

# 鱼肉脱脂对双轴挤压组织化的影响

刘俊荣 汪秋宽 叶于明

(大连水产学院机械工程系, 116023)

姚 远

(无锡轻工业大学食品学院, 214036)

**摘 要** 鲱经采肉、脱脂等处理后,与大豆分离蛋白混合经双轴挤出机共同挤出,套筒温度为 160℃,送料速度 33kg/h,螺轴转速 120r/min。实验结果表明,脂肪含量为 2.8%, 1.6% (干基)的两种脱脂鱼肉,呈现出优越的组织化性能。挤出物呈多孔蓬松结构,并且具有类似畜肉的韧性和咀嚼感。电子显微镜扫描结果显示,该组织化产物具有良好纤维结构并沿挤出方向定向。

**关键词** 鱼肉蛋白质,脱脂,组织化,挤压,咀嚼性能

挤压技术是当今世界上一项新兴食品加工的高新技术之一。这项技术的深刻意义在于能够重新调整食品原料的质构,获得全新的食品。挤出机好似一个高温瞬时的生物反应器 [Harper 1983, Linko 1991],在挤出过程中,食物原料在高温、高压及高剪切条件下,经过复杂的中间产物最后重新构造成质地不同的新产品。

自本世纪 40 年代单轴挤出机问世以来,挤压技术广泛应用于谷类膨化制品的生产。70 年代双轴挤出机的出现为蛋白质组织化提供了新颖、高效的技术,且在植物蛋白组织化方面取得成功,得到呈纤维结构并且具有咀嚼性能的组织化产品 [王璋等 1985]。

关于鱼肉蛋白质挤压组织化的研究始于 80 年代,并且利用低脂狭鳕鱼糜经挤压处理得到新一代模拟蟹肉产品 [Aoki 等 1989, Kimura 1992]。本实验以经过了两次冻结的鲱(多脂鱼)为原料,经采肉、脱脂等处理,与大豆分离蛋白混合后共同挤出,最终获得呈多孔蓬松结构且具有很强韧性和咀嚼感的组织化产品。这项研究填补了国内在鱼肉蛋白挤压组织化领域的空白,在开发利用中上层多脂鱼以及其它低值鱼方面具有广阔前景。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

原料鱼为俄罗斯进口海上冻结鲱,经解冻取卵后又进行二次冻结,是鲱籽加工的副产物。美国进口大豆分离蛋白,蛋白含量为 92.8%。精制马铃薯淀粉,甘肃临洮农副产品综合开发公司生产。碱性脂肪酶,福建龙马微生物生化工程厂,活力单位为 10 000 u/g。

## 1.2 常规分析

水分, 常压干燥法; 粗脂肪, 索氏抽提法; 总氮, 凯氏定氮法。

## 1.3 显微观察

JEM-1200EX 电子显微镜。

## 1.4 质地特性

感官评定: 分别对挤出物及复水后的韧性和咀嚼性经咀嚼后进行评价。

质构仪测定: 挤出物的质地特性用英国 LLOYD 仪器公司的型质构仪 (Instruments Materials Testing Machine) L1000S 进行测定。检测器选定为 1 000 N, 探头下压速度 50mm/分, 样品室内径 10cm, 内置待测样品 130 克, 探头下压距离设定为 20mm, 测定出的最大变形负荷  $F_m(N)$  用以反映物料的质地特性即咀嚼性能。

## 1.5 吸水性与持水性

挤出物经干燥后, 放入室温水浸泡, 再用  $100\times g$  离心 10 分钟 [Kitabatake 和 Doi 1991]。先后测定每克物料浸泡复水后所吸收的水分含量和离心后残留水分含量, 前者为吸水性 (water absorption capacity, WAC), 后者为持水性 (water holding capacity, WHC)。

## 1.6 脱脂方法

鱼体在室温 ( $17^\circ C$ ) 下自然解冻 14 小时, 洗涤剖片后用 PCD-400 型采肉机进行两次采肉, 碎鱼肉 (用 S 表示) 分别用 4 种工艺进行脱脂处理后得到 4 种不同含脂量的样品, 依次以  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  及  $S_4$  表示。相对应的 4 个脱脂工艺分别是: ① 盐水漂洗: 用 0.5% NaCl 水溶液漂洗 4 次后压榨脱水得脱脂鱼肉  $S_1$ ; ② 碱盐漂洗: 用 0.2%  $NaHCO_3$  水溶液漂洗 3 次, 第 4 次用 0.5% NaCl 水溶液漂洗后压榨脱水得脱脂鱼肉  $S_2$ ; ③ 碱盐漂洗: 用 0.4%  $NaHCO_3$  水溶液漂洗两次, 最后用 0.3% NaCl 水溶液漂洗后压榨脱水得脱脂肉  $S_3$ ; ④ 脂酶水解脱脂: 鱼肉与水以 1:1 混合, 再用  $Na_2CO_3$  调 pH 至 9, 添加占鱼肉重 0.4% 的脂酶, 充分混合后于  $32^\circ C$  保温 2 小时, 酶处理用清水漂洗鱼肉两次后压榨脱水得脱脂肉  $S_4$ 。

## 1.7 挤压工艺

4 种不同含脂量的鱼肉分别以相同比例与大豆分离蛋白混合, 各混合物中分别添加 1% 的 NaCl。挤压后依次得到  $S_{1-1}$ ,  $S_{2-1}$ ,  $S_{3-1}$  及  $S_{4-1}$  4 个挤出物。同样地, 将 4 种脱脂鱼肉分别以相同比例混入大豆分离蛋白后, 再添加占鱼肉重 5.8% 的马铃薯淀粉和占混合物重 1% 的 NaCl, 充分混合后用相同的工艺进行挤压处理, 分别得到  $S_{1-2}$ ,  $S_{2-2}$ ,  $S_{3-2}$  和  $S_{4-2}$  4 种产品。

挤压处理选用法国 CLEXTRAL-BC45 型双轴挤出机。挤出工艺套筒温度  $160^\circ C$ , 供料速度  $33kg/h$ , 螺轴转速  $120r/min$ 。

挤出物含 50%~54% 的水分,  $48^\circ C$  下常压干燥至水分为 8.5% 左右。

## 2 结果与讨论

### 2.1 脱脂效果对挤出物的影响

实验材料系中上层多脂鱼类,且经过两次冻结,过多的油脂和反复冻结所增加的腥臭异味对组织化产品的质构及风味均有不良影响。为此先进行脱脂处理,在脱脂的同时也消除了不良风味及色素类等成分,而且达到了浓缩蛋白质的效果。

除采用鱼糜生产中的漂洗技术对碎鱼肉进行脱脂处理外,还首次利用脂肪酶进行鱼肉脱脂处理。表1是4个脱脂工艺的脱脂结果,其中粗脂肪含量均以干基计。未脱脂鱼肉(S)的脂肪含量高达14.3%,3种漂洗方法的脱脂鱼肉脂肪含量依次是 $S_1$ , 7.5%;  $S_2$ , 5.5%;  $S_3$ , 2.8%。

脂酶脱脂效果最为显著,脱脂后脂肪含量仅为1.6%。盐水漂洗脱脂效果最差( $S_1$ , 7.5%),第3种碱盐漂洗脱脂效果也比较显著( $S_3$ , 2.8%)。从表中还可看出,脱水后4种含脂量的脱脂鱼肉的水分含量相差不大,均在84%左右。

食品物料在挤出过程中,蛋白质等高分子物质处在高温、高压及高剪切条件下融化成塑性粘稠流体[高福成1997],然后快速被挤压通过模孔进入正常大气压力环境中,物料内部水分快速蒸发同时形成多孔蓬松结构。显然过多的水分会降低物料体系的粘度,同时失去了由于高剪切而形成的巨大摩擦热,从而使物料难以进行正常的挤出操作。事实上,过多水分的存在常常引起挤出过程中“闪蒸”现象的发生[Aoki等1989]。

鱼肉蛋白质原料通常含有很高的水分(75%~85%),为进行挤出组织化处理必须先降低水分含量。Aoki等[1989]以冷冻狭鳕鱼糜为原料,用加热干燥法预先使物料水分含量从75%降至60%~66%,经挤压处理后,挤出物具有良好的组织化效果。本实验鱼肉水分含量高达84%,采用与填充料为混合法进行水分调整,填充料植物蛋白(大豆分离蛋白)和多糖(马铃薯淀粉)。大豆分离蛋白或马铃薯淀粉与大豆分离蛋白之混合物与脱脂鱼肉进行适当配比,使最终待挤出混合物的水分含量为60%。

表2是脱脂鱼肉与大豆分离蛋白混合后的挤出物效果比较。4个含脂量的样品均产生了多孔蓬松结构。从质地分析结果来看,含脂量低的两个样品均具有很强的韧性和咀嚼感( $S_{3-1}$ ,  $S_{4-1}$ ),其Fm分别高达491.4N( $S_{3-1}$ )和500N( $S_{4-1}$ )。  $S_{1-1}$ 和 $S_{2-1}$ 含脂量较高(见表1),二者挤出物( $S_{1-1}$ ,  $S_{2-1}$ )之间在质地特性上略有差异,但与 $S_{3-1}$ 和 $S_{4-1}$ 相比,  $S_{1-1}$ 和 $S_{2-1}$ 的韧性和咀嚼感明显降低,这与质构仪测定的结果也是相吻合的(Fm分别是186.0N, 197.5N)。

蛋白质体系中过量存在的脂肪在挤出过程中,于高温高剪切条件下将产生润滑作用,这显然对挤出效果产生不良影响[Harper 1983]。正因为如此,最初对未经脱脂的动物性废弃物蛋白组织化的尝试是失败的,而经脱脂处理后取得了较满意结果[Mitchell 1991]。本实验结果与上述结论是相吻合的,并且从脱脂不完全的 $S_1$ 和 $S_2$ 与大豆分离蛋白共挤物的咀嚼感来看,  $S_{1-1}$ 和 $S_{2-1}$ 是失败的。

表1 4种脱脂工艺的脱脂效果比较

Tab. 1 The comparison of four kinds of defatting technology

项 目	S	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$
粗脂肪(%)	14.3	7.5	5.5	2.8	1.6
水 分(%)	78.3	83.6	83.8	84.6	83.4

注:粗脂肪均以干基计。

表 2 脱脂鱼肉与大豆分离蛋白混合挤出物的感官检验与质地分析结果

Tab. 2 Sensory analysis and texture measurements of extrudates made from defatted fish meat and soybean protein isolate

项 目	S <sub>1-1</sub>	S <sub>2-1</sub>	S <sub>3-1</sub>	S <sub>4-1</sub>
外观	多孔膨松	多孔膨松	多孔膨松	多孔膨松
咀嚼感	+	++	++++	++++
Fm(N)	186.0	197.5	491.4	500

注: 咀嚼感分 5 个等级。无韧性, 无咀嚼感为“-”, 略有韧性和咀嚼感为“+”, 韧性与咀嚼感一般为“++”, 韧性与咀嚼感较强为“+++”, 韧性与咀嚼感很强烈用“++++”表示。

Mitchell[1991] 还认为在低脂肪含量时, 脂与蛋白质间的相互作用对组织结构的稳定性是有利的。据推测, 脂肪成分可以与蛋白质分子的疏水部位相互作用, 在挤出过程中蛋白质由于受高温、高剪切等作用分子结构展开或破裂成碎片, 这样更多的疏水基团暴露出来以增加脂肪和蛋白质间的相互作用。

## 2.2 添加淀粉对挤出物的影响

在添加了 5.8% 马铃薯淀粉的实验中, 挤出物与未添加淀粉的样品相比较, 外观及咀嚼感均有很大变化(表 3)。S<sub>1-2</sub>, S<sub>2-2</sub>, S<sub>3-2</sub> 和 S<sub>4-2</sub> 呈现出致密结构, 除 S<sub>4-2</sub> 略显疏松外, 其它 3 个挤出物均不膨松。在咀嚼感下降的同时, 各个样品均出现了粘滑感, 尤其是 S<sub>3-2</sub> 和 S<sub>4-2</sub> 有明显粘弹性产生, 而且各样品含水感较第一组挤出物(S<sub>1-1</sub>, S<sub>2-1</sub>, S<sub>3-1</sub> 及 S<sub>4-1</sub>) 明显增加。产生上述现象的原因应该是淀粉在高温、高湿条件下产生糊化凝胶, 因此在模板出口处水分由于被淀粉凝胶吸引而难以散失, 并产生淀粉凝胶特有的粘性。这一解释在该组挤出物经干燥再复水后所产生的淀粉老化现象得以证实。关于多糖类(淀粉)在蛋白质组织化过程中的作用有待于进一步研究。

表 3 脱脂鱼肉、大豆分离蛋白和淀粉混合挤出物的感官检验与质地分析结果

Tab. 3 Sensory analysis and texture measurements of extrudates made from defatted fish meat, soybean protein isolate and starch

项 目	S <sub>1-2</sub>	S <sub>2-2</sub>	S <sub>3-2</sub>	S <sub>4-2</sub>
外观	结构致密不膨松	结构致密不膨松	结构致密不膨松	略为膨松
咀嚼感	+	+	++	+++
Fm(N)	113.2	121.6	380.2	389.2

注: 咀嚼感同表 2 注。

## 2.3 挤出物的复水性

关于挤出物的复水性从挤出物复水后的外观、咀嚼感、吸水性及持水性 4 个方面进行评价。表 4 是两组实验 8 个样品的复水性评价结果。对于含脂量较多的 S<sub>1</sub> 和 S<sub>2</sub> 两种脱脂鱼肉, 不论是否含有淀粉成分, 其干燥挤出物的复水性能同样令人失望, 在水中浸泡后出现溃散现象, 且 S<sub>1-2</sub>, S<sub>2-2</sub> 两个含淀粉挤出物发生淀粉微粒析出现象, 这是由淀粉老化造成的。而对于含脂量较低的 S<sub>3</sub> 和 S<sub>4</sub> 两个脱脂鱼肉, 其不含淀粉的挤出物 S<sub>3-1</sub> 及 S<sub>4-1</sub> 呈现出优良的复水性能, 复水后显著膨胀(图版 I), 结构坚实仍具有很强的咀嚼感, 吸水性高且持水性近乎 100%。而含淀粉的两个挤出物 S<sub>3-2</sub> 和 S<sub>4-2</sub>, 复水后膨润且不松散, 但原有的粘弹性几乎完全丧失, 具

有由于淀粉老化造成的粉质感。由此看来,  $S_{3-1}$  与  $S_{4-1}$  作为组织化产品是成功的, 而  $S_{3-2}$ ,  $S_{4-2}$  虽较  $S_{1-1}$ ,  $S_{1-2}$ ,  $S_{2-1}$  和  $S_{2-2}$  略显优势, 但从组织化方面考虑是失败的。

表 4 干燥挤出物复水后的吸水性、持水性、外观及咀嚼感

Tab. 4 WAC WHC appearance and chewiness of dried extrudates after rehydration

样品编号	吸水性 (mL/mg)	持水性 (mL/mg)	外 观	咀嚼感	
$S_1$	$S_{1-1}$	无法检出	—	松散一触即溃	—
	$S_{1-2}$	—	—	分散, 大量淀粉微粒析出	—
$S_2$	$S_{2-1}$	—	—	松散一触即溃	—
	$S_{2-2}$	—	—	分散, 大量淀粉微粒析出	—
$S_3$	$S_{3-1}$	3.0	3.0	显著膨胀, 坚实有弹性	++++
	$S_{3-2}$	1.2	1.0	膨润, 轻压即溃	+
$S_4$	$S_{4-1}$	3.2	3.2	显著膨胀, 坚实有弹性	++++
	$S_{4-2}$	1.4	1.1	膨润, 轻压即溃	+

注: 吸水性、持水性(mL/mg)均指其干燥挤出物。

## 2.4 挤压组织化鱼肉蛋白质的综合评价

挤压组织化鱼蛋白( $S_{3-1}$ ,  $S_{4-1}$ )是直径约 4mm 的圆柱形长颗粒状物质, 灰褐色并具有多孔膨松结构。图版 I 为复水前后的状态, 复水后能膨胀到其干品的 4 倍左右, 且具有很强的持水性, 咀嚼感极强。该产品实际是一种浓缩鱼蛋白, 蛋白质含量很高, 脂肪含量极低(表 5)。

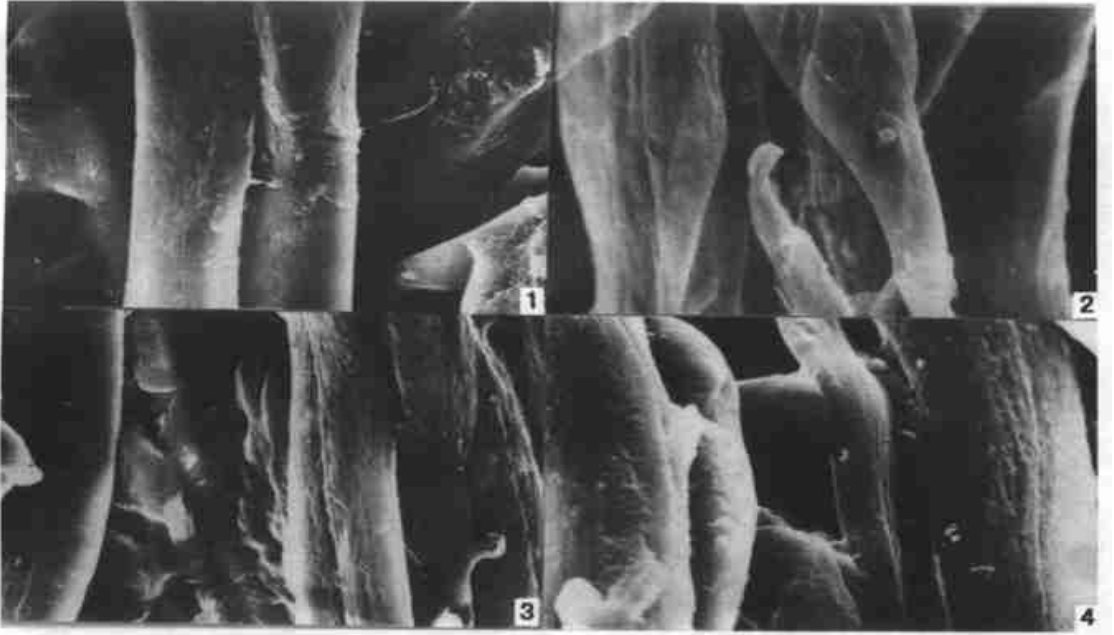
图版 II 是该产品的电子扫描结果, 可以看出挤出处理后, 组织化产物形成沿挤出方向排列的纤维结构。蛋白质在挤出机内的过程为: 物料进入高温区后, 蛋白质首先发生变性反应, 并与其它组分如脂肪、多糖类等分离, 形成蛋白质碎片, 这些碎片在高温下融化成为连续的可塑的粘稠物, 此粘稠物被挤压通过模板时, 由于受高剪切作用加之高温高压, 使蛋白质沿流动方向被压延而定向, 并使形成的纤维平行于挤出方向。Acki 等[1989]和 Kimura[1991]等对狭鳕鱼肉的挤压组织化研究结果与 Stanley[1989]、结论相符, 在本次研究中上述结论再次被认证。

利用挤出技术生产组织化浓缩鱼蛋白具有生产高效便捷, 产品结构独特, 功能性好等优点, 是开发利用低值鱼的很有价值的技术。挤压组织化浓缩鱼蛋白可以做为一种高蛋白的食品素材, 能广泛用于各类食品加工生产中。即可单独加工调理成模拟风味食品, 又可作为代肉品充添到有关肉类制品中。这项技术若能在我国得到推广应用, 对解决我国蛋白质资源浪费和国民膳食结构中蛋白摄入量不足之间的矛盾有深刻意义。

表 5 组织化鱼肉蛋白质产品的主要成分

Tab. 5 The approximate composition of texturised fish protein

样品	水分(%)	粗蛋白(%)	粗脂肪(%)
$S_{3-1}$	8.20	83.56	0.51
$S_{4-1}$	8.10	84.88	0.22



图版 I Plate I

1.  $S_{3-1}$  复水前; 2.  $S_{3-1}$  复水后; 3.  $S_{4-1}$  复水前; 4.  $S_{4-1}$  复水后



图版 II Plate II

1.  $S_{3-1}$  沿出方向,  $\times 400$ ; 2.  $S_{3-1}$  沿挤出方向,  $\times 800$   
3.  $S_{4-1}$  沿挤出方向,  $\times 600$ ; 4.  $S_{4-1}$  沿挤出方向,  $\times 800$

## 参 考 文 献

- 王 璋, 李礼尧, 许时婴等(译). 1985. 食品化学. 北京: 中国轻工业出版社. 234~135
- 高福成. 1997. 现代食品工程高新技术. 北京: 中国轻工业出版社. 608~612
- Aoki K, Hara F, Chmichi M et al. 1989. Texturization of surimi using a twin-screw extruder. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 36(9): 748~753
- Harper J M. 1983. Recent applications and research perspectives in the field of extrusion cooking. In: Zuthen P, et al. *Thermal Processing and Quality of foods*. Essex, England; Elsevier Applied Science publishers. 25~33
- Kimura I. 1992. Extrusion cooking of surimi. In: Yamazawa M et al. *Proceeding of International Workshop on Functional Properties of Food Hydrocolloids*. 43~48
- Kitabatake N, Doi E. 1991. Denaturation and texturization of food protein by extrusion cooking. In: Jozef L, et al. *Food Extrusion Science and Technology*. New York; Marcel Dekker, Inc. 361~371
- Linko P. 1991. Twin-screw extrusion cooder as a bioreactor for starch processing. In: Jozef L, et al. *Food Extrusion Science and Technology*. New York; Marcel Dekker, Inc. 361~371
- Mitchell J R. 1991. Structural changes in biopolymers during extrusion. In: Jozef L, et al. *Food Extrusion Science and Technology*. New York; Marcel Dekker, Inc. 345~360
- Stanley D W. 1989. Protein reactions during extrusion processing. In: Mercier C, Linko P, Harper J M. *Extrusion Cooking*. St. paul, Minnesota; America Association of cereal Chemists, Inc. 321~341

## EFFECT OF DEFATTING PROCESSES ON THE TEXTURIZATION OF FISH-PROTEIN USING A TWIN-SCREW EXTRUDER

LIU Jun-Rong, WANG Qiu-Kuan, YE Yu-Ming

(Department of Fishery Engineering, Dalian Fisheries University, 116023)

YAO Yuan

(College of Food, Wuxi University of Light Industry, 214036)

**ABSTRACT** Minced meat from herring was defatted, then extruded by a twin-screw extruder together with soybean protein isolate. This operation was carried out at a feed rate of 33kg/h, a screw speed of 120r/min and a barrel temperature of 160 °C. The results indicated that the defatted fish meat with fat contents of 2.8% and 1.6% (dry base) respectively showed better texturization properties. The extrudates appear a sponge structure, and have the chewiness properties of meat. The results of scanning electron micrograph show that the fine structure of extrudates consists of a well-aligned fibrous structure, and the fibers parallel to the extrusion direction.

**KEYWORD** Fish-protein, Defat, Texturization, Extrusion, Chewiness