

鳕鱼骨钙片的制备及其生物利用

霍健聪, 邓尚贵*, 童国忠

(浙江海洋学院普陀科技学院, 浙江 舟山 316000)

摘要:为有效利用鳕鱼加工中产生的鱼骨下脚料,研究采用碱醇法制备了鳕鱼骨钙粉,探讨了鳕鱼骨钙片制备方法,同时以 Wistar 大鼠为模型研究鳕鱼骨钙片的生物学功效。结果表明,采用 NaOH 和乙醇浸泡制取鳕鱼骨钙粉的最佳工艺参数为 1 mol/L NaOH 溶液,浸泡时间 30 h,乙醇浓度 60%,浸泡时间 15 h,制取的鳕鱼骨粉钙含量为 27.8%,磷含量 12.2%,蛋白质含量 3.67%,脂肪含量 0.44%。骨粉色泽洁白,无任何异味;粘合剂选用浓度为 4% 的聚乙烯吡咯烷酮乙醇溶液,填充剂与奶粉的配比为 1:2;崩解时间实验显示鳕鱼骨钙片崩解时间小于 12 min,无须添加崩解剂。动物实验表明,鳕鱼骨钙片 2 g/(kg·d) 和鳕鱼骨钙片 5 g/(kg·d) 可显著提高大鼠血钙、血磷和骨钙含量,具有促进骨生长、提高骨密度和防止骨质疏松的功效。

关键词:鳕鱼骨;钙片;生物利用;Wistar 大鼠

中图分类号:TS 254.5; S 917

文献标识码:A

随着我国水产品捕捞和养殖产业的不断发展,水产品产量逐年增加。在水产品加工过程中会产生大量下脚料,其中鱼头、鱼骨约占 45% 左右^[1]。目前我国对下脚料的利用主要集中在生产鱼露、水解蛋白等方面,生产成本高、工艺复杂^[2-3]。鱼骨中含有大量钙质,如何利用废弃鱼骨成为研究热点之一。

有资料显示,我国居民钙的摄入量明显不足。城市居民平均每日钙摄入量仅为中国营养学会推荐供给量的 45.7%,农村为 37.7%。目前一般认为钙补充剂尽管不能增加骨骼沉积,但可以增加骨峰值^[4]。因此,补钙仍然是预防和治疗钙缺乏的重要方法之一。市场上的钙补充剂多为碳酸钙,人体吸收率较低。鱼骨钙属于磷酸钙,接近于人体骨骼,具有吸收率高、人体副反应小的优点,是一种优良的天然钙源。到目前为止,国内对于鱼骨钙研究多集中于淡水鱼类,许顺干^[5]和王建中等^[6]分别以青鱼和鲢鱼骨为原料制取鱼骨粉,探讨了鱼骨粉补钙效果;吴燕燕等^[7]以罗非鱼骨制取 CMC 活性钙。对于产量更大的海产鱼骨仅有邓尚贵等^[8]研究了青鳞鱼骨粉的营养价值,薛长湖等^[9]研究了鳕鱼排中钙的酸法提取,但未进

行鳕鱼骨钙的补钙效果研究。

鳕鱼是我国远洋渔业重要捕捞对象之一,每年捕捞数 10 万 t。加工过程中产生的大量鱼骨多用于鱼粉加工,造成资源的巨大浪费。将其加工制成钙片,市场前景广阔。本研究以鳕鱼骨为原料,开发了鱼骨钙片并探讨了鳕鱼骨钙片的生物利用功效,有望开发一种高效钙补充剂,促进海鱼鱼骨资源的综合利用。

1 材料与方法

1.1 实验材料

鳕鱼骨,山东蓬莱市文凯海产有限公司提供;羧甲基淀粉钠,药用,上海协泰化工有限公司;硬脂酸镁,药用,国药集团上海化学试剂有限公司;聚乙烯吡咯烷酮 K30,药用,天津市乔森商贸有限公司;微晶纤维素,药用,国药集团上海化学试剂有限公司;蒙牛全脂奶粉;草莓香精,上海旭梅香精有限公司;Wistar 大鼠,浙江大学动物实验中心提供,实验动物质量合格证号:22-0010014。试验用无水乙醇、氢氧化钠均为分析纯(国药集团上海化学试剂有限公司)。

1.2 工艺流程

原料→NaOH 处理→蒸馏水清洗→乙醇处理→粉碎→高压蒸煮→烘干→过 180 目筛→配料→压片→成品。

1.3 鳕鱼骨钙处理条件的确定

采用不同 NaOH 和乙醇浓度以及浸泡时间进行正交实验,以确定最佳工艺条件。考虑到钙

和磷的主次因素程度,采用加权评定,设定钙的权重值为 0.6,磷为 0.4。实验期间碱醇法处理温度为室温 21 ℃(表 1)。

1.4 鳕鱼骨粉中钙、磷、无机砷、铅及蛋白质和脂肪含量的测定^[10]

蛋白质和脂肪分别采用微量凯氏定氮和索氏提取法;其它采用原子吸收法测定。

表 1 L₉(3⁴) 正交实验因素水平

Tab.1 Factors and levels of L₉(3⁴) orthogonal experiment

水平 level	因素 factor			
	A NaOH 浓度 (mol/L) concentration	B NaOH 浸泡时间 (h) immersion time	C 乙醇溶液浓度 (%) ethanol concentration	D 乙醇浸泡时间 (h) ethanol immersion time
1	0.25	10	20	10
2	0.5	20	40	15
3	1	30	60	20

1.5 鳕鱼骨钙片硬度及崩解时间的确定

钙片硬度和崩解时间采用 78X-2 型片剂四用测定仪。

1.6 动物实验

实验大鼠 50 只,体重在 180 ~ 200 g,基础饲料适应性喂养 1 周后按体重随机分为 5 组,分别给予基础低钙饲料(酪蛋白 20%,玉米淀粉 65%,玉米油 8%,纤维素 1%,复合维生素 1%,复合无机盐 5%);A 组:基础饲料鳕鱼骨钙片 2 g/(kg·d);B 组:基础饲料 + 鳕鱼骨钙片 5 g/(kg·d);C 组:基础饲料 + 碳酸钙 2 g/(kg·d);D 组:基础饲料 + 碳酸钙 5 g/(kg·d)^[11]。基础饲料钙含量实测为 1 159 mg/kg。各组大鼠在同等条件下饲养,自由摄食,每周称体重 1 次,每日记录进食量。第 4 周后移入代谢笼,进行钙代谢实验。

钙吸收率 = (摄入钙 - 粪钙) / 摄入钙

钙储留率 = (摄入钙 - 粪钙 - 尿钙) / 摄入钙

各组饲养大鼠 6 周时眼眶后静脉采血^[12],12 周时采血后处死。剥离双侧股骨,取左侧股骨测量长度(游标卡尺)、骨折负荷力(岛津万能测定仪)、干重(140 ℃烘干 8 h)及灰分。原子吸收法检测各组大鼠股骨钙和血钙含量。为防止影响大鼠食欲,进行动物实验时未加入草莓香精。

1.7 数据处理

采用 SPSS 11.5 统计软件包进行统计学检验。

2 结果

2.1 鳕鱼骨处理条件的确定

目前市场上的钙制剂主要包括碳酸钙、葡萄糖酸钙、活性钙及其钙制剂以及超微粉化碳酸钙制剂和氨基酸钙制剂。其中碳酸钙和葡萄糖酸钙人体吸收率低,超微粉化碳酸钙和氨基酸钙制剂虽然人体吸收率高,但生产成本高,价格昂贵。活性钙则兼具两者的优点^[13]。本研究以鳕鱼骨为原料,采用碱醇法处理鱼骨。

对 NaOH、乙醇浓度以及浸泡时间进行正交实验,实验结果见表 2。由表 2 可以看出 NaOH 和乙醇的浓度对钙和磷的影响最大,影响最小的是乙醇浸泡时间。通过极差法分析得到鳕鱼骨最佳的处理工艺条件为 A3B3C3D2。由于正交表中没有相应的条件,因此按照 A3B3C3D2 做验证实验,得到产品的综合分数为 21.56,高于与该实验条件接近的 7 号的综合评分。因此,确定鳕鱼骨最佳的处理工艺条件为 A3B3C3D2,即为 1 mol/L NaOH,浓度浸泡时间 30 h,乙醇浓度 60%,浸泡时间 15 h。

分析测定了按照鳕鱼骨最佳的处理工艺条件得到产品,其结果见表 3。由表 3 可以看出鳕鱼骨钙含量达到 27.8%,磷含量为 12.2%,蛋白质含量仅为 3.67%,脂肪含量仅为 0.44%。经粉碎后所得骨粉色泽洁白,无任何异味。

表2 $L_9(3^4)$ 正交实验结果与极差分析
Tab.2 Result of $L_9(3^4)$ orthogonal experiment and range analysis

处理号 treatment no.	因素 factor				钙含量(%) calcium content	磷含量(%) phosphorus content	综合分数 composite score
	A	B	C	D			
1	1	1	1	1	18.6	9.2	14.84
2	1	2	2	2	20.2	12.0	16.92
3	1	3	3	3	22.3	13.0	18.58
4	2	1	2	3	19.2	10.5	15.72
5	2	2	3	1	23.6	9.8	18.08
6	2	3	1	2	22.6	9.1	17.2
7	3	1	3	2	23.7	13.4	19.58
8	3	2	1	3	20.5	12.8	17.42
9	3	3	2	1	22.9	11.4	18.3
极差分析 range analysis	K_{1j}	50.34	50.14	49.46	51.22		
	K_{2j}	51	52.42	50.94	53.7		
	K_{3j}	55.3	54.08	56.24	51.72		
	$R_j(k)$	4.96	3.94	6.78	2.48		
因素主次 importance of factors	C	A	B	D			

表3 鳕鱼钙粉营养成分含量
Tab.3 Content of nutrition and material elements in haddock calcium powder

含量(%) content	成分 component							
	钙 calcium	磷 phosphorus	蛋白质 protein	脂肪 fat	水分 water	盐酸不溶物 insoluble material in HCl	无机砷 As	铅 Pb
	27.8	12.2	3.67	0.44	3.8	<0.06	<0.000 1	<0.000 1

2.2 鳕鱼骨钙片配方的确定

由于鳕鱼骨钙粉本身粘性较差,因此在制作过程中需要加入赋形剂,包括粘合剂、润湿剂及填充剂等。本研究选用聚乙烯吡咯烷酮 K30 为粘合剂,乙醇为润湿剂,探讨聚乙烯吡咯烷酮 K30 浓度对产品品质的影响(图1)。同时为了改善口感,加入适量全脂奶粉和草莓味香精。

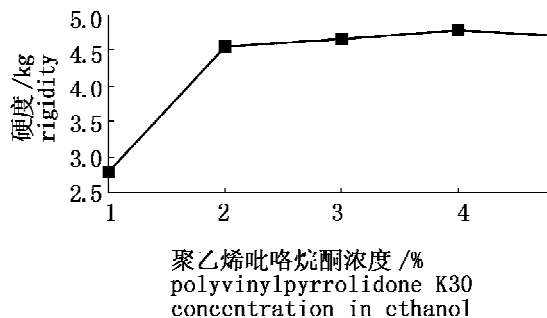


图1 聚乙烯吡咯烷酮 K30 乙醇溶液浓度对片剂硬度的影响

Fig.1 Effect of PVP-K30-ethanol solution on tablet rigidity

片剂的硬度对产品具有重要意义,硬度过低在压片过程中药片容易发生碎裂。聚乙烯吡咯烷酮 K30 浓度过低过高对片剂的硬度均有影响。由图1可以看出,当聚乙烯吡咯烷酮 K30 乙醇溶液浓度为4%时,片剂硬度最高,达到4.79 kg,完全可以满足实际生产需要。因此,选用4%作为聚乙烯吡咯烷酮浓度效果。

鳕鱼骨粉与不同质量比的微晶纤维素与奶粉(微晶纤维素:奶粉)均匀混合后,以4%聚乙烯吡咯烷酮乙醇溶液为粘合剂,添加少量硬脂酸镁后压片机压片。由表4可以看出,微晶纤维素用量越大,则产品硬度越好。当填充剂与全脂奶粉的配比为3:1时,产品硬度可以达到5.4 kg。但与此同时,产品的口感随着全脂奶粉用量的增加而提升,当填充剂与奶粉的配比为1:2时,产品的口感较好,奶香与草莓香味协调而突出,硬度也较高,达到4.4 kg。因此,选择填充剂和全脂奶粉的配比为1:2。

表 4 填充剂和全脂奶粉比对产品的影响

Tab. 4 Effect of ratio between excipient and milk powder on product

质量比 mass ratio	硬度(kg) rigidity	口感 taste characteristics
1:1	4.6	草莓香味突出,奶味平淡
2:1	5.1	草莓香,无奶香
1:2	4.4	有奶味,草莓香
3:1	5.4	草莓香味突出,无奶味
1:3	3.6	奶味浓郁,草莓香突出

注:鳕鱼骨粉:80%;草莓香精:0.01%。

Notes:Haddock bone powder;80%;strawberry essence;0.01%.

从产品中随机挑选 10 粒药片进行崩解时间的测定,崩解时间范围为 11 ~ 12 min,崩解时间较快。目前药片制作过程中通常采用羧甲基淀粉钠、低取代羟丙甲基纤维素等^[14]。本研究采用羧甲基淀粉钠为崩解剂。由表 5 可以看出,随着羧甲基淀粉钠用量的增加崩解时间也相应缩短。但在实验中发现,不加入崩解剂,鳕鱼骨钙片的崩解时间仍然小于 12 min。因此,在钙片制作过程中

未加入崩解剂。

2.3 鳕鱼骨钙片的生物利用研究

鳕鱼骨钙片对大鼠钙代谢的影响 不同钙制剂对大鼠钙代谢的影响见表 6。由表 6 可以看出,对照组同其它各组相比有显著差异,钙吸收率和钙储留率均为负值。大鼠皮毛黯淡无光泽,行动迟缓。表明大鼠体内呈现钙的负平衡,机体严重缺钙。其它各组的钙吸收率和储留率均较高,其中鳕鱼钙片组高于碳酸钙组,而在两种钙源中高剂量组又优于低剂量组。表明鳕鱼骨钙的生物利用率高于碳酸钙。对于钙元素来说,吸收率直接关系到生物学效应的发挥,吸收率高低至至关重要。钙的吸收率同 V_D 含量呈正相关^[15]。缺乏 V_D 会造成机体对钙吸收出现高摄入量低吸收率的情况,市场上众多钙补充剂均添加 V_D 以保证钙的吸收。目前研究表明钙制剂的吸收率一般在 60% ~ 70%^[16-17],而鳕鱼骨钙片吸收率达到 78%。

表 5 崩解剂用量对崩解时间的影响

Tab. 5 Effect of disintegrating agent dosage on disintegrating time

	崩解剂用量(%) disintegrating agent content			
	5	10	15	20
崩解时间(min) disintegrating time	11.5	10.5	9	7.5

表 6 不同钙制剂对大鼠钙代谢的影响

Tab. 6 Effect of different doses and different sources calcium on calcium metabolism of rats

组别 group	粪钙(mg/d) feces calcium content	尿钙(mg/d) urine calcium content	钙吸收率(%) calcium absorption rate	钙储留率(%) calcium retention rate
对照组 control	6.4	0.04	- 10.3	- 11.03
A	23.4	2.23	73.3	75.3
B	47.8	2.97	78.8	76.7
C	34.7	2.45	63.5	60.9
D	87.8	3.67	66.7	65.4

鳕鱼骨钙片对大鼠血钙、血磷的影响 采用相同饲料,不同钙制剂喂养大鼠 12 周后,阳性实验组血钙和血磷均明显高于对照实验组(表 7),而且同等剂量下鳕鱼骨钙片与碳酸钙也存在显著性差异,其中高剂量鳕鱼骨钙片组与高剂量碳酸钙组的血钙存在极显著差异($P < 0.01$),血磷也存在显著性差异($P < 0.05$);同高剂量组类

似,在低剂量鳕鱼骨钙片组和碳酸钙组中,血钙含量也有显著性差异($P < 0.05$),而血磷在整个喂养期间内无显著性差异($P > 0.05$)。表明碳酸钙和鳕鱼骨钙片均有显著提高大鼠血钙和血磷含量的作用,高剂量效果优于低剂量,在相同钙摄入量条件下,鳕鱼骨钙对提高大鼠血钙、血磷功效优于碳酸钙。

表7 各组大鼠的血钙、血磷

组别 group	剂量 dose	血钙 (mol/L) blood calcium		血磷 (mol/L) blood phosphorus	
		6周 6 weeks	12周 12 weeks	6周 6 weeks	12周 12 weeks
对照组 control	基础饲料	2.78 ± 0.08	2.59 ± 0.10	2.53 ± 0.25	2.32 ± 0.18
A	基础饲料 + 2g/kg·d 鳕鱼骨钙片	3.26 ± 0.04 *** Δ	3.48 ± 0.05 *** Δ	2.66 ± 0.06 *	2.74 ± 0.04 **
B	基础饲料 + 5g/kg·d 鳕鱼骨钙片	3.86 ± 0.09 *** $\Delta\Delta$	4.00 ± 0.4 ** $\Delta\Delta$	2.84 ± 0.09 ** Δ	2.96 ± 0.07 ** $\Delta\Delta$
C	基础饲料 + 2g/kg·d 碳酸钙	3.18 ± 0.06 **	3.22 ± 0.08 **	2.54 ± 0.03	2.72 ± 0.06 **
D	基础饲料 + 5g/kg·d 碳酸钙	3.34 ± 0.05 **	3.48 ± 0.07 **	2.66 ± 0.08 *	2.74 ± 0.03 **

注:与对照组比较, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$;与碳酸钙组比较, $\Delta P < 0.05$, $\Delta\Delta P < 0.01$ 。

Notes: * $P < 0.05$ and ** $P < 0.01$ as compared to the control group; $\Delta P < 0.05$ and $\Delta\Delta P < 0.01$ as compared to the calcium carbonate group.

鳕鱼骨钙片对大鼠股骨的影响 由表8可以看出,除骨磷含量之外,对照组大鼠的股骨长度、干重、灰重、骨钙含量和骨折负荷力均明显小于实验组。两种钙制剂低剂量组股骨长度与对照组之间无显著性差异($P > 0.05$),而高剂量组同对照组存在极显著性差异($P < 0.01$)。实验组中鳕鱼骨钙片组和碳酸钙组之间在同剂量条件下在

灰重和骨钙含量上也有显著性差异($P < 0.05$),且同对照组均存在极显著性差异($P < 0.01$)。其中高、低剂量鳕鱼骨钙片和高剂量碳酸钙组骨强度均明显高于低剂量组。表明按照前述工艺生产制作的鳕鱼骨钙片的生物学效价高于传统钙制剂碳酸钙,具有促进骨生长,提高骨密度、预防骨质疏松的功效。

表8 鳕鱼骨钙片对大鼠股骨的影响

Tab.8 Effect of haddock calcium tablet on thigh bone of rats

组别 group	剂量 dose	左侧股骨 left thighbone					
		长度 (cm) length	干重 (g/kg) dry weight	灰重 (g/kg) ash weight	骨钙 (mg/kg) bone calcium	骨磷 (g/kg) bone phosphorus	骨折负荷力 (kg) fracture load
对照组 control	基础饲料 basal feed	3.42 ± 0.03	1.62 ± 0.08	0.98 ± 0.05	421 ± 35	126 ± 9	9.8 ± 2.2
A	基础饲料 + 2g/kg·d 鳕鱼骨钙片	3.48 ± 0.05	1.85 ± 0.02 **	1.15 ± 0.04 *** Δ	520 ± 44 *** Δ	128 ± 12	13.2 ± 1.8 **
B	基础饲料 + 5g/kg·d 鳕鱼骨钙片	3.54 ± 0.04 **	1.96 ± 0.04 *** Δ	1.16 ± 0.07 *** Δ	562 ± 36 *** Δ	130 ± 14	14.4 ± 2.0 **
C	基础饲料 + 2g/kg·d 碳酸钙	3.48 ± 0.08	1.80 ± 0.06 **	1.08 ± 0.06 **	504 ± 32 **	128 ± 10	12.8 ± 2.0 **
D	基础饲料 + 5g/kg·d 碳酸钙	3.52 ± 0.07 **	1.86 ± 0.01 **	1.10 ± 0.02 **	538 ± 26 **	129 ± 6	13.8 ± 1.6 **

注:与对照组比较, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$;与碳酸钙组比较, $\Delta P < 0.05$, $\Delta\Delta P < 0.01$ 。

Notes: * $P < 0.05$ and ** $P < 0.01$ as compared to the control group; $\Delta P < 0.05$ and $\Delta\Delta P < 0.01$ as compared to the calcium carbonate group.

3 讨论

根据钙吸收理论,不同来源的钙同其溶解性紧密相关^[18]。但通常鱼骨钙都是以溶解度低的羟磷灰石形式存在。薛长湖等^[19]发现盐酸处理鳕鱼骨可显著增强钙的溶解性,但经盐酸处理后的钙粉有不良气味,影响了其实际应用。本研究

中,以碱醇法制备的鳕鱼骨钙分具有良好的色泽与气味,具备较强实际应用价值。

对于矿物元素而言,吸收率的高低直接影响到其生物利用率。但对于钙元素而言,不论其钙元素溶解度如何,机体对钙的吸收利用程度均相似^[18],高吸收率并不意味着吸收的钙能有效作用于骨骼。本研究中,鳕鱼骨钙片高剂量组和低剂

量组大鼠骨磷、骨钙、骨折负荷力及灰重等均同碳酸钙组相比有显著提高,表明鳕鱼骨钙片的生物利用率较高。原因有待进一步研究证实,但由于钙元素吸收通常存在摄入量低、吸收率高和摄入量高、吸收率低的情况,每天足量钙的摄入仍然是保证高生物利用率的前提。因此,本研究中推测一些因素如摄入量较高、微量元素以及 V_D 的存在都可能对高生物利用率具有一定贡献。

4 小结

采用碱醇法制备鳕鱼骨钙粉,最佳工艺参数为 1 mol/L NaOH 溶液,浸泡时间 30 h,乙醇浓度 60%,浸泡时间 15 h。按照该工艺条件制取的鱼骨经粉碎后色泽洁白,无任何异味,钙含量达到 27.8%,磷含量为 12.2%。

粘合剂选用 4% 浓度聚乙烯吡咯烷酮乙醇溶液效果最好,骨粉不易结块,有利于片剂压制。填充剂与奶粉的配比为 1:2 时,产品的口感较好,奶香与草莓香味协调而突出,儿童易于接受,且无须加入崩解剂。

动物实验表明,鳕鱼骨钙片 2 g/(kg·d) 和鳕鱼骨钙片 5 g/(kg·d) 对于大鼠的血钙、血磷和骨钙含量均有显著提高,大鼠股骨的长度、干重、灰重、骨钙和骨折负荷力均有明显提高,具有良好的补钙和防止骨质疏松的功效。

参考文献:

- [1] 卢红梅. 鳕鱼下脚料水解液的连续乳酸发酵[J]. 无锡轻工大学学报,2004,23(6):103-106.
- [2] 邓尚贵,彭志英,杨萍,等. 多酶法在鱼露生产工艺中的应用[J]. 食品与发酵工业,2001,8(2):32-36.
- [3] 余杰,陈美珍. 酶法制备水解鳕鱼头蛋白及其应用的研究[J]. 海洋科学,2000,19(5):50-66.
- [4] Krebs N F. Bioavailability of dietary supplements and impact of physiologic state; infants, children and adolescents[J]. J Nutr,2000, 131:1351-1352.
- [5] 许顺干. 淡水鱼骨粉钙剂[J]. 上海水产大学学报,1996,5(4):246-251.
- [6] 王建中,邓仁芳,朱瑞龙,等. 淡水鱼鱼头与鱼骨的利用[J]. 食品科学,1994,15(2):47-50.
- [7] 吴燕燕,李来好,林洪,等. 罗非鱼骨制备 CMC 活性钙的工艺及生物利用的研究[J]. 食品科学,2005,26(2):114-117.
- [8] 邓尚贵,夏杏洲,杨萍,等. 青鳞鱼骨粉的食用营养价值及应用研究[J]. 农业工程学报,2001,17(6):102-105.
- [9] 薛长湖,李兆杰,孙成,等. 由鳕鱼排制备活性钙[J]. 青岛海洋大学学报,1995,25(2):173-178.
- [10] 黄伟坤. 食品检验与分析[M]. 北京:中国轻工业出版社,1989:1.
- [11] 施新犹. 医学动物实验方法[M]. 北京:人民出版社,1980:440-445.
- [12] 吴清洪,顾为望,林继红,等. 一种大鼠采血方法介绍[J]. 动物医学进展,2005,25(1):133.
- [13] 王金龙,姚鲁也. 钙制剂的进展[J]. 中国医院药学杂志,1999,19(6):359-362.
- [14] 潘卫三,陈大伟,曾环想,等. 复方活性钙片剂的制备及其稳定性的研究[J]. 中国药学杂志,1996,31(8):474-477.
- [15] Lene M, Peder C. Bioavailability of calcium supplement and the effect of vitamin D: comparisons between milk, calcium carbonate, and calcium carbonate plus vitamin D[J]. Am Soc Clin Nutr, 1996,63:354-357.
- [16] 赵晓红,米生权,刘岩. 两种市售补钙制剂对生长期大鼠生物利用率的研究[J]. 食品科学,2006,27(10):521-524.
- [17] 米生权,赵晓红,姜山,等. ^{41}Ca 标记骨质疏松大鼠体内钙库法评价市售钙制剂钙吸收率的研究[J]. 营养学报,2008,30(1):39-42.
- [18] Sheikh M S, Ana C A S, Nicar M J, et al. Gastrointestinal absorption of calcium from milk and calcium salts. [J]. New Engl Med, 1988,317: 532-536.
- [19] Tsugawa N, Okano T, Higashino R, et al. Bioavailability of calcium from calcium carbonate, DL-calcium lactate, L-calcium lactate and powdered oyster shell calcium in vitamin D-deficient or replete rats[J]. Biol Pharm Bull, 1995,18:677-682.

Studies on preparation of haddock calcium tablet and its biological utilization

HUO Jian-cong, DENG Shang-gui^{*}, TONG Guo-zhong
(College of Putuo Technology, Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316000, China)

Abstract: With China's increasing development of fisheries and aquaculture, there is an annual increase in the manufacture of aquatic products. Processing of aquatic products is associated with a large amount of waste products, in which fishbone and fishhead account for 45%. The waste products had been used as material of fish sauce and hydrolyzed protein, with high cost and complicated processes. How to efficiently utilize this kind of calcium source becomes focus in fish deep processing. Not only in China calcium deficiency is a prevalent nutritional disease, it has attracted the attention of the world because of its serious result. The lack of calcium intake leads to great interest in demand of calcium supplement and calcium fortification. Fishbone is a kind of natural calcium source. Until recently, researches on utilization of fishbone almost focused on freshwater fish, while no research on seawater fish was conducted to study biological effects on calcium supplement and bone fortification. So, investigating the possible use of waste products obtained after processing haddock, the present study prepared haddock bone calcium powder by NaOH and ethanol soaking (alkaline-alcohol method) and prepared haddock bone calcium tablets using the powder in combination with appropriate excipients. The biological efficacy of the haddock bone calcium tablets was investigated using Wistar rats as an experiment model. Results showed that the optimal parameters for the alkaline-alcohol method are as follows: NaOH concentration 1 mol/L, immersion time 30 h, ethanol concentration 60%, immersion time 15 h. The fish powder processed in this way has high quality in color and odor compared with that prepared in acid method. Contents of fishbone powder are as follows: calcium 27.8%, phosphorus 12.2%, protein 3.67%, fat 0.44%. A mixture of 4% polyvinylpyrrolidone in ethanol was used as an excipient, and the ratio between full-cream milk powder and filler was 1:2. Under these conditions, there is no necessity of the use of a disintegrating agent because disintegrating time is less than 12 min. This process provided satisfactory characters for tablets in terms of rigidity and taste. Animal studies showed that the haddock bone calcium tablets at a dose of 2 g/kg·d or 5 g/kg·d significantly increased blood calcium and phosphorus levels and bone calcium content in Wistar rats. Therefore, the haddock bone calcium tablets have a better biological efficacy than the traditional calcium carbonate formulation, promote bone growth, increase bone density and prevent osteoporosis. The absorption rate is crucial for nutrients. High absorption rates are usually directly related to the bioactivity of the nutrient. Although the reasons of high absorption in the rats fed with haddock bone calcium tablets are still unclear, it is suggested that some factors, such as treatment with method of alkaline-alcohol or the vitamin D in the added milk, may play positive roles in increasing absorption ratio. Some natural trace elements such as magnesium, iron and phosphorus may also be responsible for the high bioavailability of calcium derived from haddock fishbone relative to calcium carbonate. These researches provide a more effective way for economic utilization of fish bone derived from marine fish processing.

Key words: haddock bone; calcium tablet; biological utilization; Wistar rat

Corresponding author: DENG Shang-gui. E-mail: dengshanggui@163.com