

褐藻酸钠对放射性锶的阻吸作用研究*

纪明侯 徐祖洪 纪祥礼 曹文达 郭玉彩 韩丽君

(中国科学院海洋研究所)

龚诒芬 强美玉

(中国军事医学科学院放射医学研究所)

白 光

(中国科学院原子能研究所)

提 要

本文报道了,对我国沿海野生马尾藻和人工养殖海带所含褐藻胶的提取、化学降解分级、原始褐藻胶及其分级产物 M/G 比值和粘均分子量的测定结果,并试验了各产物对 ^{85}Sr 在动物肠道内的阻吸效果。测试结果表明,南方产马尾藻的褐藻胶 M/G 比值低,北方海带的 M/G 比值高;褐藻酸钠的草酸水解物 G 含量提高, M/G 比值下降显著,而 $\text{MgCl}_2\text{-EtOH}$ 分级产物的 M/G 比值下降较少;水解后的马尾藻褐藻胶的粘均分子量及聚合度都普遍下降;在动物肠道内,草酸水解前后的褐藻胶对 ^{85}Sr 有明显的阻吸效用,其中以裂叶马尾藻褐藻胶的阻吸效果最好。裂叶马尾藻褐藻胶的草酸水解产物对 ^{133}Ba 也有显著的阻吸效果。

褐藻胶^[1]在食品、纺织等工业中已有相当广泛的用途,在医药方面也有良好的应用价值^[12]。六十年代发现褐藻胶具有阻止 ^{90}Sr 在动物肠道中的吸收,并能使其很快地排出体外的功能^[9]。其后许多国家都进行了这方面的研究。

褐藻胶是由 $\beta\text{-D-}$ 甘露糖醛酸(M)和 $\alpha\text{-L-}$ 古罗糖醛酸(G)聚合而成的线型高分子多糖。 M/G 比值低的,即 G 组分含量多的褐藻胶,对 ^{90}Sr 的阻吸效果较高^[11]。褐藻胶加酸水解后对未水解部分加碱溶解,调 pH 至 2.85 时生成的分级产物,对放射性锶的阻吸效果尤为明显^[10]。

在我国过去曾对海藻所含褐藻胶对放射性锶的阻吸效果进行过动物筛选^[8],但没有作过化学组分的研究。我国沿海生长有种类繁多,产量丰富的马尾藻,并且还有大量人工养殖的海带。经初步测定,得知前者含有较多的 G 组分,后者含有较多的 M 组分^[2]。

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第747号。蓝福星和闻慧芬两同志协助动物实验,特此致谢。

(1) 褐藻胶包括水不溶性褐藻酸及其钙、铁等多价金属盐类,以及水溶性褐藻酸钠、钾等盐类。一般,褐藻胶主要是指褐藻酸钠。

作者等对我国沿海野生的8份马尾藻和1份人工养殖的海带所含褐藻胶进行了提取、化学降解分级,测定了原始褐藻胶及其分级产物的 M/G 比值和粘均分子量,并且试验了各产物对 ^{85}Sr 在动物肠道内的阻吸效果,取得了一定结果。

实验材料与方法

1. 实验材料

实验中所用制备褐藻胶的各种褐藻和褐藻胶样品列于表1。

表1. 各种褐藻与褐藻胶样品

编号	褐藻种类和褐藻胶样品	来源
1	海蒿子(<i>Sargassum pallidum</i>)	青岛,1978.5.5采
2	海黍子(<i>Sargassum miyabei</i>)	青岛,1978.4.24采
3	鼠尾藻(<i>Sargassum thunbergii</i>)	青岛,1977.9.16采
4	半叶马尾藻(<i>Sargassum hemiphyllum</i>)	广东碙州岛,1978年春采
5	软叶马尾藻(<i>Sargassum teurrimum</i>)	广西涠洲岛,1978年采
6	亨氏马尾藻(<i>Sargassum heuslowianum</i>)	广东碙州岛,1978年采
7	展枝马尾藻(<i>Sargassum patens</i>)	广东海丰县汕尾,1978年春采
8	裂叶马尾藻(<i>Sargassum siliquastrum</i>)	广东海丰县汕尾,1978年春采
9	混合马尾藻褐藻胶	广东湛江向阳化工厂1978年产品
12	海带褐藻胶	青岛某化工厂产

2. 褐藻胶的提取^[2]

称取200克剪碎至约1厘米长的海藻,水洗多次,加0.3% HCl溶液浸泡1小时,水洗后加1%甲醛溶液(V/V)浸泡过夜,水洗。加入9000ml的1% Na_2CO_3 溶液于70—75°C搅拌加热提取1小时,以30日和100—120目尼龙布依次过滤。藻渣水洗,滤液合并,先用脱脂棉过滤,继而以滤纸抽滤,得澄清滤液。加入稀HCl酸化,生成的褐藻酸凝胶以尼龙布过滤,水洗。凝胶加入4% NaOH溶液,搅拌溶解均匀。加入适量NaClO溶液漂白15分钟,加入2倍量的乙醇使褐藻酸钠脱水析出,继而以65%和95%乙醇依次洗涤,于60°C真空干燥。

3. 分级方法

(1) 酸水解法:基本上按照Skoryna等^[10]所用的水解与分级步骤,略加改进。即取8.0g褐藻酸钠,加400ml水,搅拌溶解,加入400ml 2M草酸溶液使成1M浓度,于沸水浴中回流8小时。用尼龙布过滤。滤出的褐藻酸凝胶用水洗后移至500ml 0.8% Na_2CO_3 溶液中,搅拌溶解。装透析袋中对无离子水透析4天。褐藻酸钠溶液经滤纸过滤后加0.5N HCl调至pH 2.85,生成的褐藻酸凝胶以离心机分离,加1N NaOH溶液使溶解。然后加入2倍体积的乙醇使褐藻酸钠脱水沉淀,真空干燥。产品编号为“A₁”(1M草酸水解)、“A₂”(1N硫酸水解)和“A₃”(1M柠檬酸水解)。

(2) 氯化镁-乙醇法^[7]:将100ml 1.75N MgCl_2 溶液加至400ml 1.25%褐藻酸钠

溶液中, 搅匀, 加入 200ml 2% 乙醇, 搅拌, 离心。所得褐藻酸镁凝胶以 HCl 处理使转化成褐藻酸, 加 NaOH 溶液使转变成钠盐。然后加乙醇脱水, 真空干燥。产品编号为“B”。

4. 褐藻酸钠及其分级产物的 M/G 比值测定

称取 50mg 褐藻酸钠样品, 按纪明侯等^[1]的方法测定其 M/G 比值。

5. 动物试验

(1) 试验对⁸⁵Sr 的阻吸作用: 所用大鼠的日龄约 50 天, 体重 230~260g。试验前 24 小时禁食。分两组进行, 每组 5—10 只。每只大鼠先喂以 1ml ⁸⁵SrCl₂ 溶液(3 μ c), 立即喂给 3ml 褐藻酸钠溶液(含 30 mg); 对照大鼠给水 3 ml。48 小时后测量大鼠整体的放射性。测量装置为 FH 408 定标器, 探头为 NaI 晶体。

(2) 试验对¹³³Ba, ⁸⁵Sr 和 ⁴⁷Ca 三种放射性同位素的阻吸作用: 用同上大鼠, 每只喂给 1ml 混合放射性同位素溶液, 其中含有⁴⁷Ca 1.51 μ c(无载体), ⁸⁵Sr 2.40 μ c(载体极微)和¹³³Ba 2.8 μ c(含 2.9mg Ba²⁺。BaCO₃ 先加 3N HCl 溶解, 以 NaOH 调 pH 至 6。¹³³BaCO₃ 的丰度为 0.1%, 故溶液中仍含有大量稳定的 Ba²⁺)。然后喂给 3ml 褐藻酸钠溶液(含 30mg)。48 小时后活杀, 测量大鼠整体的放射性。测量装置为联机多道 γ 谱仪(3" \times 3" NaI 晶体探头联结于 1024 道 γ 谱仪)。用最小二乘法解谱进行数据处理。三种核素均以绝对放射性表示。

6. 粘均分子量的测定

将精制过的褐藻酸钠样品放 P₂O₅ 干燥器中干燥 4 天至恒重。准确称量, 用 0.1N NaCl 溶液作溶剂配成 1% 溶液(分子量低于 2 万的样品配制 1% 溶液; 2—4 万者用 0.5% 溶液; 4 万以上者用 0.25% 溶液为测定起始浓度)。通过 G-3 玻璃漏斗过滤。用 Ubbelohde 粘度计于 25°C 测定溶液的相对粘度(η_r), 然后以 η_{sp}/C 作图, 求得特性粘数 $[\eta]$ ^[4], 引用 Donnan 经验式^[5] $\frac{\overline{DP}}{[\eta]} = 58$, 算出平均聚合度(\overline{DP}), 由 $\overline{MW} = 216 \times \overline{DP}$ 算出粘均分子量(216 为单糖当量加 1 结晶水 18)。

实验结果与讨论

1. 各种褐藻的褐藻胶及其分级产物的 M/G 比值和粘均分子量

对于 8 种马尾藻提取得到的褐藻胶进行了草酸水解法和 MgCl₂ + 乙醇法分级, 并测定了分级前后的产物的 M/G 比值, 结果如表 2。同时还对海带褐藻胶和南方生产的混合马尾藻褐藻胶进行了测定。

从表 2 结果看, 一般北方产马尾藻类所含褐藻胶量较低, 在 7.8—12.8% 之间; 南方产者为 16—23.6% 之间。各种马尾藻褐藻胶的 M/G 比值是不同的, 亨氏马尾藻为 0.82, 展枝马尾藻则为 1.6, 表明 G 含量变异很大。而北方海带褐藻胶的 M/G 高至 2, 即主要为甘露糖醛酸。褐藻胶的草酸水解产物“ A ”的 M/G 比值比水解前原样品下降一个数量

表2 各种海藻的褐藻酸钠及其分级产物的 M/G 比值

海藻种类与编号	褐藻酸钠得率(%)	M/G 比值		
		分级前的褐藻酸钠	草酸水解产物 A	$MgCl_2$ -乙醇分级产物 B
1. 海蒿子	10.4	1.46	0.18	0.50
2. 海黍子	7.8	1.25	0.15	
3. 鼠尾藻	12.8	0.78	0.16	
4. 半叶马尾藻	23.0	1.06	0.16	0.37
5. 软叶马尾藻	19.1	1.53	0.13	0.33
6. 亨氏马尾藻	17.8	0.82	0.14	0.27
7. 展枝马尾藻	16.0	1.59	0.15	0.59
8. 裂叶马尾藻	18.1	1.13	0.16	0.31
9. 混合马尾藻褐藻酸钠	—	1.58	0.18	0.16
12. 海带褐藻酸钠	—	2.01	0.09	

级：马尾藻类降至 0.15 左右，海带则由 2 猛降至 0.09。以氯化镁-乙醇法分级者的 M/G 比值也比未分级前有所降低，一般在 0.3 左右，不如草酸水解者下降的多。

对褐藻酸钠原样品、草酸降解产物及氯化镁-乙醇法分级产物的收率、平均聚合度和粘均分子量进行了测定，结果如表 3。

表3 褐藻胶及其分级产物的收率、粘均分子量与平均聚合度

褐藻胶及其分级产物	分级方法	收率(%) (对原始褐藻胶)	粘均分子量 \overline{M}_w	平均聚合度 \overline{DP}
海蒿子褐藻胶 1	原样品	—	20,000	97
	1M 草酸水解	17.7	1,500	7
	$MgCl_2$ -EtOH 沉淀	0.8		
半叶马尾藻褐藻胶 4	原样品	—	39,500	183
	1M 草酸水解	27.5	2,010	9
	1N 硫酸水解	26.0	1,880	9
	1M 柠檬酸水解	25.7	2,200	10
	$MgCl_2$ -EtOH 沉淀	0.8		
软叶马尾藻褐藻胶 5	原样品	—	38,800	180
	1M 草酸水解	28.2	1,880	9
	$MgCl_2$ -EtOH 沉淀	7.5	31,300	145
亨氏马尾藻褐藻胶 6	原样品	—	25,100	116
	1M 草酸水解	25.7	1,880	9
	$MgCl_2$ -EtOH 沉淀	2.3	1,630	8
展枝马尾藻褐藻胶 7	原样品	—	40,100	186
	1M 草酸水解	23.6	1,750	8
	$MgCl_2$ -EtOH 沉淀	3.1		
裂叶马尾藻褐藻胶 8	原样品	—	22,600	104
	1M 草酸水解	35.2	2,140	10
	$MgCl_2$ -EtOH 沉淀	4.0		
混合马尾藻褐藻胶 9	原样品	—	21,300	99
	1M 草酸水解	22.0	1,880	9
	$MgCl_2$ -EtOH 沉淀	0.7		
海带褐藻胶 12	原样品	—	65,100	302
	1M 草酸水解	9.8	1,630	8

由表 3 可看出, 马尾藻类的草酸降解产物的收率一般为 22—35% 左右, 个别的低于 20%, 如海带的草酸降解产物收率最低, 为 9.8%。氯化镁-乙醇法分级者的收率更低, 为 0.7—4.0% (5B 除外)。原始马尾藻褐藻胶的粘均分子量为 20,000—40,000, 海带者高达 65,000, 但经草酸水解后的降解产物, 其粘均分子量降至 1,500—2,000 左右。虽然各原褐藻胶的聚合度有 100—300 之差, 但酸水解后一般都降至 7—10 左右(氯化镁-乙醇法的 145 除外)。Лятковская 等^[48]用 1M 草酸对褐藻胶水解 10 小时后, 不溶物加碱溶解, 调至 pH 3.3, 生成的沉淀的分子量也在 2,000—2,600 之间。Humphreys^[62]用酸水解制备的多聚古罗糖醛酸的聚合度为 13, 基本上与本实验结果相近。

2. 褐藻胶及其分级产物对放射性同位素在动物肠道内的阻吸效果

(1) 对⁸⁵Sr 的阻吸效果: 将各种褐藻提取的褐藻胶、其草酸水解产物和氯化镁-乙醇分级产物与⁸⁵Sr 溶液同时喂给大鼠, 48 小时后测量大鼠整体的放射性, 由此计算阻吸效果, 结果如表 4 所示。

表 4 各种褐藻的褐藻胶及其分级产物对⁸⁵Sr 在大鼠肠道内的阻吸效果

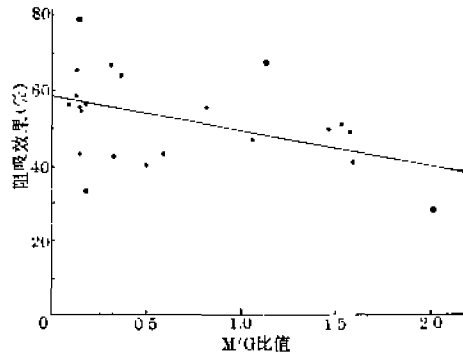
褐藻胶及其分级产物	大白鼠数(只)	48小时后体内 ⁸⁵ Sr 存留率 (均数±标准差)	阻吸效果*(%)
对照	5	9.8±4.4	
海蒿子褐藻酸钠 1	5	5.0±0.8	49
1A	5	4.3±0.9	56
1B	5	5.9±2.1	40
对照	4	17.4±3.7	
半叶马尾藻褐藻酸钠 4	5	9.4±3.1	46
4A	5	3.0±3.1	54
4B	4	6.4±2.2	63
对照	5	13.2±3.7	
软叶马尾藻褐藻酸钠 5	5	6.6±1.0	50
5A	5	5.5±0.9	58
5B	5	7.6±2.0	42
对照	10	15.0±2.1	
亨氏马尾藻褐藻酸钠 6	10	6.7±1.8	55
6A	10	5.3±1.0	64
对照	5	9.7±2.5	
展枝马尾藻褐藻酸钠 7	5	5.9±1.8	40
7A	5	5.5±1.7	43
7B	5	5.5±2.1	43
对照	4	17.4±3.7	
裂叶马尾藻褐藻酸钠 8	5	5.8±1.2	67
8A	5	3.9±1.2	78
8B	5	5.9±2.3	66
对照	5	9.8±4.4	
记台马尾藻褐藻酸钠 9	5	5.1±1.8	48
9A	5	6.6±2.0	33
9B	5	4.4±1.9	55
对照	10	12.5±2.8	
海带褐藻酸钠 12	10	9.1±3.3	27
12A	10	5.5±1.4	56

* 阻吸效果% = $\frac{\text{对照} - \text{样品实测}}{\text{对照}} \times 100$

从表4结果看,除混合马尾藻褐藻胶(9A)外,草酸水解产物对 ^{85}Sr 的阻吸效果都比较明显。其中以马尾藻褐藻胶最好,这与以前 ^{32}P 的筛选结果相一致。其原样品褐藻酸钠(8)的 M/G 比值为1.3,对 ^{85}Sr 的阻吸效果达67%;其草酸水解物(8A)的 M/G 比值降至0.16,阻吸效果提高至78%。其次为亨氏马尾藻的褐藻胶,其阻吸效果由55%提高至64%, M/G 比值由0.82降至0.14。至于展枝马尾藻褐藻胶的草酸水解产物,虽其 M/G 比值也降至0.15,但对 ^{85}Sr 的阻吸效果较其他马尾藻者为低,仅为43%,是否与海藻种类不同有关,尚不清楚。引人注意的是海带褐藻胶,经草酸水解后, M/G 比值由原来2.01降至0.09;其阻吸效果由27%提高至56%,高达1倍多。但仍不及裂叶马尾藻褐藻胶原样品的阻吸效果,又加之草酸水解产物的收率很低,仅为9.8%(见表3),故实际应用意义不大。

以 $\text{MgCl}_2\text{-EtOH}$ 沉淀分级的产物对 ^{85}Sr 的阻吸效果不很明显,只有半叶马尾藻褐藻酸钠的效果较好,比原样品提高37%,其余5份多接近或低于原样品。但其分级产物的收率偏低,仅9.8%,故实用价值可能不大。

将褐藻酸钠及各分级产物对 ^{85}Sr 的阻吸效果(%)对 M/G 比值作图(附图),并用最小二乘法作回归分析,所得直线表明,随着样品 M/G 比值的增大,阻吸效果则下降,即样品中占罗糖醛酸(G)的含量是影响阻吸效果的主要因素。



附图 各种褐藻酸钠及其分级产物的 M/G 比值与对 ^{85}Sr 阻吸效果的关系

(2) 对 ^{133}Ba 、 ^{85}Sr 和 ^{47}Ca 的阻吸效果:将裂叶马尾藻褐藻胶及其分级产物与前述含三种放射性同位素的溶液同时喂给大鼠,48小时后测量放射性,以计算阻吸效果,结果如表5。即裂叶马尾藻褐藻胶及其分级产物对 ^{47}Ca 的吸收几乎没有影响($P>0.05$),而对 ^{85}Sr 都有明显的阻吸效果($P<0.05$),但比单独喂给 ^{85}Sr 时的阻吸效果(67%和78%)要低的多(见表4)。这可能因本实验中喂入的非放射性 Ba^{2+} 载体较多,影响了褐藻酸钠对 ^{85}Sr 的交换反应,其草酸水解产物也没有显示出阻吸效果的提高。但草酸水解产物对 ^{133}Ba 却有非常明显的阻吸效果($P<0.01$),比对 ^{85}Sr 要高。褐藻酸钠对 ^{133}Ba 的强选择性交换,与Silva等 $^{[3]}$ 试验褐藻酸钠与8种放射性同位素的反应中证实对 ^{133}Ba 选择交换能力最强的结果相一致。褐藻酸钠对碱土金属离子的阻吸效果可能随着它们的离子半径的增加而提高。

表 5 褐藻酸钠及其分级产物对三种放射性同位素的阻吸效果

褐藻酸钠及其分级产物	大鼠数 (只)	48 小时后体内存留量(μc)(均数 \pm 标准差)			阻吸效果(%)		
		^{133}Ba	^{85}Sr	^{45}Ca	^{133}Ba	^{85}Sr	^{47}Ca
对照	8	0.44 ± 0.12	0.90 ± 0.25	0.083 ± 0.017			
裂叶马尾藻褐藻酸钠	8	0.38 ± 0.14	0.60 ± 0.12	0.080 ± 0.014	14	33*	4
8A	8	0.098 ± 0.032	0.60 ± 0.22	0.075 ± 0.020	77**	33*	10
8B	7	0.39 ± 0.11	0.61 ± 0.13	0.069 ± 0.027	11	32*	17

** 实验组与对照组相比, $P < 0.01$; * $P < 0.05$; 其余 $P > 0.05$ 。

小 结

测定了我国南、北方产 8 份马尾藻和 1 份海带所含褐藻酸钠中甘露糖醛酸(M)和古罗糖醛酸(G)的 M/G 比值。南方产裂叶马尾藻、亨氏马尾藻等的褐藻胶中 G 含量较多, M/G 比值低, 在 1 左右; 北方海带的 M 含量较多, M/G 比值高达 2。

褐藻酸钠的草酸水解产物中, G 含量提高较大。如裂叶马尾藻者的 M/G 比值由 1.13 降至 0.16; 亨氏马尾藻者由 0.82 降至 0.14; 海带者由 2.01 降至 0.09 等。而 MgCl_2 - EtOH 分级产物的 M/G 比值下降较小。

马尾藻类褐藻胶水解后的粘均分子量和聚合度都普遍下降, 一般分子量下降至 2,000 左右, 聚合度降至 10 左右。

草酸水解前后的褐藻胶对 ^{85}Sr 在动物肠道内的阻吸效果表明, 裂叶马尾藻褐藻胶的阻吸效果最好, 由水解前的 67% 提高到水解后的 78%; 其次为亨氏马尾藻褐藻胶, 由 55% 提高至 64%; 海带褐藻胶由 27% 提高至 56% 等。

裂叶马尾藻褐藻胶的草酸水解产物对 ^{133}Ba , ^{85}Sr 和 ^{47}Ca 三种放射性同位素的阻吸效果表明, 对 ^{133}Ba 的阻吸效果尤为显著, 由水解前的 14% 提高到水解后的 77%。

参 考 文 献

- [1] 纪明侯、曹文达、韩丽君, 1981. 褐藻酸中糖醛酸组分的测定. 海洋与湖沼 12(3):240—248.
- [2] 曾呈奎、纪明侯, 1962. 马尾藻褐藻胶的研究 I. 海藻子褐藻胶的提取条件. 海洋科学集刊, 1:133—151.
- [3] 中国军事医学科学院放射医学研究所、中国科学院原子能研究所, 1974. 褐藻酸钠阻止胃肠道放射性锶吸收的研究. 放射医学与防护资料汇编 4, 45—64.
- [4] 钱人元等, 1958. 高聚物的分子量测定. 科学出版社.
- [5] Donnan, F. G. and R. Rose. 1950. Osmotic pressure, molecular weight, and viscosity of sodium alginate. *Can. J. Research* 28B: 105—113.
- [6] Humphreys, E. R., 1967. Preparation of oligoguluronide from sodium alginate. *Carbohydr. Res.* 4 6j: 507—509.
- [7] Haug, A. and O. Smidsrd, 1965. Fractionation of alginates by precipitation with calcium and magnesium ions. *Acta Chem. Scand.* 19(15j): 1221—1226.
- [8] Silva, A. J., D. G. Fleshman and B. Shore, 1970. The effect of sodium alginate on the absorption and retention of several divalent cations. *Health Physics.* 9: 245—251.
- [9] Skoryna, S., T. Paul and D. Waldron-Edward, 1964. Studies on inhibition of intestinal absorption of strontium, I. Prevention of absorption from ligated intestinal segments. *Can. Med. Ass. J.* 91(6) 285—288.

- [10] Skoryna, S. G., K. C. Hong and Y. Tanaka, 1970. Effect of fractionation products of marine algae on intestinal absorption of metal ions. *Proc. Conf. Marine Sci.*, Paper No. 12.
- [11] Sutton, A., 1967. Reduction of strontium absorption in man by the addition of alginate to the diet. *Nature* **216**: 1005-1007.
- [12] Whistler, R. L., 1973. Industrial gums. Polysaccharides and their derivatives. Academic Press, Inc. xii + 807.
- [13] Лятковская, Н. А., и М. Ю. Долматова, 1972. О возможностях повышения сорбции радиоактивного стронция альгинатами *радиолемия* **14**(5): 663-667.

THE INFLUENCE OF SODIUM ALGINATE ON THE INHIBITION OF ^{85}Sr ABSORPTION

Ji Minghou, Xu Zuhong, Ji Xiangli,
Cao Wenda, Guo Yucui and Han Lijun

(*Institute of Oceanology, Academia Sinica*)

Gong Yifen and Qiang Moiyu

(*Institute of Radiation Medicine*)

Bai Guang

(*Institute of Atomic Energy, Academia Sinica*)

Abstract

The ratios of mannuronic acid (M) to guluronic acid (G) of sodium alginates extracted from 9 species of brown seaweeds, *Sargassums* and *Laminariaea*, collected along the coast of China, were determined. Among them, *Sargassum siliquastrum* and *S. henslowianum* have higher content of G and lower M/G ratios of about 1, and *Laminaria* has higher content of M and higher M/G ratio of 2.

The M/G ratios are lowered from 1.13 in the original alginate to 0.16 in the fractionation product after oxalic acid hydrolysis for *S. siliquastrum*, from 0.82 to 0.14 for *S. henslowianum* and from 2.01 to 0.09 for *Laminaria*. But those of the fractionation products by MgCl_2 -EtOH precipitation are less lowered.

The average molecular weight and degree of polymerization of the sodium alginates tested are generally decreased after oxalic acid hydrolysis to about 2,000 and 10, respectively.

The inhibition efficiencies of sodium alginates from different species of brown seaweeds prior and after oxalic acid hydrolysis on the absorption of ^{85}Sr in the gastrointestinal duct of rat indicate that the sodium alginate from *Sargassum siliquastrum* gives the best efficiency, enhancing from 66% prior hydrolysis to 78% after hydrolysis, followed by that from *S. henslowianum*, increasing from 55% to 64% and by

that from *Laminaria*, from 27% to 56%, respectively.

The inhibition efficiency of sodium alginate from *S. siliquastrum* on the absorption of a mixture of ^{133}Ba , ^{86}Sr and ^{47}Ca indicates that it is remarkably effective on ^{133}Ba , increasing from 14% before hydrolysis to 77% after oxalic acid hydrolysis.