

*Haematococcus pluvialis*로부터 *Haematococcus* 추출물 제조 공정에서 효소 처리가 추출 효율과 항산화 활성에 미치는 영향

인만진^{1*}

Effect of Enzyme Treatments on the Extraction Efficacy and Antioxidant Activity of *Haematococcus* Extract from *Haematococcus pluvialis*

Man-Jin In^{1*}

요 약 우수한 항산화제로 알려진 astaxanthin을 함유한 *H. pluvialis* 균체로부터 작용기작이 상이한 exo형과 endo형의 단백질 분해 효소와 복합 다당류 분해 효소를 이용하여 식품용 *haematococcus* 추출물을 효율적으로 제조할 수 있는 방법을 조사하였다. 상업용 단백질 분해 효소로는 Alcalase (endo형)와 Flavourzyme (exo형)을 복합 다당류 분해 효소로는 Viscozyme을 사용하였다. 단백질 분해 효소는 endo형과 exo형을 병용하는 것이 추출물의 astaxanthin 함량을 증가시켰다. Viscozyme과 함께 2종류의 단백질 분해 효소를 사용하는 경우에는 Alcalase와 Flavourzyme을 병용하여 1차로 처리한 후 Viscozyme을 2차로 사용하는 2단계 가수분해 방법이 적절하였다. 이 조건에서 astaxanthin 함량은 효소를 사용하지 않은 대조구에 비하여 320% ($529 \mu\text{g/g} \rightarrow 2,256 \mu\text{g/g}$) 이상 향상되었다. 또한 DPPH법으로 조사한 항산화 활성은 astaxanthin 함량에 비례하여 증가하였으며, 1차로 Alcalase와 Flavourzyme을 병용하여 처리한 후 2차로 Viscozyme을 사용하는 조건에서 가장 우수하였다.

Abstract An efficient production method of food-grade *haematococcus* extract was developed based on stepwise enzymatic hydrolysis. In the first step, *Haematococcus pluvialis* cells hydrolysis carried out with commercially available exopeptidase(Flavourzyme) and endopeptidase (Alcalase), resulted in increased astaxanthin content. In the second step, proteolytic hydrolyzed *H. pluvialis* cells treated with hetero-polysaccharides hydrolytic enzyme (Viscozyme). By two-stage treatments using Alcalase and Flavourzyme and Viscozyme, the highest astaxanthin content was obtained. The astaxanthin content was remarkably enhanced by 320% ($529 \mu\text{g/g} \rightarrow 2,256 \mu\text{g/g}$) than that of the non-treated extract. And then, antioxidative activities determined by DPPH method were increased with increasing the astaxanthin content in *haematococcus* extract prepared by enzymatic hydrolysis.

Key Words : Alcalase, astaxanthin, Flavourzyme, *haematococcus* extract, Viscozyme

1. 서론

천연의 주황색 혹은 붉은색 색소 성분인 astaxanthin(3,3'-dihydroxy- β , β '-carotene-4,4'-dione)은 ketocarotenoid로 polyisoprenoid와 benzenoid ring의 결합체이며 vitamin C나 α -tocopherol보다 항산화력이 500-1000배 우수하여 면역 증강, 항암, 시력 보호 등 여러 가지 가능성이 입증되었으며 의약품, 화장품, 식품, 사

료 등의 첨가물로 활용이 기대되고 있는 물질이다[1-3]. Astaxanthin을 제조하는 방법은 화학적 합성법, 갑각류 껍질로부터 추출법, 붉은 효모인 *Phaffia rhodozyma*와 미세조류인 *Haematococcus pluvialis*를 배양한 후 추출하는 방법이 있다[4]. 화학적으로 합성된 astaxanthin은 생체 이용률과 안정성이 낮으며, 게나 새우 껍질에서 추출된 astaxanthin은 추출은 용이하나 불순물 함량이 높아 사용상의 제한이 있다. 또한 *P. rhodozyma*는 astaxanthin 생산

¹청운대학교 식품영양학과

접수일 08년 12월 02일

수정일 09년 01월 02일

*교신저자: 인만진(manjin@chungwoon.ac.kr)

게재확정일 09년 01월 16일

량이 적으며 생체 이용률이 낮은 3R, 3'R form만을 생산하므로 사료용으로만 이용되고 있다. *H. pluvialis*는 현재까지 가장 효율적인 astaxanthin의 생산 원료로 astaxanthin 함량이 1.5-3% 수준으로 다른 원료에 비해 높고, 생체 내에서 안정성이 우수하며 생체 이용률이 높은 3S, 3'S form를 생산하는 장점이 있다[5,6]. *H. pluvialis*는 녹색의 단세포 조류로 외부 환경에 따라 편모가 있는 영양 세포(green vegetable cell)와 운동성이 없는 포낭 세포(red cyst cell)로 구분된다. 외부 환경 조건이 열악해지면 녹색의 영양 세포들은 적색의 포낭 세포로 전환되며 이때 astaxanthin이 다량 축적된다[7].

H. pluvialis 균체로부터 astaxanthin을 얻는 방법은 유기용매 추출법과 초임계 CO₂로 추출하는 방법이 보고되어 있다[8-10]. 초임계 추출법은 추출 효율이 높으나 특별한 추출 장비가 필요하며, 유기용매 추출법에서 식품 첨가물로 사용할 수 있는 용매는 주정(95% ethanol)과 acetone 뿐이므로 비극성 용매의 사용에 비하여 추출 효율이 낮은 단점이 있다. 그러나 용매 추출법으로 식품용 astaxanthin 제조시 *H. pluvialis* 균체에 복합 다당류 분해 효소와 단백질 분해효소를 순차적으로 처리하는 것이 추출 효율 향상에 효과적인 것으로 보고되어 있다[11]. 본 연구에서는 작용 기작이 상이한 두 종류 단백질 분해 효소를 사용하여 제조한 haematococcus 추출물에서 효소처리 조건에 따른 astaxanthin 함량과 항산화 활성의 변화를 조사하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 실험 재료

Astaxanthin 추출 원료인 *H. pluvialis* 균체는 Parry Nutraceutical사(Oonaiyur, India)의 제품이었으며, 복합 다당류 분해효소인 Viscozyme과 단백질 분해 효소인 Alcalase, Nutrase, Flavourzyme은 Novozyme사(Bagsvaerd, Denmark)에서 구입하였다. 그 밖의 모든 시약은 1급 이상의 것을 사용하였다.

2.2 Haematococcus 추출물 제조

2.2.1 One-stage 효소 처리

H. pluvialis 균체 분말 0.5 g을 증류수 40 ml에 현탁한 후, 0.1 N NaOH로 현탁액의 pH를 pH 7.0으로 맞추고 단백질 분해 효소인 Alcalase를 0.02 g, Flavourzyme을 0.06 g 첨가하였다. 효소를 첨가한 현탁액을 50°C에서 2시간 동안 진탕 반응시킨 다음 3000 x g로 10분간 원심분리하여 상등액은 버리고 침전물을 acetone으로 추출하였다.

2.2.2 Two-stage 효소 처리

One-stage 효소 처리 단계에서 2시간 동안 반응시킨 반응액의 pH를 0.1 N HCl로 pH 4.5로 낮춘 후 복합 다당류 분해효소인 Viscozyme을 0.02 g 첨가하고 50°C에서 2시간 동안 반응시켰다. 반응액을 원심분리하여 상등액은 버리고 침전물을 acetone으로 추출하였다.

2.3 항산화 활성 측정

효소 처리 후 acetone으로 추출한 haematococcus 추출물의 항산화 활성은 DPPH radical의 소거활성으로 Blois의 방법을 변형하여 다음과 같이 측정하였다[12]. 추출물 0.2 ml에 0.2 mM DPPH 용액 0.4 ml와 에탄올 0.8 ml를 가한 후, vortex mixer로 10초간 혼합하고 30분 후 분광광도계(UV-1201, Shimadzu, Kyoto, Japan)로 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 추출물의 전자공여능은 시료 첨가구와 비첨가구의 흡광도 차이를 백분율(%)로 구하였다.

2.4 분석 방법

효소 처리하여 제조한 침전물의 astaxanthin 함량은 cholesterol esterase를 처리하여 ester형의 astaxanthin을 유리 상태로 전환시킨 후 petroleum ether로 회수하고 methanol에 용해시킨 다음 HPLC(Agilent 1100, Agilent Technologies Inc., Santa Clara, CA)로 분석하였다[13]. Methanol에 용해시킨 시료는 초음파 처리(75 min, 40 kHz; Power sonic 510, Hwashin, Korea)하여 준비하였으며 Apollo C18 column(5 μ, 4.6 x 250 mm, Alltech Associates Inc., Deerfield, IL)과 UV 검출기(474 nm)를 사용하여 분석하였다. 용매로는 95%(v/v) methanol을 1 ml/min의 유속으로 사용하였다[14]. 또한 추출 수율은 기존의 방법[15]과 동일하게 고형분 회수율(solid recovery)로 나타내었으며 원료로 사용한 *H. pluvialis* 균체 분말과 효소 처리 후 원심분리로 얻은 침전물을 동결 건조한 건조물의 중량비로 계산하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 One-stage 효소 처리

Astaxanthin의 추출 원료로 사용되는 *H. pluvialis* 균체는 열악한 외부 환경조건에서 세포벽이 매우 두꺼워지며 세포내 astaxanthin을 다량 축적한 적색의 포낭 세포이므로[7] 세포벽을 효과적으로 분해하는 것은 astaxanthin의 함량이 높은 haematococcus 추출물 제조에 매우 중요하다. 그러므로 세포벽 분해효소와 함께 단백질 분해효소의

처리조건에 관한 연구는 필수적이다. *H. pluvialis* 균체로부터 astaxanthin 추출에 적합한 상업용 단백질 분해효소를 선별한 기존의 보고[11]에 근거하여 추출물의 astaxanthin 함량 향상에 효과적인 Alcalase와 수용성 성분을 제거시켜 고형분 회수율 감소에 효과적인 Nutrase를 선택하여 연구를 진행하였다. 또한 endo형 단백질 분해 효소인 Alcalase, Nutrase와는 작용 기작이 상이한 exo형의 단백질 분해 효소인 Flavourzyme을 동시에 처리하는 연구를 수행하였다.

H. pluvialis 균체 현탁액에 Alcalase, Nutrase, Flavourzyme을 각각 그리고 endo형과 exo형의 조합으로 두 종류 효소를 동시에 처리한 후 원심분리로 상등액을 제거한 다음 침전물의 astaxanthin 함량과 고형분 회수율을 분석하였다. 두 종류 효소 처리시 Alcalase와 Flavourzyme의 조합은 pH 7.0에서, Nutrase와 Flavourzyme의 조합은 pH 6.0에서 각각 반응시켰다[표 1].

[표 1] 단백질 분해 효소 처리의 영향

Treatment	Solid recovery ¹⁾ (%)	Astaxanthin content ¹⁾ (μ g/g)
No treatment	78.36 \pm 1.73	529 \pm 50
A ²⁾	66.43 \pm 0.99	1527 \pm 250
N ³⁾	66.68 \pm 1.04	838 \pm 9
F ⁴⁾	73.67 \pm 1.52 ⁵⁾	1109 \pm 48 ⁵⁾
A+F	58.07 \pm 0.38	1981 \pm 26
N+F	66.42 \pm 3.23	1491 \pm 102

¹⁾ Data are shown as means \pm SD (n=3).

²⁾ A: Alcalase

³⁾ N: Nutrase

⁴⁾ F: Flavourzyme

⁵⁾ Taken from In *et al.* [11].

단백질 분해 효소로 처리한 모든 경우 *H. pluvialis* 균체에서 수용성 성분이 제거되어 효소 처리 후 고형분 회수율이 낮아졌으며 상대적으로 지용성 성분인 astaxanthin의 함량이 증가되었다. 단일 효소 처리의 경우 기존의 결과[11]와 유사하게 astaxanthin 함량은 Alcalase, Flavourzyme, Nutrase 순으로 감소하였다. 또한 endo형 효소와 exo형 효소를 동시에 처리한 경우 endo형 혹은 exo형 효소를 단일 처리한 경우보다 astaxanthin 함량은 30-80% 향상되었다. 특히 Alcalase와 Flavourzyme을 병용한 경우를 효소를 사용하지 않은 대조구와 비교하면 astaxanthin 함량은 250% (529 μ g/g \rightarrow 1,981 μ g/g) 이상 향상되었다. 이는 *H. pluvialis* 균체에서 효율적으로 astaxanthin을 추출할 수 있는 처리 방법임을 의미한다.

단백질 분해 효소의 처리는 *H. pluvialis* 세포벽에 존재하는 것으로 알려진[16] 163종의 단백질에 작용하여 세포벽의 분해에 기여하며, 특히 exo형 단백질 분해 효소는 단백질을 아미노산 단위로 분해시켜 저분자화함으로써 astaxanthin의 추출에 도움이 되는 것으로 사료된다. 이러한 결과는 효모 추출물과 heme-iron을 제조하기 위하여 효모와 헤모글로빈을 endo형 효소와 exo형 효소를 동시에 사용하여 가수분해시켜 가수분해도를 향상시킨 보고 [17,18]와 매우 유사한 것이다.

3.2 Two-stage 효소 처리

Astaxanthin의 추출효율을 향상시키기 위하여 *Haematococcus pluvialis*로부터 astaxanthin 추출에 효과적인 것으로 보고[11]된 복합 다당류 분해 효소인 Viscozyme과 단백질 분해 효소인 Alcalase와 Flavourzyme의 병용 효과를 조사하였다. Viscozyme은 *Aspergillus aculeatus* 기원의 arabanase, cellulase, hemicellulase, xylanase, β -glucanase를 함유한 복합 효소 제제로 포낭 세포의 단단한 세포벽 분해에 효과적인 것으로 판단된다. 반응 최적 pH가 4.5인 Viscozyme을 반응 최적 pH가 6.0-7.0인 Alcalase, Flavourzyme과 동시에 처리하는 것보다 2단계로 반응시키는 연구를 수행하였다. 2단 반응에서 효소처리 순서가 haematococcus 추출물의 고형분 회수율과 astaxanthin 함량에 미치는 효과를 조사하였다[표 2].

[표 2] 2단계 효소 처리의 영향

Treatment	Solid recovery ¹⁾ (%)	Astaxanthin content ¹⁾ (μ g/g)
No treatment	78.36 \pm 1.73	529 \pm 50
A \rightarrow V ²⁾	51.22 \pm 0.62 ³⁾	1986 \pm 70 ³⁾
A+F \rightarrow V	53.28 \pm 1.55	2256 \pm 94
V \rightarrow A+F	58.06 \pm 0.62	1435 \pm 42
V \rightarrow A	56.12 \pm 0.51	2280 \pm 19
A \rightarrow V \rightarrow F	47.45 \pm 2.83	1463 \pm 4

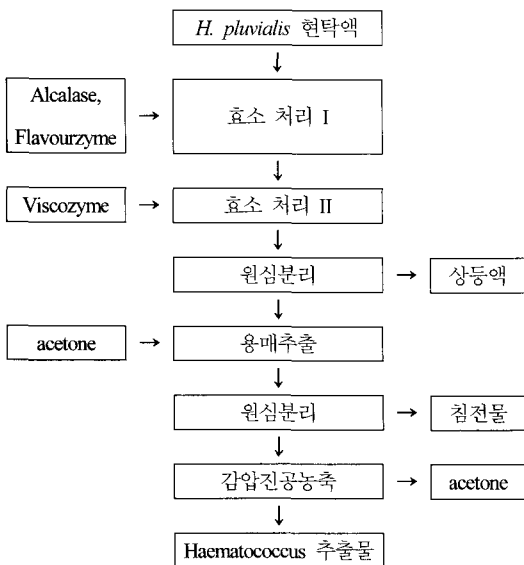
¹⁾ Data are shown as means \pm SD (n=3).

²⁾ V: Viscozyme

³⁾ Taken from In *et al.* [11].

전체적으로 Viscozyme을 추가로 사용하여 2단계로 가수분해시킨 결과 Alcalase 혹은 Alcalase와 Flavourzyme을 처리한 조건보다 높은 astaxanthin 함량과 낮은 고형분 회수율을 보였다. 특히하게 Viscozyme을 1차로, Alcalase와 Flavourzyme을 병용하여 2차로 처리한 경우에는 astaxanthin 함량이 감소하였다. 세 종류의 효소

(Viscozyme, Alcalase, Flavourzyme)를 사용하는 조건에서는 Alcalase와 Flavourzyme을 병용하여 1차로 처리한 후 Viscozyme을 2차로 사용하는 것이 바람직하였다. 이때 효소를 사용하지 않은 대조구와 비교하면 astaxanthin 함량은 320% (529 µg/g → 2,256 µg/g) 이상 향상되었다. 또한 Viscozyme과 Alcalase만을 사용하는 조건에서는 기존의 결과[11]와 동일하게 Viscozyme, Alcalase의 순서로 사용하는 것이 효율적이었으며 astaxanthin 함량은 Alcalase와 Flavourzyme을 병용하여 1차로 처리한 후 Viscozyme을 2차로 사용하는 경우와 유사하였다. *H. pluvialis* 포낭 세포에서 astaxanthin의 추출효율을 향상시키기 위하여 세포벽 분해 효소로 처리하는 결과가 보고 [19]되어 있으나, 본 연구에서는 단백질 분해 효소, 특히 작용 기작이 상이한 두 종류 효소를 추가로 처리하면 추출 효율이 더욱 향상되는 것으로 조사되었다. 본 연구에서 1차로 Alcalase와 Flavourzyme을 2차로 Viscozyme을 처리한 경우 *H. pluvialis* 세포가 astaxanthin을 1.5~3% (w/w) 수준으로 축적한다는 결과[20]를 기준하면 astaxanthin 추출 수율은 7~15% 정도로 낮다. 그러나 이는 효소 처리 후 acetone으로 1회 추출하여 효소 처리의 효과를 확인한 결과이므로 추후 acetone을 사용한 추출 조건에 관한 연구가 필요한 것으로 사료된다. 이상의 결과로부터 단백질 분해 효소와 복합 다당류 분해 효소를 사용하여 astaxanthin을 다량 함유하는 식품용 *haematococcus* 추출물을 제조하기 위한 기초적인 process diagram을 제안하면 [그림 1]과 같다.

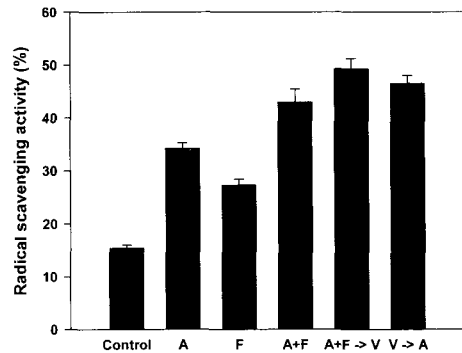


[그림 1] *Haematococcus* 추출물을 제조하기 위한 기초적인 process diagram

3.3 항산화 활성

효소 처리 방법에 따라 제조된 침전물의 acetone 추출물에 대하여 항산화 활성을 DPPH를 이용한 전자공여능으로 조사하였다. DPPH법은 안정한 자유 라디칼인 DPPH가 수소 공여체와 반응하는 능력을 원리로 측정하는 방법으로, 항산화 물질에 의해 환원되어 탈색되므로 항산화 성분의 활성을 측정할 때 널리 사용된다[12].

DPPH 라디칼에 대한 전자 공여 활성을 [그림 2]에 나타내었다. Alcalase와 Flavourzyme을 병용하여 1차로 처리한 후 Viscozyme을 2차로 사용하는 경우 전자공여능은 49.23% 가장 우수하였으며, 효소를 사용하지 않은 대조구(15.41%)와 비교하면 크게 향상되었다. 이는 astaxanthin 함량의 증가에 기인하는 것으로 판단된다. 모든 조건에서 전자공여능은 [표 1]과 [표 2]에 제시된 astaxanthin 함량과 일치하는 경향이였다. 즉, astaxanthin 함량이 증가하면 전자공여능도 증가하였다. 이는 astaxanthin의 강력한 항산화력에 기인하는 것이며, 단백질 분해 효소, 특히 작용기작이 상이한 두 종류 효소와 복합 다당류 분해 효소를 순차적으로 처리하면 추출 효율이 더욱 향상됨을 나타내는 결과이다.



[그림 2] 효소 처리 방법에 따른 acetone 추출물의 라디칼 소거 활성의 변화

4. 결론

우수한 항산화제로 알려진 astaxanthin을 함유한 *H. pluvialis* 균체로부터 단백질 분해 효소와 복합 다당류 분해 효소를 이용하여 식품용 *haematococcus* 추출물을 효율적으로 제조할 수 있는 방법을 조사하였다. 특히 작용 기작이 상이한 exo형과 endo형의 단백질 분해 효소와 복합 다당류 분해 효소의 처리 순서를 통하여 효율적인 *haematococcus* 추출물의 제조 공정을 제시하였다. 상업

용 단백질 분해 효소로는 Alcalase (endo형)와 Flavourzyme (exo형)을 복합 다당류 분해 효소로는 Viscozyme을 사용하였다. 단백질 분해 효소는 endo형과 exo형을 병용하는 것이 추출물의 astaxanthin의 함량을 증가시켰다. Viscozyme과 함께 단백질 분해 효소를 사용하는 경우에는 Alcalase와 Flavourzyme을 병용하여 1차로 처리한 후 Viscozyme을 2차로 사용하는 2단계 가수분해 방법이 적절하였다. 이 조건에서 astaxanthin 함량을 효소를 사용하지 않은 대조구와 비교하면 320% (529 μ g/g \rightarrow 2,256 μ g/g) 이상 향상되었다. 또한 DPPH법으로 조사한 각 효소 처리구의 항산화활성은 astaxanthin 함량에 비례하여 증가하였으며, 1차로 Alcalase와 Flavourzyme을 병용하여 처리한 후 2차로 Viscozyme을 사용하는 조건에서 가장 우수하였다.

참고문헌

- [1] Guerin, M., Huntley, M. E. and Olaizola, M. (2003) *Haematococcus* astaxanthin: applications for human health and nutrition. Trends Biotechnol. 21, 210-216.
- [2] Kobayashi, M., Kakizono, T., Nishio, N., Nagai, S., Kurimura, Y. and Tsuji, Y. (1997) Antioxidant role of astaxanthin in the green algae *Haematococcus pluvialis*. Appl. Microbiol. Biotechnol. 48, 351-356.
- [3] Jyonouchi, H., Sun, S., Iijima, K., and Gross, M. (2000) Antitumor activity of astaxanthin and its mode of action. Nutr. Cancer 36, 59-65.
- [4] Higuera-Ciapara, I., Felix-Vanlenuela, L. and Goycoolea, F. M. (2006) Astaxanthin: a review of its chemistry and applications. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 46, 185-196.
- [5] Schroeder, W. A., and Johnson, E. A. (1993) Antioxidant role of carotenoids in *Phaffia rhodozyma*. J. Gen. Microbiol. 39, 907-912.
- [6] Orosa, M., Franqueira, D., Cid, A. and Abalde, J. (2005) Analysis and enhancement of astaxanthin accumulation in *Haematococcus pluvialis*. Bioresource Technol. 96, 373-378.
- [7] Kobayashi, M., Kurimura, Y., Kakizono, T., Nishio, N. and Tsuji, Y. (1997) Morphological changes in the life cycle of the green algae *Haematococcus pluvialis*. J. Ferment. Bioeng. 84, 94-97.
- [8] Kang, C. D. and Sim, S. J. (2007) Selective extraction of free astaxanthin from *Haematococcus* culture using a tandem organic solvent system. Biotechnol. Prog. 23, 866-871.
- [9] Valderrama, J. O., Perrut, M. and Majewski, W. (2003) Extraction of astaxanthin and phycocyanine from microalgae with supercritical carbon dioxide. J. Chem. Eng. Data 48, 827-830.
- [10] Machmudah, S., Shotipruk, A., Goto, M., Sasaki, M. and Horose, T. (2006) Extraction of astaxanthin from *Haematococcus pluvialis* using supercritical CO₂ and ethanol entrainer. Ind. Eng. Chem. Res. 45, 3652-3657.
- [11] In, M. -J., Choi, J. -H., Kim, S., Chae, H. J. and Kim, D. H. (2008) Enhanced extraction of astaxanthin from *Haematococcus pluvialis* using enzyme treatment. J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem. 51, 247-249.
- [12] Blois, M. S. (1958) Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature 181, 1199-1203.
- [13] Orosa, M., Franqueira, D., Cid, A. and Abalde, J. (2005) Analysis and enhancement of astaxanthin accumulation in *Haematococcus pluvialis*. Bioresource Technol. 96, 373-378.
- [14] Kim, S., Cho, E., In, M. -J. and Chae, H. J. (2008) Extraction and analysis of astaxanthin from *Haematococcus pluvialis* using sonication. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 37, 1363-1368.
- [15] In, M. -J., Jang, J. E. and Kim, D. H. (2007) Enhancing extraction yield of chlorella extract by enzyme treatment. J. Appl. Biol. Chem. 50, 132-135.
- [16] Wang, S. -B., Hu, Q., Sommerfield, M. and Chen, F. (2004) Cell wall proteomics of the green algae *Haematococcus pluvialis*(*Chlorophyceae*). Proteomics 4, 692-708.
- [17] Chae, H. J., Joo, H. and In, M. -J. (2001) Utilization of brewer's yeast cells for the production of food-grade yeast extract. Part 1: effects of different enzymatic treatments on solid and protein recovery and flavor characteristics, Bioresource Technol., 76, 253-258.
- [18] In, M. -J., Chae, H. J. and Oh, N. -S. (2002) Process development for heme-enriched peptide by enzymatic hydrolysis of hemoglobin. Bioresource Technol. 84, 63-68.
- [19] Kobayashi, M., Kurimura, Y., Sakamoto, Y. and Tsuji, Y. (1997) Selective extraction of astaxanthin and chlorophyll from the green algae *Haematococcus pluvialis*. Biotechnol. Tech. 11, 657-660.
- [20] Park, E. -K., Seo, M.-W. and Lee, C. -G. (2001) Effects of medium compositions for the growth and the astaxanthin production of *Haematococcus pluvialis*. Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol. 29, 227-233.

인 만 진(Man-Jin In)

[정회원]



- 1985년 2월: 서울대학교 농화학
과 (농학사)
- 1987년 2월: 서울대학교 농화학
과 (농학석사)
- 1997년 2월: 서울대학교 농화학
과 (농학박사)
- 1999년 9월 ~ 현재 : 청운대학
교 식품영양학과 부교수

<관심분야>

건강 기능성 식품 및 그 소재