

温度和光照对微藻的生长、总脂肪含量及脂肪酸组成的影响

华雪铭 周洪琪

丁卓平

(上海水产大学渔业学院, 200090)

(上海水产大学食品学院, 200090)

摘要 用温度梯度法、二因子重复试验法分别研究温度、光照周期和光照强度对绿色巴夫藻的生长、总脂肪含量以及脂肪酸组成的影响,用正交试验法研究以上三因子对等鞭藻3011的影响。结果表明,温度20℃、光照强度120.19 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 、光照周期L:D=16:8最适于等鞭藻3011的生长及脂肪和PUFA的合成。绿色巴夫藻适宜在15~30℃内生长,但在20℃、96.15 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 及L:D=18:6的条件下,能促使它较快生长且能合成较多的脂肪和必需脂肪酸。两种微藻 ω_3/ω_6 显著性地受到环境因子的综合影响。

关键词 绿色巴夫藻,等鞭藻3011,温度,光照,生长,总脂肪,脂肪酸

中图分类号 S968.4

国内外用于鱼虾蟹贝育苗的微藻饵料已达四十多种,由于每种微藻的营养成分不同,各种水产动物的营养需求也不同,因此养殖不同的水产动物需要选择不同的微藻。由于培养液、营养盐、环境温度、培养方法和培养周期等因素可能会通过作用于微藻的新陈代谢过程而影响微藻生长、脂类物质组成,进而影响以微藻作为饵料的鱼虾蟹贝等幼体的生长和繁殖。因此,从严格控制环境因子入手,着重研究微藻的生长繁殖和营养价值与环境因子的关系,是一项必不可少的基础研究工作。本试验以绿色巴夫藻和等鞭藻3011作为研究对象,探讨温度、光照强度和光照周期对它们的生长、繁殖及化学成分的影响。

1 材料与方法

1.1 藻种来源

绿色巴夫藻(*Pavlova viridis*)和等鞭藻(*Isochrysis galbana*)3011均取自本实验室。

1.2 微藻培养

将盐卤用No.4滤纸过滤后,兑水,配成相应的盐度,按f/2配方配营养盐,在3L三角烧瓶中盛放2L培养液,煮沸消毒后接种(接种密度为55万/mL),按试验要求进行连续充气培养。每天定时用血球计数板计数,到指数生长期末期离心收获,生长率 $K = (\ln N_T - \ln N_0)/T$, N_0 、

N_T 为开始培养及收获时的微藻密度, T 为达到指数生长末期所需时间。收获后的每瓶微藻经完全冷冻干燥后, 于 -18°C 条件下保存待分析。

1.2.1 绿色巴夫藻

绿色巴夫藻的培养采用单因子温度梯度试验和光照强度、光照周期二因子重复试验。

在单因子温度梯度试验中, 培养液盐度为20, 光照强度控制在 $96.15\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, 光照周期为18:6。温度设置6个水平, 分别为10、15、20、25、30、 35°C , 每个水平各有三个平行。

在光照强度、光照周期二因子重复试验中, 绿色巴夫藻的培养液盐度为20, 温度 20°C , 光照强度 ($\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$) 和光照周期(L:D) 分别设置三个水平, 前者为64.10、96.15、128.21, 后者为24:0, 18:6, 12:12, 共有9个试验组。

1.2.2 等鞭藻3011

选用 $L_9(3^4)$ 正交表设计环境因子温度、光照强度和光照周期各水平对等鞭藻3011影响的试验, 试验共分9组, 每组设三个平行。培养液的盐度为10。

1.3 总脂肪及脂肪酸含量的测定

用甲醇-氯仿抽提粗脂肪, 用气相色谱法对脂肪酸进行定性, 并用归一法计算它们的相对百分含量。

2 结果

2.1 绿色巴夫藻

2.1.1 温度试验

接种后2天, 35°C 组的绿色巴夫藻全部死亡, 而 10°C 组也出现大量的藻细胞死亡, 重复两次接种, 均得到同样结果。相比之下, 高温条件比在不适的低温条件下死亡反应剧烈。由于藻细胞数量太少甚至全无, 因而 10°C 组和 35°C 组无法进行生长率的计算和脂肪、脂肪酸的测定。如表1所示, 对绿色巴夫藻的生长较为有利的温度条件为 30°C , 此时总脂肪含量最大。

表1 不同温度下绿色巴夫藻的生长率和脂肪含量

Tab. 1 The growth rate and lipid content of *P. viridis* at different temperatures

温度 $^{\circ}\text{C}$	生长率	差异显著性		总脂肪含量 (%)	差异显著性	
		0.05	0.01		0.05	0.01
15	0.54 ± 0.02	b	AB	15.40 ± 0.66	ab	AB
20	0.51 ± 0.02	b	B	16.96 ± 1.31	a	AB
25	0.52 ± 0.02	b	AB	13.79 ± 1.28	b	B
30	0.60 ± 0.04	a	A	17.73 ± 1.01	a	A

注: 同列中小写字母不同表示 $p < 0.05$; 同列中大写字母不同表示 $p < 0.01$ 。

在脂肪酸组成中(表2), 以多不饱和脂肪酸(PUFA)为主, 无论在何种温度条件下, 脂肪酸含量均表现出以下大小关系: $\text{PUFA} > \text{SFA} > \text{MUFA}$ 。SFA 的含量随温度的升高而增大, 而 PUFA、PUFA/SFA 的值随温度升高而减小。温度对 $\text{C}_{16:1\omega7}$, $\text{C}_{20:5\omega3}$ 无显著影响 ($p > 0.05$), 对 $\text{C}_{14:0}$, $\text{C}_{18:3\omega3}$ 有极显著影响 ($p < 0.01$), 对 $\text{C}_{16:0}$, $\text{C}_{20:4\omega6}$ 有显著影响 ($p < 0.05$)。

结合绿色巴夫藻的生长、脂肪含量及脂肪酸组成, 20℃条件下将有利于绿色巴夫藻在获得较快生长的前提下, 合成较多的脂肪和必需脂肪酸。

表2 不同温度下绿色巴夫藻的脂肪酸组成

Tab. 2 The fatty acid composition of *P. viridis* at different temperatures

脂肪酸	温 度(℃)			
	15	20	25	30
C _{14:0}	20.57±0.68	23.53±1.43	26.58±0.23	34.59±0.85
C _{16:0}	3.13±0.82	1.61±0.81	2.93±0.22	4.43±0.46
C _{16:1ω7}	15.54±1.17	11.30±2.42	13.62±0.26	15.17±1.16
C _{18:1ω9}	—	—	—	1.87±0.17
C _{18:3ω3}	11.54±0.40	12.63±0.94	14.84±0.61	4.95±2.39
C _{20:4ω6}	3.45*	2.16±0.75	4.03±0.01	8.11±1.57
C _{20:5ω3}	33.66±2.70	31.79±4.90	38.01±0.32	28.21±3.40
C _{22:4ω6}	11.33±0.79	9.17±0.29	—	—
C _{22:5ω3}	2.51±1.20	7.07±0.32	—	2.66±1.66
SFA	23.70	25.14	29.51	39.02
MUFA	15.54	12.91	16.55	21.47
PUFA	62.49	62.82	56.88	43.93
PUFA/SFA	2.64	2.50	1.93	1.13
ω3	47.71	51.49	52.85	35.82
ω6	14.78	11.33	4.03	8.11
ω3/ω6	3.23	4.54	13.11	4.42

注: * 表示只有一个数据, 表4, 表6同此。

2.1.2 光照试验

就生长而言(表3), 光照强度和光照周期的作用均达到1%显著水平, 两者的交互作用不显著。对绿色巴夫藻生长最为有利的组合为96.15 μmol/(m²·s), L:D=24:0, 其次是128.21 μmol/(m²·s), L:D=18:6。两组有5%显著差异。光照强度和光照周期对总脂肪含量的影响与其对生长率的影响有类似的情况, 其交互作用对脂肪含量的影响达1%显著水平。当光照强度为128.21 μmol/(m²·s), L:D=18:6时, 总脂肪含量最高, 且极显著的高于其余各组; 其次是96.15 μmol/(m²·s), L:D=18:6。

脂肪酸组成(表4)以 PUFA 为主, 尤其是 C_{20:5ω3}, 其含量高达 25.52%~44.18%。在光照强度、光照周期及两者的交互作用中, 唯有光照强度对 C_{14:0} 和 C_{16:0} 有显著影响(前者 P<0.01, 后者 P<0.05)。光照强度、光照周期以及两者的交互作用对 C_{16:1ω7}、C_{20:5ω3} 的含量影响达1%显著水平, 对 C_{20:4ω6} 的合成

表3 绿色巴夫藻二因子重复试验的生长率及总脂肪含量

Tab. 3 The growth rate and total lipid content of *P. viridis* by repeated experiment

试验号	水平组合	生长率	总脂肪含量(%)
1	A ₁ B ₁	0.58±0.03	16.53±0.78
2	A ₁ B ₂	0.52±0.03	16.79±0.44
3	A ₁ B ₃	0.42±0.07	16.51±1.13
4	A ₂ B ₁	0.68±0.03	18.63±0.92
5	A ₂ B ₂	0.54±0.02	19.63±1.06
6	A ₂ B ₃	0.51±0.03	16.58±0.68
7	A ₃ B ₁	0.68±0.02	18.67±0.57
8	A ₃ B ₂	0.61±0.03	22.84±1.10
9	A ₃ B ₃	0.57±0.05	17.42±0.67

注: A_i 为光照强度(μmol/(m²·s)); B_i 为光照周期(L:D)。

A₁=64.10, A₂=96.15, A₃=128.21;

B₁=24:0, B₂=18:6, B₃=12:12。

无显著影响,光照周期是影响 $C_{22:6\omega_3}$ 含量的主要因素。当光照周期为24:0时最有利于 $C_{22:6\omega_3}$ 的合成。当光照强度和光照周期分别为 $128.21\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 、 $L:D=24:0$ 时, $C_{16:1\omega_7}$ 的含量最高,其次是 $96.15\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 、 $L:D=24:0$ 与 $96.15\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 、 $L:D=18:6$ 组。 $96.15\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 、 $L:D=24:0$ 组 $C_{18:3\omega_3}$ 含量最高,其次是 $64.10\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 、 $L:D=12:12$ 组。 $C_{20:5\omega_3}$ 含量在 $96.15\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 、 $L:D=12:12$ 最高, $64.10\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 、 $L:D=12:12$ 和 $64.10\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 、 $L:D=18:6$ 组次之。

表4 绿色巴夫藻二因子重复试验脂肪酸组成

Tab. 4 Fatty acid composition of *P. viridis* by repeated experiment

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$C_{14:0}$	15.07±1.13	16.05±0.65	16.73±0.31	17.95±0.61	21.29±2.35	15.64±0.74	17.72±0.35	20.48±1.4	20.92±3.72
$C_{16:0}$	2.50±0.21	3.62±0.38	2.98±0.18	3.64±0.11	3.03±0.48	3.05±0.25	4.05±0.37	3.36±1.33	4.52±0.04
$C_{16:1\omega_7}$	8.89±0.03	12.46±0.45	6.76±0.11	15.32±2.54	12.10±0.08	6.20±0.73	15.72±1.75	13.06±1.06	11.79±1.06
$C_{18:1\omega_9}$	3.86±1.02	—	—	—	—	—	1.32*	1.77±0.12	1.18±0.00
$C_{18:3\omega_3}$	11.91±0.15	11.05±1.44	19.15±1.08	9.53±0.14	12.67±1.24	19.83±0.18	9.46±0.05	7.13±1.16	12.12±1.71
$C_{20:4\omega_6}$	3.20±0.55	3.05±0.46	1.35±0.59	2.74*	2.74±0.32	1.77±0.13	2.48±1.55	3.41*	3.38±0.57
$C_{20:5\omega_3}$	35.61±0.29	36.22±1.09	40.82±4.79	28.45±1.95	35.52±2.21	44.18±0.30	25.52±1.38	35.17±0.41	31.71±1.35
$C_{22:6\omega_3}$	9.13±0.20	8.12±1.16	8.65±1.29	10.46±0.85	8.15±0.82	8.35±0.15	11.64±1.44	9.54±0.99	9.12±0.38
SFA	17.57	19.67	19.71	21.59	24.32	18.69	21.77	23.84	25.44
MUFA	12.75	12.46	6.76	15.32	12.10	6.20	17.04	14.83	12.97
PUFA	59.85	58.44	69.97	51.18	59.08	74.13	49.10	55.25	56.33
PUFA/SFA	3.41	2.97	3.55	2.37	2.43	3.97	2.26	2.32	2.21
ω_3	56.65	55.39	68.62	48.44	56.34	72.36	46.62	48.43	52.95
ω_6	3.20	3.05	1.35	2.74	2.74	1.77	2.48	3.41	3.38
ω_3/ω_6	17.70	18.16	50.83	17.68	20.56	40.88	18.80	15.20	15.67

2.2 等鞭藻3011的正交试验

如表5所示,温度、光照强度、光照周期对等鞭藻3011的生长率的影响达1%显著水平,经方差分析得到,温度以25℃最佳,其次为20℃,并且25℃与30℃组差异极显著,两者均与20℃存在显著差异;光照强度以 $120.19\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 最佳, $120.19\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 、 $144.23\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 均与 $96.15\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 有极显著差异;光照周期以 $L:D=12:12$ 组最有利等鞭藻3011的生长,其次是 $L:D=16:8$,两者均极显著地优于 $L:D=8:16$ 组,比较极差数据可得出光照周期是影响等鞭藻3011生长的最主要因素。就总脂肪含量而言,20℃最有利脂肪的合成,且此温度组显著性优于25℃和30℃组;光照强度对脂肪含量无显著性影响,光照周期 $L:D=16:8$ 为最佳水平,且极显著或显著性优于 $L:D=12:12$ 、 $L:D=8:16$ 组。因此合成脂肪三因素的最佳组合为20℃、 $120.19\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 、 $L:D=16:8$ 。

等鞭藻3011的脂肪酸组成如表6所示。在SFA中以 $C_{14:0}$ 为主,其含量达23.26%~44.72%,MUFA中 $C_{20:1\omega_9}$ 占多数,其含量为13.76%~34.12%。PUFA也以 $\omega-3$ 系列为主,与绿色巴夫藻不同的是 $C_{22:6\omega_3}$ 的含量远远高于 $C_{20:5\omega_3}$ 的含量。PUFA/SFA与 ω_3 -PUFA的变化趋势一致。经方差分析得到,三因素对 $C_{18:1\omega_9}$ 含量无显著影响。温度是影响 $C_{18:2\omega_6}$ 的唯一因素,且25℃组极显著地优于20℃和30℃组。温度和光照周期影响 $C_{20:1\omega_9}$ 的合成,并且20℃和 $L:D=18:6$ 均显著性地优于另外两个水平。 $C_{20:5\omega_3}$ 和 $C_{22:6\omega_3}$ 含量均不同程度地受到三个因素的影响。从含量大小看,30℃、 $120.19\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 、 $L:D=16:8$ 最适宜于 $C_{22:6\omega_3}$ 的合成,其次20℃、 144.23

$\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 、 $L:D=12:12$ 、 20°C 、 $144.23\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 、 $L:D=16:8$ 条件下合成的 $C_{20:5\omega3}$ 最多, 但与 20°C 、 $120.19\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 、 $L:D=16:8$ 无显著差异。考虑到育苗期间的水温及昼夜交替等情况, 结合本实验结果, 认为 20°C 、 $120.19\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 、 $L:D=16:8$ 是等鞭藻 3011 合成 EPA 和 DHA 的最佳条件。

表5 等鞭藻3011正交试验中的生长率及脂肪含量

Tab. 5 The growth rate and total lipid content of *I. galbana* 3011 by orthogonal experiment

试验号	温度 ($^\circ\text{C}$)	光照强度 ($\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$)	光照周期 (L:D)	生长率	总脂肪含量 (%)
1	20	96.15	8:16	0.38±0.01	24.43±0.21
2	20	120.19	12:12	0.59±0.02	25.31±0.61
3	20	144.23	16:8	0.60±0.01	28.27±0.16
4	25	96.15	12:12	0.57±0.02	19.63±1.02
5	25	120.19	16:8	0.69±0.02	27.78±1.35
6	25	144.23	8:16	0.46±0.01	19.08±0.30
7	30	96.15	16:8	0.43±0.09	23.51±1.42
8	30	120.19	8:16	0.41±0.01	17.95±0.34
9	30	144.23	12:12	0.59±0.05	23.27±1.64

表6 等鞭藻3011正交试验中的脂肪酸组成

Tab. 6 Fatty acid composition of *I. galbana* by orthogonal experiment

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$C_{14:0}$	24.93±0.75	25.04±0.81	28.24±5.14	44.72±2.41	31.30±9.66	23.26±0.92	31.89±0.09	24.33±3.28	33.34±3.49
$C_{16:0}$	3.26±0.10	6.64±1.26	4.06±0.67	3.60±0.20	2.82±0.59	3.45±0.34	5.33±1.55	3.32±1.50	—
$C_{16:1\omega7}$	2.69±1.84	2.25±0.79	7.21±1.47	4.93±0.99	7.49*	—	5.33*	3.31±0.43	10.06±0.53
$C_{18:1\omega9}$	8.95±0.36	17.67±3.33	10.24±0.11	7.91±0.59	8.18±1.16	7.78±0.36	19.27±3.99	8.97±0.41	9.77±1.33
$C_{18:2\omega6}$	4.24±0.89	2.32±0.50	6.25±3.19	15.84±4.25	14.51±1.09	8.30±0.67	4.41±1.19	8.64±1.17	10.01±1.12
$C_{18:3\omega3}$	3.24±0.00	3.88±0.34	3.60±0.11	3.04±0.66	3.45±0.19	2.33±0.41	3.53±0.23	2.83±0.08	2.83±1.33
$C_{20:1\omega9}$	34.12±1.97	21.00±1.40	24.41±4.99	17.59±3.97	16.10±3.82	28.61±1.74	15.57±0.23	26.56±0.01	13.76±1.83
$C_{20:4\omega6}$	2.58*	—	—	—	2.07*	—	0.99*	—	0.87*
$C_{20:5\omega3}$	—	2.35±0.21	5.18±0.49	2.50*	1.97±0.34	2.52±0.09	1.62*	—	0.97±0.51
$C_{22:6\omega3}$	15.98±4.61	17.02±0.01	9.83±7.19	2.20*	15.49±2.29	21.84±0.31	16.03±1.34	20.75±1.20	17.85±1.36
SFA	28.19	31.68	32.30	48.32	34.12	26.71	37.22	27.65	33.34
MUFA	45.76	40.92	41.86	30.43	31.77	36.39	40.17	38.84	33.59
PUFA	26.04	25.57	24.86	23.58	37.44	34.99	26.58	32.22	32.53
PUFA/SFA	0.92	0.81	0.77	0.49	1.10	1.31	0.71	1.17	0.98
$\omega3$	19.22	23.25	18.61	7.74	20.86	26.69	21.28	23.58	21.65
$\omega6$	6.82	2.32	6.25	15.84	16.58	8.30	5.40	8.64	10.88
$\omega3/\omega6$	2.82	10.02	2.98	0.49	1.26	3.22	3.92	2.73	1.99

3 讨论

在试验中, 绿色巴夫藻在 30°C 时生长最快, 脂肪合成最多, 而周洪琪等[1996]指出最适于把夫藻生长和脂肪合成的温度为 20°C , 这可能由品系不同, 生态习性不同所致。杨庆宵[1988]的实验结果表明, 浮游植物中多不饱和脂肪酸的相对含量随环境温度升高而增加, 而在本试验中, 等鞭藻 3011 的多不饱和脂肪酸含量变化有类似的趋势, 而绿色巴夫藻则相反。两种微藻在最适温度范围外的高温条件下出现藻细胞死亡或生长缓慢, 可能是因为溶液的渗透压和溶液

的绝对温度成反比,温度愈高,外界溶液的渗透压就越大,直至大于细胞液的渗透压时,就产生质壁分离[潘瑞炽等 1960]。马志珍[1987]曾指出低温对牟氏角毛藻细胞只起暂时的抑制作用,当温度恢复正常时,就能很快恢复生长。绿色巴夫藻在10℃时出现藻体部分死亡,如将温度升至室温范围,是否恢复正常,有待于进一步研究。

李文权等[1994]指出藻细胞中脂类合成受光照强度的影响较少,而在本试验中,光照强度对等鞭藻3011脂肪的合成无显著影响,但绿色巴夫藻却相反。另外,温度和光照强度对等鞭藻3011的PUFA合成有显著影响,而对绿色巴夫藻PUFA的合成无影响,这与姜悦等[1997]提出的PUFA在微藻体内不是光诱导的产物存在不一致。可见,藻类脂肪酸的合成是个复杂的过程,它受到诸多环境因素的影响,并存在种属特异性。尽管如此,大多数种类在低光照强度下 $C_{20,5\omega_3}$ 的含量较高,如 *Nannochloropsis oculata* [Renaud 等 1991]、*Chaetoceros simplex* [Thompson 等 1990],而 $C_{22,6\omega_3}$ 含量则随着光强的减弱而减少,绿光等边金藻(*Isochrysis galbana* Green)就具有这种规律[Renaud 等 1991]。而在等鞭藻3011中 $C_{20,5\omega_3}$ 、 $C_{22,6\omega_3}$ 均随着光照强度的增大而增大,绿色巴夫藻 $C_{20,5\omega_3}$ 的含量随光强的增大而增大,但 $C_{22,6\omega_3}$ 在光强变化时,含量变化却很小。光照周期对微藻生长、脂肪合成的影响与光照强度有着密切的关系,也受温度及其它环境因子的影响。一般地,同种藻类在某一温度条件下,每天吸收总光能的最大值是相当恒定的。如果光照强度弱,则需要光照时间长才能吸收到总光能的最大值。相反,如果光照强度高,所需的时间就短。绿色巴夫藻在20℃时,无论是生长、总脂肪还是 ω_3 -PUFA的合成,都需要较强的光照强度和较长的光照时间。

等鞭藻3011含有较多的 ω_9 系列的脂肪酸,绿色巴夫藻则含该系列的脂肪酸相对较少,这在李荷芳和周汉秋[1999]的研究中也有相似的报告。等鞭藻3011的脂肪酸中含有EPA和DHA,与Renaud和Parry[1994]、Kjell等[1997]的结果相同,但Brown等[1997]、华雪铭等[1998]均没有测到EPA。在鱼体的脂肪酸合成途径中, ω_9 、 ω_6 、 ω_3 系列的脂肪酸只能是相应的高度不饱和脂肪酸(HUFA),而不能是其它系列[许振英等 1994]。所以藻类所含的 ω_9 系列的脂肪酸含量,必然影响它们所含的鱼类必需脂肪酸的组成和含量。因此根据鱼虾蟹贝等幼体的必需脂肪酸的需求量,严格地选择某种或某些微藻相互搭配作为鲜活饵料,将极大地促进幼体的生长。众所周知, ω_3 -PUFA尤其是EPA、DHA是微藻作为生物饵料的重要成分, ω_3/ω_6 也是衡量微藻营养价值的重要指标[Zhou 等 1998]。在生物体中, $C_{18,3\omega_3}$ 可以转化为EPA或DHA,EPA也可转化为DHA,但过多的 $C_{18,2\omega_6}$,有可能抑制 $C_{18,3\omega_3}$ 转化成DHA[朱燕华 1996]。另外,微藻 ω_3/ω_6 的大小受温度、光照强度、光照周期等单因素的影响,温度和光照的合理搭配对 ω_3/ω_6 也有很大的影响。因此,优选出适宜的温度和光照条件,使微藻内的 ω_3/ω_6 适宜于水产动物幼体的生长和发育,是亟待解决的问题之一。

综上所述,温度和光照是影响绿色巴夫藻和等鞭藻3011脂类营养价值的重要环境因子,在鱼虾蟹贝的苗种生产中,只有合理地选择温度和光照,才能保证提供密度高、质量好的微藻饵料。

参 考 文 献

- 马志珍. 1987. 牟氏角毛藻大量培养的研究. I 温度对藻生长的影响. 海洋湖沼通报, 3:52~55
朱燕华. 1996. 机能性油脂简介. 食品工业, 28(11):37
华雪铭, 陈 鹏, 周洪琪等. 1998. 盐度对微藻的生长、总脂肪含量以及脂肪酸组成的影响. 上海水产大学学报, 7(增刊):

- 许振英, 张子仪(主编). 1994. 动物营养研究进展. 北京: 中国农业科技出版社. 50
- 李荷芳, 周汉秋. 1999. 海洋微藻脂肪酸组成的比较研究. 海洋与湖沼, 30(1): 34~39
- 李文权, 蔡阿根, 王 充等. 1994. 光合营养盐对三角褐指藻生化组成的影响. 中国环境科学, 14(3): 185~189
- 杨庆育. 1988. 温度对一些浮游植物中脂肪酸组成的影响. 海洋与湖沼, 19(5): 439~446
- 周洪琪, Renaud S M, Parry D L 等. 1996. 温度对新月菱形藻、铲状菱形藻和靶夫藻的生长、总脂肪含量以及脂肪酸组成的影响. 水产学报, 20(3): 235~240
- 姜 悦, 陈 峰, 梁世中. 1997. 利用海洋微藻培养生产 ω -3 多不饱和脂肪酸. 海洋科学, (6): 18~20
- 潘瑞炽, 汪正瑄, 董愚得. 1960. 植物生理学. 北京: 高等教育出版社, 27~32
- Brown M R, Jeffrey S W, Volkman J K, et al. 1997. Nutrition properties of microalgae for mariculture. *Aquac*, 151: 315~331
- Kjell I R, Jose R R, Gunvor ø ie et al. 1997. A review of the nutritional effects of algae in maine fish larvae. *Aquac*, 155: 207~221
- Renaud S M, Parry D L. 1994. Microalgae for use in tropical aquaculture I ;Effect of salinity on growth, gross chemical composition and fatty acid composition of three species of marine microalgae. *J Appl Phycol*, 6: 347~356
- Renaud S M, Parry D L, Luong-V T. 1991. Effect of light intensity on the proximate biochemical and fatty acid composition of *Isochrysis* sp and *Nannochloropsis oculata* for use in tropical aquaculture. *J Appl Phycol*, 3: 43~53
- Thompson P A, Harrison P J, Whyte J N C. 1990. Influence of irradiance on the fatty acid composition of phytoplankton. *J Phycol*, 26: 278~288
- Zhou H Q, Hua X M, Yi C P, et al. 1998. Unsaturated fatty acids and utilization of microalgae. Proceedings of the Fourth International Symposium on the efficient application and preservation of Marine. *Biological Resources*, 69~77

EFFECT OF TEMPERATURE AND ILLUMINATION ON THE MICROALGAE'S GROWTH, TOTAL LIPID AND FATTY ACID COMPOSITION

HUA Xue-Ming, ZHOU Hong-Qi

(Fisheries College, SFU, 200090)

DING Zhuo-Ping

(College of Food Science, SFU, 200090)

ABSTRACT The influence of temperature, light period and light intensity on growth, total lipid and fatty acid composition of *Pavlova viridis* was conducted with temperature gradient, repeated experiment of other two factors respectively, and that of *Isochrysis galbana* 3011 was conducted with orthogonal experiment of above three factors. The results showed that temperature 20°C, light intensity 120.19 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ and light period L:D=16:8 was the optimum culture condition for *I. galbana* 3011. The *P. viridis* were suitable to grow at 15~30°C. But it could grow faster and produce more lipid and EFA at 20°C, 96.15 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, L:D=18:6. The ω 3/ ω 6 of the two microalgae was synthetically affected by environmental factors.

KEYWORDS *Pavlova viridis*, *Isochrysis galbana* 3011, temperature, illumination, growth, total lipid, fatty acid