶解得到的,进而可以充分利用鱿鱼头中丰富的维生素、牛磺酸等成分^[12]。除此之外,鱿鱼头也可以做成一些调味制品,如熏干足、鱼肉粒等。相对于鱿鱼头的利用,肉鳍的利用还比较少,主要是将其加工成一些爽口的食品,例如调味鳍片、脱皮鳍干等^[13]。

2.2.3 鱿鱼软骨 鱿鱼软骨又叫喉骨,约占鱿鱼质量的2.0%,它的主要成分是蛋白质以及酸性黏多糖。酸性黏多糖又称为软骨素,是糖胺聚糖(GAGs)类物质的一种,其具有很多功效,如有防止血管硬化、促进冠状动脉循环、降血脂、抗凝血、抗肿瘤等活性^[14],并且已被广泛应用于临床。鱿鱼软骨有独特的优势,主要是其成本低、预处理比较简单,因而很

有可能成为软骨素提取的新原料。甲壳素分布广泛,大自然中的甲壳动物外壳、低等植物菌类、高等动物的细胞壁中都可以找到,是一种类纤维素物质,其储量丰富,仅次于纤维素,被誉为自然界“第六生命要素”^[15]。鱿鱼软骨里具有独特的 β -甲壳素,有研究表明,甲壳素的衍生物之一壳聚糖在农业、医药业等行业中都有广泛应用, β -甲壳素开发前景广阔,鱿鱼软骨是 β -甲壳素的优良来源。

2.2.4 鱿鱼墨汁 墨汁是鱿鱼从墨囊内喷出的,用于防身的一种物质。墨囊约占鱿鱼体重的1.3%,墨囊中的墨有机物含量丰富,其中主要是脂质和蛋白质,除此之外,墨的主要成分还有黑色素,它具有较好的清除自由基活性的特征,特别是对氧自由基、羟自由基,具有良好的清除效果,而且其活性比肌肽的要高很多^[16],因此它不仅能够抗衰老,还可以提高人体免疫力。将其加工制备成抗氧化剂,可以在保健品、化妆品行业等得到广泛应用。黑色素与其他阳离子很容易络合形成络合物,而这些络合物能够保护细胞。研究发现,黑色素络合铁离子物质活性比较好,而且具有缓解缺铁性贫血、预防肿瘤的作用^[17]。就国内而言,对鱿鱼墨汁的开发利用很少见,因此可以借鉴国外对鱿鱼墨汁利用的经验,更深入地研究鱿鱼墨汁,进一步开发利用这一资源。

2.2.5 鱿鱼精白 鱿鱼精白广泛存在于鱿鱼的精巢中,约占其体重的7.0%。这些主要存在于精巢细胞的细胞核中的蛋白质,与DNA结合在一起,就形成了核精蛋白,其具有很好的抑菌活性功能。鱼精蛋白在医药行业已得到广泛应用,因为其具有增强肝功能、促进细胞增长、抑制肿瘤增长等功效^[18]。20世纪80年代,日本、美国等国已经将鱼精蛋白的强抑菌性应用到食品中,作为食品中的防腐剂。近年来,鱿鱼精白被应用在美容产品上,另外,在医药行业它也被制作成医用注射液,用于因注射肝素过量而引起的出血,而且效果较好。鱿鱼精白是鱼精蛋白的良好来源,因此有望对鱿鱼精巢组织进一步开发利用^[19]。

2.2.6 鱿鱼眼 鱿鱼眼中含有大量的透明质酸,透明质酸是一种结构相对特别的黏性多糖,它的结构主要是由1个N-乙酰葡萄糖胺分子和2个D-葡萄糖醛酸分子构成^[20]。其透明质分子可以携带超过500倍的水分,被人们称为保湿效果最好的物质。由于透明质酸可塑性好、弹性好且渗透性高,现已在医学行业、化妆品行业得到广泛应用^[21]。近些年来,透明质酸的应用发展迅速,研究表明,其具有防止动脉硬化、抗氧化及抗肿瘤等多种功能,并且广泛应用于临床^[22]。另外,透明质酸还具有以下功效:保湿润滑作用,防止脉搏紊乱、脑萎缩等病症的发生。对于骨性关节炎以及眼科疾病的治疗,透明质酸的应用很普遍^[23]。鱿鱼眼含有较多的玻璃体,其开发前景很大,是透明质酸的优良来源,而且对实现鱿鱼的高效开发利用具有重要意义。

2.2.7 鱿鱼内脏 鱿鱼内脏是鱿鱼加工下脚料的主要组成部分,约占鱿鱼质量的15.0%。鱿鱼内脏营养丰富,其中蛋白质21.24%,脂质含量21.15%。另外,鱿鱼内脏富含牛磺酸、氨基酸以及其他微量元素等,而且在鱿鱼内脏油的脂肪

酸中,有大量的二十二碳六烯酸(DHA)和二十碳五烯酸(EPA),因而其具有广阔的开发前景^[24]。

据了解,人们把鲑鱼内脏加工制作成饲料的较多,因为鲑鱼内脏中含有丰富的氨基酸物质,可以直接加工成水生鱼类以及虾的饲料,如鲑鱼浆、鲑鱼内脏粉等^[25]。另外,也可以通过酶解发酵法,利用其高蛋白的特性,将鲑鱼内脏制成鲑鱼酱油和很多天然调味品,而且国内已有人研究利用发酵法,将鲑鱼内脏除臭进而制成天然调味品^[26]。鲑鱼内脏中的脂肪也是值得进一步开发的资源,特别是粗脂肪,它含有大量的EPA和DHA。国内已有部分学者试图将这些脂肪酸提取出来,但由于各种条件不够成熟,并没有实现大规模推广和提取。Lyberg A M等^[27]利用酶解法提取鱼油,并分析了其脂肪酸成分,结果显示DHA和EPA含量非常丰富。Hiroaki Saito等^[28]将汉堡鲑鱼的油脂及脂肪酸成分和其他海洋生物的油脂、脂肪酸成分进行了对比,其脂肪酸中的DHA和EPA含量都较高,分别占22.60%和28.80%。此外,鲑鱼内脏中的鱼油还具有一显著的优势,就是在10℃的室温下不凝固,因此鲑鱼内脏中的鱼油具有广阔的发展前景。

鲑鱼内脏中还含有大量的核酸,它是由很多核苷酸聚合成的生物大分子化合物,它对生物的生长、发育和繁殖意义重大,是维持生命所必需的物质之一。已有研究显示,核酸能够提高人体免疫力,另外还能预防疾病等。鲑鱼内脏中肝脏的比例很大,肝脏中含有大量的核酸,因而可以从肝脏中提取核酸,并对其开发研究,这对鲑鱼内脏的综合利用具有重要的意义^[29]。

近几年来,鲑鱼内脏的营养及其价值逐渐受到重视,大型企业都积极地开发利用鲑鱼内脏。李丽等^[30]在鲑鱼内脏自身酶体系的基础上,改变条件将鲑鱼内脏发酵做成鲑鱼粉,并在鲑鱼粉中添加了其他成分,使得其在色、香、味方面都有所改善,使水产动物拒食的问题得到解决。当前对其利用的主要工艺包括生产鲑鱼内脏豆粉、鲑鱼内脏粉、鲑鱼膏等饲料添加剂,另外,还有将鲑鱼内脏制成鱼露的研究。

3 结语

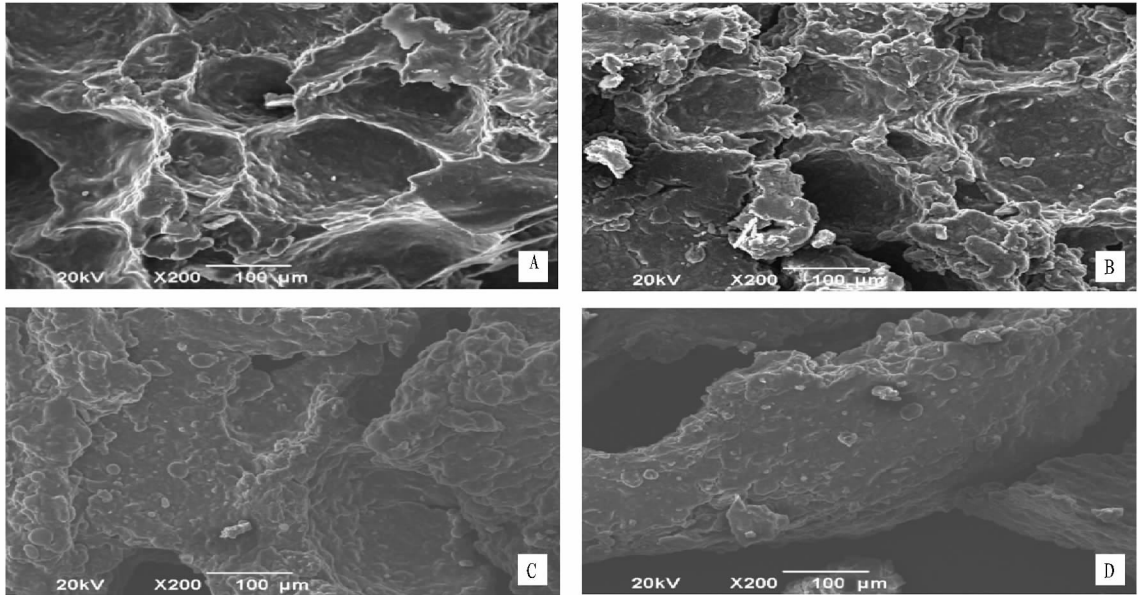
目前,我国对鲑鱼加工下脚料的整体利用率不高,主要停留在以下几方面:鲑鱼皮提取胶原蛋白应用于医药和化妆品行业;鲑鱼头和鳍做成调味制品及食品;鲑鱼软骨提取软骨素应用于临床和医药行业;鲑鱼墨汁应用于食品着色、调味和防腐;鲑鱼精白提取鱼精蛋白做成美容产品或应用于医药行业;鲑鱼眼提取透明质酸应用于医药和化妆品行业;鲑鱼内脏提取鱼油用于饵料用油;微生物发酵或者酶解发酵鲑鱼内脏,制成鱼饲料或者天然调味品;鲑鱼内脏干燥粉碎做成鲑鱼粉等饲料添加剂等。但是,上述对鲑鱼加工下脚料的综合利用率及收益值都比较低,因此,对于鲑鱼加工下脚料的综合利用还有很大的开发空间,有待进一步探讨研究。

综上所述,我国对鲑鱼加工下脚料开发利用还停留在相对浅显的层面,主要应用于医药、调味品和化妆品行业。而鲑鱼加工下脚料的每一部分都有很大的研究价值与意义,例如鲑鱼头含有丰富的维生素和牛磺酸,鲑鱼软骨含有大量

的甲壳素有待开发利用,鲑鱼墨汁可以提取黑色素做成保健品等。因而在今后的研究中,对鲑鱼加工下脚料的探索不仅要考虑到经济效益、社会效益与生态效益,还要考虑到人文效益;不仅要考虑对鲑鱼加工下脚料的结构、成分及作用有充分的认识,还要把它们与社会和人类的需求联系起来,努力做到将其变废为宝,既有益于人类健康,又能充分利用海洋资源,还能保护环境。相信随着生物与科学技术的发展,鲑鱼加工下脚料将来能够被充分地开发与利用。

参考文献

- [1] 宋伟华,马永钧,姚平. 世界鲑鱼产品市场贸易简况[J]. 海洋渔业, 2003,25(3):161-162.
- [2] 马永均,秦乾安,陈小娥,等. 鲑鱼加工副产物综合利用研究进展[J]. 渔业现代化,2008,35(4):62-65.
- [3] 俞秋文. 介绍秘鲁鲑鱼丝的生产工艺[J]. 中国水产,2003(12):73.
- [4] 夏松养. 鲑鱼丝生产工艺技术的研究[J]. 食品工业科技,2004,25(1):94-95.
- [5] 刘鑫,薛长湖,李兆杰,等. 鲑鱼低温火腿肠的加工工艺[J]. 食品与发酵工业,2007,33(1):65-68.
- [6] 夏松养,罗红宇,罗国立,等. 酶解鲑鱼蛋白的制备[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版),2005,24(3):271-274.
- [7] 袁亚辉,姚美君. 利用鲑鱼内脏生产海味素的研究[J]. 渔业现代化,2002(1):28-29.
- [8] 李兴旺. 鲑鱼墨的利用研究[D]. 上海:上海水产大学,2001.
- [9] MORIMURA S, NANGATA H, UEMURA Y, et al. Development of an effective process for utilization of collagen from livestock and fish waste[J]. Process biochemistry, 2002,37(12):1403-1412.
- [10] ALEMÁN A, GÓMEZ-GUILLÉN M, MONTERO P. Identification of acetyl-inhibitory peptides from squid skin collagen after *in vitro* gastrointestinal digestion[J]. Food research international, 2013,54(1):790-795.
- [11] 秦玉青,刘承初,王愷. 鲑鱼皮胶原蛋白的测定与回收[J]. 上海水产大学学报,2002,11(2):138-144.
- [12] 赵建明,黄艳青,高露姣,等. 鲑鱼头蛋白酶解工艺的研究[J]. 食品工业科技,2013,34(13):218-222.
- [13] 李桂芬. 鲑鱼的营养与开发利用[J]. 科学养鱼,2003(7):56.
- [14] MOURÃO P A S, PEREIRA M S, PAVÃO M S Q, et al. Structure and anticoagulant activity of a fucosylated chondroitin sulfate from echinoderm[J]. J Biol Chem, 1996,271(39):23973-23984.
- [15] NIU J, LIN H Z, JIANG S G, et al. Comparison of effect of chitin, chitosan, chitosan oligosaccharide and N-acetyl-D-glucosamine on growth performance, antioxidant defenses and oxidative stress status of *Penaeus monodon*[J]. Aquaculture, 2013,372/373/374/375:1-8.
- [16] 陈士国,薛长湖,薛勇,等. 鲑鱼墨黑色素的自由基清除活性研究[J]. 中国海洋药物,2007,26(1):24-27.
- [17] 陈士国,薛勇,薛长湖,等. 鲑鱼墨黑色素络合铁离子的活性研究[J]. 离子交换与吸附,2010,26(4):310-316.
- [18] 胡晓璐,刘淑集,吴成业. 鱼精蛋白的提取纯化及应用研究进展[J]. 福建水产,2011,33(2):84-88.
- [19] 王海明,吴丽影,任玉翠. 鲑鱼精巢核蛋白的提取及营养成分分析[J]. 浙江省医学科学院学报,2002(1):22-24.
- [20] VIGETTI D, KAROUSOU E, VIOLA M, et al. Hyaluronan: Biosynthesis and signaling[J]. BBA-General Subjects, 2014,1840(8):2452-2459.
- [21] ANERE P. Hyaluronic acid and its use as a "rejuvenation" agent in cosmetic dermatology[J]. Seminars in cutaneous medicine and surgery, 2004, 23(4):218-222.
- [22] 潘红梅. 透明质酸的研究现状综述[J]. 四川食品与发酵,2003(1):5-9.
- [23] 吴小刚,胡家俊,薛海燕. 透明质酸高产菌株选育及发酵条件优化[J]. 中国酿造,2006,25(9):30-32.
- [24] 吴莉敏. 鲑鱼内脏的营养及其开发利用[J]. 农产品加工·学刊, 2007(8):94-96.
- [25] 王彩理,滕瑜,乔向英,等. 鲑鱼内脏液化蛋白对南美白对虾的诱食性试验[J]. 水产养殖,2003,24(5):40-41.
- [26] 袁亚辉,姚美君. 利用鲑鱼内脏生产海味素的研究[J]. 渔业现代化, 2002(1):28.



注:A、B、C、D 分别为面头面粉面包糠、纯面粉面包糠、纯面头面包糠及市售面包糠。

Note: A, B, C, D are breadcrumbs made from noodle end and flour, breadcrumbs made from flour only, breadcrumbs made from noodle end only, breadcrumbs purchased from the market respectively.

图 6 不同面包糠的电子显微图

Fig. 6 Electron micrographs of different types of breadcrumbs

3 结论与讨论

该试验得出,发酵温度、发酵时间、烘烤温度、烘烤时间对低吸油面包糠的吸油率有显著影响,低吸油面头面粉面包糠的最优制备工艺条件为发酵温度 28 ℃,发酵时间 2.5 h,烘烤温度 190 ℃,烘烤时间 30 min,此条件下该面包糠的吸油率为 20.41%。显微结构越致密的面包糠,其吸油率越高。以挂面面头和面粉为主要原料,以酵母粉为发酵剂,通过烘烤制备的低吸油面头面粉面包糠不仅降低了面包糠本身的生产成本,而且拓展了挂面面头的应用领域,这有助于提高挂面生产企业的经济效益,并为油炸食品提供了新的健康涂膜材料。

参考文献

- [1] 盛占武,鄯晋晓,刘树立. 油炸食品含油率研究[J]. 粮油与油脂, 2007(1):18-20.
- [2] 杜冰冰,徐振辉. 油炸食品的健康食用[J]. 肉类研究,2008(9):50-52.
- [3] 何健. 降低油炸食品含油率的研究[J]. 食品科技,2002(6):20-22.
- [4] MELEMA M. Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods [J]. Trends in food science and technology,2003,14(9):364-373.
- [5] TAVERAS E M, BERKEY C S, RIFAS-SHIMAN S L, et al. Association of consumption of fried food away from home with body mass index and diet quality in older children and adolescents [J]. Pediatrics, 2005, 116(4): 518-524.
- [6] 赵勇. 降低油炸食品含油量的研究[D]. 重庆:西南大学,2008.

- [7] 孙克俭. 浅谈上浆和裹涂食品的配料[J]. 食品研究与开发,2001, 22(6):34-36.
- [8] 张翠华. 降低油炸食品吸油率的有效方法[J]. 粮食流通技术, 2009(2):34-36.
- [9] SUDERMAN D R, CUNNINGHAM F E. Batter and breading technology [M]. Westport, Conn.: AVI Publishing Company, 1983.
- [10] TIREKI S, SUMNU G, ESIN A. Production of bread crumbs by infrared-assisted microwave drying [J]. European food research and technology, 2006, 222(1/2):8-14.
- [11] KULP K, LOEWE R. Batters and breadings in food processing [M]. St. Paul, Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemists Inc., 1990:143-152.
- [12] 王淑珍,李井军. 复酥脆性煎炸粉研制[J]. 食品科学,1996,18(8): 54-59.
- [13] 申连芳,陆启玉. 我国挂面行业的现状及发展趋势[J]. 粮食与食品工业,2011,18(1):4-5,10.
- [14] 张建军,刘秀茹,晁素花. 挂面面头利用问题的研究[J]. 面粉通讯, 2007(4):33-38.
- [15] 步营,于玲,朱文慧,等. 低吸油面包屑的研制[J]. 中国食品添加剂, 2010(4):247-250.
- [16] 郑大朋. 面包糠挤压膨化工艺研究[D]. 福州:福建农林大学,2012.
- [17] 步营,于玲,朱文慧,等. 小麦胚芽粉对面包屑品质影响的研究[J]. 粮食加工,2010,35(3):75-76.
- [18] 张磊,梁团结,张昭洋. 影响面团发酵的因素[J]. 面粉通讯,2005(5): 36-37.
- [19] 马勇. 面包发酵监控及品质检测研究[D]. 无锡:江南大学,2013.
- [20] 潘丽军,陈锦权. 试验设计与数据处理 [M]. 南京:东南大学出版社, 2008:156-158.

(上接第 131 页)

- [27] LYBERG A M, ADLERCREUTZ P. Lipase-catalysed enrichment of DHA and EPA in acylglycerols resulting from squid oil ethanolsis[J]. Eur. J Lipid Sci Technol, 2008, 110(4):873-877.
- [28] SATIO H, SAKAI M, WAKABAYASHI T. Characteristics of the lipid and fatty acid compositions of the Humboldt squid, *Dosidicus gigas*: The troph-

ic relationship between the squid and its prey[J]. Eur. J Lipid Sci Technol, 2014, 116(3):256-263.

- [29] 解军,牛勃,王惠珍,等. 鲑鱼肝脏中大分子核酸的组成及分离纯化条件研究[J]. 中国药物与临床,2002,2(1):7-9.
- [30] 李丽,朱亚珠. 鲑鱼内脏综合利用新工艺[J]. 浙江国际海运职业技术学院学报,2010,6(2):21-23.