

羊栖菜“浙海1号”复水性与膨胀率的初步研究

高长颢¹, 骆其君^{1*}, 张立宁²

(1. 宁波大学 海洋学院, 浙江 宁波 315211; 2. 浙江省海洋水产养殖研究所, 浙江 温州 325000)

摘要: 比较研究了羊栖菜新品系“浙海1号”与本地传统栽培种的复水率与膨胀率的差异。采用自然风干与不同温度下的干热鼓风干燥的方法, 获得“浙海1号”较适宜的干燥温度为50~60℃, “浙海1号”复水率、气囊直径、主枝直径分别高于本地传统栽培种21.7%、40.1%~45.9%、89.3%。通过不同部位的复水率比较, 气囊是复水率最高的部分。“浙海1号”与本地传统栽培种相比, “浙海1号”膨胀率高出约为33%, 差异显著; 叶具有较高膨胀率且稳定性较强。

关键词: 羊栖菜; 浙海1号; 复水率; 膨胀率

中图分类号: S968.4

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2017) 04-0042-05

羊栖菜(*Hizikia fusiforme*)是我国栽培的大型经济海藻之一^[1]。原藻或藻体气囊、叶、茎分离干燥后主要外销日本和韩国。在国内市场, 食羊栖菜、酱渍羊栖菜和调味即食产品为主^[2-4]。此外还有羊栖菜海藻精粉、饮料、汤料、保健茶和彩色营养颗粒食品、休闲食品等^[5-9]。目前我国已经解决了育苗与栽培技术, 主栽培区在浙江温州^[10-14], 羊栖菜产量稳定, 但在国际市场的价格并不高。本地羊栖菜与韩国羊栖菜价格相差每吨近1万美元, 差异的主要原因在于后者茎叶粗壮, 气囊粒大而壁厚, 复水率及膨胀率高。而食材或食品原料的复水率与膨胀率是食品加工的重要指标^[15]。

2011年由浙江省海洋水产养殖研究所、宁波大学联合培育出羊栖菜新品系“浙海1号”, 藻体特征是茎粗、节间短、气囊大得多。本文比较研究了羊栖菜新品系“浙海1号”和本地传统栽培种的复水率与膨胀率, 并对影响其复水率的形态因素进行相关分析。

1 材料和方法

1.1 原藻

羊栖菜新品系“浙海1号”(以下称ZH-01)和本地栽培种(以下称BD-01)自2013~2016年间, 每

年5月份采自浙江省温州市洞头县半屏海区。

1.2 实验方法

1.2.1 脱水温度

脱水工艺如下: 原藻→挑选→去杂→清洗→沥干→干燥→干制品。

在栽培海区直接采集新鲜羊栖菜, 挑选个体完整、无腐烂、无附着物、色泽正常、生长一致的羊栖菜原藻。清除杂藻与附着生物, 用海水清洗干净, 沥干, 均匀平铺在瓷盘, 设置40, 50, 60, 70, 80, 90℃的6个烘干温度梯度, 在DHG-9123A型干热鼓风干燥箱中烘干至恒重。

1.2.2 形态观测

选取ZH-01与BD-01藻体完整、新鲜的各40株, 其中20株测定主茎和气囊直径; 另外20株藻体各部分分离并称重, 计算不同藻体各组分比例; 将不同部分藻体称重, 放置在500 mL量筒中, 加入200~300 mL清洁海水, 具体以藻体完全浸没为准, 读量筒示数, 求得藻体体积, 以此获得不同部分的密度。

变异系数 $Z_{CV} = R_{SD} / Q_{Mean} \times 100\%$,

式中: Z_{CV} 为变异系数; R_{SD} 主枝或气囊直径标准差, Q_{Mean} 主枝或气囊直径平均值。

将新鲜羊栖菜主枝以及气囊切成小段, 使用

收稿日期: 2016-09-11.

宁波大学学报(理工版)网址: <http://journal.lg.nbu.edu.cn/>

基金项目: 浙江省“十三五”水产新品种选育重大专项(2015GA701001)。

第一作者: 高长颢(1990—), 男, 山东聊城人, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 羊栖菜的生理与生态. E-mail: 1411091927@nbu.edu.cn

*通信作者: 骆其君(1965—), 男, 浙江宁波人, 教授, 主要研究方向: 藻类学及海洋生物技术. E-mail: luojijun@nbu.edu.cn

SAKURA Tissue-Tek® O.C.T. Compound 包埋, 放置在 -80°C 冰箱中12 h以上进行固定, 在Microm-HM525 冰冻切片机进行横切, 冰冻切片厚度为 $20\text{ }\mu\text{m}$, 观察并拍照。

1.2.3 复水率

取ZH-01与BD-01完整藻体各20株, 另外用天平称取2个品系的气囊、叶和茎各20份, 每份 $(10\pm 0.1)\text{g}$, 在 50°C 干热鼓风干燥箱中干燥后, 在 20°C 蒸馏水中复水, 直至恒质量。

复水率 $R = m / M \times 100\%$,

各部分复水率 $R_1 = m_1 / M_1 \times 100\%$,

各部分复水比例 $R_2 = m_2 / M_2 \times 100\%$,

式中: M 为原藻鲜重; m 为原藻复水后质量; M_1 为各部分鲜重; m_1 为各部分复水后质量; M_2 为原藻干燥后复水质量; m_2 为各部分干燥后复水质量。

1.2.4 膨胀率

选用ZH-01与BD-01原藻各20株, 在藻体中间取 $5\text{ cm}^{[16]}$, 称重放入量筒, 加入 60 mL 蒸馏水, 读数。取出藻体, 加热蒸馏水, 放置在 20°C 水浴中 24 h 进行复水, 重新放置在量筒中, 加入 60 mL 蒸馏水, 读取液面的读数。分别称取ZH-01与BD-01的气囊、叶状体和茎各10份, 每份 $(3\pm 0.5)\text{g}$, 称重后做相同处理。

膨胀率 $E = (V_2 - V_1) / M$,

式中: M 为所取干藻重; $V_2 - V_1$ 为羊栖菜复水膨胀体积。

1.3 统计方法

选用SPSS软件进行方差分析与双样本双侧 t 检验。

2 结果

2.1 脱水温度的影响

不同温度下羊栖菜的脱水曲线如图1所示, 按照羊栖菜脱水85%为标准, 图中显示温度越高, 脱水时间越短, 干燥效率越高。自然风干时间需要 24 h 以上, 在干热鼓风干燥箱中 40°C 可减少至 $10\sim 11\text{ h}$, 温度升高至 90°C , 5 h 即可至恒重。 $50\sim 60^{\circ}\text{C}$ 干燥时间约为 8 h , 较 40°C 有较大缩减。

不同脱水温度下羊栖菜复水率的变化如图2所示。由图可见, 干燥温度越高, 其复水率越低。但由于高温会破坏羊栖菜的内部结构, 使得细胞

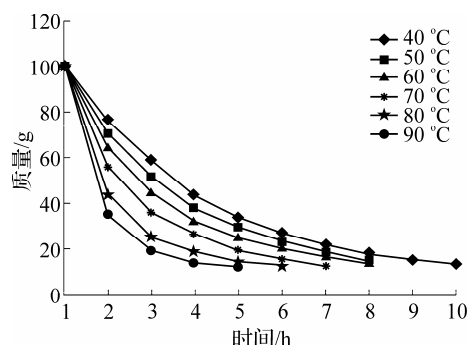


图1 不同温度下的羊栖菜脱水曲线

结构破坏, 组织保水能力降低, 在 $60\sim 80^{\circ}\text{C}$ 对应的复水率有个较大幅度的降低。对不同干燥温度下的干燥时间与复水率进行综合考量, 在干燥时间上, $50\sim 60^{\circ}\text{C}$ 干热鼓风干燥较自然风干缩短了近 16 h ; 以复水率为指标, $50\sim 60^{\circ}\text{C}$ 干热鼓风干燥后, 复水率可达自然风干后复水率的85%以上, 因此, 选择 $50\sim 60^{\circ}\text{C}$ 为羊栖菜的适宜干燥温度。

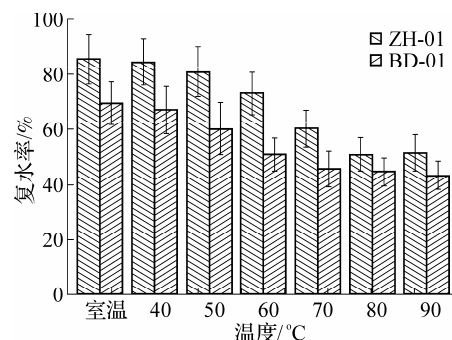


图2 不同脱水温度下羊栖菜复水率的变化

2.2 形态学比较

2.2.1 统计结果

测定羊栖菜形态数据并统计分析(图3和图4), ZH-01与BD-01在气囊直径和主茎直径上均存在显著差异($P < 0.05$). ZH-01气囊直径较BD-01提高了 $40.1\%\sim 45.9\%$, 气囊占藻体比例也有显著优势(表1). 统计分析表明, 2个品系间气囊直径和气囊占藻体比例均存在差异显著($P < 0.05$). 而ZH-01平均变异系数较本地种低, 在经过逐年选育后逐渐降低, 说明ZH-01的遗传性状趋于稳定。

2.2.2 主枝横切观察

比较ZH-01与BD-01的主枝横切观察(图5(a)和(b)), ZH-01主枝直径有明显优势。观察可见羊栖菜主枝结构中存在很多空腔, ZH-01中空腔较多, ZH-01空腔面积较横切面积比例为 $20\%\sim 22\%$, BD-

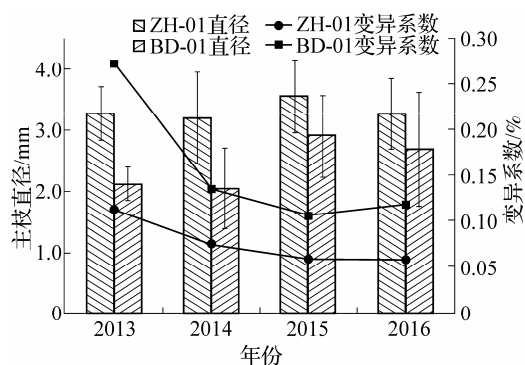


图3 不同年份的主茎直径和变异系数的比较

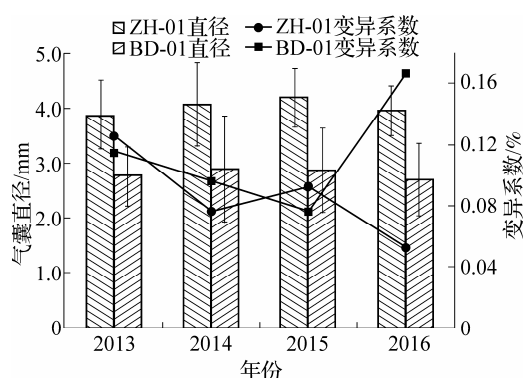


图4 不同年份的气囊直径和变异系数的比较

表1 ZH-01与BD-01藻体各组分比例 %

项目	ZH-01	BD-01
气囊	0.402±0.098 ¹⁾	0.296±0.047
叶	0.298±0.070	0.316±0.084
茎	0.300±0.070 ¹⁾	0.388±0.047

注: 1)表示 ZH-01 与 BD-01 在组织组成方面差异显著。



(a) ZH-01 主茎横切



(b) BD-01 主茎横切



(c) ZH-01 气囊横切



(d) BD-01 气囊横切

图5 羊栖菜组织横切图

01 为 6%~8%。比较 ZH-01 与 BD-01 的气囊横切面

(图 5(c)和(d)), ZH-01 气囊结构中空腔与细胞的比例为 50%~52%, BD-01 为 59%~61%; ZH-01 气囊壁约由 12 层细胞组成, 相比 BD-01 只有约 7 层细胞组成。ZH-01 中间的气腔横切面积比 BD-01 高出 50%~52%。表明 ZH-01 的藻体结构中具有较丰富的气腔, 且气囊结构中有较大的空腔。

2.3 复水率比较

由表 2 可见, 2013~2016 年 ZH-01 复水率均高于 BD-01(21.7%), 显著差异($P<0.05$)。自然条件下生长的羊栖菜形态各方面由于环境等影响, 服从正态分布, 个体间存在一定差异。为考量其性状稳定性, ZH-01 和 BD-01 的 RSD 均值分别为 9.0%和 10.7%, 表明 ZH-01 复水率更稳定, 重复性好。

表2 ZH-01与BD-01复水率比较 %

项目	2013 年	2014 年
ZH-01	0.845±0.090 9 ¹⁾	0.805±0.093 6 ¹⁾
BD-01	0.668±0.086 6	0.660±0.063 6
百分率	26.5	22.0
项目	2015 年	2016 年
ZH-01	0.810±0.089 6 ¹⁾	0.836±0.085 1 ¹⁾
BD-01	0.709±0.057 6	0.693±0.077 9
百分率	17.6	20.6

注: 1)表示 ZH-01 与 BD-01 在复水率差异显著。

2.4 各组分复水率

比较 ZH-01 与 BD-01 的成熟藻体结果表明(表 3), 藻体的茎粗细虽然差异明显, 但在复水率上并无明显差异, ZH-01 叶与气囊的复水率高于 BD-01。羊栖菜原藻由于假根在采收时, 多数遗留在苗绳中, 作为育苗的材料, 茎、气囊、叶三部分作为产量的主要组成, 茎、气囊、叶各个组分复水率差异明显, 气囊>叶>茎, 气囊对复水率的贡献率在羊栖菜各组分中最高。

表3 成熟藻体不同组分的复水率及贡献率比较 %

项目	复水率	贡献率
ZH-01 气囊	1.050±0.092 5 ¹⁾	40.3
BD-01 气囊	0.880±0.089 1	32.4
ZH-01 叶	0.831±0.047 2 ¹⁾	31.9
BD-01 叶	0.790±0.034 1	36.1
ZH-01 茎	0.723±0.052 3 ¹⁾	27.8
BD-01 茎	0.767±0.069 8	31.5

注: 1)表示 ZH-01 与 BD-01 各部分复水率差异显著。

2.5 膨胀率对比研究

测定 ZH-01 的膨胀率为 $4.59 \text{ mL} \cdot \text{g}^{-1}$, BD-01 膨胀率为 $3.46 \text{ mL} \cdot \text{g}^{-1}$, 表4表明, ZH-01 各部分膨胀率均高于 BD-01. 其中, 茎与叶的标准差较小, 说明膨胀率比较稳定.

表4 成熟藻体不同组分膨胀率比较 $\text{mL} \cdot \text{g}^{-1}$

项目	茎	气囊	叶
ZH-01	$6.45 \pm 0.196^{1)}$	$9.40 \pm 3.96^{1)}$	$9.23 \pm 0.466^{1)}$
BD-01	4.82 ± 0.285	5.66 ± 1.43	5.36 ± 0.371

注: 1)表示 ZH-01 与 BD-01 不同部位膨胀率差异显著.

3 讨论

羊栖菜的研究多聚焦在生物化学以及食品开发等领域^[17], 在羊栖菜生药鉴定、化学成分及其药理作用的研究进展迅速^[18]. 食品原料的切片干制品的复水率与膨胀率是食品加工的重要指标^[15], 本文首次探究了应用复水率与膨胀率作为羊栖菜新品系的筛选指标.

探索了适宜的干燥温度, 显示温度越高, 干燥所需时间越短, 干热鼓风干燥的效率高于自然干燥, 同时发现不同的干燥温度对其复水率有较大影响, $50 \sim 60^\circ\text{C}$ 干燥的羊栖菜与自然干燥的复水率较接近, 随着温度升高, 复水效果较差, 表明羊栖菜的高温干燥具有快速脱水效果, 但也影响了羊栖菜的复水率. 根据羊栖菜的复水率、温度和干燥效率的相关关系, 表明 $50 \sim 60^\circ\text{C}$ 是羊栖菜比较适宜的干燥温度, 这在实际脱水干燥工艺上将显示出一定的生产效益.

“浙海1号”气囊壁更厚, 气囊直径更大, 其气囊内空腔体积也更大, 从结构机制上说明“浙海1号”在复水率和膨胀率方面有较明显优势. 从国家和市场对种质利用和水产养殖品种需求出发, 水产养殖品种培育的主要方向是高产、优质、抗病、抗寒、抗盐碱和适应设备渔业高密度养殖的品种^[19]. 传统的长度、鲜重等产量性状指标对于羊栖菜产量非常重要^[14], 对羊栖菜加工出口相关企业的调查表明, 茎粗壮、气囊发达的羊栖菜具有更大的价格优势. 本文就市场调查结果, 对羊栖菜“浙海1号”与本地传统栽培种的主茎直径、气囊直径、复水率进行长期统计对比, 考虑到对口感的影响因素^[20], 引入复水率和膨胀率等指标作为新品系的筛选指

标具有指导意义.

“浙海1号”气囊大、数量多的性状使得羊栖菜藻体在自然海区生长期有更大的浮力, 能够接受充分光照, 是生长迅速的前提条件, 奠定了其高产基础. 并且“浙海1号”主枝空腔较多, 使其在主枝更粗情况下, 减轻主枝质量, 降低了主枝密度, 使藻体大部分漂浮在水体表层上. 由于浙江沿海多为浑水区, 海水透明度低, 更大的浮力有利于羊栖菜获得更大光强, 有利于其生长. 从横切片可见羊栖菜主茎有空腔, 气囊壁更厚, 这种结构使其可容纳更多水分, 特别是丰富的空腔结构使其组织如同海绵一样, 在失水后能迅速大量复水. 通过2013~2016年连续观测, “浙海1号”相关性状变异系数小, 保持遗传稳定性. 作为一个新品系, 这样的性状使“浙海1号”具有良好的推广示范潜力.

“浙海1号”与本地种在膨胀率方面差别显著, 气囊膨胀率最高, 茎膨胀率最小. 茎的主要功能是为植株提供支持与连接作用, 因此需要其有更大的纤维强度; 功能上的需求会引起内在纤维组成上的差异, 造成复水率与膨胀率较气囊与叶更小. 在加工中, 茎与叶拥有更好的可加工性, 同时对于气囊进行加工处理时, 由于急剧的形态变化, 也应注意其膨胀率变化.

复水率是影响羊栖菜价格的一个非常重要因素, 在一定程度上代表了羊栖菜藻体中膳食纤维的组成比例^[21]. “浙海1号”高复水率和高膨胀率的特征可作为加工膳食纤维的优良品系和食品与药品的填充剂^[22-24]. 新品系在品质上有了提升, 口感上有所改善, 高复水率与膨胀力意味着羊栖菜干品能吸收更多调味汁, 使得口味更易调制.

羊栖菜产业的发展离不开优良品系的选育与高值化食品加工利用, “浙海1号”不仅考虑了传统的形态与产量性状指标, 还兼顾了复水率和膨胀率等加工指标, 且在良种的选育中, 将羊栖菜的食品加工需求加入其选育方向, 将更有利于羊栖菜加工业的发展与在国内的推广.

参考文献:

- [1] 曾呈奎. 中国海藻志第三卷褐藻门[M]. 北京: 科学出版社, 2000:32-33.
- [2] 姜桥, 周德庆, 孟宪军, 等. 我国食用海藻加工利用的现状 & 问题[J]. 食品与发酵工业, 2005, 31(5):68-70.

- [3] 洪咏平, 戴志远. 羊栖菜食品的开发和利用[J]. 中国水产, 2002(1):75-76.
- [4] 黄知清. 海藻的开发应用及发展趋势[J]. 广西化纤通讯, 2000, 28(2):38-43.
- [5] 郑小乐, 曾玉景. 羊栖菜澄清汁饮料[J]. 食品与机械, 2001(6):199-200.
- [6] 郑海龙, 邬建敏, 杜广. 羊栖菜脱腥脱色研究[J]. 浙江农业大学学报, 1998, 24(4):339-343.
- [7] 陈力巨, 陈秀俊, 周旭峰. 羊栖菜精粉的研制[J]. 食品研究与开发, 2003, 24(5):55-56.
- [8] 胡嘉鹏. 羊栖菜调味酱的研制[J]. 中国调味品, 2001(6):19-20.
- [9] PANG S J, CHEN L T, ZHUANG D G, et al. Cultivation of the brown alga *Hizikia fusiformis* (Harvey) Okamura: Enhanced seedling production in tumbled culture[J]. Aquaculture, 2005, 245(1/4):321-329.
- [10] 张立宁. 羊栖菜孢子体繁育及幼苗北方海区渡夏培育的研究[D]. 宁波: 宁波大学, 2013.
- [11] PANG S J, SHAN T F, ZHANG Z H, et al. Cultivation of the intertidal brown alga *Hizikia fusiformis* (Harvey) Okamura: Mass production of zygote-derived seedlings under commercial cultivation conditions, a case study experience[J]. Aquaculture Research, 2008, 39(13):1408-1415.
- [12] HWANG E K, PARK C S, SOHN C H. Effects of light intensity and temperature on regeneration, differentiation and receptacle formation of *Hizikia fusiformis* (Harvey) Okamura[J]. The Korean Society of Phycology, 1994, 9(1):85-93.
- [13] 杨铭, 郎朗, 季宇彬. 海藻羊栖菜药用功能研究进展[J]. 医学理论与实践, 2013, 26(4):450-451.
- [14] 李生尧, 许曹鲁, 李建榜, 等. 羊栖菜“鹿丰1号”人工选育及栽培中试[J]. 渔业科学进展, 2010, 31(2):88-94.
- [15] 聂凌鸿, 张伟. 苦瓜切片干制及其复水性的研究[J]. 食品工业, 2015, 36(4):185-187.
- [16] 崔海峰. 不同品系羊栖菜形态和营养成分的初步分析[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2013.
- [17] 申艳霞. 关于洞头县羊栖菜营销的社会实践报告[J]. 社会实践专刊, 2013(1):43-48.
- [18] 张华芳. 羊栖菜研究进展概述[J]. 时珍国医国药, 2005(6):480-481.
- [19] 张振东. 我国水产新品种研发基本情况与展望[J]. 中国水产, 2015(10):39-42.
- [20] 应苗苗, 施文正, 潘峰. 紫菜不同收割期营养成分的分析[J]. 浙江农业科学, 2009(6):1227-1228.
- [21] 王艳芝, 周亦来, 张英. 优质速溶的食用羊栖菜粉的研制[J]. 东海海洋, 1999(2):51-55.
- [22] 姚丽丽, 翟智辉. 海带膳食纤维的提取及在蛋糕中应用[J]. 食品工程, 2010(4):129-132.
- [23] 于玲, 步营, 李钰金, 等. 海带膳食纤维面包制作工艺研究[J]. 粮食加工, 2010, 32(2):83-85.
- [24] 孟秀梅, 刘新, 张绵松, 等. 食用菌海带膳食纤维胶囊润肠通便功能的研究[J]. 食品科技, 2010, 35(2):116-118.

Rehydration rate and the expansibility of two strains of *Hizikia fusiforme*

GAO Chang-hao¹, LUO Qi-jun^{1*}, ZHANG Li-ning²

(1. School of Marine Sciences, Ningbo University, Ningbo 315211, China;

2. Zhejiang Mariculture Research Institute, Wenzhou 325000, China)

Abstract: *Hizikia fusiforme* is currently one of the main cultivated large economic seaweeds in China. The rehydration rate is an important factor affecting the quality of products. Two strains of *H. fusiforme* (the new strain of “ZH-01” vs. the native strain of “BD-01”) were used in the current study. Drying by dry air container at different temperatures was compared with drying naturally. The optimum drying temperature of *Hizikia fusiforme* was 50-60°C. Significant differences were found in the rehydration rate, the diameter of the vesicle and the main branch. “ZH-01” was 21.7%, 40.1%-45.9%, 38.4% higher than “BD-01” in these three parameters. The vesicle had the highest rehydration rate of *H. fusiforme*. “ZH-01” was 33% higher than “BD-01” in expansibility. This characteristic can be used to distinguish these two strains.

Key words: *Hizikia fusiforme*; ZH-01; rehydration rate; expansibility

(责任编辑 章践立)