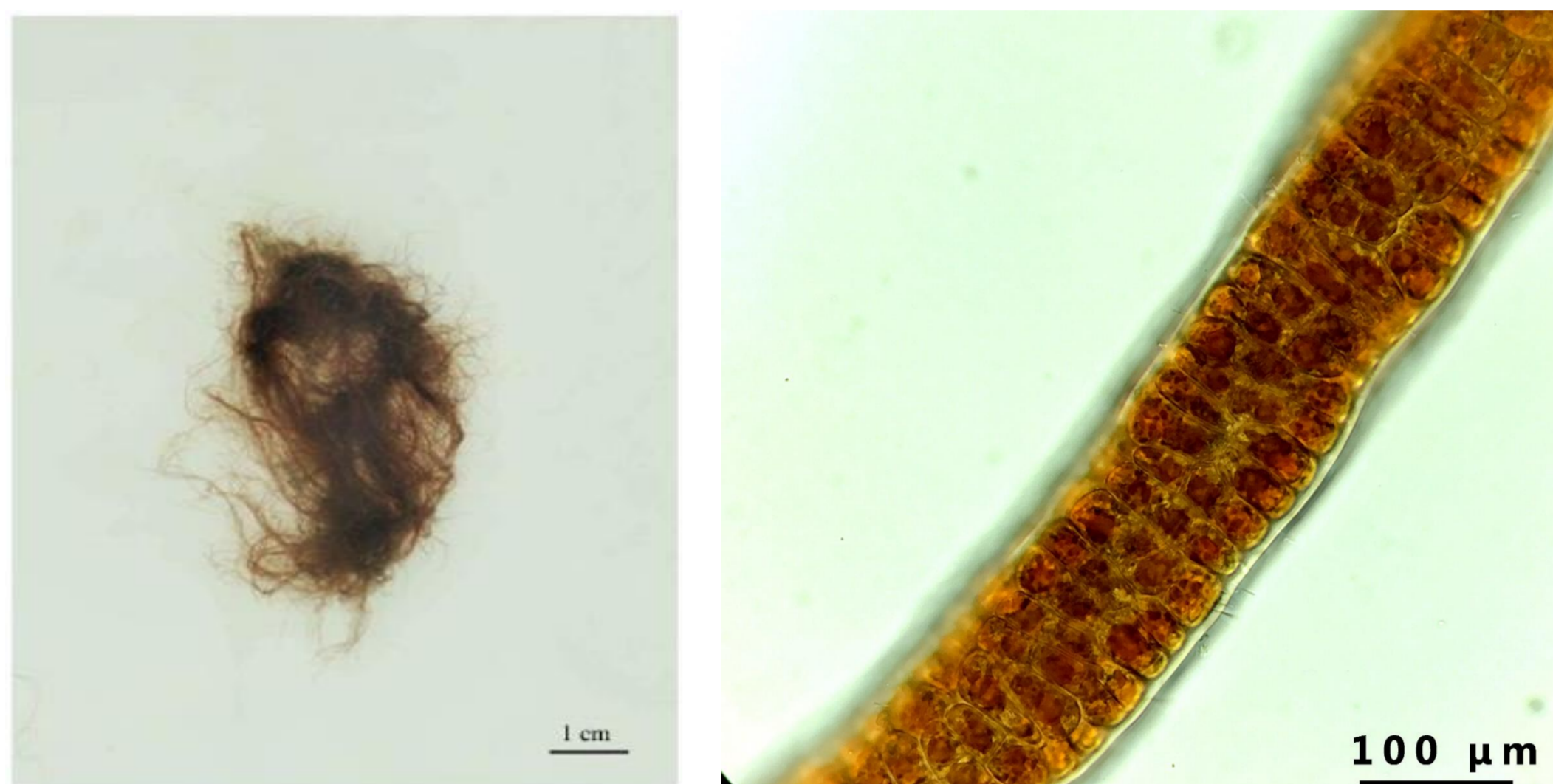


## 新技术：红毛菜陆基悬浮养殖技术

### 研究背景

红毛菜是一种富含EPA等脂肪酸的高值经济海藻，是福建省特有的养殖藻类，2021年作为唯一藻类物种入选国家“水产10大优异种质资源”。为进一步促进红毛菜养殖，解决传统筏式养殖存在的杂质高和烂菜等产业技术难题，创新发展大型海藻新型养殖模式来拓展可养殖空间，进而推动大型海藻全年候养殖来解决季节性周期养殖的问题意义重大。厦门大学与霞浦县水产技术推广站等单位联合利用海带育苗玻璃库房开展了红毛菜叶状体（原叶体）陆基悬浮养殖的试验，成功建立了新型的陆基工厂化养殖模式。



红毛菜外观图和显微结构图

### 材料与方

**藻种来源：**养殖网帘和红毛菜叶状体均来自福建省莆田市龙凤祥食品有限公司，其中养殖网帘是刚分网的苗帘。

**养殖试验点：**福建省霞浦县文岐村，霞浦县福连海水产育苗场。

**水泥育苗规格：**长2.30m×宽8.00m×高0.50m，用高浓度高锰酸钾消毒，清洗干净后先放水至约0.45m高备用。

**网帘：**用维尼龙绳编织而成，规格为2.50m×3.00m。

**薄膜袋气升式光生物反应器：**直径为0.30cm的铁丝网固定，围成直径为0.24m、高1.10m的圆柱框架，放入直径0.22m、高1.20m底部密封的聚乙烯塑料袋构成薄膜袋气升式光生物反应器，配有气泵、充气管和气石构成的充气系统。

**白色塑料桶：**选用直径为1.00m、高0.80m的白色塑料桶，配有气泵、充气管和气石构成的充气系统。

**环境条件：**自然光采光，温度9.0~22.0℃，盐度29.00~31.00‰；**培养液：**NaNO<sub>3</sub> 200mg·L<sup>-1</sup>，KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 20mg·L<sup>-1</sup>。

### 结果

#### 水泥池网帘室内养殖

附着红毛菜叶状体的养殖网帘在水泥育苗池经12 d养殖，最终收获原藻2380.00 g，单位面积平均产量6.61 g·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup>。水泥池网帘室内养殖折算产量高于海区筏式网帘养殖（0.77 g·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup>）（黄春恺, 1992）。



室内水泥池网帘养殖

海区筏式网帘养殖

#### 薄膜袋气升式光生物反应器养殖

接种密度0.72g·L<sup>-1</sup>时，红毛菜平均日生长率随温度升高而提高，15.0±3.0℃时达到最高（13.45±0.86%·d<sup>-1</sup>），折算为单位面积平均产率，是室内红毛菜水泥池网帘养殖的17.53倍。

#### 薄膜袋培养红毛菜

组别 Groups	气温/℃ Temperature	起始/g Initial	平行样/个 Parallel	接种密度/g·L <sup>-1</sup> Initial density	培养时间/d Breeding time	收获/g Harvest	日生长率/%·d <sup>-1</sup> Relative growth rate
1	10.5±1.5	36.00	3	0.72	14	67.17±1.76	6.18±0.35c
2	14.0±2.0	36.00	3	0.72	9	65.07±2.70	8.97±0.83bc
2	15.0±3.0	36.00	3	0.72	12	94.10±3.73	13.45±0.86ab
4	16.0±6.0	20.00	3	0.40	9、19	40.00和102.50	18.18±6.15a

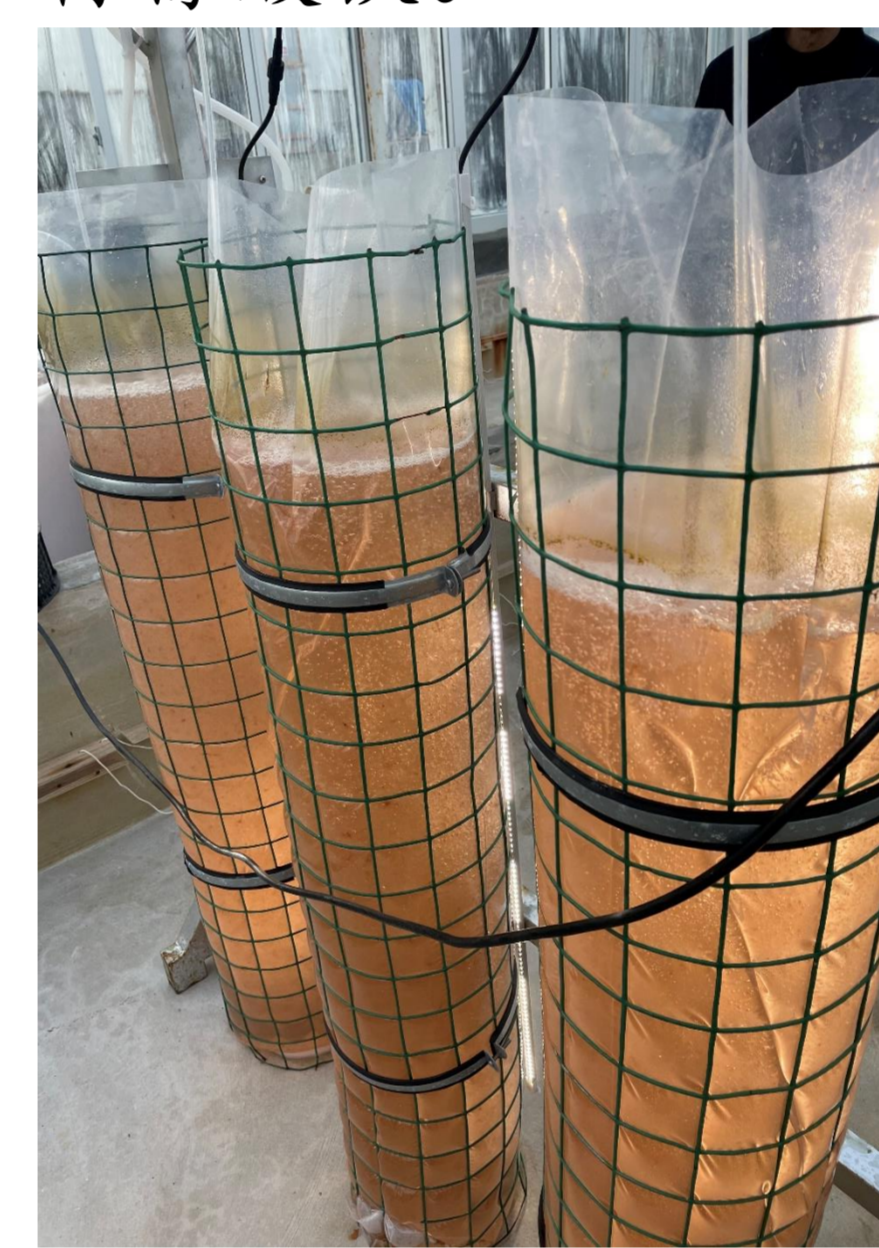
#### 白色塑料桶养殖

15.0±3.0℃温度下，0.20 g·L<sup>-1</sup> 接种密度红毛菜平均日生长率为 21.39%·d<sup>-1</sup>，折算为单位面积平均产率，是室内红毛菜水泥池网帘养殖的6.47倍。14.0±2.0℃时，相同接种密度在 0.50 g·L<sup>-1</sup>下增加2mg·L<sup>-1</sup>柠檬酸铁，红毛菜平均日生长率由4.68%·d<sup>-1</sup>提高为13.78 %·d<sup>-1</sup>。

#### 白色塑料桶培养红毛菜

组别 Groups	气温/℃ Temperature	起始/g Initial	平行样/个 Parallel	接种密度/g·L <sup>-1</sup> Initial density	培养时间/d Breeding Time	收获/g Harvest	日生长率/%·d <sup>-1</sup> Relative growth rate
1	10.5±1.5	360.00	1	0.72	14	625.60	5.27
		860.00	1	1.72	14	967.00	0.89
		230.00*	1*	0.50*	14*	674.00*	13.78*
2	14.0±2.0	150.00	1	0.30	9	178.00	2.07
		380.00	1	0.50	9	540.00	4.68
3	15.0±3.0	100.00	1	0.20	12	356.70	21.39

注：\*表示添加柠檬酸铁。



薄膜袋气升式光生物反应器养殖



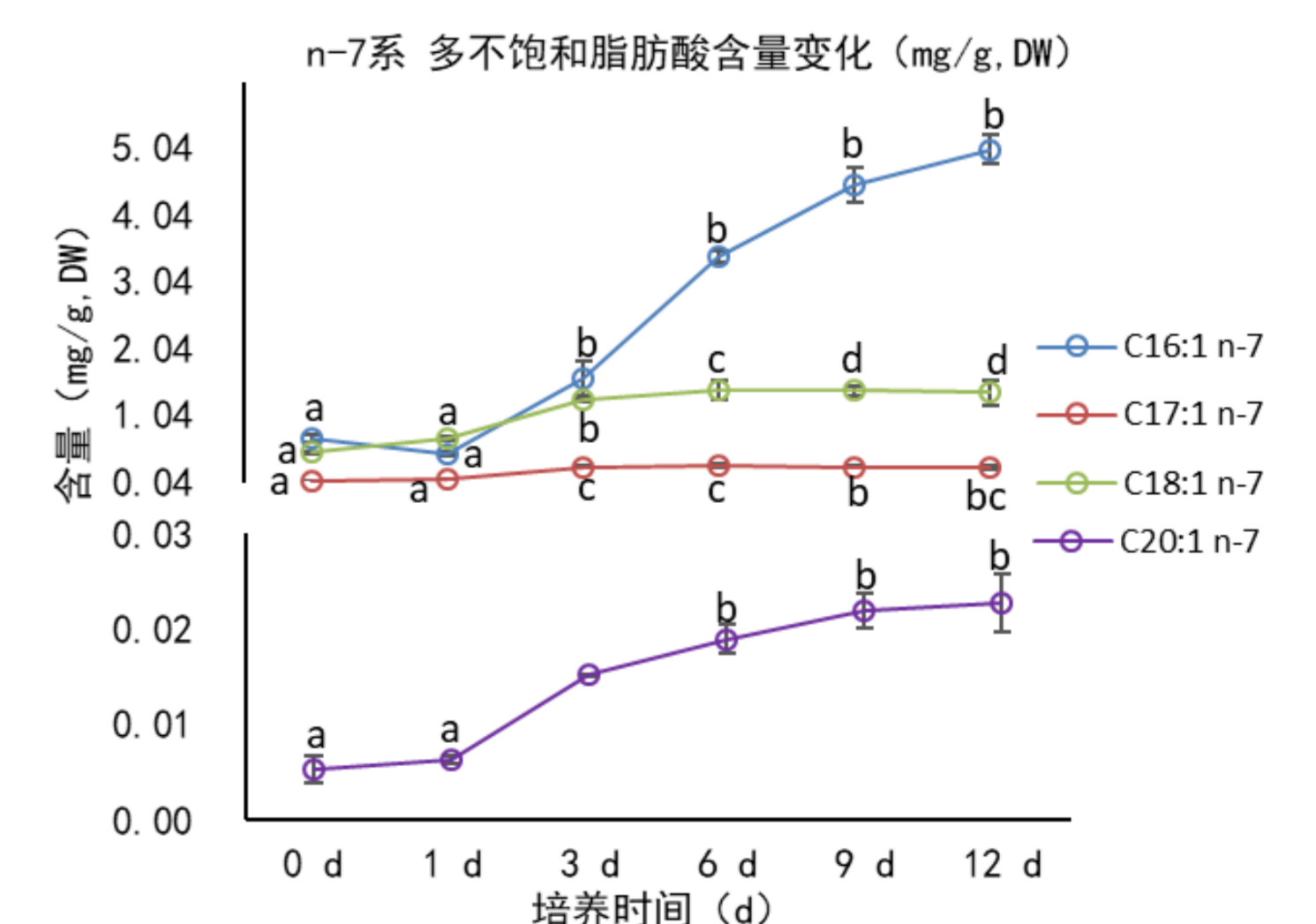
白色塑料桶养殖

#### 红毛菜基本营养成分

陆基悬浮扩培养殖的红毛菜具有高蛋白和高不饱和脂肪酸的明显优势，其红毛菜粗脂肪含量和灰分含量较海区筏式网帘养殖提高了25.00%和20.81%，单不饱和脂肪酸较海区筏式网帘养殖原藻的单不饱和脂肪酸提高了13.79%，总不饱和脂肪酸含量高达0.79g/100.00g，较之前文献报道红毛菜总不饱和脂肪酸含量（0.64 g/100 g）提高了22.98%。新鉴定了13种微量脂肪酸，其中n-7 不饱和脂肪酸含量随培养时间延长而增加。

#### 红毛菜基本营养成分表（%干样）

养殖方式 Culture methods	粗蛋白/% Crude Protein	灰分/% Ash content	粗脂肪/% Crude fat
陆基悬浮养殖 Land-based suspension aquaculture	37.46	20.90	5.50
海区筏式网帘养殖 Sea-area raft net curtain aquaculture	44.26	17.30	4.40



### 结论

首次报道了红毛菜叶状体（原叶体）的陆基养殖工作，建立了红毛菜陆基工厂化养殖的技术工艺，促进产业绿色健康发展，解决当前养殖存在的病烂严重和污染严重问题，促进产业的转型发展，提高了养殖生产效益和利润，进一步丰富了红毛菜以及大型藻类的养殖技术模式。同时促进地方品牌建设和支撑国家“水产10大优异种质资源”的开发利用，高蛋白和高不饱和脂肪酸（EPA等）将有助于进一步开发功能食品，提升产业附加值，并在饲料蛋白替代以及油料作物替代方面具有重要的应用前景。该项红毛菜陆基工厂化养殖技术成果居国际领先水平。