

송충이 단백질의 아미노산과 지방산 조성에 대한 연구

차월석 · 신주연 · *김연순

조선대학교 공과대학 화학공학과, *조선대학교 사범대학 가정교육과

Studies on the Compositions of Amino acid and Fatty acid of Pine caterpillar(*Dendrolimus spectabilis*)

Wol Suk Cha, Ju Yun Shin and *Youn Soon Kim

Dept. of Chemical Engineering, Chosun University

*Dept. of Home Economics Education, College of Education, Chosun University

ABSTRACT

The compositions of amino acid in the protein and total fatty acid of *Dendrolimus spectabilis* were analyzed quantitatively by HPLC and GC, respectively. The contents of crude oil and protein from the extracts were 21.00% and 58.47%, respectively. The amount of free amino acids in the protein was 3.65 g/100 g, and 1.31 g/100 g of essential amino acids were contained in the free amino acids. The amount of total amino acids in the protein was 41.20 g/100 g, and 14.75 g/100 g of essential amino acids were contained in the total amino acid. The compositions of fatty acid in the oil were $C_{18} = 26.81\%$, $C_{16} = 19.09\%$, $C_{18:1} = 18.74\%$, $C_{18:3} = 15.33\%$, $C_{16:1} = 7.29\%$, $C_{20} = 5.21\%$ in order, respectively. 45.88% of unsaturated fatty acids were contained in the oil.

서 론

송충이(Pine caterpillar, *Dendrolimus spectabilis*)는 松蟲, 松枯蟲으로 부르기도하며, 나비목(目) 솔나방과(科)의 유충으로 길이가 약 60~80mm이고, 온몸에 털이 있으며, 빛은 흑갈색이다(1). 성충은 7월 말~8월 초경에 연 1회 발생하며, 유충은 낙엽밑 또는 소나무 껍질의 틈에서 월동을 한 후 3~4월 경에 나와 몇 번 탈피를 하고, 노숙 유충이 되어 6월에 고치를 짓고, 적송, 흑송, 낙엽송등 소나무류의 잎을 먹는 산림해충으로 한국·일본·중국·시베리아·유럽등 전세계적으로 널리 분포되어 있다(2).

산림해충인 송충이에 대한 연구로서는 柳등(3)이

솔나방의 변태에 따른 acid, alkaline phosphatase의 활성도 변화를 측정하였고, Yasushi(4)는 송충이의 배설물 안에 무기물인 인이 0.56~0.82ppm 함유되어 있다고 발표하였다. 또한 Isao(5)등은 송충이의 배설물로부터 polyester, fatty acid ester(palmitic acid ester), octacosanol, D-mannitol들을 추출해 냈으며, Lin등(6)에 의하면 송충이 번데기는 약 10% 정도의 총지방을 함유하고 있으며, 송충이 유지의 검화가는 190.60, 산가는 1.06이라 하였다.

솔잎을 먹고 사는 송충이는 성상이나 성장 과정이 누에 번데기와 비슷하다. 그리고 누에 번데기에 대하여 지방산 조성(7)과 Amino acid 조성(8)에 대하여 연구되어 있고, 송충이의 이화학적인 기초 연

구는 매우 빈약할 뿐이고, 곤충의 이용가치에서는 구황 식품으로서 연구할 필요성이 있다고 제시 되었다(9).

또한 최근에 세계 곤충 학자들은 곤충의 이용성에 서 송충이를 구이로 하여 시식하였는가 하면 그 영양가에 대해서도 높이 평가를 하였고, 콜롬비아에서는 송충이 구이를 판매하고 있다고 하였다.

그러므로 본 연구에서는 송충이의 지방산 조성 및 Amino acid의 조성을 분석 검토하여 사료 및 식품의 영양성과 약용성 연구에 기초자료로 이용할 수 있도록 하고자 한다.

재료 및 방법

시약 및 기기

시약은 triethylamine(TEA), phenylisothiocyanate(PITC), methylalcohol(HPLC용), *n*-heptane을 일본 동경화성의 특급 시약을 사용하였고, BF₃-MeOH은 Aldrich Co.의 특급 시약을 사용하였다.

분석 기기로 Liquid Chromatography는 Waters Associate Model M 441에 Young-In D 520 Integrator를 사용 하였다.

Gas Chromatography는 Varian Model 3400 에 4400 Integrator를 사용 하였다.

시료처리

본 실험에 사용한 송충이는 전남의 남해안 지역에서 서식하고 있는 성충을 채취하여 항온조에서 60°C로 6시간 동안 건조 하였으며, 조지방, 조단백질, 아미노산의 분석 시료는 50mesh 정도로 분쇄하여 사용 하였다.

조지방 함량

시료 1g을 취해 ethyl ether 용매를 사용하여 Soxhlet 장치로 24시간 동안 추출한 후 항온조에서 건조시켜 조지방 함량을 산출하였다.

조단백질 함량

A.O.A.C.(7.015 Micro Kjeldahl)법(10)에 의해 조작하고 질소 factor를 6.25로 하여 조단백질 함량을 구하였다.

유리 아미노산 분석

건조시켜 분쇄한 시료 2g을 75% ethanol 30ml로 수욕상에서 30분간 추출하여 냉각시킨 후 추출액을 모으고, 잔사에 다시 75% ethanol 20ml를 가하

여 30분간 수욕상에서 추출한 추출액을 합하여 수욕상에서 ethanol을 증발 제거하였다. 침전물을 여과하여 여액을 분액깔때기에 모아서 ethyl ether 20ml를 가해 ether 층을 분별 제거한 다음 비등 수욕상에서 약 1ml가 되도록 농축하고 냉각하여 pH 2.2 구연산 완충액을 가하여 25ml로 하였다(11). 이중 50 μ l를 취하여 PICO-TAG workstation에서 진공 건조한 후 MeOH:H₂O:TEA:PITC=7:1:1:1 v/v의 비로 혼합한 용액 20ml를 가하여 잘 혼합한 후 실온에 20분간 방치하여 유도체화를 시킨 다음 다시 PICO-TAG workstation에서 진공 건조 시키고 PICO-TAG 시료 희석액 250 μ l를 가했다(12). 이 용액을 Millex HA filter(Millipore Corp. Poresize:0.45 μ m)에 여과시켜 10 μ l를 취해 HPLC에 주입하여 PICO-TAG column을 이용하여 분석하였다.

총 아미노산 분석

건조시켜 분쇄한 시료 1g을 시험관에 넣고 6N-HCl 6ml를 가한후 N₂ gas로 7분간 충전 시켜 밀봉하고, sand bath를 이용하여 110 \pm 1°C로 24시간 가수분해 시킨 다음 실온에서 냉각한 후 0.2 μ m 여과지를 통해 침전물을 여과하였다. 이 여액을 비등 수욕상에서 농축하여 염산을 제거하고, pH 2.2 구연산 완충액 2ml를 가한다음(13) 시약조제 방법(12)으로 처리하였다. 이 용액을 Millex HA filter(Millipore Corp. Poresize:0.4 μ m)에 여과시켜 10 μ l를 취해 HPLC에 주입하여 PICO-TAG column을 이용하여 분석 하였다.

총 지방산 분석

A.O.C.S.법(14)에 따라 시료유 100mg을 취한 후 0.5N-KOH 4ml를 섞어 유지방울이 없어 질때까지 교반한 다음 실온으로 냉각시킨 후 14% BF₃-MeOH 5ml를 촉매로 하여 3분간 끓여 methylester화 하였다. 이 용액을 농축시킨 후 *n*-heptane 5ml를 가하고 1분간 더 끓인다음 포화 NaCl 용액 3ml를 가하여 잘 섞은 후 상등액 3ml를 시험관에 옮겨 무수 Na₂SO₄를 넣어 수분을 제거하였다. 잔사를 1ml의 ether로 용해시켜 5 μ l를 취해 GC에 주입하여 DB-WAX capillary column을 이용하여 분석 하였다.

결과 및 고찰

조지방 및 조단백질 함량

송충이의 조지방 및 조단백질의 분석 결과 조지방 함량은 21.00%로 누에 번데기(7) 37.56%보다는 적고, 굽벙이(8) 9.45%보다는 많이 함유되어 있었으며, 조단백질 함량은 58.47%로 누에 번데기(8) 46.63%, 굽벙이(8) 45.36%보다는 많이 함유되어 있음을 알 수 있었다.

유리 아미노산 조성

송충이의 유리 아미노산을 HPLC를 이용하여 분석한 결과 산출된 유리 아미노산 조성을 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Composition of free amino acid in *Dendrolimus spectabilis*.

Free amino acid	Contents(g /100 g)
Aspartic Acid (ASP)	0.13
Glutamic Acid (GLU)	0.49
Serine (SER)	0.26
Glycine (GLY)	0.15
Histidine (HIS)	0.07
Arginine (ARG)	0.33
*Threonine (THR)	0.23
Alanine (ALA)	0.59
Proline (PRO)	0.15
Tyrosine (TYR)	0.15
*Valine (VAL)	0.27
*Methionine (MET)	0.01
Cystine (CYS)	0.02
*Isoleucine (ILE)	0.19
*Leucine (LEU)	0.30
*Phenylalanine (PHE)	0.14
*Lysine (LYS)	0.17
*Tryptophan (TRY)	-
Total	3.65

*Essential amino acid

Table 1에서 보는 바와 같이 유리 아미노산의 총량은 3.65 g/100 g 이고, 조성 순서를 보면 ALA가 0.59 g/100 g 으로 가장 많이 함유되어 있고, GLU

가 0.49 g/100 g, ARG가 0.33 g/100 g, LEU가 0.30 g/100 g 의 순으로 함유되어 있고, 어류와 비교할 때 광어 어란의 0.58 g/100 g (17)보다 6~7배 정도 더 함유되어 있음을 알 수 있었다.

필수 아미노산은 총량이 1.31 g/100 g 으로서 유리 아미노산 총량의 35.89%를 차지하며, 광어 어란 (17) 0.25 g/100 g 보다 5~6배 정도 더 많이 함유되어 있음을 알 수 있었다. 이와같이 광어 어란 보다 송충이에서 많은량의 유리 아미노산이 함유되어 있는 것으로 보아 사료로서는 아주 좋다고 사료 된다.

총 아미노산의 조성

송충이에 대하여 총 아미노산을 분석한 결과 산출된 아미노산 조성을 Table 2에 나타냈다.

Table 2. Composition of total amino acid in *Dendrolimus spectabilis*.

Total amino acid	Contents(g /100 g)
Aspartic Acid (ASP)	3.94
Glutamic Acid (GLU)	5.75
Serine (SER)	3.52
Glycine (GLY)	2.43
Histidine (HIS)	1.75
Arginine (ARG)	2.70
*Threonine (THR)	2.19
Alanine (ALA)	3.14
Proline (PRO)	2.58
Tyrosine (TYR)	2.59
*Valine (VAL)	2.74
*Methionine (MET)	0.84
Cystine (CYS)	0.29
*Isoleucine (ILE)	2.01
*Leucine (LEU)	2.98
*Phenylalanine (PHE)	1.75
*Lysine (LYS)	2.24
*Tryptophan (TRY)	-
Total	41.20

*Essential amino acid

Table 2에서 보는 바와 같이 송충이의 총 아미노산 총량은 41.20 g/100 g 이고, 조성 순서를 보면 GLU가 5.75 g/100 g 으로 가장 많고, ASP가 3.94

g/100 g, SER가 3.52 g/100 g, ALA가 3.14 g/100 g, LEU가 2.98 g/100 g, VAL가 2.74 g/100 g의 순으로 함유되어 있으며, 총 아미노산 총량의 경우 누에 번데기(8) 41.58 g/100 g과 비슷하게 함유되어 있고, 굽벙이(8) 47.09 g/100 g보다 적게 함유되어 있으며, 어류인 광어 어란(17) 41.55 g/100 g과 비슷하게 함유되어 있음을 알 수 있었다.

그리고 Ress(18) 및 Moor등 (19)에 의하면 6N-HCl, 100°C로 24시간 비등 환류하여 가수 분해 시킬때 Threonine이 약 5.3%, Serine이 10.5%, 또 2시간 가수분해시 Cystine, Tyrosine은 약 50% 파괴 된다는 점과 Tryptophan 실험을 하지 않는 점을 감안 하였을 때 자연상태에서 protein 중의 아미노산 조성량은 실험치의 총량 보다 더 많이 함유되어 있을 것으로 생각된다.

총 아미노산중의 필수 아미노산 총량은 14.75 g/100 g으로 총 아미노산의 35.80%을 차지하며, 누에 번데기(8) 17.49 g/100 g, 굽벙이(8) 15.52 g/100 g보다 적게 함유하고 있으며, 어류인 광어 어란(17) 18.81 g/100 g보다 적게 함유되어 있음을 알 수 있었다.

총 지방산 조성

송충이의 총 지방산 조성을 알기 위해 Gas chromatography로 분석한 결과 산출된 지방산 조성을 Table 3에 나타냈다.

Table 3에서 보는 바와 같이 총 지방산의 함량 순서는 C₁₈=26.81%로 제일 많이 함유되고 있고, C₁₆=19.09%, C_{18:1}=18.74%, C_{18:3}=15.33%, C_{16:1}=7.29%, C₂₀=5.21%순으로 함유되어 있다.

그리고 미량이지만 돌고래, 인체, 미생물(T5), 표고 버섯(16)등의 유지에서만 발견된 탄소수 홀수 지방산 C₁₅=0.38%, C₁₇=0.48%, C₂₁=0.269%로 1.12%가 함유되어 있었고, 또한 불포화 지방산은 C_{16:1}=7.29%, C_{18:1}=18.74%, C_{18:2}=4.27%, C_{18:3}=15.33%, C_{20:4}=0.13%, C_{20:5}=0.12%로 함량이 45.88%이며, 누에 번데기(7) 52.40%, 굽벙이(8) 73.53%보다 적으나 본 시료유의 지방산중 불포화 지방산이 주종을 이루고 있으며, 불포화 지방산중 필수 지방산(Vitamin F)인 linoleic acid, linolenic acid, arachidonic acid가 19.73%로 누에 번데기(7) 19.10%와 비슷하고, 굽벙이(8) 39.61%보다 19.88% 적게 함유되어 있음을 알 수 있었다.

Table 3. Composition of total fatty acid in the oil of *Dendrolimus spectabilis*.

Fatty acid	Contents(%)
Myristic Acid(C ₁₄)	0.55
Unknown	0.21
Pentadecanoic Acid(C ₁₅)	0.38
Palmitic Acid(C ₁₆)	19.09
Palmitoleic Acid(C _{16:1})	7.29
Heptadecanoic Acid(C ₁₇)	0.48
Unknown	0.25
Stearic Acid(C ₁₈)	26.81
Oleic Acid(C _{18:1})	18.74
Linoleic Acid(C _{18:2})	4.27
Linolenic Acid(C _{18:3})	15.33
Arachidic Acid(C ₂₀)	5.21
Unknown	0.88
Heneicosanoic Acid(C ₂₁)	0.26
Arachidonic Acid(C _{20:4})	0.13
Eicosapentaenoic Acid(C _{20:5})	0.12

요 약

송충이의 유리 아미노산, 총 아미노산 조성과 총 지방산 조성을 규명하기 위해 Gas chromatography와 HPLC를 사용하여 분리 정량한 결과는 다음과 같다. 조지방 함량은 21.00%이고, 조단백질 함량은 58.47%로 조성되어 있다. 유리 아미노산의 총 함량은 3.65 g/100 g으로 조성되어 있으며, 유리 아미노산 중에서 필수 아미노산의 총 함량은 1.31 g/100 g으로 35.89%를 차지하고 있다. 총 아미노산의 총 함량은 41.20 g/100 g으로 조성되어 있으며, 총 아미노산 중에서 필수 아미노산의 총함량은 14.75 g/100 g으로 35.80%를 차지하고 있다. 총 지방산 조성은 C₁₈=26.81%로 제일 많이 함유되어 있고, C₁₆=19.09%, C_{18:1}=18.74%, C_{18:3}=15.33%, C_{16:1}=7.29%, C₂₀=5.21%순으로 함유되어 있고, 탄소수 홀수 지방산이 1.12% 함유되어 있으며, 불포화 지방산이 45.88%이고, 필수 지방산은 19.73%를 차지하고 있다.

참고 문헌

1. 河田黨(1985), 日本 幼蟲圖監, 三共 グラビア印刷 株式會社, 199.
2. 一色周知, 井上寛, 黒子浩(1973), 原色 日本 蛾類圖鑑(下), 保育社, 17.
3. 柳鍾鳴, 李敬魯(1973), *Korean J. Zoology*, **16** (2), 139~145.
4. W. Yasushi(1979), *Oyo Dobutsu Konchu Gakkaishi*, **23**(2), 117~118.
5. Y. Isao, S. Noboru(1972), *Nippon Nogei Kagaku Kaishi*, **46**(12), 669~673.
6. Lin Hsi Ch'un et al(1959), *K' un Ch' ung Chih Shih*, **3**, 104~105.
7. 김종균(1985), 조선대학교 산업 대학원 석사 학위논문.
8. 조성휴, 양성훈, 차월석(1983), 조선대학교 생산기술 연구, **83**-Ⅱ, 105~116.
9. 한국 과학기술 연구소 식량자원 연구실(1971), 한국 식품 문헌 총람, 서울, 한국식품 과학회, 328~329.
10. H. William(1980), "Official method of analysis of the Association of official analytical chemists", thirteenth, 15, 126, Association of analytical chemist, BOX 540, Benzamin franklin station Washington. DC 20044 U.S.A.
11. 波多野 博行(1964), アミノ酸 自動分析法, 日本, 化學同人, 79.
12. Waters Associates, Amino acid analysis system, operators manual, No. 07124 U.S.A. Waters Associates, 37~41(1983).
13. 波多野 博行(1964), アミノ酸 自動分析法, 日本, 化學同人, 63.
14. A.O.C.S, Official and Tentative Methods of A.O.C.S. 3rd Edition, A.O.C.S. Official Method Ce 1-62(1973).
15. 김동훈(1981), 식품화학, 서울 탐구당, 352~354.
16. T. Hideo(1985), *J. Korean Soc. Food Nutri.*, **14** (4), 419~427.
17. 김충모(1987), 조선대학교 산업 대학원 석사 학위논문.
18. M. W.Ress(1946), *J. Biochem.*, **40**, 639.
19. S. Moore(1960), "On the Determination of Cystine as Cysteic acid", *J. Biochem.*, **235**, 633.