

脆嫩-厚成期海带物质成分变化分析研究

吴海一^{1,2,3}, 王翔宇^{1,2}, 朱安成^{1,3}

(1. 山东省海洋生物研究院, 山东 青岛 266002; 2. 青岛市大型海藻工程技术研究中心, 山东 青岛 266002; 3. 山东省海水健康养殖工程技术研究中心, 山东 青岛 266002)

摘要: 采用国家规定的标准方法, 分别测定了脆嫩-厚成期(1~5 月份)荣成地区养殖海带体内 9 种物质(蛋白、脂肪、粗纤维、粗灰分、碘、磷、钙、铁和锌)含量, 系统分析了各物质成分含量变化规律, 以及各成分与海水温度的关联性。分析表明, 不同物质质量分数最高值出现时间不同, 其中蛋白质和粗灰分质量分数最高值出现在 1 月份, 脂肪、磷和锌出现在 2 月份, 碘和铁出现在 3 月份, 粗纤维和钙出现在 5 月份。同时, 1~5 月份各种物质质量分数变化规律也不相同, 蛋白质、粗灰分、磷和锌的质量分数呈现下降趋势, 粗纤维、钙的质量分数呈上升趋势, 而碘和铁的质量分数变化不稳定。蛋白质、脂肪、粗纤维、粗灰分、磷和锌含量变化与温度有显著关联性。

关键词: 荣成; 养殖海带; 脆嫩-厚成期; 成分分析; 变化规律

中图分类号: S985.4 文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2015)08-0035-04

doi: 10.11759/hyhx20150205003

海带(*Saccharina japonica*)是中国重要的经济海藻之一, 富含蛋白、脂肪, 以及碘等矿物质, 是重要的食品^[1]和工业原料^[2], 同时也是修复和改善近海海洋生态环境的重要生物资源^[3], 具有重要的经济和生态价值。近年来, 随着我国海带养殖品种、养殖面积的增加, 以及海带高值化产品的广泛利用, 有关海带体内物质含量的季节性变化, 生长环境条件对海带体内物质含量的影响等方面研究日益受到学者关注。研究发现, 温度、光照等生长条件的变化对相同或不同种类海藻体内化学成分含量均有影响^[4], 海带体内的化学成分因生长海区和生长季节的不同而有明显差异^[5-6]。崔铁军等^[7]通过对从日本引进的 6 种海带体内水分、蛋白质和粗脂肪等 8 种化学成分含量的分析, 发现其随着种类、地区、测定年份及生长发育期的不同有较大变化, 并且各种成分最高值分布于不同海带。王培功等^[8]对培育的“远杂 2 号”海带和普通海带做了对比分析, 发现其经济性状和营养物质优于对比品系。刘建新等^[9]对 2 个海带纯系和 1 个杂交系的含碘量进行了初步分析, 发现海带不同品系含碘量差别较大。另外, 研究发现同一种海带在不同生长时期和不同分布区, 其藻体内的物质含量也不同。刘红英等^[10]发现青岛海带和宁波海带的一般成分有较大差异。盛晓风^[11]研究发现海带不同生长时期营养成分和主要元素存在差异。李涛等^[12]对良种“黄官 1 号”海带的营养成分做了分析, 结果表

明其在不同地区的成分有所不同。

荣成市海带资源极为丰富, 是中国海带养殖主要地区, 养殖总面积达 6667 ha, 产量占山东省的 80%, 占全国 32%。海带利用的物质一般是其营养成分和碘等矿物质元素, 尤其是脆嫩-厚成期海带利用价值较大, 因此, 分析这个时期海带体内物质含量变化对于海带的综合利用有较大的参考价值。作者通过对脆嫩-厚成期荣成地区养殖海带藻体内主要物质成分进行分析, 掌握该海带主要物质变化规律, 目的是为进一步对其合理开发利用, 以期海带高值化利用提供科学数据。

1 材料和方法

1.1 实验材料

实验所用海带均采自山东省荣成市养殖海域, 取样时间为 2014 年的 1 月至 5 月, 每月取样一次, 每次取 6 株, 取样前逐个量取株高, 尽量选株高一致的个体用于实验。

收稿日期: 2015-02-05; 修回日期: 2015-05-05

基金项目: 海洋公益专项(201305021、201205001、201405040); 山东省农业生物资源创新利用研究项目“海带高产、优质基因资源发掘与种质创新利用研究”

作者简介: 吴海一(1973-), 男, 山东莒南人, 副研究员, 博士, 主要从事大型海藻生态学研究, 电话: 0532-82685722, E-mail: wuhaiyi1997@163.com

1.2 样品处理

样品测试分析前, 经过滤高温冷却海水多次清洗去污, 取单个整株海带叶状体在 60℃ 下烘干至恒质量, 干燥粉碎后过 40 目筛用于测试分析。

1.3 实验方法

粗蛋白的测定运用凯氏定氮法(粗蛋白质自动分析仪, Kjeltec2000), 方法参照 GB/T5009.5-2010^[13]; 粗脂肪测定运用酸水解法(全自动脂肪测定仪, SoxtecTM2055), 方法参照 GB/T5009.6-2003^[14]; 粗灰分参照 GB/T5009.4-2010^[15]; 粗纤维参照 GB/T 5009.10-2003^[16]; 碘参照 SC/T3010-2001^[17]; 磷采用分光光度法(分光光度计, 720E)GB/T5009.87-2003^[18]; 钙采用 EDTA 法, 参照 GB/T5009.92-2003^[19]; 铁参照 GB/T5009.90-2003^[20]; 锌采用二硫脲比色法(分光光度计, 720E), 方法参照 GB/T5009.14-2003^[21]。

1.4 数据统计分析

所有数据均用平均值±标准差表示。数据统计分析采用 SPSS13.0 软件, 用单因子方差分析(One-way ANOVA)的 Duncan's multiple 法来比较差异性, $P < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果

2.1 海带脆嫩-厚成期长度和温度变化

由图 1 可见, 1~5 月份, 随着海水温度的升高, 海带长度逐渐增加。1~4 月份, 海带以 1.5、1.4 和 1.7cm/d 的日生长速率增加, 而 4~5 月份, 其生长速率为 0.4cm/d, 明显低于前 4 个月的日生长速率。

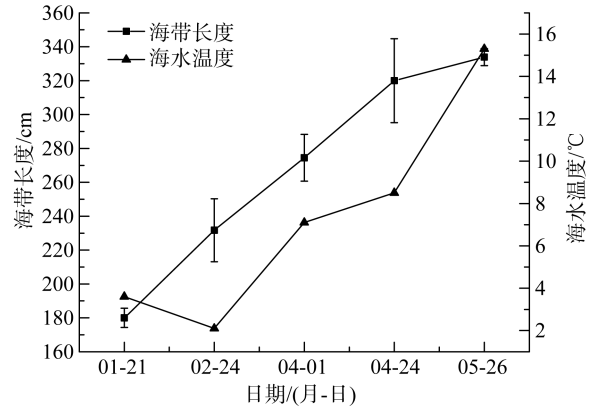


图 1 海带长度和海水温度随月份变化

Fig.1 Changes of length of *Saccharina japonica* and sea temperature with time

2.2 海带脆嫩-厚成期成分分析

由表 1 可见, 海带体内蛋白质质量分数呈下降趋势, 4 月份下降幅度最大, 下降了 19.3% ($P < 0.05$); 脂肪质量分数 2 月份最大, 之后逐渐下降; 粗纤维和粗灰分质量分数变化相反, 其中粗纤维基本保持平稳增加, 而粗灰分质量分数逐渐下降; 碘的质量分数极大值出现在 3 月份, 5 月份与 4 月份相比差异性显著, 下降了 59.8% ($P < 0.05$).

由表 2 可见, 海带体内磷和锌的含量变化规律一致, 2 月份含量最大, 随后下降, 均在 5 月份降到最低, 分别降低了 40.0% 和 20.3% ($P < 0.05$); 钙含量在 2 月份最低, 为 $(6.68 \pm 0.28) \times 10^3$ mg/kg ($P < 0.05$), 之后逐渐增加; 铁含量 3 月份最大, 但没有明显的变化规律, 变化幅度较大。

表 1 海带一般成分质量分数

日期(月-日)	蛋白质	脂肪	粗纤维	粗灰分	碘
01-21	15.4±0.4 ^a	1.7±0.1 ^a	4.6±0.3 ^a	50.6±0.6 ^a	0.084±0.015 ^a
02-24	14.6±1.2 ^{ac}	2.2±0.1 ^b	4.3±0.6 ^a	49.7±2.2 ^a	0.092±0.026 ^a
03-28	13.5±1.5 ^{bc}	1.6±0.3 ^a	4.7±0.8 ^{ac}	49.0±5.3 ^a	0.102±0.052 ^a
04-24	10.9±0.4 ^d	1.5±0.3 ^{ac}	5.1±0.6 ^{ad}	43.3±7.2 ^{ac}	0.087±0.013 ^a
05-26	9.6±0.7 ^e	1.0±0.1 ^d	5.4±0.3 ^{bed}	35.9±4.2 ^{bc}	0.035±0.010 ^b

注: 同列不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)

表 2 海带所含矿物质元素的质量比

日期(月-日)	磷	钙	铁	锌
01-21	2.85±0.32×10 ^{3a}	7.49±0.38×10 ^{3ad}	0.37±0.05×10 ^{3a}	23.5±2.2 ^a
02-24	3.50±0.39×10 ^{3b}	6.68±0.28×10 ^{3bc}	0.71±0.02×10 ^{3bb}	28.8±4.5 ^a
03-28	2.67±0.51×10 ^{3ae}	7.00±0.88×10 ^{3adc}	0.82±0.03×10 ^{3b}	25.8±11.0 ^{ac}
04-24	2.25±0.35×10 ^{3ce}	7.18±0.80×10 ^{3adc}	0.17±0.02×10 ^{3c}	19.2±2.0 ^{bc}
05-26	1.35±0.10×10 ^{3d}	8.07±0.94×10 ^{3d}	0.54±0.02×10 ^{3ab}	15.3±3.5 ^d

注: 同列不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)

2.3 海水温度与物质成分的相关关系

由图 2 和图 3 可见, 海水温度对于物质成分变化影响较大, 其中海带体内蛋白质、脂肪、粗灰分、磷、以及锌的含量与海水温度呈显著负相关($P < 0.05$); 粗纤维与海水温度呈显著正相关($P < 0.05$)。而碘、钙和铁的含量与海水温度不相关($P > 0.05$)。

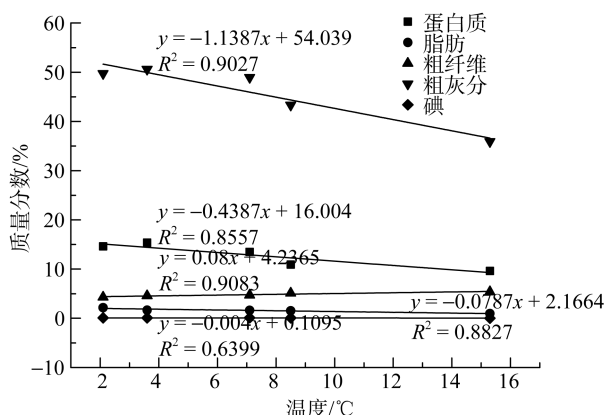


图 2 海水温度和一般物质成分的关系

Fig.2 The correlation between sea temperature and general components of *Saccharina japonica*

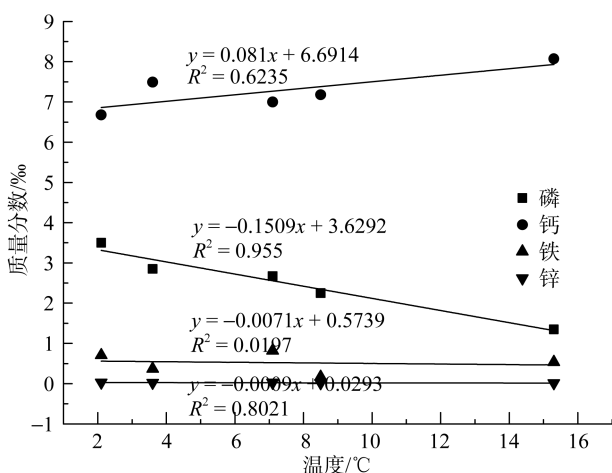


图 3 海水温度和矿物质成分的关系

Fig.3 The correlation between sea temperature and mineral components of *Saccharina japonica*

3 讨论

荣成地区养殖海带脆嫩-厚成期为 1~5 月份, 期间海带长度逐渐增加, 但是从 4 月下旬开始, 海带生长较慢, 与前 3 个月相比, 其日生长速率降低了 73.86%(图 1)。其原因海水温度是海带生长的关键生态因子^[22], 海带进入厚成期生长速度逐渐下降^[23], 4 月下旬荣成海水温度升到 10℃ 以上, 超出了海带的

最适宜生长温度, 导致海带生长滞缓, 这与其他学者研究结论一致^[22-23]。

虽然海带长度是海带的主要经济指标, 其随着温度变化而变化, 并且海带的干重和长度有密切的关联^[24], 但是在本文研究发现长度和各物质关联性不强, 仅蛋白质和长度有相关性, 海带进入厚成期生长速度逐渐下降, 其体内的蛋白质成分减少, 其原因主要是到 4 月中旬海带出现生殖孢子囊, 这标志着其进入了繁殖期, 此时海带合成蛋白质能力下降, 并且蛋白质降解加快^[25]。同时发现其体内的蛋白质和锌含量变化一致, 基本上呈下降趋势, 均在 4 月份下降最快, 分别下降了 19.3%和 25.6%, 其原因在于锌是 RNA 聚合酶的必需元素, 与蛋白质代谢有密切关系^[26], 但是锌的含量变化和长度变化无显著相关性。因此, 长度不能作为海带高值化利用的检测依据。

而温度对于海带的物质含量影响较大, 共有 6 种物质随着温度呈规律性变化, 尤其是蛋白质、脂肪、磷和锌等主要物质与温度负相关(图 2 和图 3)。因此, 要根据温度结合各物质成分分析来确定荣成海带高值化利用。

目前, 海带的主要用途为食用, 荣成厚成期海带体内粗纤维质量分数为 4.3%~5.4%, 属于粗纤维食物^[27]。另外, 食品中 Ca/P 在 1 : 1~2 : 1 时, 最有利于 Ca 的吸收^[28], 2 月份的荣成厚成期海带 Ca/P 比为 1.9(表 2), 符合这个指标。

海带由于体内富含蛋白、脂肪、碘和锌等物质, 是海洋食品和海洋化工的主要原料, 是一类重要的经济海藻, 在掌握海带体内物质成分变化规律的同时, 如何能最大价值的高值化利用海带、降低物质损耗是今后研究的重点。

参考文献:

- [1] 李晓川. 我国鲜海带加工的综合利用[J]. 水产科学, 2012, 10: 22-23.
- [2] 刘旭, 曲桂燕, 周裔彬, 等. 海带废渣中提取岩藻聚糖硫酸酯的工艺研究[J]. 海洋科学, 2012, 36(12): 25-31.
- [3] 沈淑芬, 魏婷, 孙琼花, 等. 海带对罗源湾养殖区海水的生物修复研究[J]. 福建师范大学学报(自然科学版), 2013, 29(4): 103-108.
- [4] 纪明侯. 海藻化学[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 704-707.
- [5] 纪明侯, 张燕霞. 我国经济褐藻的化学成分研究-I. 各种经济褐藻的主要化学成分[J]. 海洋与湖沼, 1962, 4(3-4): 161-168.

- [6] 纪明侯.我国经济褐藻的化学成分研究-II.北方产海带海蒿子和海黍子的主要化学成分季节变化[J].海洋与湖沼, 1963, 5(1): 1-10.
- [7] 崔铁军, 邓会山, 张泽宇, 等.长海带等5种日本产海带基本化学成分的研究[J].大连水产学院学报, 1993, 8(4): 62-66.
- [8] 王培功, 徐家敏, 杨林江, 等.远杂2号海带与普通海带经济性状及基本成分比较[J].中国水产科学, 1998, 5(2): 31-34.
- [9] 刘建新, 曹文达, 吴超元, 等.3种海带新品系含碘量的分析[J].海洋科学, 2001, 25(6): 8-10.
- [10] 刘红英, 薛长湖, 张辉, 等.青岛海带和宁波海带成分差异比较[J].河北农业大学学报, 2005, 28(2): 61-63.
- [11] 盛晓风, 赵艳芳, 尚德荣, 等.海带不同生长时期营养成分和主要元素差异比较[J].食品科技, 2011, 36(12): 66-68.
- [12] 李涛, 王飞九, 孙修涛, 等.黄官一号海带在不同海域的营养成分分析与评价[J].食品科技, 2012, 37(11): 70-75.
- [13] 中华人民共和国卫生部. GB/T5009.5-2010 食品中蛋白质的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [14] 中国国家标准化管理委员会. GB/T5009.6-2003 粗脂肪的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [15] 中华人民共和国卫生部. GB/T5009.4-2010 食品中粗灰分的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [16] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 5009.10-2003 粗纤维的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [17] 中华人民共和国农业部. SC/T3010-2001 碘的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [18] 中国国家标准化管理委员会. GB/T5009.87-2003 磷的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [19] 中国国家标准化管理委员会. GB/T5009.92-2003 钙的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [20] 中国国家标准化管理委员会. GB/T5009.90-2003 铁的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [21] 中国国家标准化管理委员会. GB/T5009.14-2003 锌的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [22] 赵素芬.海藻与海藻栽培学[M].北京: 国防工业出版社, 2012: 252.
- [23] 曾呈奎.海带养殖学[M].北京: 科学出版社, 1962: 202.
- [24] 王清印.海带几个经济性性状遗传力和遗传相关的研究[J].山东海洋学院学报, 1984, 14(3): 65-76.
- [25] 郑柄松, 朱诚, 金松恒.高级植物生理学[M].杭州: 浙江大学出版社, 2011: 15.
- [26] 查锡良.生物化学[M].北京: 人民卫生出版社, 2008: 274, 297.
- [27] 常晓萍, 刘冠楠.粗纤维食品的作用、地位及前景研究[J].北京农业, 2014, 6: 280.
- [28] 何清, 胡晓波, 周峙苗, 等.东海绿藻缘管浒苔营养成分分析及评价[J].海洋科学, 2006, 30(1): 34-38.

Analysis of component changes of *Saccharina japonica* at mushroom-adult stage

WU Hai-yi^{1, 2, 3}, WANG Xiang-yu^{1, 2}, ZHU An-cheng^{1, 3}

(1. Marine Biology Institute of Shandong Province, Qingdao 266002, China; 2. Qingdao Macroalgae Engineering Technology Research Center, Qingdao 266002, China; 3. Engineering Research Center of Healthy Marine Aquaculture, Shandong province, Qingdao 266002, China)

Received: Feb., 5, 2015

Key words: Rongcheng; cultivated *Saccharina japonica*; mushroom-adult stage; component analysis; variety law

Abstract: Using national standard methods, nine components (protein, fat, crude fiber, crude ash, iodine, phosphorus, calcium, iron and zinc) of *Saccharina japonica* at its mushroom-adult stage (from January to May) cultivated in Rongcheng were measured. The change regularity of different compositions and the correlation between each composition and the sea temperature were systematically analyzed. The results indicated that there were significant differences in the maximum value appearing time of each component. The maximum value of protein and crude ash appeared in January, fat, P and Zn appeared in February, I and Fe appeared in March, and crude fiber and Ca appeared in May. Their variety laws were also different. The values of protein, crude ash, P and Zn showed a declining trend, the values of crude fiber and Ca showed a increasing trend; while the trends of I and Fe were irregular. The content changes of protein, fat, crude fiber, crude ash, P and Zn had significant correlation with sea temperature.

(本文编辑: 梁德海)