



한국 해남 양식장에서 홍조 잇바디돌김의 성장기 아미노산과 광합성 색소 성분 조성

최 성 제†

(전라남도 해양수산과학원)

Composition of Amino Acid and Photosynthesis Pigment on Growing Season of *Pyropia dentata* (Rhodophyta) in Haenam, Korea

Sung-Je CHOI†

(Jeollanamdo Maritime & Fisheries Institute)

Abstract

To study the effects of marine environmental on thallus of *Pyropia dentata* (Rhodophyta), I analyzed water temperature, salinity and water quality at the Haenam aquafarm in southern coast of Korea from September to December, 2016. Composition of amino acid and photosynthesis pigment on growing season of *P. dentata* were studied. Thallus samples were collected at the aquafarm in October and November. Mean water temperature and salinity ranged from 23.11 to 10.93°C and 30.89 to 32.53 psu, respectively. Dissolved total nitorgen (DTN), dissolved total phosphorus (DTP), total nitrogen (TN), total phosphorus (TP) and chemical oxygen demand (COD) ranged from 0.108~0.282 mg/L, 0.004~0.017 mg/L, 0.164~0.399 mg/L, 0.007~0.021 mg/L and 0.900~1.500 mg/L, respectively. Concentration of DTN, DTP, TN, TP were highest in September and were lowest in November. Proximate composition, amino acid and photosynthetic pigment with *P. dentata* sampled from aquafarm in October and November were analyzed. Contents of moisture and crude protein, crude lipid, crude ash, carbohydrate were 11.05±0.04, 34.52±0.61, 0.09±0.01, 20.03±0.18, 34.31±0.67% in October and 14.21±0.21, 27.91±1.41, 0.38±0.09, 12.18±0.28, 45.32±1.69% in November. Photosynthetic pigment of Chl. *a*, PE and PC concentration of *P. dentata* thalli were 1.609±0.074, 7.848±3.990, 4.288±1.934 mg/g in October and 0.145±0.013, 6.081±0.393, 3.902±0.227 mg/g in November. The pigment concentration was relatively high in October than November. Total amino acid contents were 24,860.00±911.76 mg/100g in October and 21,039.55±825.53 mg/100g in November. Free amino acid contents were 2,310.52±177.93 mg/100g in October and 2,474.87±141.43 mg/100g in November. These results show that proximate composition, photosynthetic pigment content and amino acid content of *P. dentata* are affected by changes in marine environment seasonally.

Key words : *Pyropia dentata*, Cultivation, Marine environment, Amino acid, Pigment concentration

I. 서론

김은 홍조식물문, 김파래목, 김속에 속하는 해

조류로서 우리나라에는 16종이 보고되고 있다 (Lee & Kang, 2002). 이 중 잇바디돌김(*Pyropia dentata*)은 한국, 일본, 타이완에 분포하고(Hwang,

† Corresponding author : 061-532-8501, csjchoi@korea.kr

* 이 논문은 국립수산물과학원 연구교습어장연구비(2016년)에 의해 연구되었음.

1994; Miura & Aruga, 1987; Gall et al., 1993), 주로 조간대 상부 바위 위에 서식한다(Kim, 2011; Brodie et al., 1998). 대부분 자웅이주이고 드물게 자웅동주이며, 엽체 가장자리에 거치를 가지고 있다(Miura, 1988; Hwang, 1994; Kikuchi, 2006; Kim, 2011). 잇바디돌김은 남서해안에서 조기산 돌김으로 양식되고 있고, 방사무늬김에 비해 맛, 향 및 식감이 좋아 가격이 높다(Kim, 2011; Lee & Yoon, 2006; Moon et al., 1995).

잇바디돌김의 양식 및 육종에 관한 연구는 실내배양(Kim, 1999; Notoya et al., 1993), 교잡(hybrid) (Kim, 2011), 염색체(chromosome) (Yabu, 1971), 18S rDNA 염기서열분석(sequence analysis) (Jin et al., 2002), RAPD를 이용한 유전 분석(genetic analysis) (Choi, 1999; Lee & Yoon, 2006), 원형질체 분리와 배양(Gall et al., 1993) 등이 있다.

김 양식은 기상요인(기온, 강우, 바람)과 해양환경요인(수온, 유속, 비중, 영양염류)에 따라 생산량이 크게 영향을 받는다(Hong et al., 1987; Kwon et al., 2013). 김 양식장 해양환경 조사에 관한 연구는 광양만 김 생산과 양식어장 환경과의 관련 연구(Hong et al., 1987), 낙동강 하구의 김 생산량 변화에 미치는 해양환경과 기상요인에 관한 연구(Kwon et al., 2013), 양식 방사무늬김에 영향을 미치는 해양환경 특성(Kim et al., 2012), 서해산 돌김의 육종학적 연구(Song, 1994) 등이 있다.

또한, 영양성분과 광합성색소 분석 연구로는 생산지역에 따른 미네랄과 영양평가(Jung et al., 2016), 생산시기별 영양성분 분석(Song, 2011; Shin et al., 2013), 시판 건조김의 영양성분 분석(Kim et al., 2014), 마른김의 생리활성 및 아미노산 분석(Lee et al., 2012), 김의 광합성 색소 연구(Hwang et al., 2010) 등이 보고되어 있다.

이처럼 김 양식장의 어장환경이나 엽체의 영양 성분 분석 연구는 주로 방사무늬김에 대해 보고되어 있고, 잇바디돌김에 대해서는 거의 연구가

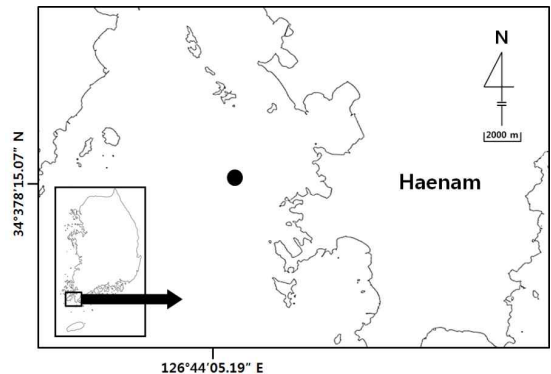
되어 있지 않다.

본 연구에서는 월별로 해남 양식어장의 수온, 염분농도와 질소, 인산의 변화량을 분석하고, 잇바디돌김 엽체의 일반성분, 광합성 색소, 아미노산, 유리아미노산을 측정하여, 해양환경에 따른 엽체 성분조성의 변화를 알아보고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시험양식

본 연구의 실험재료는 진도군 의신면에서 채집한 잇바디돌김 모조에서 유도한 유리사상체를 이용하였다. 유리사상체 1 g당 100상자를 기준으로 세단하여 패각에 잠입시켰다. 패각사상체는 6개월 배양한 후 9월에 양식어장으로 옮겨 채묘하였다. 시험양식은 9월에서 12월까지 3개월간 해남군 송지면 어장에서 부류식 방법으로 실시하였다([Fig. 1]). 엽체는 10월과 11월 각 1회씩 채취하여 성분분석에 이용하였다.



[Fig. 1] Map showing the sampling site of *Pyropia dentata* aquafarm at Haenam, south sea of Korea.

2. 해양환경 조사

양식장의 해양환경조사를 위해 해수는 월 1회 양식장에서 채수하였다. 화학적산소요구량(Chemical Oxygen Demand, COD)은 과망간산칼륨

(KMnO₄)으로 측정하였고, 용존 총 질소(Dissolved Total Nitrogen, DTN), 용존 총 인(Dissolved Total Phosphorus, DTP), 총 질소(Total Nitrogen, TN), 총 인(Total Phosphorus, TP)은 Automatic water analyzer(SYNCA, Bltec, Japan)으로 분석하였다. 수온과 염분농도는 수질측정기(556, Yellow Spring Instrument, USA)를 이용하여 월 3회 이상 측정하여 평균으로 표시하였다.

3. 일반성분 분석

일반성분 분석을 위하여 업체는 김 양식장에서 월 1회 채취하여 수세와 건조 후 분쇄하여 사용하였다. 일반성분 분석은 A.O.A.C(Association of Official Analytical Chemists, 1980) 방법에 따라 수분함량은 105℃, 6시간 건조법으로, 조단백질은 원소기(Flash 2000, Thermo Scientific, USA)를 이용하였으며, 조지방은 Soxhle 법으로 분석하였다. 탄수화물은 100에서 수분, 조지방, 조회분, 조단백질 값을 제한 값으로 하였다.

4. 아미노산 분석

총아미노산은 시료 0.1 g을 18 mL test tube에 칭량하여 6N HCl 5 mL를 가하여 감압, 밀봉한 후 110℃로 setting된 heating block에 24시간 이상 가수분해 시켰다. 가수분해가 끝난 시료는 50℃에서 rotary evaporater로 산을 제거한 후 sodium dilution buffer로 10 mL 정용한 다음, 이 중 1 mL를 취하여 0.2 μm membrane filter 로 여과시켜 자동분석기(S433-H, Sykam, Germany)로 정량하였다.

유리아미노산은 시료 1 g을 칭량하고 증류수 20 mL을 가하여 30℃에서 130 rpm으로 1시간 동안 추출하였다. 추출이 끝난 시료는 rotary evaporater로 증류수를 제거한 후 lithium citrate buffer(0.12N, pH 2.2) 10 mL로 정용하였다. 정용 후 sulfosalicylic acid 0.2 g을 첨가하여 4℃에서 1시간 방치하였다. 방치가 끝난 시료는 0.2 μm membrane filter로 여과하고 이 중 1 mL를 lithium

citrate buffer(0.12N, pH 2.2)와 혼합하여 적절한 농도로 희석한 후 그 중 1 mL를 취하여 자동분석기(S430, Sykam, Germany)로 정량하였다. 총아미노산과 유리아미노산 분석 조건은 <Table 1>과 같다.

<Table 1> Operating conditions of amino acid auto analyzer

	Amino acid	Free amino acid
Instrument	S433-H	S430
Column	Cation separation column	
	LCA K06/Na	LCA K07/Li
Column size	4.6×150 mm	4.6×150 mm
Column temperature	57-74℃	37-74℃
Flow rate	buffer 0.45 mL/min, reagent 0.25 mL/min	
Buffer pH	3.45-10.85	2.90-7.95
Wavelength	440 nm and 570 nm	

5. 광합성색소 분석

광합성색소 분석은 Chlorophyll *a*는 80% 아세톤으로 용출시켜 663 nm에서 측정하였고, Phycoerythrin(PE)과 Phycocyanin(PC)는 증류수로 용출시켜 565 nm와 615 nm에서 흡광도를 측정 후 Hwang et al.(2010) 방법에 따라 계산하였다.

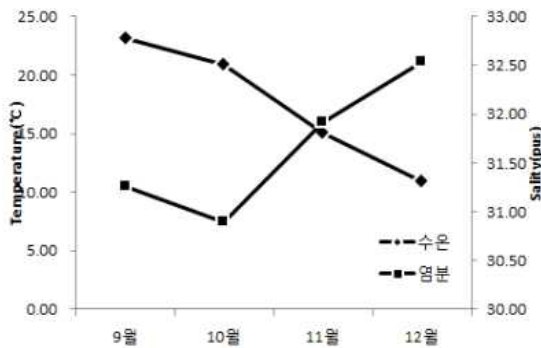
Ⅲ. 결 과

1. 해양환경

시험 양식장의 평균 수온과 염분농도는 [Fig. 2]에 나타내었다. 수온은 9월 23.11℃, 10월 20.94℃, 11월 15.09℃, 12월 10.93℃였고, 월별 수온차는 11월에 5.85℃로 가장 큰 차이를 보였다. 염분농도는 9월 31.26 psu, 10월 30.89 psu, 11월 31.91 psu, 12월 32.53 psu 였다.

수질분석 결과는 <Table 2> 에 나타내었다. DTN은 9월 0.282 mg/L, 10월 0.241 mg/L, 11월 0.108 mg/L, 12월 0.170 mg/L로 평균 0.200 mg/L

였다. DTP는 9월 0.012 mg/L, 10월 0.017 mg/L, 11월 0.004 mg/L, 12월 0.005 mg/L로 평균 0.010 mg/L였다. TN은 9월 0.399 mg/L, 10월 0.263 mg/L, 11월 0.164 mg/L, 12월 0.193 mg/L로 평균 0.255 mg/L였다. TP는 9월 0.021 mg/L, 10월 0.019 mg/L, 11월 0.007 mg/L, 12월 0.006 mg/L으로 평균 0.013 mg/L였다. COD는 9월 1.500 mg/L, 10월 0.900 mg/L, 11월 1.200 mg/L, 12월 1.000 mg/L으로 평균 1.150 mg/L였다.



[Fig. 2] Change of temperature and salinity at aquafarm of *Pyropia dentata* from September to December in 2016.

<Table 2> Monthly mean values of dissolved total nitrogene(DTN), dissolved total phosphorus(DTP), total nitrogen(TN), total phosphorus(TP) in the surface water on *Pyropia dentata* aquafarm from September to December in 2016(mg/L)

	DTN	DTP	TN	TP	COD
September	0.282	0.012	0.399	0.021	1.500
October	0.241	0.017	0.263	0.019	0.900
November	0.108	0.004	0.164	0.007	1.200
December	0.170	0.005	0.193	0.006	1.000
Average	0.200	0.010	0.255	0.013	1.150

2. 일반성분

잇바디돌김의 일반성분에 관한 결과는 <Table

3>에 나타내었다. 잇바디돌김의 수분은 10월 11.05±0.04%에서 11월 14.21±0.21%로 증가하였다. 조단백질은 10월 34.52±0.61%에서 11월 27.91±1.41%로 감소하였다. 조지방은 10월 0.09±0.01%에서 11월 0.38±0.09%로 증가하였다. 조회분은 10월 20.03±0.18%에서 11월 12.18±0.28%로 감소하였다. 탄수화물은 10월 34.31±0.67%에서 11월 45.32±1.69%로 증가하였다.

<Table 3> Proximate composition of *Pyropia dentata* in October and November in 2016(%)

	Oct.	Nov.
Moisture	11.05±0.04 ¹⁾	14.21±0.21
Crude protein	34.52±0.61	27.91±1.41
Crude lipid	0.09±0.01	0.38±0.09
Crude ash	20.03±0.18	12.18±0.28
Carbohydrate	34.31±0.67	45.32±1.69

¹⁾Values are mean±SD (n=3)

3. 광합성색소

김 엽체의 월별 색소함량은 <Table 4>에 나타내었다. Chl. a 함량은 10월 1.609±0.074 mg/g에서 11월 0.145±0.013 mg/g로 감소하였다. PE는 10월 7.848±3.990 mg/g에서 11월 6.081±0.393 mg/g로 감소하였다. PC는 10월 4.288±1.934 mg/g에서 11월 3.902±0.227 mg/g로 감소하였다.

<Table 4> Content of Chlorophyll a, Phycoerythrin, Phycocyanin of *Pyropia dentata*(mg/g)

	October	November
Chlorophyll a(Chl. a)	1.609±0.074 ¹⁾	0.145±0.013
Phycoerythrin(PE)	7.848±3.990	6.081±0.393
Phycocyanin(PC)	4.288±1.934	3.902±0.227

¹⁾Values are mean±SD (n=3)

4. 아미노산

김 엽체의 월별 총아미노산 함량은 <Table 5>에 나타내었다. 총아미노산 함량은 10월

24,860.00 mg/100g, 11월 21,039.55 mg/100g이었다.

10월의 주요 총아미노산 함량은 alanine (3,730.91 mg/100g)이 가장 많았고, glutamic acid (3,098.17 mg/100g)이 다음으로 많았으며, aspartic acid(2,570.47 mg/100g), leucine(1,921.68 mg/100g), glycine(1,564.50 mg/100g), valine(1,542.52 mg/100g) 순이었다. 11월 주요 총아미노산 함량도 alanine(3,079.30 mg/100g)이 가장 많았고, glutamic acid(2,553.82 mg/100g)이 다음으로 많았으며, aspartic acid(2,200.56 mg/100g), leucine(1,612.57 mg/100g), glycine(1,403.30 mg/100g), valine (1,334.38 mg/100g) 순이었다. 이들 6종의 10월과 11월 총아미노산이 전체 총아미노산의 63.89%와 63.82%를 차지하였다.

<Table 5> Total amino acid contents of *Pyropia dentata* in October and November, 2016(mg/100g)

Amino acid	October	November
Aspartic acid	2,570.47±84.96 ¹⁾	2,200.56±77.41
Threonine	1,391.81±37.74	1,233.31±46.41
Serine	1,354.66±34.80	1,127.77±41.58
Glutamic acid	3,098.17±112.77	2,553.82±109.34
Proline	1,114.98±50.78	971.54±16.61
Glycine	1,564.50±34.13	1,403.30±49.99
Alanine	3,730.91±124.85	3,079.30±123.95
Cystine	129.10±10.97	174.28±28.62
Valine	1,542.52±79.24	1,334.38±77.10
Methionine	454.40±32.71	296.86±32.34
Isoleucine	962.18±48.41	780.02±41.78
Leucine	1,921.68±69.14	1,612.57±76.84
Tyrosine	747.35±26.31	651.88±37.82
Phenylalanine	972.19±31.82	843.19±33.47
Histidine	517.52±28.41	389.08±22.15
Lysine	1,332.98±75.54	1,144.31±69.99
Arginine	1,454.57±73.12	1,243.36±90.67
Total	24,860.00±911.76	21,039.55±825.53

¹⁾Values are mean±SD (n=3)

김 엽체의 월별 유리아미노산 함량은 <Table 6> 에 나타내었다. 전체 유리아미노산 함량은 10

<Table 6> Free amino acid contents of *Pyropia dentata* in October and November, 2016(mg/100g)

Amino acid	October	November
Phosphoserine	16.96±1.57 ¹⁾	25.68±1.60
Taurine	710.78±41.20	811.94±38.29
Aspartic acid	25.44±2.34	34.80±1.65
Threonine	15.77±1.34	31.09±1.86
Serine	8.86±1.59	12.55±0.87
Asparagine	62.31±3.33	106.46±4.36
Glutamic acid	252.39±19.25	318.85±21.56
Proline	67.80±11.49	15.00±1.57
Glycine	20.17±2.22	12.47±0.82
Alanine	1,007.98±75.42	966.05±59.11
Valine	13.83±1.18	29.74±1.94
Methionine	4.39±0.48	3.98±0.32
Cystathionine	13.97±2.64	2.94±0.51
Isoleucine	7.39±1.38	16.02±0.88
Leucine	24.26±3.35	31.85±1.73
Tyrosine	7.36±0.82	11.89±1.46
Phenylalanine	7.27±0.97	9.93±0.47
γ-amino-n-butyric acid	13.42±0.97	7.49±0.22
Histidine	2.10±0.28	3.56±0.16
Ornithine	1.86±0.35	2.65±0.64
Lysine	4.63±1.17	3.85±0.43
Ethanolamine	3.39±0.61	1.64±0.08
Arginine	18.20±3.97	14.43±0.89
Total	2,310.52±177.93	2,474.87±141.43

¹⁾Values are mean±SD (n=3)

월 2,310.52 mg/100g, 11월 2,474.87 mg/100g이었다. 10월의 유리아미노산 함량은 alanine(1,007.98 mg/100g)이 가장 많았고, taurine(710.78 mg/100g)이 다음으로 많았으며, glutamic acid(252.39 mg/100g)과 Proline(67.80 mg/100g), Asparagine (62.31 mg/100g) 순이었다. 11월 유리아미노산 함량도 alanine(966.05 mg/100g)이 가장 많았고, taurine(811.94 mg/100g)이 다음으로 많았으며, glutamic acid(318.85 mg/100g), aspartic acid(34.80 mg/100g), leucine(31.85 mg/100g) 순이었다. 이들 5종의 10월과 11월 아미노산이 전체 유리아미노

산의 90.94%와 91.72%를 차지하였다.

IV. 고찰

남해안에서의 잇바디돌김 양식은 보통 9월 초순 채묘하여 10월 중순부터 11월 중순까지 1~2회 채취하고 갯병이나 해양환경의 변화로 인해 엽체가 대부분 탈락하거나 고사한다. 김 양식장에서 어장환경요인의 변화는 김의 생육과 생산량에 민감하게 영향을 준다(Hong et al., 1987; Kwon et al., 2013). 본 연구의 잇바디돌김 양식어장 해양 환경조사에서 수온은 지속적으로 하강하는데 비해, DTN, DTP, TN, TP 값은 9월과 10월에 증가하다가 11월에 감소하였고, 12월에 다시 증가하였다. 반대로 COD 값은 9월에서 10월에 감소하다가 11월에 증가하였고, 12월에 다시 감소하는 경향을 보였다(Fig. 2] and <Table 2>). 11월 조사에서 DTN이 영양염류 중 가장 많이 감소하였고, TN, TP, DTP 순으로 감소하여 질소 성분이 인 성분보다 더 많은 감소를 보였다. 질소와 인 성분은 김 성장부진과 엽체 변색의 주된 원인으로 보고되고 있는데(Yoon, 2014; Hong et al., 1987; Tada et al., 2010; Kwon et al., 2013), 실제로 2016년 11~12월 남해안 김 양식장에서 해수중 질소와 인 성분 감소로 인해 황백화가 발생하였다.

시험양식장에서 10월과 11월에 채취한 잇바디돌김의 일반성분, 광합성색소, 총아미노산 및 유리아미노산 함량 변화를 조사하기 위해 성장(10월)중인 엽체와 어기 말 쇠퇴(11월) 시기의 엽체를 비교하였다(<Table 3, 4, 5>). Song(2011)과 Shin et al.(2013)은 시기별 방사무늬김 일반성분 조사 결과, 양식 초기(11월)에서 어기 말(익년 3월)로 갈수록 단백질 함량이 감소하였고, 지방은 증가한 것으로 보고하여 본 연구에서 잇바디돌김 엽체가 끝녹음이 일어나는 11월과 같은 결과를 보였다. Jung et al.(2016)은 전남 장흥 물김 분석

에서 탄수화물, 단백질, 수분, 회분, 지방 순으로 함유량이 많은 것으로 보고하여 본 연구와 같은 결과를 보였지만, An & Koo(2017)는 충남 서천 물김 분석결과에서 단백질, 탄수화물, 회분, 수분, 지방 순으로 함유된 것으로 보고하여 본 연구와 다른 결과를 보였다. 이는 해역별, 시기별 해양환경의 차이로 김 엽체를 구성하는 일반성분의 조성은 조금씩 달라질 수 있음을 가리킨다.

본 연구의 10월과 11월 총아미노산 분석에서 alanine이 가장 높게 나타났고, 다음은 glutamic acid, aspartic acid, leucine 순으로 나타났다. Shin et al.(2013)은 같은 시기에 alanine, glutamic acid, arginine, aspartic acid, leucine 순으로 나타났다고 보고하여 큰 차이는 없었다. 본 연구에서 10월과 어기 말 현상으로 보였던 11월의 총아미노산 함량을 비교해 보면, cystine 만이 증가하였고 그 외 모든 아미노산 함량은 감소하였다. 그러나 함량 차이는 크지 않아 전체적인 총아미노산의 월별 차이는 없었다. Shin et al.(2013)의 방사무늬김 연구에서 11월과 익년 3월을 비교에서도 모든 아미노산이 낮게 나타나 어기 말로 갈수록 아미노산 함량이 줄어드는 것을 알 수 있었다.

유리아미노산의 10월과 11월 함량을 비교하면, taurine이 가장 많이 증가하였고, glutamic acid, asparagine, valine, threonine 순이었다. 반면에 proline, alanine, cystathionine, glycine, γ -amino-n-butyric acid 순으로 많이 감소하였다. 즉, 단맛을 내는 alanine, glycine 등의 함량은 감소하고, 감칠맛을 내는 glutamic acid 함량은 증가한 것으로 나타났다. 그러나 Park et al.(2001)은 방사무늬김의 성장기(1월)와 어기 말(4월) 비교에서 alanine과 taurine이 감소하였고, glutamic acid와 glycine은 증가한다고 보고하였다. 이는 김 채취 시기별로 아미노산의 함량이 달라질 수 있고, 재배지역, 양식방법의 차이에 따라 함량이 달라질 수 있다고 사료된다(Shin et al., 2013).

김의 색소는 주색소인 Chl. a와 보조색소인 phycoerythrin(PE)과 phycocyanin(PC), carotenoid로

구성되어 있다. 본 연구의 잇바디돌김 분석 결과와 Hwang et al.(2010)이 실내배양한 야생형 참김의 광합성색소 분석 결과를 비교해 보면, Chl. *a* 함량은 10월, 11월 모두에서 낮았지만, PE와 PC 함량은 모두 높게 나타났다. 또한, Song(2011)은 월별로 충남 4개 지역 방사무늬김 광합성색소 분석에서 여기 초(11월)에서 여기 말(익년 3월)로 갈수록 Chl. *a* 함량은 높았고 PE와 PC 함량은 낮았다고 보고하였지만, 본 연구의 잇바디돌김에서는 Chl. *a*, PE, PC 모두 낮게 나타나 다른 결과를 보였다.

결과적으로, 잇바디돌김의 양식시기인 10월에서 11월로 갈수록 해수 내 질소와 인 성분이 적어지면서 엽체의 광합성색소 Chl. *a*, PE, PC의 함량이 감소되고 에너지원 생성이 감소됨으로써 생리적 기능 저하로 인해 엽체의 활력이 떨어져 결국 엽체 끝녹음이 일어나는 것으로 사료된다.

잇바디돌김을 남해안에서 부류식으로 양식하였을 때 11월에 생산이 종료되는 이유는 10월과 11월에는 해양 환경과 기상 상황이 급격히 변하는 시기로 수질의 변화도 커서 엽체의 활력이 떨어진 상태에서 붉은갯병 등 각종 병해가 많이 출현하는 시기이기 때문으로 생각해 볼 수 있다.

최근 우리나라의 김 수출이 급격히 증가하고 있는 가운데 앞으로 양식초기 김 가격의 안정화와 품질 좋은 김을 지속적으로 공급하기 위해서는 잇바디돌김의 안정적인 생산 증대가 요구되고 있어, 이에 대한 더 많은 연구가 필요하다.

References

An, S. R. and Koo, J. G.(2017). Properties of porphyran and hemicellulose extracted with different extract solutions and enzymatic pretreatments from *Porphyra*. Korean Society Fisheries and Science Education, 29(1), 108~117.
 A.O.A.C.(1980). Official Method of Analysis. 13th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. USA.

Brodie, J. · Hayes, P. K. · Barker, G. L. · Irvine, L. M. and Bartsch, I.(1998). A reappraisal of *Porphyra* and *Bangia* (Bangioophycidae, Rhodophyta) in the northeast atlantic based on the rbcL - rbcS intergenic spacer. Journal of Phycology, 34, 1069~1074.
 Choi, S. J.(1999). Random Amplified Polymorphic DNA Variation of *Porphyra dentata* in the Southern West Coast of Korea (Bangiales, Rhodophyta). M.S. thesis, Yosu National University, 59 pp.
 Gall, E. A. · Chiang, Y. M. and Kloareg, B.(1993). Isolation and regeneration of protoplasts from *Porphyra dentata* and *Porphyra crispata*. European Journal of Phycology, 28, 277~283.
 Hong, J. S. · Song, C. B. · Kim, N. G. · Kim, J. M. and Huh, H. T.(1987). Oceanographic conditions in relation to laver production in Kwangyang bay, Korea. Korean Journal of Fisheries and Aquatic science, 20(3), 237~247.
 Hwang, M. S.(1994). A Taxonomic Study on the Genus *Porphyra* (Bangiales, Rhodophyta) in Korea. Ph.D. thesis, Seoul National University, 277 pp.
 Hwang, M. S. · Kim, S. O. · Lee, Y. S. · Park, E. J. · Kim, S. C. · Ha, D. S. · Gong, Y. G. · Baek, J. M. and Choi, H. G.(2010). Isolation and characterization of pure lines of pigmentation and morphological mutants in *Porphyra tenera* Kjellman (Bangiales, Rhodophyta). Korean Journal of the Fisheries and Aquatic Sciences, 43(5), 495~502.
 Jin, L. G. · Kim, M. S. · Cho, J. Y. · Jin, H. J. and Hong, Y. K.(2002). Sequence analysis of nuclear 18S rDNA from *Porphyra dentata* (Rhodophyta) in Korea. Journal of Life Science, 12(4), 427~432.
 Jung, S. M. · Kang, S. G. · Lee, H. J. · Son, J. S. · Jeon, J. H. and Shin, H. W.(2016). Proximate composition and mineral content, amino acid of laver based on culture areas. Korean Journal of Environment and Ecology, 30(1), 93~103.
 Kikuchi, N.(2006). Studies on the Morphology and Life History of Bangioophycidae (Rhodophyta) from Japan. Ph.D. thesis. Yosu National University, 230 pp.

- Kim, J. B. · Lee, W. C. · Hong, S. J. · Shim, J. H. · Park, J. I. · Park, J. H. and Lee, E. G.(2012). Relationship between environmental characteristics and pigment composition and concentrations of *Porphyra yezoensis* Ueda in the southwestern coast of the Korean peninsula. Korean journal of environmental biology, 30(3), 200~209.
- Kim, K. W. · Hwang, J. H. · Oh, M. J. · Kim, M. Y. · Choi, M. R. and Park, W. M.(2014). Studies on the major nutritional components of commercial dried lavers (*Porphyra yezoensis*) cultivated in Korea. Korea Society of Food Preservation, 21(5), 702~709.
- Kim, N. G.(1999). Culture studies of *Porphyra dentata* and *P. pseudolinearis* (Bangiales, Rhodophyta), two dioecious species from Korea. Hydrobiologia, 398, 127~135.
- Kim, N. G.(2011). Culture study on the hybrid by interspecific crossing between *Porphyra pseudolinearis* and *P. dentata* (Bangiales, Rhodophyta), two dioecious species in culture. Algae, 26, 79~86.
- Kwon, J. N. · Shim, J. H. · Lee, S. Y. and Cho, J. D.(2013). Effects of meteorological and oceanographic properties on variability of laver production at Nakdong river estuary, south coast of Korea. Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 46(6), 868~877.
- Lee, H. J. · Choi, J. I. and Choi, S. J.(2012). Physiological activities and amino acid compositions of Korean dried laver *Porphyra* products. Korean Journal of Fisheries and Aquatic science, 45(5), 409~413.
- Lee, J. H. and Yoon, J. M.(2006). Genetic differences and variations in two *Porphyra* species (Bangiales, Rhodophyta). Journal of Aquaculture, 19(2), 67~76.
- Lee, Y. P. and Kang, S. Y.(2002). A Catalogue of the Seaweeds in Korea. Jeju University, 662 pp.
- Miura, A.(1988). Taxonomic studies of *Porphyra* species cultivated in Japan, referring to their transition to the cultivated variety. Journal of the Tokyo University of Fisheries, 75, 311~325.
- Miura, A. and Aruga, Y.(1987). Distribution of *Porphyra* in Japan as affected by cultivation. Journal of the Tokyo University of Fisheries, 74: 41~50.
- Moon, C. I. · Kim, G. J. · Lee, S. D. · Chung, Y. K.(1995). Studies on characteristics of wild laver, *Porphyra* spp. growing on rocks in Korea (I). Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency, 49, 127~140.
- Notoya, M. · Kikuchi, N. · Matsuo, M. · Aruga, Y. and Miura, A.(1993). Culture studies of four species of *Porphyra* (Rhodophyta) from Japan. Nippon Suisan Gakkaishi, 59(3), 431~436.
- Park, C. K. · Park, C. H. · Park, J. N.(2001). Extractive nitrogenous constituents of dried laver, *Porphyra yezoensis*. Journal of Korean Fisheries society, 34(4), 394~402.
- Shin, D. M. · An, S. R. · In, S. K. and Koo, J. G.(2013). Seasonal variation in the dietary fiber, amino acid and fatty acid contents of *Porphyra yezoensis*. Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 46(4), 337~342.
- Song, H. E.(2011). Nutritional Components of Laver Produced in Seocheon Area, Chungnam Province. Kunsan National University, M.S. thesis, 41 pp.
- Song, H. I.(1994). Fundamental Breeding Studies for the Cultivation of Wild *Porphyra* in the Western Coastal Areas of Korea. Ph.D. Thesis, Wonkwang University, Korea.
- Tada K. · Fujiwara, M. and Honio, T.(2010). Water quality and nori (*Pophyra*) culture in the Seto inland sea. Bunseki Kagaku, 59, 945~955.
- Yabu, H.(1971). Observation on chromosomes in some species of *Porphyra* II. Bulletin of the Faculty of Fisheries, Hokkaido University, 21, 253~258.
- Yoon, Y. H.(2014). Marine environments and production of laver farm at Aphae-do based on water quality and phytoplankton community. Korean Journal of Environmental Biology, 32(3), 159~167.

• Received : 14 May, 2018

• Revised : 25 July, 2018

• Accepted : 01 August, 2018