

加工方式对微粒化鱼骨泥营养品质的影响

尹涛 石柳 张晋 熊善柏 尤娟 胡杨

华中农业大学食品科学技术学院/国家大宗淡水鱼加工技术研发分中心(武汉), 武汉 430070

摘要 以白鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)鱼骨为原料,采用湿法粉碎的方法制备微粒化鱼骨泥,研究不同的加工方式(常温加冰、低温冷冻和 120 ℃ 蒸煮)对鱼骨泥营养品质的影响。结果表明,鱼骨泥中粗蛋白、粗脂肪、粗灰分和钙的含量分别约为 35%、20%、32%和 9%,加工方式对微粒化鱼骨泥的粗蛋白、粗灰分和矿物盐的含量无显著性影响($P>0.05$),鱼骨泥的第一限制性氨基酸为异亮氨酸(Ile)。采用常温加冰和低温冷冻加工的鱼骨泥的主要氨基酸含量占总氨基酸含量的比例无显著性差异($P>0.05$);采用高温蒸煮加工的鱼骨泥的必需氨基酸比例和必需氨基酸指数显著($P<0.05$)高于采用常温加冰和低温冷冻组的;采用高温蒸煮加工的鱼骨泥的钙和蛋白质体外消化率显著($P<0.05$)高于常温加冰和低温冷冻加工组的。以上结果说明,采用高温蒸煮加工的鱼骨泥的营养价值高于其他 2 种加工方式的,但采用高温蒸煮加工的鱼骨泥的脂肪含量和过氧化值相对较高($P<0.05$)。

关键词 白鲢; 鱼骨泥; 鱼骨; 氨基酸组成; 矿物质组成; 营养评价

中图分类号 TS 254.4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2016)06-0124-05

近年来,世界鱼类年产量达到 1.2 亿 t,加工后将产生超过 0.2 亿 t 的加工副产物,包括鱼头、鱼皮、鱼骨、内脏、鱼鳍等^[1]。受环保法规和经济效益的影响,提高副产物的加工利用率以及加工和转化副产物为高附加值的功能性食品添加剂或者工业产品,必然成为水产品加工的趋势,也日益受到研究者的关注。在鱼片(例如鳕鱼、鲷鱼和罗非鱼)加工过程中,鱼头和鱼骨经手工或者机械的方式与其他部位分离,易于分类收集和再加工利用。鱼头和鱼骨占到鱼体总质量的 30%以上。但是,目前鱼头和鱼骨主要是作为饲料加工的原料,经济附加值低^[2]。

鱼骨的主要成分是矿物质(~65%)和胶原蛋白(~25%)等^[3]。鱼骨中钙盐含量高,而且生物利用率较高^[4],具有作为低价天然钙源加工成高钙食品的潜力。目前,以鱼骨为原料加工的产品包括鱼骨粉、活性钙、硫酸软骨素、羟基磷灰石、鱼骨泥和降血压活性肽^[5-6]等。与其他产品相比,鱼骨泥具有加工工艺简单、生产成本低和营养丰富等优点。加工方式对鱼骨泥营养品质的影响还鲜见报道,本研究以白鲢鱼骨为原料,研究加工方式对鱼骨泥基本组成、

矿物质组成、氨基酸组成和营养成分消化率的影响,以期为高品质的鱼骨泥制品的开发提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1) 白鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*),个体质量(2.0±0.3) kg,来源于武汉市南湖渔场。白鲢宰杀后,去鳞、去头和内脏,切成 2 片,用滚筒式采肉机分离白鲢鱼脊骨,清洗干净后,置于-18 ℃ 备用。

2) 主要试剂。硫酸铜、硫酸钾、氯化镧、高氯酸、浓硫酸和盐酸等购于国药集团化学试剂有限公司;氨基酸标准液购于美国 SIGMA 公司;矿物质标准液购于国药集团化学试剂有限公司;以上试剂均为分析纯或以上。胃蛋白酶(3 000 U/mg 蛋白质)购于 BIOSHARP 生物科技有限公司,胰蛋白酶(52.93 U/mg 蛋白质)购于美国 AMRESCO 公司。

3) 主要仪器和设备。ZM-100 高温蒸煮锅,广州标际包装设备有限公司;JL-80 绞肉机,北京市联华工业有限公司;MKCA6-2 骨泥机,日本 MASU-

收稿日期: 2015-12-20

基金项目: 现代农业产业技术体系专项(CARS-46-23); 中央高校基本科研业务费专项(2662015QD041)

尹涛,博士,讲师. 研究方向: 水产品加工及贮藏工程. E-mail: yintao_cn@163.com

通信作者: 熊善柏,博士,教授. 研究方向: 水产品加工保鲜理论与技术创新. E-mail: xiongsb@mail.hzau.edu.cn

KO公司;TGL-16GA台式高速离心机,湖南星科科学仪器有限公司;722s可见分光光度计,上海精密科学仪器有限公司;835-50氨基酸自动分析仪,日本日立公司;AA-6300c原子吸收分光光度计,日本SHIMADZU公司。

1.2 试验方法

1)微粒化鱼骨泥的制备。冷冻鱼骨(粗蛋白16.08%、粗脂肪6.91%、灰分68.93%)经3种不同的方式预处理后,切成长约为3 cm的小段,用绞肉机粗粉碎,再用骨泥机微粉碎。微粉碎的条件为:先在转速1 500 r/min、转盘间隙1 mm条件下粉碎2次,接着在转速3 000 r/min、转盘间隙1 mm条件下粉碎1次。制备的鱼骨泥立即用于分析。3组预处理方式为:(1)常温加冰组(M1)即冷冻鱼骨于4℃条件下解冻,在上述的粗粉碎和微粉碎加工前向原料中加入冰块。(2)低温冷冻组(M2)即冷冻鱼骨不解冻,直接进行加工。(3)120℃蒸煮组(M3)即冷冻鱼骨经4℃条件下解冻后置于蒸煮锅中蒸煮,蒸煮条件为温度120℃和时间30 min。

2)基本成分测定。水分、粗蛋白、粗脂肪和粗灰分的含量分别采用105℃干燥、凯氏定氮、索式抽提和马弗炉灰化的方法测定^[7]。胶原蛋白含量参考Kittiphattanabawon等^[8]的方法测定。

3)矿物质含量测定。参照尹涛等^[9]的方法,用原子吸收分光光度计测定。

4)氨基酸组成测定。参照尹涛等^[9]的方法,用氨基酸自动分析仪测定。

5)氨基酸评分。根据FAO/WHO(1973年)的氨基酸评分标准模式和全鸡蛋蛋白质的氨基酸模式,分别计算氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)和必需氨基酸指数(EAAI)^[10]。

6)蛋白质和钙体外消化率的测定。参考苏钰亭等^[11]和Roig等^[12]的方法,略作修改。向含有15 mg胃蛋白酶的HCl溶液(0.1 mol/L,113 mL)中加入1.5 g待测样品后,置于37℃下进行3 h的消化。

胃蛋白酶消化结束之后,用2.0 mol/L NaOH溶液将上述胃蛋白酶消化液的pH调整到7.5~8.0,再加入50 mL磷酸盐缓冲液(pH 7.4,0.2 mol/L NaH₂PO₄ Na₂HPO₄)、30 mg胰酶、7.5 mmol/L CaCl₂和0.01% NaN₃后继续在37℃下消化24 h。同时做空白试验。经2步酶解的消化液,在100℃下灭酶5 min,接着在4 000 r/min转速下离心30 min,最后分别测定上清液中钙离子的浓度和沉淀中蛋白质的含量。蛋白质体外消化率(P_D)和钙的体外消化率(C_D)的计算方法如下:

$$P_D = \frac{(a-b)}{a} \times 100\% \quad C_D = \frac{(cc_0)}{c_1} \times 100\%$$

式中:*a*为样品中的粗蛋白含量,*b*为胃蛋白酶-胰酶消化后离心沉淀中的粗蛋白含量(扣除空白测定值);*c*为消化液中钙元素的含量,*c*₀为空白液钙元素的含量,*c*₁测试样品中总钙的含量。

7)过氧化值和酸价的测定。参考张娜^[13]的方法测定。

1.3 数据处理

数据采用SASV 8.1软件进行分析,采用ANOVA进行方差分析(SAS Institute Inc.,Cray,NC,USA,2000),显著性方差分析法为LSD,检测限为0.05。

2 结果与分析

2.1 加工方式对微粒化鱼骨泥基本成分的影响

不同加工方式制备的微粒化鱼骨泥的基本成分见表1。由表1可知,鱼骨泥中粗蛋白、粗脂肪和粗灰分的含量分别约为35%、20%和32%。微粒化鱼骨泥的粗脂肪、粗灰分和胶原蛋白含量显著高于鱼肉的(*P*<0.05),而粗蛋白和水分含量显著低于鱼肉的(*P*<0.05)。不同加工方式对微粒化鱼骨的粗蛋白和粗灰分含量没有显著性影响(*P*>0.05)。采用高温蒸煮加工(M3)制备的微粒化鱼骨泥的粗脂肪含量显著高于低温冷冻组(M2)和常温加冰组(M1)

表1 不同加工方式制备的鱼骨泥的基本成分

Table 1 Proximate of the fish bone pastes under different processing methods

处理 Treatments	水分 Moisture	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude fat	粗灰分 Crude ash	胶原蛋白 Collagen
M1	77.12±0.12b	36.47±0.16b	20.84±1.22b	32.90±0.52a	26.26±1.54a
M2	77.00±0.40b	36.83±0.61b	20.77±0.19b	32.96±0.18a	26.86±1.38a
M3	71.89±0.13c	35.80±0.75b	24.91±0.21a	32.59±0.07a	15.81±1.58b
鱼肉 Fish meat	84.34±0.41a	61.51±0.90a	7.83±0.34c	17.37±0.60b	1.98±0.24c

注:同列数据不同字母表示差异显著(*P*<0.05),下同。Note: Different letters in the same column represent significant difference (*P*<0.05), the same as follows.

的($P < 0.05$),而胶原蛋白的含量显著低于其他 2 种加工方式的($P < 0.05$)。

2.2 加工方式对鱼骨泥矿物质组成的影响

不同加工方式制备的微粒化鱼骨泥的主要矿物质组成见表 2。由表 2 可知,钙(~ 90 mg/g)和磷(~ 55 mg/g)是鱼骨泥中 2 种最主要的矿物质,二者含量的比值接近 2:1,适合人体对钙的吸收。另外,鱼骨泥还富含镁、钠、钾和铁等矿物质。不同的预处理方式对鱼骨泥的矿物质组成没有显著性($P > 0.05$)影响。

表 2 不同加工方式制备的微粒化鱼骨泥的矿物质组成

矿物质 Minerals	M1	M2	M3
Ca/(mg/g)	90.89±5.21a	90.89±5.39a	87.77±4.58a
P/(mg/g)	55.21±2.21a	54.36±3.34a	57.55±5.46a
Mg/(mg/g)	0.77±0.02a	0.75±0.06a	0.76±0.18a
Na/(mg/g)	0.26±0.05a	0.26±0.04a	0.26±0.09a
K/(mg/g)	0.48±0.04a	0.48±0.04a	0.46±0.04a
Fe/(mg/g)	0.12±0.03a	0.12±0.03a	0.12±0.01a
Zn/(μg/g)	4.18±0.57a	4.46±0.54a	4.98±0.75a
Cu/(μg/g)	7.95±0.39a	7.92±0.28a	8.08±0.11a

2.3 加工方式对鱼骨泥氨基酸组成的影响

不同加工方式制备的微粒化鱼骨的氨基酸组成见表 3。由表 3 可知,甘氨酸、谷氨酸、脯氨酸和丙氨酸是鱼骨泥的主要氨基酸,其含量分别为 15%~17%、10%~12%、8%~10%和 7%~9%。不同加工方式对鱼骨泥的氨基酸组成模式有显著性影响($P < 0.05$)。采用高温蒸煮加工(M3)制备的鱼骨泥的胱氨酸和苯丙氨酸所占总氨基酸的比例显著高于其他 2 组的($P < 0.05$),而天冬氨酸、谷氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、酪氨酸和精氨酸所占总氨基酸的比例显著低于其他 2 组的($P < 0.05$)。除了异亮氨酸、酪氨酸和苯丙氨酸,采用常温加冰(M1)和低温冷冻(M2)制备的鱼骨泥的各氨基酸占总氨基酸的比例无显著性差异($P > 0.05$)。由表 4 可知,鱼骨泥的第一限制性氨基酸为异亮氨酸。采用高温蒸煮(M3)加工的鱼骨泥的必需氨基酸比例和必需氨基酸指数显著高于采用常温加冰(M1)和低温冷冻(M2)的($P < 0.05$)。

表 3 不同加工方式制备的微粒化鱼骨泥的氨基酸组成

氨基酸 Amino acid	M1	M2	M3
天冬氨酸 Asp	7.40±0.31a	7.33±0.01a	6.47±0.01b
苏氨酸 Thr	3.53±0.17a	3.51±0.02a	3.15±0.01a
丝氨酸 Ser	3.97±0.21a	3.73±0.01a	3.39±0.01a
谷氨酸 Glu	12.57±0.41a	12.09±0.02a	10.70±0.02b
甘氨酸 Gly	16.49±0.30a	17.52±0.01a	15.05±0.02a
丙氨酸 Ala	8.56±0.17a	9.16±0.02a	7.87±0.01a
胱氨酸 Cys	0.53±0.10b	1.39±0.01b	7.04±0.10a
缬氨酸 Val	3.00±0.07a	3.09±0.03a	3.72±0.01a
蛋氨酸 Met	1.64±0.14a	1.70±0.28a	0.72±0.01b
异亮氨酸 Ile	2.37±0.03b	2.83±0.01a	2.09±0.01c
亮氨酸 Leu	4.64±0.21a	4.58±0.01a	3.99±0.01b
酪氨酸 Tyr	1.64±0.14a	1.09±0.02b	0.88±0.02c
苯丙氨酸 Phe	2.95±0.17c	3.70±0.01b	4.93±0.05a
赖氨酸 Lys	5.27±0.17a	5.05±0.02a	4.60±0.01b
脯氨酸 Pro	9.14±0.03b	10.30±0.01a	8.82±0.01b
组氨酸 His	1.35±0.04a	1.47±0.01a	1.47±0.01a
色氨酸 Trp	/	/	/
精氨酸 Arg	4.87±0.41a	4.67±0.01a	3.85±0.01b

注:“/”表示氨基酸含量未检测,下同。Note:“/” represents amino acid content was not detected,the same as follows.

表 4 不同加工方式制备的鱼骨泥的氨基酸评分、化学评分和必需氨基酸指数

氨基酸 AA	氨基酸评分模式		M1		M2		M3	
	氨基酸含量/% AAS pattern AA content	氨基酸含量/% CS pattern AA content	氨基酸评分 AAS	化学评分 CS	氨基酸评分 AAS	化学评分 CS	氨基酸评分 AAS	化学评分 CS
苏氨酸 Thr	4.00	4.98	0.88±0.09A	0.71±0.07a	0.88±0.01A	0.70±0.01a	0.79±0.01A	0.63±0.01a
缬氨酸 Val	5.00	7.42	0.60±0.03B	0.40±0.02b	0.62±0.04B	0.42±0.03b	0.74±0.01A	0.50±0.01a
异亮氨酸 Ile*	4.00	6.60	0.59±0.02B	0.36±0.01b	0.71±0.14A	0.43±0.09a	0.52±0.01C	0.32±0.01c
亮氨酸 Leu	7.00	8.80	0.66±0.06A	0.53±0.05a	0.65±0.01A	0.52±0.01a	0.57±0.01B	0.45±0.01b
赖氨酸 Lys	5.50	6.40	0.96±0.06A	0.82±0.05a	0.92±0.01A	0.79±0.01a	0.84±0.01B	0.72±0.01b
蛋氨酸+胱氨酸 Met+Cys	3.50	5.48	0.62±0.14B	0.40±0.09b	0.88±0.07B	0.56±0.05b	2.21±0.15A	1.42±0.09a
苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr	6.00	10.08	0.77±0.10B	0.46±0.06b	0.80±0.01B	0.48±0.01b	0.97±0.02A	0.77±0.02a
色氨酸 Trp	1.00	1.70	/	/	/	/	/	/
必需氨基酸比例/% PEAA	/	/	25.05±2.18B		24.09±0.10B		30.58±0.76A	
必需氨基酸指数 EAAI	/	/	50.20±4.87B		54.17±2.58B		61.90±4.88A	

注 Note: AA: Amino acid; AAS: Amino acid scores; CS: Chemical scores; PEAA: Percentage of essential amino acid; EAAI: Essential amino acid indices. “*”表示第一限制性氨基酸 “*” represents the first limiting amino acid.

2.4 加工方式对鱼骨泥钙和蛋白质体外消化率的影响

不同加工方式制备的微粒化鱼骨泥的钙和蛋白质体外消化率见表5。由表5可知,不同加工方式制备的鱼骨泥的蛋白质和钙的体外消化率有显著性差异($P < 0.05$)。高温蒸煮(M3)加工制备的鱼骨泥的钙体外消化率(74.51%)和蛋白质体外消化率(94.10%)最高,其次为低温冷冻(M2)加工制备的鱼骨泥钙体外消化率(70.11%)和蛋白质体外消化率(88.66%),常温加冰(M1)加工制备的鱼骨泥钙体外消化率(63.75%)和蛋白质体外消化率(78.01%)均最低。

表5 不同加工方式的微粒化鱼骨泥的钙和蛋白质体外消化率

Table 5 *In vitro* calcium and protein digestibility of the fish bone pastes under different processing methods %

处理 Treatments	钙体外消化率 <i>In vitro</i> calcium digestibility	蛋白质体外消化率 <i>In vitro</i> protein digestibility
M1	63.75±1.84c	78.01±0.25c
M2	70.11±3.63b	88.66±0.25b
M3	74.51±4.80a	94.10±0.30a

2.5 加工方式对鱼骨泥过氧化值和酸价的影响

不同加工方式制备的微粒化鱼骨泥的过氧化值和酸价见表6。由表6可知,加工方式对微粒化鱼骨泥的过氧化值有显著性($P < 0.05$)影响,而对酸价没有显著性($P > 0.05$)影响。采用高温蒸煮(M3)加工制备的鱼骨泥的过氧化值显著高于采用常温加冰(M1)和低温冷冻(M2)加工的($P < 0.05$)。

表6 不同加工方式的微粒化鱼骨泥的过氧化值和酸价

Table 6 Peroxide value and acid value of the fish bone pastes under different processing methods

处理 Treatments	过氧化值/(mmol/kg) Peroxide value	酸价/(mg/g) Acid value
M1	7.53±0.29b	2.60±0.04a
M2	6.71±0.43c	2.62±0.12a
M3	8.19±0.27a	2.61±0.12a

3 讨论

鱼骨泥中钙含量丰富(90 mg/g),成人每天食用10 g微粒化鱼骨泥即可达到中国居民膳食营养素参考摄入量。人体对食物中钙的需求,除了与钙的总量有关外,还应该与钙的消化吸收率有关。采用高温蒸煮加工的鱼骨泥中的钙体外消化率显著高于常温加冰和低温冷冻加工制备的,其主要原因是采用高温蒸煮加工的鱼骨泥的粒径小而比表面积大。另一方面,高温蒸煮加工使胶原蛋白3股螺旋结构松散或者破断,有助于微粒化过程中破坏胶原

纤维网络结构,暴露包埋在网络结构中的钙盐,从而有利于钙盐与消化液充分接触。鱼骨中的胶原蛋白主要是I型胶原蛋白,含量占总胶原蛋白的90%以上^[8],而微粒化骨泥中的胶原蛋白的含量低于75%(表1)。Gly-Pro-Hyp是天然I型胶原蛋白的特征重复序列,因此,一般甘氨酸的含量几乎占到总氨基酸的30%,脯氨酸约占12%,羟脯氨酸约占10%^[14]。而微粒化鱼骨泥中这几类氨基酸含量均低于天然胶原蛋白中的含量。鱼骨泥中胶原蛋白含量和特征氨基酸比例低的主要原因可能是因为鱼骨泥中还含有部分鱼肉蛋白,降低了胶原蛋白的比例。胶原蛋白紧凑的3股螺旋结构隐蔽了部分酶作用的位点,因此,胶原蛋白的消化率一般较低^[15]。在120℃蒸煮条件下,胶原蛋白的二级结构被破坏^[16],增加消化酶和蛋白质的作用位点,提高蛋白质的消化率。谷类食物的第一限制氨基酸是赖氨酸,其次是蛋氨酸和苯丙氨酸;而大豆、花生、牛奶、肉类的限制氨基酸为蛋氨酸,其次为苯丙氨酸^[17]。鱼骨泥中赖氨酸、蛋氨酸和苯丙氨酸含量较丰富,与谷物和肉类等原料复配加工,可提高产品的营养品质。

高温蒸煮的鱼骨泥中粗脂肪的含量显著($P < 0.05$)高于常温加冰和低温冷冻加工的,其原因可能是鱼骨经高温蒸煮处理后,包裹脂类物质的结构组织在微粒化过程中被破坏,有利于脂类物质游离出来。在高温蒸煮过程中,脂肪被氧化造成过氧化值显著增加。而不同加工方式制备的鱼骨泥中酸价无显著性($P > 0.05$)差异,其原因可能与鱼骨泥中高含量的矿物盐有关。鱼骨中的钙主要以磷酸钙和碳酸钙的形式存在,可以对酸起到一定的中和作用。一般认为,采用低温加工制备的骨泥的营养品质更高^[18]。但是,我们的试验结果证明不同加工方式对鱼骨泥的主要营养成分蛋白质和矿物质无显著性($P < 0.05$)影响,这与马守海等^[19]报道的加工方式对猪骨泥营养品质的结论一致。采用高温蒸煮有利于提高钙和蛋白质的体外消化率。但是,有必要通过脱除油脂和添加抗氧化剂等途径降低高温蒸煮制备的鱼骨泥中脂肪氧化对营养品质的不利影响。

参 考 文 献

- [1] FAOSTA T. The state of world fisheries and aquaculture[G]. Rome: Food and agriculture organization of the United Nations, 2014: 1-96.
- [2] OLSEN R L, TOPPE J, KARUNASAGAR I. Challenges and realistic opportunities in the use of by-products from processing of fish and shellfish[J]. Trends in food science and technol-

- ogy, 2014, 36(2): 144-151.
- [3] TOPPE J, ALBREKTSSEN S, HOPE B, et al. Chemical composition, mineral content and amino acid and lipid profiles in bones from various fish species[J]. Comparative biochemistry physiology, 2007, 146(3): 395-401.
- [4] 谢雯雯, 尹涛, 张晋, 等. 鱼骨粉粒径对鱼骨粉-鱼蛋白酶解物混合物中钙生物利用率的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(7): 211-216.
- [5] 刘华, 赵利, 范艳, 等. 鱼骨的利用研究进展[J]. 农产品加工· 学刊, 中, 2014(6): 42-44.
- [6] 袁美兰, 赵莉, 刘华, 等. 鱼头鱼骨的综合利用研究进展[J]. 现代农业科技, 2015(18): 284-288.
- [7] AOAC. Official methods of analysis[M]. 14th ed. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists, 1999.
- [8] KITTIPHATTANABAWON P, BENJAKUL S, VISESSAN-GUAN W, et al. Characterization of acid-soluble collagen from skin and bone of bigeye snapper (*Priacanthus tayenus*) [J]. Food chemistry, 2005, 89(3): 363-372.
- [9] 尹涛, 刘敬科, 赵思明, 等. 冷藏和热加工对鲢肌肉主要滋味活性物质的影响[J]. 华中农业大学学报, 2015, 34(1): 108-114.
- [10] 刘茹, 尹涛, 熊善柏, 等. 鱼肉与猪肉的微观结构与基本组成的比较研究[J]. 食品科学, 2012, 33(13): 49-52.
- [11] 苏钰亨, 尹涛, 赵思明, 等. 蒸煮模式和大米品种对米饭蛋白质消化特性的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(3): 95-100.
- [12] ROIG M J, LAGARDA M J. Calcium bioavailability in human milk, cow milk and infant formulas—comparison between dialysis and solubility methods[J]. Nutrition and food chemistry, 1999, 65(3): 353-357.
- [13] 张娜. 低盐度腌腊鱼生产中几个安全指标的变化及评价[D]. 武汉: 华中农业大学, 2010.
- [14] ZHANG G, YOUNG B B, EZURA Y. Development of tendon structure and function: regulation of collagen fibrillogenesis[J]. Journal of musculoskeletal neuronal interact, 2005, 5(1): 5-21.
- [15] REUTERSWARD A L, ASP N G, BJORCK I, et al. Effect of collagen content and heat treatment on protein digestibility and biological value of meat products[J]. International journal of food science & technology, 1982, 17(1): 115-123.
- [16] 钟朝辉, 李春美, 窦宏亮, 等. 草鱼鱼鳞酶溶性胶原蛋白粘度特性及变性温度的研究[J]. 食品与发酵工业, 2006, 32(6): 64-68.
- [17] 王小生. 必需氨基酸对人体健康的影响[J]. 中国食物与营养, 2005(7): 48-49.
- [18] 夏秀芳. 畜禽骨的综合开发利用[J]. 肉类工业, 2007(5): 22-25.
- [19] 马守海, 戚桂军. 不同加工方法对食用骨泥主要营养成分的影响[J]. 食品科学, 1991(11): 37-38.

Effects of processing methods on nutrition of the micro-sized fish bone pastes

YIN Tao SHI Liu ZHANG Jin XIONG Shanbai YOU Juan HU Yang

College of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University/
National R & D Branch Center for Conventional Freshwater Fish Processing (Wuhan),
Wuhan 430070, China

Abstract Effects of processing methods including ice, freezing and heating at 120 °C on the nutrition of fish bone pastes made from silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) using wet milling were studied. Results showed that crude protein, fat, ash and calcium in the micro-sized fish bone paste was 35%, 20%, 32% and 9%. Processing methods had no significant effect on contents of crude protein, ash and calcium ($P > 0.05$). The first limiting amino acid in the micro-sized fish bone paste was Ile. Most of amino acids between the micro-sized fish bone pastes added with ice and subjected to freezing were not significantly different ($P > 0.05$). Percentage and index of essential amino acid for the fish bone paste subjected to 120 °C heating were significant higher than those of other groups ($P < 0.05$). *In vitro* calcium and protein digestibility for the fish bone paste subjected to 120 °C heating were significant higher than those of the samples added with ice or subjected to freezing ($P < 0.05$). It is indicated that the micro-sized fish bone paste subjected to 120 °C heating was more nutritious. However, crude fat content and peroxide value of the micro-sized fish bone paste subjected to 120 °C heating were higher than those of other pre-treatments ($P < 0.05$).

Keywords silver carp; fish bone paste; fish bone; amino acid composition; minerals composition; nutrition evaluation

(责任编辑: 陆文昌)