

综 述

淡水鱼糜的特性

PROPERTIES OF MINCED MEAT OF FRESHWATER FISH

吴光红 史婷华

(江苏省淡水水产研究所, 南京 210017)

WU Guang-Hong, SHI Ting-Hua

(*Freshwater Fisheries Research Institute of Jiangsu Province, Nanjing 210017*)

关键词 淡水鱼, 鱼糜, 蛋白质

KEYWORDS freshwater fish, minced meat, protien

中图分类号 S985.1

我国淡水养殖产量逐年上升,1997年淡水鱼年产量已达到1420万吨[渔业局统计处1998],但淡水鱼加工业严重滞后,影响到淡水渔业的发展。鱼糜类产品是淡水鱼加工的较佳利用方法之一,而作为淡水鱼糜凝胶性能的研究尚未见系统的报道。本文就笔者在从事淡水鱼加工工作中所积累的资料及国内外有关报道,进行归纳和总结。

1 一般组成部分

经测定,淡水鱼可食部分的组成如表1。

表1 淡水鱼可食部分的一般组成成份(%)

Tab. 1 General Component of freshwater fish (%)

鱼种	粗蛋白	粗脂肪	水分	灰分
鲢	17.71±1.31	2.62±1.40	79.16±2.35	1.24±0.34
鳊	15.3	0.9	83.0	1.2
草鱼	17.9	4.3	77.0	1.2
鲤	15.01	8.6	76.9	1.1
罗非鱼	17.9	3.12	77.7	1.7

注:鲢为10个不同季节样品测定值的均值及标准差。本表的数据取自吴光红和叶桐封[1991,1992]。

从测定结果看,与海水鱼相比,淡水鱼的水分含量均较高,脂肪含量较低。

2 鱼体各部位重量比例

表2 淡水鱼各部位重量组成比例(%)

Tab. 2 Ratio of weight in different parts freshwater fish (%)

鱼种	头	胴体	内脏	采肉	鳞	骨、鳍
鲢	27.6±2.2	57.6±1.8	8.3±1.0	41.9±1.1	2.2±0.7	11.9±0.8
鳙	37.2±4.8	49.1±1.0	6.9±1.5	35.3±1.4	2.1±0.6	9.4±1.1
草鱼	23.8	62.0	8.2	48.3	3.3	
鲤	18.6	53.8	24.3	38.2	2.6	
罗非鱼	24.0	59.2	10.0	45.5	3.2	

注:本表数据取自叶桐封和吴光红[1989]与吴光红和叶桐封[1991,1992]。

由表2可知,草鱼采肉率最高,为48.3%,其次为罗非鱼、鲢、鲤、鳙。而头部占比重最大的是鳙,为37.2%,其它依次为鲢、罗非鱼、草鱼、鲤。

3 蛋白质的种类组成比例

表3 几种海淡水鱼类蛋白质组成(%)

Tab. 3 Protein composition in different kinds of fish (%)

鱼种	粗蛋白	非蛋白氮	水溶性蛋白	盐溶性蛋白	碱溶性蛋白	基质蛋白	资料来源
鲢	18.29	6.6	15.4	60.8	9.6	2.9	丁玉庭等[1998]
鳙	18.55	10.2	15.0	60.1	4.5	3.8	丁玉庭等[1998]
鳊	18.25	11.9	17.6	60.5	5.3	3.5	丁玉庭等[1998]
鲫	18.08	8.1	25.5	61.4	4.1	4.2	丁玉庭等[1998]
鲤	14.40		32.4	74.2	4.4	4.0	岡田稔等[1981]
兔			28	52	4	16	岡田稔等[1981]
远东拟(普通肉)			34	62	2	4	岡田稔等[1981]
沙丁鱼(血合肉)			46	44	7	7	岡田稔等[1981]
鲱(普通肉)			38	60	1	1	岡田稔等[1981]
(血合肉)			50	42	4	3	岡田稔等[1981]
远东沙丁鱼鱼糜	13.69	4.1	0.05	74.8	16.5	1.4	吴光红[1991]
鳀	14.39		19.5	74.2	5.4	7.0	岡田稔等[1981]
狭鳕			21	70	6	3	岡田稔等[1981]
鲟			31	68	2	3	岡田稔等[1981]

表3中列出几种海、淡水鱼类的各种蛋白质组成比例,从盐溶性蛋白质的量来看,底栖性海水鱼类最高,淡水鱼类次之,海水中上层鱼类的沙丁鱼、鲱含量最低。几种淡水鱼的盐溶性蛋白含量相近,为60%左右(鳊例外)。中上层鱼类的盐溶性蛋白含量,普通肉中占60%左右,血合肉中的含量较低,仅占40%左右。

4 肌原纤维蛋白的稳定性

4.1 热稳定性

表4 几种海、淡水鱼类肌原纤维蛋白 Ca^{2+} -ATP 酶热变速度常数
Tab. 4 Comparison of the first order rate constant of thermo-denaturation
of Myofibillar protein Ca^{2+} -APTase in different kinds of fish

动物名称	K_D 变性速度常数(1/秒)					资料来源
	25℃	30℃	35℃	40℃	45℃	
家兔			0.3×10^{-5}	2.1×10^{-5}	2.3×10^{-5}	岡田稔等[1981]
鲸				1.3×10^{-5}	2.2×10^{-5}	岡田稔等[1981]
罗非鱼			1.7×10^{-5}	31.1×10^{-5}		岡田稔等[1981]
鲫			1.1×10^{-5}	52.9×10^{-5}		岡田稔等[1981]
鳊		0.3×10^{-5}	3.7×10^{-5}	41.1×10^{-5}		岡田稔等[1981]
鳊			3.7×10^{-5}	74×10^{-5}		丁玉庭等[1988]
鲤		1.1×10^{-5}	7.7×10^{-5}	55.5×10^{-5}		岡田稔等[1981]
金枪鱼		1.2×10^{-5}	15.3×10^{-5}		热	岡田稔等[1981]
鲢			17.5×10^{-5}	182×10^{-5}	稳	丁玉庭[1988]
鳙			23.0×10^{-5}	200×10^{-5}	定	丁玉庭等[1988]
鲮		3.6×10^{-5}	33.8×10^{-5}		性	岡田稔等[1981]
虹鳟		5.6×10^{-5}	46.1×10^{-5}		下	岡田稔等[1981]
鲟		6.7×10^{-5}	6.5×10^{-5}		降	岡田稔等[1981]
鲟		13.0×10^{-5}				岡田稔等[1981]
六线鱼		33.3×10^{-5}				岡田稔等[1981]
远东多线鱼	9.7×10^{-5}	55×10^{-5}				岡田稔等[1981]
狭鳕	11.6×10^{-5}	68.3×10^{-5}	94.8×10^{-5}			岡田稔等[1981]

由表4可知,哺乳动物中家兔、鲸的 Ca^{2+} -ATP 酶热稳定性最好。在鱼类中,淡水罗非鱼、鲫、鳊、鳊、鳊、鲤、鳙与海水金枪鱼相似,比鲮、鲟、鲟的稳定性好。六线鱼、远东多线鱼、狭鳕的热稳定性最差。鲢的热稳定性是狭鳕的5.4倍($94.8 \times 10^{-5} / 17.5 \times 10^{-5}$)。一般鱼类肌原纤维 Ca^{2+} -ATP 酶的热稳定性与其栖息水域温度有关,栖息水域温度越高,蛋白质的热稳定性越好。淡水鱼的栖息水域温度高于海水鱼,故其蛋白质的热稳定性也较好。淡水鱼以罗非鱼的热稳定性最好,其栖息水域温度最高。

生物体蛋白质在低温下较稳定,难以变性,当超过该生物的生活温度一定值时,肌肉蛋白质发生激烈的变性。将肌肉中抽取稀肌球蛋白液,在这一温度下,粘度和 ATP 酶活性急剧下降,呈肉糊状的肌球蛋白溶液,发生凝胶化。肌肉组织超过这一温度带时,保水性、粘连性、色素和 Ca、Mg 的结合力迅速下降。淡水鱼热稳定性好,故凝胶化较难,参见凝胶化特性一节。

4.2 冷变性

如表5所示,各种鱼在冷冻冷藏后,肌原纤维 Ca^{2+} -ATP 酶的活性都有不同程度的下降,鲢、鳙、鳊、鲫四种淡水鱼在经-20℃冷藏2个月后,残留率分别为13.5%、24%、42%和81%。

表5 几种海、淡水鱼类在冷冻冷藏过程中的 Ca^{2+} -ATP 酶活性变化Tab. 5 Changes of Ca^{2+} -ATPase activity in different kinds of fish during the frozen storage

鱼种	冻结条件	冷藏条件	冻结前 Ca^{2+} -ATP 酶活性	冷藏后 MF、 Ca^{2+} -ATP 酶活性	ATP 酶性残留率 (%)	资料来源
鲈	-20℃20h	-20℃8个月	190	125	66	福田裕[1982]
	-20℃40h	-20℃4个月	180	70	39	福田裕[1982]
远东拟沙丁鱼	-40℃20h	-20℃8个月	170	85	50	福田裕[1991]
鲢	-20℃20h	-20℃2个月	180	24	13.5	丁玉庭[1988]
鳙	-20℃20h	-20℃2个月	195	47	24	丁玉庭[1988]
鳊	-20℃	-20℃2个月	170	70	42	丁玉庭[1988]
鲫	-20℃	-20℃2个月	170	140	81	新井健一[1986]
草鱼	-20℃	-14℃27天	28	9	32	陈焕铨等[1984]

注: 冻结前和冷藏后酶活性单位为 $\mu\text{mol. pi}/\text{min. 5g}$ 鱼肉; 草鱼冻结前和冷藏后酶的比活性为 $\mu\text{mol. pi}/\text{min. Mg}$ 蛋白。

据报道, 鲜活草鱼、鲢、鳙、鳊、鲫几种淡水鱼经 1~2 天 -20℃ 冷藏, 肌原纤维 Ca^{2+} -ATP 酶的活性都分别比冷藏前上升 46%、7%、4%、10%、48%。其变化都在前二天内上升后, 再逐渐下降, 这一现象在海水鱼中尚未发现过, 其变化曲线见图 1 [陈焕铨等 1984]。

4.3 冷冻鱼糜冷藏稳定性

如图 2 反映了鲢鱼的鱼片和冷冻鱼糜在 -15℃ 冷藏过程中的凝胶形成能变化。经 -15℃ 16 天贮藏后, 鱼片制成的样品破断强度由 700g 下降到 528g (下降 23.8%); 经 -15℃ 47 天贮藏后下降到 290g (41.4%), 耐冷冻性比海鳗差, 而比狭鳕强。凝胶效果 (SE): -15℃ 16 天为 126.7、29 天为 133.1、47 天为 129.3, 与 10℃ 3 天贮藏的 SE129.1 相比, 几乎没有变化。

在碎鱼肉中添加 5% 砂糖和 0.2% 焦磷酸钠的冷冻鱼糜, -15℃ 17 天贮藏其破断强度不变; 29 天贮藏后的破断强度有所下降; 29~47 天之间贮藏, 破断强度无大的变化。这些都是反映鲢的耐冷冻性比狭鳕强。

在漂洗鱼肉中添加 5% 砂糖和 0.2% 焦磷酸钠生产的冷冻鱼糜, 在 -15℃ 冷藏 59 天的过程中, 破断强度没有大的变化。

另外, 根据鲢的冷冻试验, 在鲢鱼肉中添加 4% 砂糖和 0.2% 多磷酸钠后, 经 -25℃ 冷冻 20 小时后, 测定冷冻前后的破断强度 (g)、凹陷度 (cm) 及凝胶强度, 两者结果无显著差别。

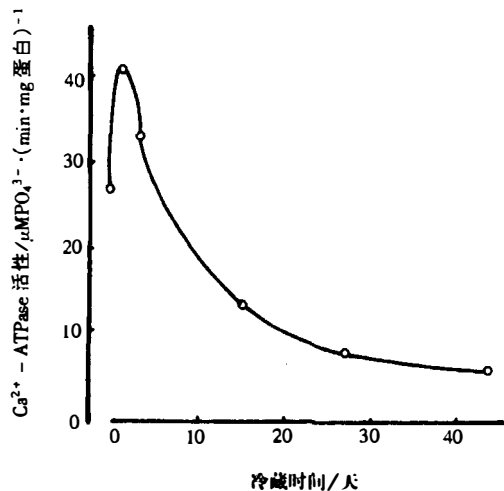


图1 草鱼糜在冷藏过程中肌原纤维 Ca^{2+} -ATP 酶活性变化 (-14℃)

Fig. 1 Change of Ca^{2+} -ATPase activity in myofibrillar of grass carp minced meat during cold storage (-14℃)

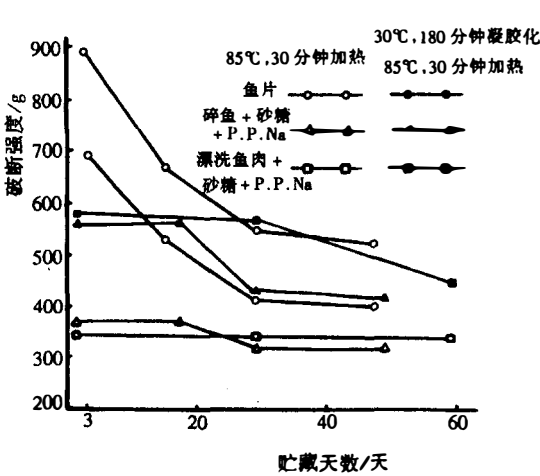


图2 鲢鱼糜冷藏后的凝胶形成能
Fig. 2 Gel formation ability of sliver carp minced meat after cold storga
注:取自山本常治等[1988a]的资料。

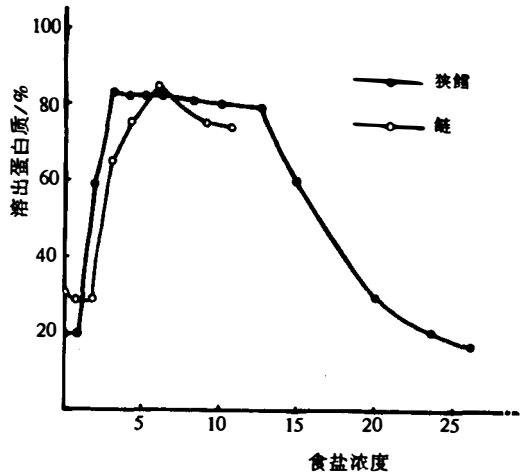


图3 狭鳕鱼肉和鲢肉在不同食盐浓度下的蛋白质溶出率
Fig. 3 Protein solubility rate of pollack meat and silver carp in different salt concentration
注:取自万建荣等(1988)的资料。

4.4 盐溶解性

根据中性盐的浓度不同,对蛋白质有双重作用。低浓度下蛋白质的溶解度提高,而在高浓度下,蛋白质脱水沉淀,反而溶解度降低。前者称为盐溶作用,后者称为盐析作用,这种现象对球蛋白特别显著。图3是狭鳕鱼肉和鲢在不同食盐浓度下,组织捣碎后肌肉蛋白质的溶解曲线。食盐浓度在0%~1%时,只有白蛋白的肌浆蛋白溶出,而浓度在1%~2%,肌原纤维蛋白才开始溶出。浓度在2%~12%,肌原纤维蛋白完全溶解成肌动球蛋白溶液,若浓度超过12%时,由于盐析作用反而阻碍了原纤维蛋白的溶解。

5 凝胶化特性

5.1 鲢鳙鱼糜的凝胶化与凝胶劣化

凝胶化指数(Se30°C120分钟/Se60°C20分钟或 Se40°C120分钟/Se60°C20分钟)用30°C或40°C加热120分钟的凝胶强度与60°C加热20分钟凝胶强度(也称潜在凝胶形成能)之比来表示,经测定,鲢的凝胶化指数为1(30°C)和1.5(40°C),鳙的凝胶化指数为0.9(40°C)。按通常凝胶化指数(40°C)<10为“极难凝胶化”,30°C下<8为“难凝胶”、>9为“易凝胶化”、>100为“极易凝胶化”的分类方法,鲢鳙属于“极难凝胶化”的鱼种。其它淡水鱼凝胶化指数为“罗非鱼0(30°C)和8(40°C),属极难凝胶化鱼种;鲤4(30°C)的和49(40°C)、鲫3(30°C)和101(40°C),后二者属难凝胶化鱼种。狭鳕的凝胶化指数为2.0(30°C)和1.3(40°C),也属极难凝胶化鱼种。

(1)万建荣、缪启军、顾定邦等,1988,白鲢鱼糜工艺学特性初探,水产品加工技术资料(2):17~27

表6 淡水鱼的凝胶化与凝胶劣化特性

Tab. 6 The properties of gel formation and gelation degradation in silver carp and big head carp minced meat

鱼种	凝胶化特性			凝胶劣化特性		资料来源
	指数1 (30℃)	指数2 (40℃)	难易度	指数	难易度	
鲢	1	1.5	极难凝胶化	0.68	易凝胶劣化	山本常治等[1988a]
鳙		0.9	极难凝胶化	0.64	易凝胶劣化	山本常治等[1988a]
草鱼	0.05	0.7	极难凝胶化	0.01	难凝胶劣化	吴光红[1991]
罗非鱼	0	8	极难凝胶化	0.83	极易凝胶劣化	岡田稔等[1981]
鲤	4.0	49	难凝胶化	0.16	难凝胶劣化	岡田稔等[1981]
鲫	3.0	101	难凝胶化	0.97	极易凝胶劣化	岡田稔等[1981]
狭鳕	2.0	1.3	极难凝胶化	0.93	极易凝胶劣化	岡田稔等[1981]

凝胶劣化指数1(Se60℃120分钟/Se60℃20分钟)是反映鱼种凝胶劣化难易程度的指标。对容易凝胶劣化的鱼种60℃20分钟加热凝胶强度值改用50℃20分钟加热凝胶代替。通常凝胶劣化指数 <0.35 为“难凝胶劣化”、 $0.35\sim0.70$ 为“易凝胶劣化”、 >0.70 为“极易凝胶劣化”。鲢鳙的凝胶劣化指数分别为0.68和0.64,均属“易凝胶劣化”的鱼种。其它淡水鱼的凝胶劣化指数为:鲤0.16(难凝胶劣化)、鲫0.97(极易凝胶劣化)、罗非鱼0.83(极易凝胶劣化),但鲢鳙比狭鳕(0.93)要好。

5.2 加热温度、加热时间对凝胶强度的影响

鲢鱼肉经插溃的鱼糜,经30℃~60℃凝胶化(a)和再85℃30分钟二段加热(b),其破断强度如图4所示。凝胶破断强度以40℃30分钟最大。30℃几乎不能凝胶化。40℃和50℃60分钟加热,凝胶几乎无变化,而60℃加热的破断强度大幅度下降。经40℃和50℃120分钟加热,破断强度都略有下降,而60℃加热几乎使破断强度下降到零,30℃凝胶化的破断强度大幅度上升。再经

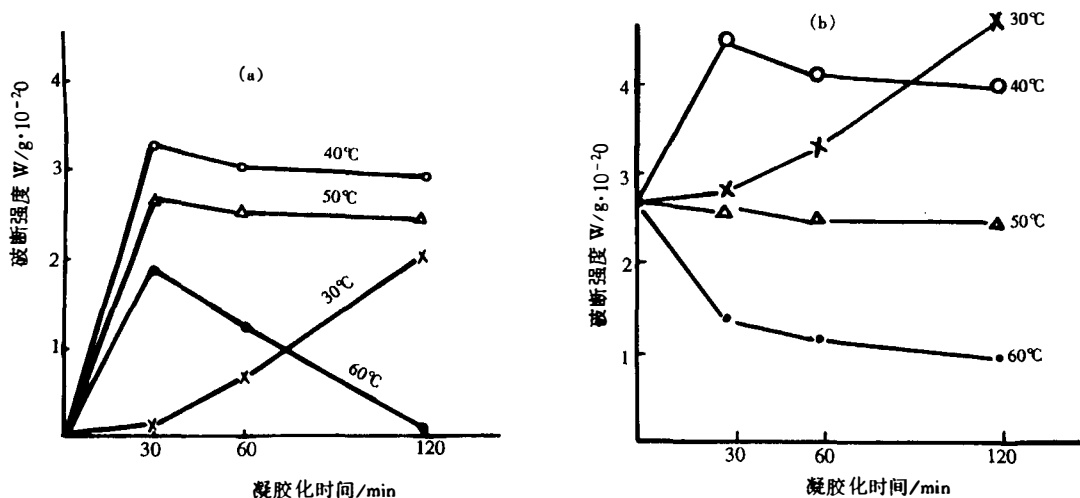


图4 鲢肉质在不同加热条件下的破断强度

Fig. 4 Breaking strength of gel of silver carp heated in different heating treatment

注:取自万建荣等(1988)的资料。

85℃30分钟二次加热后,凝胶的破断强度以40℃30分钟和30℃120分钟凝胶化的最高。二段加热破断强度(40℃/30min~85℃/30min,30℃/120min~85℃/30min)分别是一段加热(85℃/30min)的1.7倍(453/267)和1.75倍(467/267)。鲢肉质经二次漂洗后生产的鱼糜,采用同样的加热方法,结果曲线的变化趋势与图4完全相同。所不同的是30℃/120min~85℃/30min的加热方法,其破断强度最大(600g),其次为40℃/30min加热(420g),分别为一段加热(85℃/30min)的2倍和1.4倍。

5.3 加盐量对凝胶强度的影响

擂溃时添加2.5%、3.5%和4.5%的食盐,鲢鱼糜经85℃30min加热后的破断强度分别是410g、440g和540g,凝胶强度分别是300g·cm、470g·cm和600g·cm。在2.5%~4.5%的食盐浓度范围内,破断强度和凝胶强度均随食盐浓度的提高而增强。说明鱼肉盐溶性蛋白质的溶出呈上升趋势。而作为食品而言,最终产品的食盐含量不宜过高,通常为2%~3%左右。实际生产中,应对鱼糜首先加盐擂溃,使盐溶性蛋白质充分溶解,再加入其它辅料和添加剂,否则会降低食盐浓度和盐溶性蛋白质的溶出,影响产品的弹性。

5.4 漂洗对鲢鱼糜凝胶形成能和白度的影响

采肉后用5倍量(鱼肉重)自来水漂洗二次,肌浆蛋白由漂洗前的18.3%下降到5%,大部分水溶性蛋白及非蛋白氮成份被除去。鱼肉水分由80.0%上升到81.3%。经85℃/30min加热后,漂洗肉的凝胶强度(340g·cm)为未经漂洗(140g·cm)的2.4倍,白度也由未漂洗的32.1%提高到34.6%。

经漂洗1次、2次、3次、4次和5次后的凝胶强度及破断强度均随漂洗次数增加而增强。但漂洗次数达4~5次后,因漂洗时间过长,鱼肉细胞吸水膨润,脱水困难,故以漂洗2~3次为宜。

采用0.1%CaCl₂漂洗2次后,破断强度及凝胶强度是对照清水漂洗2次的1.16倍和1.21倍,但白度没有提高。

5.5 鲜度对弹性的影响

表7中除试验1经二次漂洗外,其余各次僵硬中的凝胶形成能均大于僵硬前。特别是试验3僵硬中(经二次漂洗)为403g·cm,比僵硬前(271g·cm)高得多。这与淡水鱼硬期的MfCa²⁺-ATP酶活性最高是一致的。经测试鲢鱼采肉的粘度,僵硬前为1.21×10³CP(漂洗鱼肉为6.15×10³CP),而僵硬中达6.03×10³CP,经漂洗或僵硬中的鱼肉粘度均非常高。僵硬中的鱼肉,用0.5M食盐溶液搅拌抽提的鱼肉溶胶粘度一般为4~8×10⁴CP,在食盐溶液中加入0.005M焦磷酸钠后的溶胶度下降为1~3×10⁴CP,这可能是肌动球蛋白(AM)分解为肌球蛋白(M)和肌动蛋白(A)的原因,而僵硬前的鱼肉,ATP含量高,能使M+A=MA的平衡反应向AM→A+M的方向进行,导致粘度下降。漂洗僵硬前的鱼肉时,ATP含量下降,导致M+A→MA反应进行,使粘度提高。同样,僵硬中的鱼肉ATP含量低,也和漂洗一样,使M+A→MA反应进行,引起粘度提高。

僵硬前的鱼肉粘度较低,经漂洗粘度提高,以及僵硬中粘度高的鱼肉,经调整到相同水分后的鱼糕形成能,漂洗肉和僵硬中的鱼肉的破断强度、凝胶强度以及口感弹性比僵硬前的鱼肉高。

表7 鲢僵硬前和僵硬中的凝胶形成能

Tab. 7 Gel formation ability of silver carp meat before rigor and after rigor

试验号	鲜度情况	样品处理条件	破断强度 (g)	凹陷度 (cm)	凝胶强度 (g·cm)	资料来源
1	僵硬前	采肉(不漂洗)	203	0.7	142(B)	山本常治[1989b]
		二次漂洗鱼肉	429	0.8	343(AA)	山本常治[1989b]
	僵硬中 (0℃贮藏3天)	采肉(不漂洗)	361	0.8	289(A)	山本常治[1989b]
		二次漂洗鱼肉	215	0.8	172(B)	山本常治[1989b]
2	僵硬前	采肉(不漂洗)	270	0.9	243(A)	山本常治[1989b]
		二次漂洗鱼肉	380	0.9	342(AA)	山本常治[1989b]
	僵硬中 (0℃贮藏3天)	采肉(不漂洗)	300	0.9	270(AA)	山本常治[1989b]
		二次漂洗鱼肉	410	0.9	369(AA)	山本常治[1989b]
3	僵硬前(活系)	二次漂洗鱼肉	251	1.08	271(AA)	吴光红(1992)
	僵硬中 (0℃贮藏3天)	二次漂洗鱼肉	310	1.3	403(AA)	吴光红(1992)

如表8所示,活杀鲢置于10℃下贮藏3天、6天及10天,在前6天即自溶阶段以前的原料,其凝胶强度变化不大,而到第10天(腐败期)凝胶强度迅速下降。可见原料的鲜度对鲢鱼糜的凝胶形成能影响很大。

表8 鲢不同鲜度的凝胶强度

Tab. 8 Breaking strength of gel induced by different freshness silver carp minced meat

贮藏条件	鲜度状态	破断强度 (g)	凹陷度 (cm)	凝胶强度 (g·cm)
活杀鲢	K 值(未检出)、僵硬前	420	0.9	380
10℃贮藏3天	K 值29.0、僵硬期	440	1.0	440
10℃贮藏6天	K 值45.2、自溶期	400	0.9	360
10℃贮藏10天	K 值44.4、腐败期	230	0.85	200

注:采用85℃30min 加热方法,表中资料据山本常治等[1988b]

5.6 鱼糜含水量对凝胶物性的影响

据严伯奋[1991]对鲢鱼糜不同水分含量的凝胶强度(JS)、抗拉应力(TS)和拉伸应变(TN, $\Delta L/L$)的测定,水分含量和三者之间的关系通过线性回归所得:

$$Y_{(JS)} = 2190 - 19.7x \quad (r = -0.8527, n = 30, 72 \leq x \leq 90),$$

$$Y_{(TS)} = 2983 - 27.20x \quad (r = -0.8474, n = 30, 72 \leq x \leq 90),$$

$$Y_{(TN)} = 8.488x - 0.1639 \quad (r = -0.5868, n = 30, 72 \leq x \leq 90)。$$

现水分含量与凝胶强度(JS)、抗拉应力(TS)之间呈负相关,即水分含量越高,凝胶强度和抗拉应力越小。水分含量与拉伸应变(TN)呈正相关,即水分含量越高,拉伸应变越大,水分含量低,拉伸应变小。

6 用于加工模拟蟹肉的适性

由表9与表10的物性值可知,用鲢鱼糜可代替二级狭鳕鱼糜生产模拟蟹肉。但添加70%鲢

(2)吴光红. 1992. 鲜度对鲢鱼糜凝胶强度的影响

鱼糜后,产品的白度由48.8%下降到45.8%,明度(L)由51.2%下降到45.9%。

表9 淡水鱼糜模拟蟹肉的拉伸应变($\Delta L/L$)

Tab. 9 Stretch strain of simulate crab of fresh water fish surimi

试验组	鱼糜原料		拉伸应变值($\Delta L/L$)		
	鲢鱼糜 (%)	狭鳕鱼糜 (%)	试验1	试验2	试验3
1	0	100	1.00	0.8	0.6
2	30	70	0.80		
3	50	50	0.60	0.75	0.70
4	70	30	0.75 0.55		

注:表中资料据吴光红等[1991]

表10 淡水鱼糜模拟蟹肉冻品物性值

Tab. 10 Properties of frozen minced meat

试验组	鲢鱼糜 (%)	狭鳕鱼糜 (%)	拉伸应力 (g)	拉伸应变 ($\Delta L/L$)	破断强度 (g)
1	0	100	140	0.31	810
2	70	30	170	0.31	960

注:样品经-35℃速冻,-20℃冷藏22天。表中资料据吴光红等[1991]

参 考 文 献

- 丁玉庭,骆肇尧,季家驹. 1988. 我国鲢鳙鲫鱼肉中的蛋白质组成及其冷藏稳定性的比较研究. 中国水产学会第四次全国会员代表大会论文集,356~362
- 叶桐封,吴光红. 1989. 淡水鱼长途流通保鲜技术. 淡水渔业,(3):15~17
- 吴光红. 1991. 加热对远东拟沙丁鱼糜制品质量的影响. 水产学报,(2):140~147
- 吴光红,叶桐封. 1991. 用鲢鱼加工模拟蟹肉的试验. 水产科技情报,(1):14~17
- 吴光红,叶桐封. 1992. 鲢鱼加工模拟蟹腿肉的试验. 渔业机械仪器,(3):32~34
- 陈焕铨,韩铭竹,陶金萍等. 1984. 关于鱼糜在冷藏过程中蛋白质变性的研究——冷藏过程中 Ca^{2+} -ATPase 活性变化的探讨. 水产学报,(1):1~5
- 严伯奋. 1991. 白鲢鱼糜制品的弹性质变研究. 食品与发酵工业,(7):45~48
- 渔业局统计处. 1998. 1997年全国渔业统计年报分析. 中国水产,(5):5~6
- 山本常治,万建荣,缪启军. 1988a. 中国産養殖白鯧のかまぼこ形成能について. 水産ねり製品技術研究會誌,14(1):10~16
- 山本常治,万建荣,缪启军ら. 1988b. 硬直前、硬直中の白鯧落身ならびに晒肉のかまぼこ形成能について. 水産ねり製品技術研究會誌,14(5):213~217
- 岡田稔,衣卷豊輔,横關源延. 1981. 魚肉ねり製品. 日本東京:恒星社厚生閣. 21~22, 33~34, 45~50
- 新井健一. 1986. 冷凍シリーズ. 日本東京,食品經濟社, 36~41
- 福田裕. 1982. サバ肉タンパク質の冷凍解凍による變性. 冷凍. 57(658):807~818
- 福田裕. 1991. 低温處理中のタンパク質の變性. 水産加工とタンパク質の變性制御. 日本東京:恒星社厚生閣. 9~16