

## 二种褐藻膳食纤维的功能活化及其生理功能的比较

陈培基, 李来好\*, 李刘冬, 杨贤庆, 刁石强, 吴燕燕  
(中国水产科学研究院南海水产研究所, 广东 广州 510300)

**摘 要:** 采用离子交换法, 研究了海带、马尾藻两种膳食纤维提取过程中功能活化的工艺条件。结果表明, 在最佳活化条件下提取的海带和马尾藻膳食纤维的干基含量分别为84.3%和82.7%, 钙含量分别为6.21%和5.36%, 膨胀力分别为138ml/g和108ml/g, 持水力分别为6720%和5320%, 两种产品的质量指标都远高于未活化的膳食纤维。通过人体试验, 两种膳食纤维都具有良好的通便作用, 其中海带膳食纤维的作用稍优于马尾藻膳食纤维, 而作用最差的为未活化的马尾藻膳食纤维。

**关键词:** 海带; 马尾藻; 膳食纤维; 功能活化; 生理功能

### The Functional Activates of Two Kinds of Dietary Fibers from Phaeophytas and Their Comparison in Physiology Function

CHEN Pei-ji, LI Lai-hao\*, LI Liu-dong, YANG Xian-qing, DIAO Shi-qiang, WU Yan-yan  
(South China Sea Fisheries Institute, CAFS, Guangzhou 510300, China)

**Abstract:** The technological conditions of functional activities in extracting two kinds of dietary fibers (DF) from *Laminaria japonica* and *Sargassum* were studied by ion-exchanging. The results showed that the contents on dry basis of DF and calcium, expansive capacity and water holding capacity of *Laminaria japonica* were 84.3%, 6.21%, 138ml/g and 6720% respectively, and those of *Sargassum* were 82.7%, 5.36%, 108ml/g and 5320% respectively for the two kinds of DFs extracted under the optimum activate conditions. The quantity index of two kinds of products were far higher than unactivated DFs. By testing of human body in take orally, two kinds of DFs had a good laxative effect for constipation patient. The effect of *Laminaria japonica* DF was a little better than *Sargassum* DF, but the effect of unactivated *Sargassum* DF was the worst among all.

**Key words:** *Laminaria japonica*; *Sargassum*; dietary fiber; functional activates; physiology function

中图分类号 R151.41

文献标识码 A

文章编号 1002-6630(2005)01-0226-05

膳食纤维 (Dietary Fiber, DF) 是一类多聚物的复合混合物, 是人类消化过程所需的一类重要的食物营养素。许多研究表明, 膳食纤维具有通便、防治便秘和结肠癌、降低血中胆固醇、降低血糖和治疗糖尿病等生理功能<sup>[1~4]</sup>。然而, 由于不同来源的膳食纤维, 其生理功能的多少与明显程度相差很大, 所以在进行膳食纤维提取时, 首先考虑的是合适膳食纤维源的选择, 其次是膳食纤维生理功能的活化。

海带 (*Laminaria japonica*) 和马尾藻 (*Sargassum*) 均属于褐藻类海洋植物, 富含褐藻胶、纤维素、半纤

维素、维生素和矿物质等, 其可溶性多糖的含量相当高, 是提取高活性膳食纤维的优质原料<sup>[5, 6]</sup>。海带是我国的一种大型海洋藻类, 其产量约占世界年产量的一半, 而马尾藻是我国产量最大的一属野生杂藻, 其资源相当丰富<sup>[7]</sup>。目前除了部分海带用于直接食用外, 在工业上主要被用作褐藻酸钠的生产。为了改变这两种褐藻的加工方法和进一步提高其利用价值。作者曾采用酶技术或化学处理的方法, 进行了海带和马尾藻这两种褐藻提取膳食纤维的研究, 并取得了较好的效果。但由于在提取中使用了凝结剂来使可溶性膳食纤维形成难溶性褐藻

收稿日期 2004-02-05

\* 通讯作者

基金项目: 国家“863”计划资助项目(2001AA6205003); 广东省科技计划项目(2002C20323)

作者简介: 陈培基(1954-), 男, 副研究员, 研究方向为水产品加工与综合利用。

酸胶, 因此影响了膳食纤维的活性。为了进一步提高这两种褐藻膳食纤维的质量, 本文在原有研究的基础上, 着重探讨海带、马尾藻两种膳食纤维的功能活化条件, 通过人体试验, 比较了两种膳食纤维对便秘患者的通便作用。

## 1 材料与方法

### 1.1 原料

1.1.1 半叶马尾藻 采自广东省深圳沿海。

1.1.2 海带 购于广州市农贸市场, 产地福建。

### 1.2 检测方法

#### 1.2.1 常规成分的检测

蛋白质、脂肪、水分、灰分分别按GB5009.3~GB5009.6测定; 钙按GB12398-90测定; 淀粉按GB1975-80测定; 总膳食纤维按AACC32-07法<sup>[8]</sup>测定。

#### 1.2.2 功能性指标的检测

**膨胀力测定** 称取1.00g膳食纤维粉末放入量筒中, 读取纤维粉末的毫升数, 然后根据膳食纤维的膨胀力, 加入20℃水适量, 摇匀, 在20℃温度下放置24h, 读取量筒中纤维物料吸水膨胀后的毫升数。将纤维吸水膨胀后的体积减去吸水前纤维粉末的体积即为膳食纤维的膨胀力(ml/g)。

**持水力测定** 称取1.00g膳食纤维粉末放入烧杯中, 加入20℃水适量, 摇匀, 在20℃温度下浸泡1h, 将吸饱水的纤维倒入滤纸漏斗上过滤, 待水滴干后, 把结合了水的纤维全部转移到表面皿中称重。即吸水前后膳食纤维重量之差乘以100即为膳食纤维的持水力(%)。

#### 1.2.3 产率计算

$$Y(\%) = (m_2(1 - X_2) / m_1(1 - X_1)) \times 100$$

式中:  $m_2$  为纤维重量(g),  $X_2$  为纤维水分含量(%),  $m_1$  为原料重(g),  $X_1$  为原料水分含量(%)。

### 1.3 提取方法

#### 1.3.1 海带膳食纤维的提取

将海带原料洗净、干燥后粉碎, 在pH4~5, 温度48~50℃的条件下用活力单位为2000U/g的蛋白酶酶解1h, 藻体按原料重加入10倍量的0.1mol/L HCl溶液处理2次, 每次1h, 洗至中性后挤去水分, 然后在60~65℃温度下用35倍的10g/L  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液消化2h, 加入适量水稀释后过滤。滤液用稀盐酸调节pH至中性, 加入6倍量的100g/L  $\text{CaCl}_2$ 溶液凝胶30min。滤渣分别用5倍量10g/L NaOH溶液和5倍量10g/L HCl溶液煮沸处理30min, 洗净。合并胶体和滤渣, 加入30倍量有效氯为2g/L  $\text{NaClO}$ 溶液, 在碱性条件下漂白30min, 将胶体洗至无氯气味为止, 沥干水分, 即得海带膳食纤维胶体。

#### 1.3.2 马尾藻膳食纤维的提取

将马尾藻原料洗净、干燥后粉碎, 在pH4~5, 温度48~50℃的条件下用复合酶(活力单位: 纤维素酶100U/g, 蛋白酶2000U/g)酶解1h, 藻体按原料重加入10倍量的0.1mol/L HCl溶液处理2次, 每次1h, 洗至中性后挤去水分, 然后在75~80℃温度下用25倍的10g/L  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液消化2h, 加入适量水稀释后过滤。滤液用稀盐酸调节pH至中性, 加入5倍量的100g/L  $\text{CaCl}_2$ 溶液凝胶30min。滤渣分别用5倍量10g/L NaOH溶液和5倍量10g/L HCl溶液煮沸处理30min, 洗净。合并胶体和滤渣, 加入30倍量有效氯为3g/L  $\text{NaClO}$ 溶液, 在pH5条件下漂白30min, 将胶体洗至无氯气味为止, 沥干水分, 即得马尾藻膳食纤维胶体。

### 1.4 功能活化方法

按照上述的提取方法提取所得海带或马尾藻膳食纤维胶体, 以NaCl作为活化剂, 分别以不同活化剂浓度、活化时间和pH对胶体进行活化。将活化后胶体洗净、离心过滤, 用适量95%乙醇脱水, 挤干, 于50℃温度下真空干燥后粉碎, 即成为活化后膳食纤维。

### 1.5 生理功能试验方法

选择有便秘史的自愿受试患者160人, 年龄在30~65岁(平均51岁), 80%的人3~5d大便1次, 20%的人6~7d大便1次, 便秘史6个月至10年。将患者分成4组, 每组40名(其中32人为3~5d大便1次, 8人为6~7d大便1次), 分别服用本项目研制的海带、马尾藻膳食纤维, 每日3次, 每次2g, 连服30d, 详细询问患者的便秘及缓解情况, 并每天记录一次。

## 2 结果与讨论

### 2.1 功能活化条件的选择

如1.3提取方法中可知, 为了减少海带、马尾藻膳食纤维的流失和便于操作, 在提取中均加入了氯化钙以使膳食纤维中的可溶性褐藻胶形成难溶性褐藻酸钙, 因而影响了膳食纤维的活性。但如果膳食纤维的钙含量较少, 其结构中的侧链基团则会与食物中的矿物元素螯合成一种非水溶性的膳食纤维复合物, 从而影响人体对这些元素的生物利用<sup>[9]</sup>, 所以膳食纤维的活化非常关键, 活化的好坏直接影响到膳食纤维的膨胀力、持水力和最后产率, 其影响大小主要与活化剂浓度、活化时间和pH有关。

#### 2.1.1 活化剂浓度的影响

在海带或马尾藻膳食纤维胶体中, 按原料重分别加入20倍量不同浓度的NaCl溶液, 使胶体溶液的NaCl浓度为0、5、10、15、20g/L, 然后在中性的条件下活化20min, 再以相同的条件脱水、干燥。所得海带和马尾藻膳食纤维的结果见表1。

表1 氯化钠浓度对两种膳食纤维的膨胀力、持水力和产率的影响

Table 1 The effect of NaCl concentration on the expansive capacity, water holding capacity and yield of two kinds of DFs

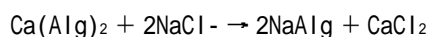
NaCl (g/L)	海带膳食纤维 DF of Laminaria japonica			尾藻膳食纤维 DF of Sargassum		
	膨胀力(ml/g) Expansive capacity	持水力(%) Water holding capacity	产率(%) Yield	膨胀力(ml/g) Expansive capacity	持水力(%) Water holding capacity	产率(%) Yield
0	8.6	650	28.9	7.5	610	27.8
5	138	6730	28.1	55	2820	27.5
10	178	7850	26.8	110	5350	27.2
15	220	9260	22.5	143	6730	25.5
20	278	11680	17.3	185	8280	22.7

表2 活化时间对两种膳食纤维的膨胀力、持水力和产率的影响

Table 2 The effect of activate time on the expansive capacity, water holding capacity and yield of two kinds of DFs

时间 Time (min)	海带膳食纤维 DF of Laminaria japonica			马尾藻膳食纤维 DF of Sargassum		
	膨胀力(ml/g) Expansive capacity	持水力(%) Water holding capacity	产率(%) Yield	膨胀力(ml/g) Expansive capacity	持水力(%) Water holding capacity	产率(%) Yield
0	8.6	650	28.9	7.5	610	27.8
10	87	4320	28.4	65	3220	27.5
20	138	6720	28.1	108	5300	27.3
30	156	7230	27.3	135	6520	26.5
40	173	7780	26.1	156	7180	25.2

由表1可知,在相同的活化时间下,随着NaCl浓度升高,两种膳食纤维膨胀力和持水力不断提高,而膳食纤维产率则与NaCl浓度成反比关系,这主要是在中性条件下氯化钠的作用,使海带或马尾藻膳食纤维凝胶中的水不溶性褐藻酸钙转化为水溶性褐藻酸钠的结果。



(水不溶性)      (水溶性)

从反应式可以看出,随着 $\text{Na}^+$ 与 $\text{Ca}^{2+}$ 两离子交换的进行,在胶体中的水溶性NaAlg含量不断增加,这样有利于膳食纤维的吸水溶胀,从而提高产品的膨胀力和持水力。但随着膳食纤维凝胶溶解性的增强,因此而导致胶体流失而使产品产率随之下降。在NaCl浓度为5g/L时,海带膳食纤维膨胀力由8.6ml/g提高到138ml/g,持水力由650%提高到6730%,此时产率仅下降0.8%。NaCl浓度为10g/L时,马尾藻膳食纤维膨胀力由7.5 ml/g提高到110ml/g,持水力由610%提高到5350%,此时产率仅下降0.6%。本实验在其它条件相同的情况下对海带选用NaCl浓度为5g/L,对马尾藻则选用NaCl浓度为10g/L进行活化,均可得到膨胀力、持水力和产率都较高的膳食纤维。

#### 2.1.2 活化时间的影响

用20倍量不同浓度的NaCl溶液分别将海带膳食纤维胶体溶液的NaCl浓度调配成5g/L,将马尾藻膳食纤维胶体溶液的NaCl浓度调配成10g/L,然后在中性的条件下以不同的时间进行活化,再以相同的条件脱水、干

燥。所得海带和马尾藻膳食纤维的结果见表2。

表2结果表明,在一定的NaCl浓度下,随着活化时间的延长,海带和马尾藻两种膳食纤维中的钙被不断交换出来,使难溶的褐藻酸钙逐渐转变成可溶性褐藻酸钠,从而提高了膳食纤维膨胀力和持水力。但如果活化时间过长,不仅使膳食纤维的产率显著下降,而且还影响以后的操作。为使两者得以兼顾,本实验选用20min作为两种膳食纤维的活化时间。

#### 2.1.3 pH的影响

按2.1.2将海带和马尾藻两种膳食纤维胶体溶液的NaCl浓度分别调成5g/L和10g/L,然后在不同的pH条件下活化20min,再以相同的条件脱水、干燥。所得海带和马尾藻膳食纤维的结果见表3。

由表3结果得知,在一定的NaCl浓度和活化时间内,胶体溶液的pH值升高或降低,都有利于提高两种膳食纤维的膨胀力和持水力,但对产率的影响则恰好相反。尤其是pH较低时,酸的作用不仅加快了胶体溶液中 $\text{Na}^+$ 与 $\text{Ca}^{2+}$ 的交换速度,而且也加剧了可溶性膳食纤维的降解,从而导致大量胶体流失。本实验选用中性条件活化,既可使两种膳食纤维的产率达到最高,又可减少因调酸、碱所带来的操作麻烦。

#### 2.2 膳食纤维的成分和功能性分析

按照实验确定的最佳工艺条件活化海带、马尾藻两种膳食纤维,所得产品的成分含量和功能性指标(膨胀力和持水力)的分析结果与未活化海带、及其原料比

表3 pH对两种膳食纤维的膨胀力、持水力和产率的影响

Table 3 The effect of pH on the expansive capacity, water holding capacity and yield of two kinds of DFs

pH	海带膳食纤维 DF of <i>Laminaria japonica</i>			马尾藻膳食纤维 DF of <i>Sargassum</i>		
	膨胀力(ml/g)	持水力(%)	产率(%)	膨胀力(ml/g)	持水力(%)	产率(%)
	Expansive capacity	Water holding capacity	Yield	Expansive capacity	Water holding capacity	Yield
2	244	9750	22.8	210	9030	22.0
4	185	8510	25.0	154	7230	24.4
7	139	6700	28.2	106	5290	27.3
9	160	7460	27.1	135	6500	26.4

表4 海带、马尾藻两种膳食纤维及其原料的分析结果

Table 4 Analysis result of two kinds of DFs of *Laminaria japonica* and *Sargassum* and their raw material

品名 Article	DF (%)	水分(%) Moisture	蛋白质(%) Protein	脂肪(%) Fat	淀粉(%) Starch	灰分(%) Ash	钙(%) Calcium	色泽 Color	膨胀力 (ml/g) Expansive capacity	持水力(%) Water holding capacity
活化海带膳食纤维 Activated DF of <i>Laminaria japonica</i>	74.2	12.0	0.56	0.06	Negative	21.0	6.21	较白 Nearly white	138	6720
未活化海带膳食纤维 Unactivated DF of <i>Laminaria japonica</i>	73.5	12.4	0.53	0.05	Negative	22.8	8.30	较白 Nearly white	8.6	650
海带粉 <i>Laminaria japonica</i> powder	29.6	12.5	6.13	0.63	Masculine	30.3	1.34	暗绿 Dark green	18.1	1270
活化马尾藻膳食纤维 Activated DF of <i>Sargassum</i>	73.1	11.6	0.63	0.05	Negative	17.1	5.36	较白 Nearly white	108	5320
未活化马尾藻膳食纤维 Unactivated DF of <i>Sargassum</i>	72.0	12.2	0.60	0.05	Negative	19.2	7.55	较白 Nearly white	7.5	610
马尾藻粉 <i>Sargassum</i> powder	28.8	13.1	8.58	0.74	Masculine	28.5	2.57	褐色 Brown	4.5	420

较, 见表4。

表4结果显示, 两种褐藻原料经提取后能有效地去除藻体中的蛋白质、脂肪、褐藻淀粉和色素等非膳食纤维成分, 使膳食纤维的含量有了大幅度的提高。但由于在提取中可溶性膳食纤维与钙形成不溶性膳食纤维, 从而导致其膨胀力和持水力两项功能性指标反而下降或上升较小。提取后的膳食纤维再经活化, 海带膳食纤维的膨胀力和持水力分别提高了15倍和9.3倍, 比原料提高了6.6倍和4.3倍, 而马尾藻分别提高了13.4倍和7.7倍, 比原料提高了23倍和11.7倍, 且两种膳食纤维的钙含量仍然保持着较高的水平。膨胀力和持水力是评价膳食纤维生理活性的重要指标, 高膨胀力和持水力的膳食纤维, 在肠胃中更容易吸水膨胀形成大容积、高粘度的溶胶或凝胶, 有利于刺激肠道蠕动, 阻止脂肪和糖分的

吸收, 从而达到减肥、通便、排除有害物质和减少肠道癌发病率等目的<sup>[2,3][9]</sup>。而高钙膳食纤维除了能补给人体对钙的需求外, 更重要是能包埋膳食纤维结构中羟基或羧基, 以免影响人体肠道内矿物质的代谢平衡<sup>[9,10]</sup>。

### 2.3 膳食纤维的生理功能

在160名受试患者中, 多数患者服用本项目研制的海带、马尾藻膳食纤维3d, 病情就开始出现正常或明显得到缓解。4组受试患者分别服用两种膳食纤维30d后, 详细结果见表5。

由表5可见, 4组便秘患者试验前的病情基本相同, 试验后发现4种试品对通便均有作用, 但其效果不同。作用最显著的是活化的海带膳食纤维, 在40名患者中, 每天排便1次达37人(占92.5%), 每1~2d排便1次的2人(占5.0%), 每3d排便1次的1人(占2.5%)。

表5 海带、马尾藻两种膳食纤维对便秘患者的作用

Table 5 The effect of two kinds of DFs of *Laminaria japonica* and *Sargassum* on constipation patient (%)

试品 Sample	试验前 Before test		试验后 After test		
	3~5d/time	6~7d/time	1d/time	1~2d/time	3d/time
活化海带膳食纤维 Activated DF of <i>Laminaria japonica</i>	80	20	92.5	5.0	2.5
未活化海带膳食纤维 Unactivated DF of <i>Laminaria japonica</i>	80	20	65.0	22.5	12.5
活化马尾藻膳食纤维 Activated DF of <i>Sargassum</i>	80	20	90.0	7.5	2.5
未活化马尾藻膳食纤维 Unactivated DF of <i>Sargassum</i>	80	20	60.0	22.5	17.5

正常率为92.5%，基本正常率为5%，有效率达100%；其次是马尾藻膳食纤维，正常率为90.0%，基本正常率为7.5%，有效率达100%；效果最差的是未活化马尾藻膳食纤维，其正常率只有60.0%。虽然未活化两种膳食纤维对便秘均有一定作用，但其效果远远不及用活化后的膳食纤维。这主要是与膳食纤维的膨胀力和持水力大小有关，膳食纤维的膨胀力和持水力越高，便秘患者服用后排出的粪便水分含量就越高，粪便的体积大而软，容易通过肠道，从而使便秘患者达到排便正常。

### 3 结 论

3.1 经活化处理后的海带、马尾藻两种膳食纤维，其膨胀力和持水力两项功能性指标均得到了大幅度提高。在本研究的活化条件下，海带、马尾藻两种膳食纤维的膨胀力分别提高了15倍和13.4倍，持水力分别提高了9.3倍和7.7倍，而两种膳食纤维产率仅下降0.8%和0.6%。

3.2 在本研究的工艺条件下提取海带、马尾藻膳食纤维，不仅产率高，而且质量好。海带和马尾藻膳食纤维的干基含量分别达到84.3%和82.7%，膨胀力分别达到138ml/g和108ml/g，持水力分别达到6720%和5320%，两种产品的质量指标都远高于各自未活化膳食纤维。

3.3 通过人体试验证明，活化后的海带和马尾藻两种膳食纤维对人体的通便均具有显著作用。其中海带膳食

纤维的效果最好，其次为马尾藻膳食纤维，效果最差是未活化马尾藻膳食纤维。

### 参考文献：

- [1] Harold MR. The relation of dietary fiber from wheat bran with diabetics on insulin[J]. J Am Diet Assoc, 1985, 85: 1455.
- [2] Schneeman BO. Dietary fiber and gastrointestinal function[J]. Nutrition Research, 1998, 18: 625-632.
- [3] Aldoori WH. A prospective study of dietary fiber type and symptomatic diverticular disease in men[J]. J Nutr, 1998, 128(4): 714.
- [4] 欧仕益, 高孔荣, 赵谋明. 膳食纤维抑制膳后血糖升高的机理探讨[J]. 营养学报, 1998, (3): 332-336.
- [5] 范晓, 韩丽君, 郑乃余. 我国常见食用海藻的营养成分分析[J]. 中国海洋药物, 1993, (4): 32-38.
- [6] 李来好, 杨贤庆, 吴燕燕, 等. 马尾藻的营养成分分析和营养学评价[J]. 青岛海洋大学学报, 1997, (3): 319-325.
- [7] 蒋福康, 李庆欣, 林坚士. 大亚湾的马尾藻资源研究[J]. 热带海洋, 1996, (1): 85-90.
- [8] 郑建仙. 功能性食品[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1995. 68-72.
- [9] 何锦凤, 郝利民. 论膳食纤维[J]. 食品与发酵工业, 1997, 25(5): 63-72.
- [10] Doty MS. Carrageenans from tetrasporic and cystocarpic *Eucheuma* species[J]. Aquat Bot, 1978, (4): 143-149.

信息

## 农产品关税来年将降至15.35%

自2005年起，我国在加入世贸谈判中所获得的过渡期基本结束，我们已经进入到后过渡期阶段。按照加入世贸组织的承诺，2005年我国关税总水平将降至10.1%，其中工业品平均关税降到9.3%，农产品降到15.35%；所有非关税措施都将取消；银行、证券、保险、分销等重要服务部门所享受的过渡期将逐步结束。

2005年农产品关税水平降至15.35%，关税配额数量达到最高点，其中小麦和玉米的关税配额量达到国内生产量的10.7%和6%。