

Allylisothiocyanate 첨가가 Aflatoxin 생성 곰팡이 대사산물의 생합성에 미치는 영향

강성조 · 여명재 · 이은일* · 송재영** · 정덕화

경상대학교 식품공학과

* 경상대학교 농학과

** 경상대학교 농어촌개발연구소

The Effects of Allylisothiocyanate on the Biosynthesis of Metabolites of Aflatoxigenic Mold

Sung-Jo Kang, Myeong-Jai Yea, Eun-Il Lee*, Jae-Young Song** and Duck-Hwa Chung

Dept. of Food Science & Technology, Gyeongsang National University

** Dept. of Agronomy, Gyeongsang National University*

*** The Institute of Agriculture and Fishery Development, Gyeongsang National University*

ABSTRACT

The effects of allylisothiocyanate on the biosynthesis of various fungus metabolites such as sterigmatocystin, lipid, protein, citrate RNA and AMP from the culture of *Aspergillus parasiticus* R-716 were investigated. The content of sterigmatocystin, the precursor of aflatoxin, was lower in the culture added with 50ppm allylisothiocyanate after 48 hours, however was rather higher after 144 hours compared to that of the control. The addition of allylisothiocyanate resulted in the increase of lipid, protein, RNA in mycelium and the content of citrate in the media, but the amount of AMP was low.

Key words: Allylisothiocyanate, *Aspergillus parasiticus*, Sterigmatocystin.

I. 서론

농산물에서의 곰팡이 독소 오염 방지는 독소 생성 곰팡이를 억제하는 일이며, 이것은 환경의 조절, 항곰팡이제의 사용 및 농산물이 가지는 자연적 저항인자의 이용이 효과적이며, 그 중 환경의 조절 및 항곰

팡이제에 의한 aflatoxin 생성억제에 관한 연구는 비교적 많이 되어왔다¹⁻²⁾. 최근 들어 약초류를 포함한 농산물이 함유하고 있는 특수성분이 미생물의 생육 및 곰팡이 독소와 같은 2차 대사산물의 축적을 억제하는 작용이 있음에 근거하여 이 분야에 관한 관심이 대두되기 시작하였다. 일찌기 Hoffman과

Evans³⁾는 cinnamic aldehyde와 eugenol이 상당한 효과가 있음을 인정하였고, Prasad 등⁴⁾에 의해 정향과 소금혼합물을 이용한 과일의 보존방법이 고안되었으며, Corran 등⁵⁾도 향신료와 식물정유가 식품 보존효과가 있음을 발표하였다. Bachmann 등⁶⁾은 마늘, 계피 등이 향신료로서 뿐만 아니라 보존료로서의 기능을 가지며, 특히 세균보다 곰팡이에 더 효과적인 항균작용이 있어 *Aspergillus*, *Alternaria*, *Penicillium* 속 등의 생육을 강하게 저해함을 인정하였고, Cavallito 등⁷⁾은 마늘의 allicin이 그람양성 및 음성균에 모두 효과가 있다고 하였다. 그 후 Virtanen 등⁸⁾도 세균에 대한 양과의 항균효과를 보고하였다. Mano Daiji⁹⁾도 마늘의 ethanol 추출물은 세균의 성장을 억제시킨 반면, ethanol에 용해되지 않은 부분은 저해효과가 없다고 하였다. 그 외 식물 특수성분을 이용한 Dold 등¹⁰⁾, Anderson 등¹¹⁾을 비롯하여 항균효과에 대한 많은 문헌이 있다¹²⁻¹⁴⁾.

곰팡이 독소 생성억제에 관한 연구로는 Swamianthan 등¹⁵⁾은 white potato에서 caffeic acid와 비슷하나, orthodihydroxy기가 없는 hydroxy-cinnamic acid가 *Aspergillus paraticus*의 생육 및 aflatoxin 생성에 대해 저해력이 높다고 했으며, Hitokoto 등¹⁶⁾은 후추의 chloroform 추출물과 고추가루가, Sharma 등¹⁷⁾은 양파추출물이, Nortowicz 등¹⁸⁾은 coffee bean에서 추출한 caffein이 각각 *Aspergillus flavus* 또는 *Aspergillus paraticus*의 aflatoxin생성을 억제한다고 보고하였다.

한편 국내에서의 연구를 보면 Crane 등¹⁹⁾이 한국인의 암 발생육에 대한 임상실험에서 간장과 된장에 aflatoxin의 존재 가능성을 시사한 이래, 유해곰팡이의 분리를 비롯한 aflatoxin에 대한 조사가 활발해졌고, 대두발효식품²⁰⁻²¹⁾, 변질미와 저장곡류²²⁾ 및 기타 식품²³⁻²⁴⁾에서 *Aspergillus flavus*를 포함한 독소 생성 곰팡이를 분리 동정하고 aflatoxin을 검출한 바 있다. 그리고 정 등²⁵⁾은 aflatoxin에 대한 γ -선 처리효과를, 오 등²⁶⁾은 메주 중 aflatoxin의 일광조사 영향을 보고하였고, 서 등²⁷⁾은 균들의 상호작용에 의한 aflatoxin 생성조건을 조사하였다. 그러나, 약초류의 효과에 관한 연구로는 인삼제품을 이용한 보고²⁸⁻²⁹⁾뿐이며, 특히 채소에 함유된 자연적 저항인

자에 의한 독소 생성 곰팡이의 생육 및 곰팡이 독소 생성 저해를 위한 연구는 부족한 실정이다. 이러한 실정을 감안하여 저자 등³⁰⁻³⁷⁾도 채소를 포함한 농산물의 특수성분이 미생물의 생육 및 유해 2차 대사산물의 축적에 미치는 영향에 관한 일련의 실험을 수행하고 있으며, 전보³⁸⁾에서는 각종 채소추출물 중 곰팡이 독소 생성균의 생육 및 aflatoxin 생성에 무우의 어떤 성분이 저해작용을 갖는지를 조사한 결과 allylisothiocyanate가 그 주요성분임을 밝힌 바가 있다.

본 연구에서는 allylisothiocyanate가 공시균인 *Aspergillus paraticus* R-716의 sterigmatocystin, 지질 및 단백질과 같은 각종 대사산물 생합성에 어떤 영향을 미치는지를 조사하여 그 결과를 보고하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

1. 공시균주

본 실험에 사용된 공시균주는 진주를 비롯한 서부경남 일원에서 수집한 균원시료로부터 분리하여 실험실에 보관 중인 aflatoxin 생성균 *Aspergillus parasiticus* R-716이었다. 또한 본 실험에 사용된 allylisothiocyanate, sterigmatocystin은 일본의 純正化學社에서 구입하였고 기타 시약은 특급시약을 사용하였다.

2. 포자현탁액 조제

공시균주를 glucose peptone agar (GPA) 사면배지에서 28°C, 8일간 3회 연속 계대배양시켜 충분히 활성화 시킨 후, 0.1% tween 80용액 1ml와 멸균수 5ml를 가한 다음, 충분히 진탕하여 포자를 씻어내어 적당량의 멸균수를 첨가하여, haematometer로 포자수를 $10^6 \sim 10^7$ /ml로 조정하여 포자현탁액을 조제하였다. 이 포자현탁액 0.5ml를 각 배지에 접종하였다.

3. 분리균주의 배양

Sterigmatocystin 생성배지인 SLS 배지³⁸⁾ 25ml를 300ml 삼각 flask에 넣고 살균한 다음, allyliso-

thiocyanate를 50ppm 첨가하고 상기의 포자 현탁액 0.5ml를 무균적으로 접종한 다음, 경시적으로 공기균의 생육 및 sterigmatocystin을 비롯한 각종 대사산물의 생성에 미치는 영향을 조사하였다.

4. Sterigmatocystin의 정량

배양물의 sterigmatocystin의 분석은 정성용 TLC 분석으로는 AOAC법³⁹⁾을 참고하여 aflatoxin 정성과 같은 방법³⁹⁾으로 하였으며 TLC 전개용매로 toluene:ethylacetate:chloroform:formate(75:50:20) 혼합용액을 사용하였고, 전개 후 20% AlCl₃용액을 분무하고 80℃에서 10분간 처리하여 365nm에서 나타나는 황색형광물질의 색상과 Rf치를 표준물질과 비교하여 정성하였다. 이때 TLC 상에서 표준 sterigmatocystin의 황색 spot와 Rf치가 같은 시료의 TLC spot를 취하여 chloroform으로 용출시켜 HPLC로 정량하였으며, 그때의 HPLC 분석조건은 Table 1과 같았다.

5. 지질의 분석

상기의 방법으로 얻은 건조 균체를 마쇄하여 Soxhlet 장치를 이용하여 diethylether로써 지질을 추출하여 조지방을 얻어, 일본 유화학협회에서 제정한 기준유지시험법⁴⁰⁾에 따라 분석하였다.

6. Citrate 정량

배양액의 citrate 함량은 acetic anhydride⁴¹⁾으로 하였다. 즉, 배양액을 여과하여 적당히 희석하고

(100~200ng/ml), 1N HCl로서 pH 2.0으로 조절하여 2ml을 취하고 1% TCA 2ml을 혼합하여 2,000 rpm에서 5분간 원심분리하여 상정액 1ml을 취한다. 다시 acetic anhydride 8ml를 가하여 60℃ water bath에서 10분간 방치하였다가 급냉하여 실온으로 한 다음, 1ml pridine을 가하여 60℃ water bath에서 40분간 발색시켜 ice bath에 넣어 반응을 중단한 후 420nm에서 비색정량하였다.

7. 단백질 및 RNA 분석

분석을 위한 시료의 조제는 Schmidt-Thannhau-sera 및 Schneider의 화학적 방법⁴²⁾을 사용하였다. 즉, 균체를 homogenizer로 균일하게 파쇄한 다음 원심분리(4,000rpm)하여 침전물을 10% TCA 용액으로 2회 세척해서 상정액을 제거하였다. 침전물에 다시 95% ethanol을 가하여 원심분리하여 반복 세척한 후 ether를 가해 처리하고 50℃에서 5시간 건조시켜 분석시료로 사용하였다. RNA 정량은 Bial orcinol 반응⁴³⁾에 의해서 측정하였으며 탈지균체 분말 100mg을 1N NaOH 용액 20ml에 넣어 37℃에서 18시간 가수분해한 다음, 원심분리(4,000rpm)하여 상정액을 얻고 다시 1N NaOH 용액을 가하여 25ml로 하였다. 이 중에서 0.1ml를 취하고 orcinol용액 8ml과 혼합하여 20분간 비등수욕상에서 가열, 발색시킨 후 냉각시켜 spectrophotometer로 665nm에서 비색정량하였다. 또한 단백질은 microkjldahl법으로 정량하였다.

8. AMP분석

中島 등⁴⁴⁾의 방법을 참조하였는데 우선 균체 2~3g을 청징하여 냉과염소산을 가하고 sea sand 및 에냉시킨 mortar로 충분히 마쇄하여 4,000rpm에서 10분간 원심분리하여 상정액을 분리하였다. 다시 잔사를 5% 냉과염소산으로 방냉하면서 상기의 방법으로 균질화한 후 원심분리하여 상정액을 취하고 이 추출조작을 반복한 다음 추출물은 60% 냉수산화칼륨으로 중화한 후, 원심분리(4,000rpm)하여 상정액과 과염소산칼륨을 분리하였다. 침전물은 냉수로써 선별하여 다시 원심분리한 후, 선별액은 상정액과 합하여 100ml로 정용한 후 일정량을 Table 2와

Table 1. Condition of high performance liquid chromatography for the analysis of sterigmatocystin

Type	Water Model 244
Detector	UV 365nm
Column	μ Bondapak C ₁₈ (3.9mm×300mm steel column)
Flow rate	1 ml/min.
Solvent	H ₂ O : MeOH : Acetonitrile= 50 : 25 : 10
Chart speed	0.5 cm/min
Sensitivity	0.01~0.5 Auf ^s *

* : Absorbance unit full scale.

Table 2. Condition of high performance liquid chromatography for the analysis of AMP

Type	Water ALC /244
Sample size	10~15 μ l
Column	μ Bondapak C ₁₈
Column temp.	Room Temp.
Liquid	0.1M (NH ₄) ₂ HPO ₄
Chart speed	0.5cm/min
AUFS*	0.15~0.20

* Absorbance unit full scale.

같은 조건으로 HPLC에 의해 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. Sterigmatocystin 합성

실험에서 사용된 곰팡이 *Aspergillus parasiticus* R-716의 배양에 따른 무우의 allylisothiocyanate가 sterigmatocystin을 비롯한 각종 대사산물의 생합성에 미치는 영향을 구체적으로 조사하기 위해 3일간 전배양한 공시균을 0.02M phosphate buffer (pH 5.8)로서 세척한 후, 대조구 및 첨가구로 나누어 배양기에 접종하고 각각 48, 96, 144시간 다시 배양하면서 그 효과를 검토하였다. 먼저 aflatoxin의 전구체인 sterigmatocystin의 함량을 조사하기 위해 TLC plate에 배양물을 전개하고, 표준 sterigmatocystin의 황색 spot와 R_f치가 같은 시료의 TLC spot를 취하여 chloroform으로 용출시켜 HPLC로 정량한 결과 Fig. 1에서와 같이 배양초기에는 첨가구가 1.26mg/25ml, 대조구가 2.16mg/25ml로써 높게 나타난 반면, 144시간째부터는 대조구가 0.35mg/25ml로 첨가구의 0.42mg/25ml보다 다소 낮게 나타나 aflatoxin 생성경향³⁸⁾과 일치하고 있었다.

2. Lipid의 합성

Sterigmatocystin과 동일한 전구체인 acetyl CoA에서 합성되는 지질의 함량은 Fig. 2에서와 같이 대조구에서는 48시간까지 함량이 증가되다가 감소한 반면, 첨가구에서는 완만하나마 계속 증가되었다. 따라서 공시균과 같이 sterigmatocystin을 생산하는 균주의 경우 불완전한 배양조건하에서는 오

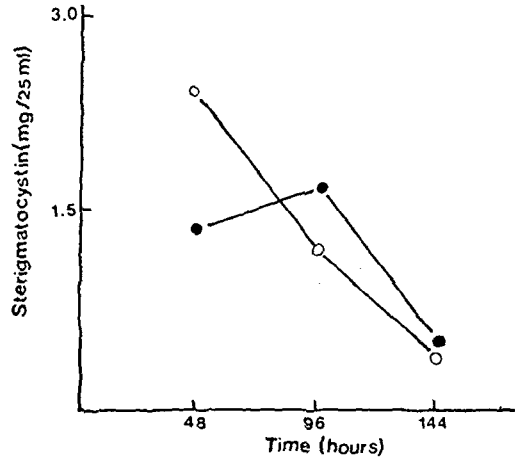


Fig. 1. Effect of allylisothiocyanate on sterigmatocystin accumulation of *Aspergillus parasiticus* R-716 precultured for 3 days in SLS medium.
○ - ○ : Control, ● - ● : SLS + ally.

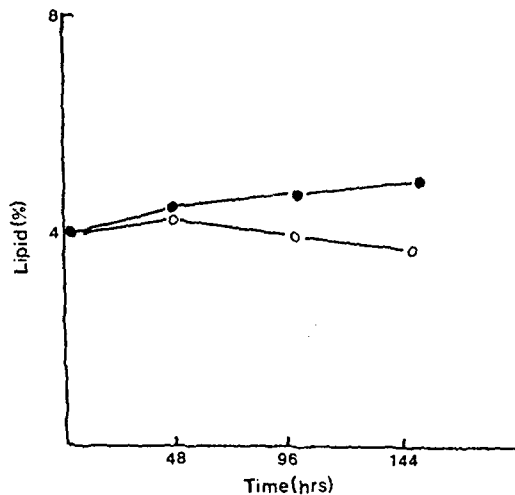


Fig. 2. Effect of allylisothiocyanate on lipid accumulation of *Aspergillus parasiticus* R-716 precultured for 3 days in SLS medium.
○ - ○ : Control, ● - ● : SLS + ally.

히려 균체내 지질함량이 높게 나타나 대수기를 지녔다 하더라도, 정상적인 배양에서와 같은 물질대사의 전환이 어려운 것을 알 수 있었다. Gupta 등⁴⁵⁾도 본

실험에서와 같이 sterigmatocystin과 지질생합성 사이에는 서로 상반되는 관계가 성립되며, 따라서 sterigmatocystin 생성이 불합리한 조건하에서의 지질 합성은 현저하게 증가되었다고 보고하였으며, Coccuci 등⁴⁶⁾도 *Rhizopus gracilis*의 배양에서 *Aspergillus* 속에서의와 비슷한 결과를 보고한 바 있다.

3. 단백질 및 RNA 합성

Fig. 3에서 보는 바와 같이 단백질의 함량은 대조구의 경우 48시간 이후에는 첨가구보다 적으나 감소하는 경향이었고, 첨가구에서는 48시간째 약간 증가했다가 그 이후는 완만한 감소를 보였다. 한편 RNA 함량은 두 시험구 모두 시간의 경과에 따라 완만히 감소되었으며, 그 함량은 전반적으로 첨가구가 높게 나타나 Detray 등⁴⁷⁾의 견해와 일치하였으나 Gupta 등⁴⁸⁾은 sterigmatocystin 생합성 기간동안 단백질과 핵산의 함량이 거의 일정하며, 특히 비독소 생성균주의 경우는 계속적으로 증가한다고 보고와는 다른 결과를 나타내었다.

4. Citrate 함량

TCA회로는 곰팡이에서도 중요한 경로일 것으로

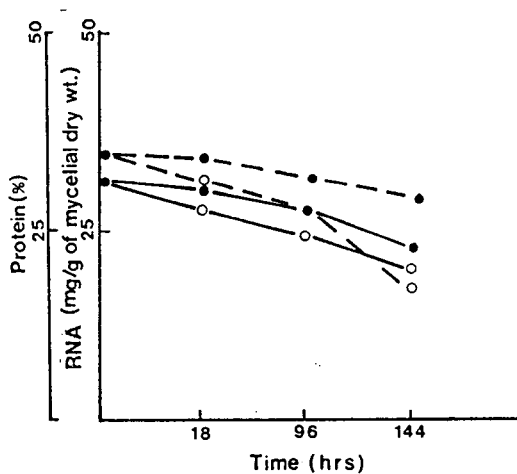


Fig. 3. Effect of allylisothiocyanate on protein and RNA accumulation of *Aspergillus parasiticus* R-716 precultured for 3 days in SLS medium.

Control SLS + ally.
 Protein : ○ - ○ ● - ●
 RNA : ○ - ○ ● - ●

생각되며, 특히 독소생성 곰팡이의 경우 대수기 말기의 이들 TCA 회로 중간체의 축적은 sterigmatocystin 생성의 시작이라고 할 수 있다. 그 중간체의 하나인 citrate 함량은 Fig. 4와 같이 대조구에서는 2.1mg%의 함량을 보이다가 96시간에는 1.5mg%로 감소하는 반면, 첨가구의 경우에는 증가하는 경향을 나타내었다.

5. AMP 함량

세포내 에너지 조절인자인 AMP 함량은 Fig. 5에서와 같이 대조구가 전반적으로 높게 나타났다. 특히 96시간에서 대조구는 첨가구의 26.1 μ mole/g에 비해 42.6 μ mole/g으로 높은 함량을 보였으나 144시간에서는 감소하였다. 물질 생합성과정 중의 에너지 조절이 세포내 ATP, ADP 및 AMP 등의 adenylate 상대값에 따라 영향을 받으며 특히 AMP 함량이 적을 경우에는 acetyl CoA가 지질합성으로 대부분 전환되나, 고농도일 때는 오히려 지질합성이 저해된다는 Atkinson 등⁴⁹⁾의 보고와 비슷한 결과를 나타내었다.

이상의 결과를 종합해 볼 때, 일반적으로 대수증식기 말기에 세포분리와 생육이 저해되며, 특히 대

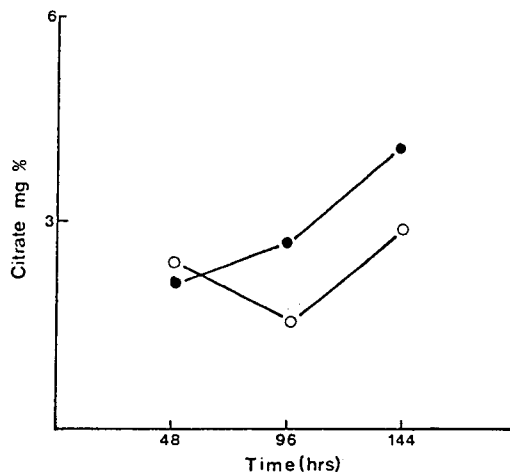


Fig. 4. Effect of allylisothiocyanate on citrate accumulation of *Aspergillus parasiticus* R-716 precultured for 3 days in SLS medium.

○ - ○ : Control, ● - ● : SLS + ally.

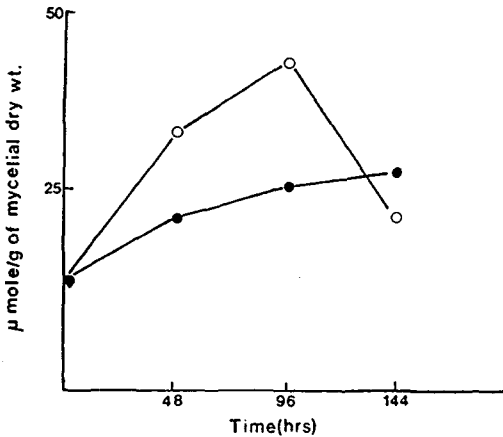


Fig. 5. Effect of allylisothiocyanate on AMP accumulation of *Aspergillus parasiticus* R-716 pre-cultured for 3 days in SLS medium.
○ - ○ : Control, ● - ● : SLS + ally.

수기에서 정지기로 넘어가는 시기에는 핵산과 단백질, 지방의 함성이 완만히 감소되며, 아울러 sterigmatocystin을 비롯한 제2차 대사산물의 함성이 시작되는 정상적인 배양과는 달리, 배양액내에 allylisothiocyanate를 첨가할 경우, 균의 생육에 불합리한 환경이 조성되어 생육억제 현상이 일어남은 물론, 제2차대사의 진행이 지연됨으로써 결과적으로 배양액내의 sterigmatocystin 함량이 줄어든 것으로 생각되었다.

IV. 적 요

무우에 함유된 allylisothiocyanate의 첨가가 *Aspergillus parasiticus* R-716의 배양시 sterigmatocystin, 지질, 단백질, RNA, citrate 및 AMP 등의 각종 대사산물의 생합성에 미치는 영향을 조사하였다. 그 결과 aflatoxin의 전구체인 sterigmatocystin의 함량은 배양 48시간 후에는 50ppm allylisothiocyanate 첨가구가 대조구보다 낮게 나타난 반면, 144시간째부터는 첨가구가 대조구보다 오히려 높게 나타났다. Allylisothiocyanate의 첨가로 *Aspergillus parasiticus* R-716의 배양액에서 citrate는 높은 함량을 나타내었으며, 또한 균체내 지질, 단

백질, RNA의 함량은 높게 나타났으나 AMP 함량은 낮았다.

V. 참고문헌

1. Bean, G. A., Klarman, W. L., Rambo, G. W. and Sanford, J. B.: Dimethyl sulfoxide inhibition of aflatoxin synthesis by *Asp. flavus*, *Phytopathology*, 61, 380, 1980.
2. Hsieh, D. P. H.: Inhibition of aflatoxin biosynthesis by dichlorovos. *J. Agr. Food Chem.*, 21, 468, 1973.
3. Hoffman, C. and Evans, A. C.: The use of speices as preseverveatives. *J. Ind. Eng. Chem.*, 19, 112, 1911.
4. Prasa, H. and Joshi, V.: The preservative valuse of spices used picking raw fruits in India. *J. Ind. Eng. Chem.*, 24, 402, 1929.
5. Corran, J. W. and Edgar, S. H.: Preservative action of spices and related compounds against yeast fermentation. *J. Soc. Chem.*, 52, 149, 1933.
6. Bachmann, F. M.: The inhibitory action of certain spices on the growth of microorganisms. *J. Ind. Eng. Chem.*, 8, 620, 1916.
7. Cavallito, C. J. and Bailey, J. H.: Allicin the antimicrobial principle of *Allium sativum*.
8. Virtanen, A. I. and Natikkala, E. J.: Isolation of S. methyl and S. propyl cystine sulfoxide from onion and antibiotic activity of crushed onion. *Acta Chem. Scand*, 13, 1898, 1959.
9. Mano Daiji.: The inhibitory action of some plant extracts on bacterial growth. II. Changes in the susceptibility to antibiotics of the strains of bactria adapted by culturing with a fraction from *Allium sativum*. *Nippon Saikinfaku Zasshi*, 17, 417, 1962.
10. Dold, H. and Knapp, A.: Antiseptic action of spices, *Z. Hyg. Infekt. Sionskrankh*, 128,

- 696, 1948.
11. Andeson, E. E., Esselen, W. B. Jr. and Handleme, N. A. R.: The effect of essential oils on the inhibition and thermal resistance of microorganisms in acid food products. *Food Res.*, 18, 40, 1953.
 12. Wright, W. J., Bice, C. W. and Fogelberg, J. M.: The effect of spices on yeast fermentation. *Cereal Chem.*, 3, 100, 1954.
 13. Subrahmanyam, V., Sreenivasamurthy, V., Krishnamurthy, K. and Swaminathan, M.: Studies on the antibacterial of spices. *J. Sci. Ind. Res. C.*, 16, 240, 1957.
 14. Petkov, V., Penova, M., Paparkova, K. and Jekov, S.: Screening studies an the antimicrobial action of plant growing in Bulgaria Antibacterial activity of spices, 16 (2), 11, 1969.
 15. Swamiathan, B. and Koehler, P. E.: Isolation of inhibitor of *Aspergillus paraticus* from white potato. *J. of Food Sci.*, 41, 313, 1976.
 16. Hitokoto, H., Moruzumi, S., Wauke, T., Sakai, S. and Ueno, I.: Inhibitory effects of condiments and herbal drugs on the growth. *Mycopathologia*, 66(3), 161, 1978.
 17. Shara, A., Tewari, G. M., Shrikhand, A. J., Padwal-Desat, S. R. and Bandyopadhyay, C.: Inhibition of aflatoxin producing fungi by onion extracts. *J. Food Sci.*, 44, 1945, 1979.
 18. Nartowicz, V.B., Buchanan, R. L. and Segall, S.: Alatoxin production in regular and decaffeinated coffee beans. *J. Food Sci.*, 44(2), 446, 1979.
 19. Crane, P. S., Rhee, S. U. and Sheel, D. J. : Experience with 1,079 cases of canser of the stomach seen in Korea from 1960 to 1968. *Amer. J. Surgery*, 120, 751, 1970.
 20. 이태령, 이상규: 식품 중 유독성 대사산물에 관하여 (제1보). 수종의 한국 대두발효 식품 중 aflatoxin 유무의 검색에 관하여, *한국식품과학회지*, 1, 78, 1969.
 21. 정용, 권숙표 : 한국발효식품 중 aflatoxin의 함유에 관한 연구, *대한예방의학외지*, 2(1), 1, 1969.
 22. 이관령, 이서래 : 국내의 변질미에서 분리된 *Aspergillus flavus*의 aflatoxin 생성능, *식품과학회지*, 6(3), 196, 1974.
 23. 김용화, 황보정숙, 이서래 : 몇가지 한국 식품 중 aflatoxin의 검출, *한국식품과학회지*, 9(1), 73, 1977.
 24. 주현규, 권우건 : 저장건시 중의 유독성 곰팡이에 관한 연구, *한국산업미생물학회지*, 8(4), 237, 1980.
 25. 정용, 이배진, 권숙표 : γ 선 조사가 *Asp. flavus*에 의한 aflatoxin 생성능에 미치는 영향, *중앙의학*, 21, 413, 1971.
 26. 오유진 : 일광조사 효과에 의한 메주 중 aflatoxin B₁의 파괴 및 그 독성에 관한 연구, *충북대학교 논문집*, 11, 153, 1976.
 27. 서명자 : *Bacillus subtilis*와 *Asp. flavus*의 상호작용에 의한 aflatoxin 생성능에 관한 연구, *한국미생물학회지*, 17, 16, 1979.
 28. Bahk, J. R. and Lee, J. K. : Growth and synthesis of aflatoxin by *Aspergillus parasiticus* in the presence of ginseng products with reduced minor elements. *Kor. J. Health Soc.*, 10(1), 78, 1984.
 29. 서명자, 김석영 : *Asp. parasiticus*에 의한 aflatoxin 생산능에 인삼과 pH가 미치는 영향, *부산대학교 가정대학 연구보고*, 7, 95, 1981.
 30. 우영숙, 정덕화 : *Aspergillus parasiticus* R-716의 생육, 기질 및 aflatoxin 생산에 미치는 마늘 (*Allium sativum* L.) 액기스의 영향, *한국환경위생학회지*, 10(2), 89, 1984.
 31. 정덕화 : *Aspergillus parasiticus* R-716의 생육 및 aflatoxin 생산에 미치는 강황(*Curcuma longa* L.) 액기스의 영향, *경상대학교 논문집 (생농계편)*, 23(2), 153, 1984.
 32. 정덕화, 김찬조 : *Aspergillus parasiticus* R-716의 생육 및 aflatoxin 생성에 미치는 채소추출물

- 물의 영향, 대한위생학회지, 1(1), 109, 1986.
33. 이광승, 장진규, 오현근, 정덕화 : 인삼 Saponin 의 *Aspergillus parasiticus* R-716의 생육 및 aflatoxin 생성에 미치는 영향, 고려인삼학회지, 10(1), 11, 1986.
 34. 정덕화, 김종규, 장진규, 최수철 : *Aspergillus parasiticus* R-716의 aflatoxin 생성저해물질에 관한 연구, 한국식품위생학회지, 1(1), 23, 1986.
 35. 김종수, 정덕화, 문평일, 변유성, 김차용 : 토끼의 Aflatoxin B₁ 중독증에 대한 인삼엑기스의 효과 ; 임상, 생리적 및 병리학적 변화, 경상대학교 논문집(생농계편), 26(1), 117, 1987.
 36. 구성희, 이용욱, 정덕화, 김종규 : *Aspergillus parasiticus* R-716의 생육과 aflatoxin 생성에 미치는 영향, 한국식품위생학회지, 3(2), 89, 1988.
 37. 조성환, 정덕화, 서일원, 이현숙, 황보혜, 박우포 : Grapefruit 종자 추출물을 이용한 *Aspergillus parasiticus* R-716의 생육 및 aflatoxin 생성억제 효과, 한국식품위생학회지, 7(1), 15, 1992.
 38. 김동술, 정덕화 : Allylisothiocyanate가 *Aspergillus parasiticus* R-716의 aflatoxin 생성에 미치는 영향, 한국식품위생학회지, 11(4), 1996.
 39. AOAC : Official Methods of Analysis, 12th Ed., 1975.
 40. 일본유화학회 : 기준유지시험법, 조창서점, 동경, 163, 1966.
 41. 성낙계, 김명찬, 심기환, 정덕화 : 선정균에 의한 구연산 발효에 관한 연구 ; 제1보. 선정균에 의한 구연산 발효, 한국산업미생물학회지, 8(3), 181, 1980.
 42. 植本厚 : 核酸化學(1), 일본생화학회, 6, 120, 1975.
 43. 植本厚 : 核酸化學(1), 일본생화학회, 12, 68, 1975.
 44. 中島宣郎, 市川恒平, 膝田營一郎. : 5'-ribonucleotide의 식품화학적 연구(제2보) 어육 및 식품중의 5'-ribonucleotide. 일본농화학회지, 35, 803, 1961.
 45. Gupta, S. K. Maggon, K. K. and Venkita-subramanian, T. A. : Effect of zinc on adenine nucleotide pools in relation to aflatoxin biosynthesis in *Aspergillus parasiticus*. Appl. Environ. Microbiol., 32, 753, 1976.
 46. Cocci, M. C. and Rossi, G. : Biochemical and morphological of zinc deficiency in *Rhodotoroula gracilos*. Arch. Microbiol., 85, 267, 1972.
 47. Detroy, R. W. and Ciegler, A. : Aflatoxin biosynthesis in *Asp. parasiticus*. Can. J. Microbiol, 17, 569, 1971.
 48. Gupta, S. R., Viswanathan, L. and Venkita-subramanian, T. A. : A comparative study of the lipids of a toxigenic and a nontoxigenic strain of *Aspergillus flavus*. Indian J. Biochem, 7, 108, 1970.
 49. Atkinson, D. F. : Regulation of enzyme activity. Annu. Rev. Biochem., 35, 85, 1966.