สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การควบคุมการเจริญและการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพดโดยสารเคมีบางชนิด

CONTROL OF GROWTH AND AFLATOXIN PRODUCTION OF *Aspergillus parasiticus* 102566 IN CORN BY SOME CHEMICALS

TO28856

นางสาวกนกรัตน์ ป้องประทุม

MISS KANOKRAT PONGPRATUM

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2540

ISBN 974-621-825-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วพ. ก1125ก
2540
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....28856
วัน, เดือน, ป.....17 พ.ย. 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONTROL OF GROWTH AND AFLATOXIN PRODUCTION OF *Aspergillus parasiticus* 102566 IN CORN BY SOME CHEMICALS

KANOKRAT PONGPRATUM

THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE

MASTER OF SCIENCE (BIOTECHNOLOGY)

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

1997

ISBN 974-621-825-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การควบคุมการเจริญและการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซิน ของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพด โดยสารเคมีบางชนิด
นักศึกษา	นางสาวกนกรัตน์ ป้องประทุม
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ. ดร. ดุษณี ธนะบริพัฒน์
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม	ผศ. วรารัตน์ เรืองรัตนเมธี
ระดับการศึกษา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
ภาควิชา	ชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.	2540

บทคัดย่อ

การทดลองนี้เป็นการใช้สารเคมี 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 ได้แก่ โซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมคาร์บอเนต และโซเดียมไบซัลไฟต์ ที่ความเข้มข้น 1, 2, 3, 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มที่ 2 ได้แก่ โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซอิก และโซเดียมเบนโซเอตที่ความเข้มข้น 0.02, 0.06 และ 0.1 เปอร์เซ็นต์ ในการควบคุมการเจริญและการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในอาหาร Malt extract agar อาหารข้าวโพดสกัด และเมล็ดข้าวโพด จากการทดลองพบว่าสารเคมีกลุ่มแรกคือ แอมโมเนียมคาร์บอเนต และโซเดียมไบซัลไฟต์ เป็นสารเคมีที่เหมาะสำหรับใช้ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. parasiticus* ในอาหาร Malt extract agar และอาหารข้าวโพดสกัด ในด้านการยับยั้งการเจริญของเชื้อราในเมล็ดข้าวโพด สารเคมีในกลุ่มแรกทุกชนิดสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญโดยยับยั้งได้นานถึง 28 วัน และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารเคมีจะยับยั้งได้ดีขึ้น ส่วนสารเคมีที่ยับยั้งการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินของเชื้อรา *A. parasiticus* ในเมล็ดข้าวโพดได้ดีที่สุดคือโซเดียมไบซัลไฟต์ ที่ทุกระดับความเข้มข้น โดยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ รองลงมาคือแอมโมเนียมคาร์บอเนตและโซเดียมคลอไรด์ ที่ระดับความเข้มข้น 2 และ 3 เปอรเซ็นต์ขึ้นไป ตามลำดับ สำหรับสารเคมีอีกกลุ่มหนึ่ง พบว่าสารเคมีที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. parasiticus* ในอาหาร Malt extract agar คือโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ทุกระดับความเข้มข้น รองลงมาคือกรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบนโซอิก ที่ระดับความเข้มข้น 0.06 และ 0.1 เปอร์เซ็นต์ สำหรับโซเดียมเบนโซเอตให้ผลการยับยั้งเฉพาะที่ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในอาหารข้าวโพดสกัด สารเคมีที่เหมาะสำหรับการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. parasiticus* คือโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ และกรดเบนโซอิก ที่ระดับความเข้มข้น 0.02 และ 0.06 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ระดับความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเจริญได้ดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ในด้านการยับยั้งเจริญของเชื้อราในเมล็ดข้าวโพดของสารเคมีกลุ่มที่ 2 พบว่าทุกชนิดสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ แต่สารเคมีทั้ง 3 ชนิด มีผลในการกระตุ้นให้เชื้อราสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะเมื่อใช้สารเคมีที่มีความเข้มข้นสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบสารเคมีทั้ง 2 กลุ่ม พบว่าโซเดียมไบซัลไฟต์มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญและการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินได้ดีที่สุด

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Control of growth and aflatoxin production of *Aspergillus parasiticus* 102566 in corn by some chemicals
Student	Ms.Kanokrat Pongpratum
Thesis Advisor	Assoc. Prof.Dr.Dusanee Thanaboripat
Thesis Co-advisor	Asst. Prof. Vararat Ruangrattanametee
Level of Study	Master of Science Biotechnology
Department	Applied Biology, Faculty of science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Year	1997

Abstract

Two groups of chemicals, i.e. , sodium chloride, ammonium carbonate and sodium bisulfite at concentrations of 1, 2, 3, 4 and 5 % and potassium metabisulfite, benzoic acid and sodium benzoate at concentrations of 0.02, 0.06 and 0.1 % were studied for the effects on growth and aflatoxin production of *Aspergillus parasiticus* 102566 in malt extract agar, corn extract agar and corn. Comparing the effects of three chemicals in the first group, it was found that ammonium carbonate and sodium bisulfite were suitable for controlling the growth of *A. parasiticus* in malt extract agar and corn extract agar while all chemicals gave similar inhibition of fungal growth in corn for 28 days without any significant difference. The best chemicals for inhibiting aflatoxin production in corn was found to be sodium bisulfite at all concentrations and no significant differences were found between these concentrations. Ammonium carbonate and sodium chloride at concentrations of 2 and 3 % respectively or more were also able to inhibit the formation of aflatoxin. For the second chemical group, potassium metabisulfite showed an inhibitory effect on fungal growth in malt extract agar at all levels used. Benzoic acid gave an inhibitory effect at levels of 0.06 and 0.1 % whereas sodium benzoate had the effect only at 0.1 %. In corn extract agar, potassium metabisulfite and

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

benzoic acid at concentrations of 0.02 and 0.06 % could prevent the growth of *A. parasiticus*. At low level (0.02 %), these two chemicals appeared to have significant inhibition. All the chemicals in the second group could prevent mould growth in corn at concentration of 0.02 % with insignificant difference. However, these three chemicals enhanced aflatoxin production in corn significantly and especially when higher levels of chemicals were applied. When the two groups of chemicals were compared, sodium bisulfite showed to be the best chemical for controlling both growth and aflatoxin production in all substrates.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีเพราะได้รับความอนุเคราะห์จาก รศ. ดร. ดุษฎี ธนะบริพัฒน์ และ ผศ. วรารัตน์ เรืองรัตนเมธี ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาซึ่งได้ให้คำปรึกษาและแนะนำผู้วิจัยตลอดมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่าน และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผศ. ดร. สุชีพ สุขสุแพทย์ ผศ. นวลพรรณ ณ ระนอง และอาจารย์ อรไท สุขเจริญที่กรุณาสละเวลาอันมีค่าให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางรวมทั้งให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์มอบเมล็ดข้าวโพดที่ใช้ในงานวิจัย สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติที่ให้ความอนุเคราะห์ในการฉายรังสีเมล็ดข้าวโพด เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการและเจ้าหน้าที่ห้องธุรการภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ เจ้าหน้าที่ฝ่ายอาคารสถานที่คณะวิทยาศาสตร์ คุณพงษ์ศักดิ์ ชูงาม ที่ช่วยแนะนำงานพิมพ์และจัดทำสไลด์ คุณสุภาภรณ์ จาริยุวัฒน์ คุณพัลลภา พัฒนวงศ์ และคุณณรงค์ พาสนารวยรุ่ง รวมทั้งท่านผู้มีอุปการะคุณที่มิอาจกล่าวนามได้ครบถ้วน ณ ที่นี้ ที่ได้ช่วยเหลือเป็นกำลังใจ กำลังความคิดตลอดจนให้ความร่วมมือในเรื่องต่างๆเป็นอย่างดี และที่ละเลยมิได้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดาที่ได้สนับสนุนการศึกษา เป็นห่วง และให้กำลังใจตลอดมา

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ บิดา มารดาและผู้มีพระคุณทุกท่าน

กนกรัตน์ ป้องประทุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	III
กิตติกรรมประกาศ	V
สารบัญ	VI
สารบัญตาราง	X
สารบัญภาพ	XV
บทที่	
1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	4
ประวัติของสารพิษอะฟลาทอกซิน	4
ชนิดและคุณสมบัติของสารพิษอะฟลาทอกซิน	5
เชื้อราที่สร้างสารพิษอะฟลาทอกซิน	8
กระบวนการสังเคราะห์สารพิษอะฟลาทอกซิน	9
การเปลี่ยนแปลงอะฟลาทอกซินในร่างกาย	10
ผลของอะฟลาทอกซิน	10
ปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณของอะฟลาทอกซิน	11
การลดและการทำลายพิษของอะฟลาทอกซิน	21
กลไกของสารกันเสียที่ใช้ควบคุมจุลินทรีย์ในอาหาร	31
ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของสารกันเสีย	33
สมบัติของสารกันเสียที่ดี	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	คุณสมบัติของสารกันเสียบางชนิด	36
	การป้องกันอันตรายจากสารพิษอะฟลาทอกซินในอาหาร	42
3	อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	44
	จุลินทรีย์	44
	อุปกรณ์และสารเคมี	45
	ขั้นตอนการเตรียมสปอร์ของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566	45
	การหาความชื้นในเมล็ดข้าวโพด	46
	การใช้สารเคมีที่ความเข้มข้นต่างๆในข้าวโพดเพื่อศึกษาการยับยั้งการเจริญและการสร้างอะฟลาทอกซินของ*Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพด	47
	การใส่เชื้อแบบ point inoculation ลงในจานเพาะเชื้อ	48
	การศึกษาผลของสารเคมีบางชนิดต่อการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในอาหาร Malt extract agar ผสมกับสารเคมีที่ความเข้มข้นต่างๆ	48
	การศึกษาผลของสารเคมีบางชนิดต่อการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในอาหารข้าวโพดสกัดผสมกับสารเคมีที่ความเข้มข้นต่างๆ	49
	การศึกษาผลของสารเคมีบางชนิดต่อการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 โดยการนับสปอร์	49
	การสกัดอะฟลาทอกซิน	50
	การวิเคราะห์ปริมาณอะฟลาทอกซินโดยใช้ HPLC	51
4	ผลการทดลอง	52
5	สรุปผลการทดลองและวิจารณ์	100
บรรณานุกรม		106
ภาคผนวก ก		118

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ข	119
ภาคผนวก ค	121
ภาคผนวก ง	124
ประวัติผู้เขียน	126

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1. ความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางการเจริญ (ซม.) ของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในอาหาร Malt extract agar (MA) ที่เป็นชุดควบคุม เปรียบเทียบกับการผสมกับโซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมคาร์บอเนต และโซเดียมไบซัลไฟต์ ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ โดยใช้เวลาบ่มเชื้อต่างๆกัน..... 53
2. ความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางการเจริญ (ซม.) ของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในอาหารข้าวโพดสกัดที่เป็นชุดควบคุม เปรียบเทียบกับการผสมกับโซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมคาร์บอเนต และโซเดียมไบซัลไฟต์ ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ โดยใช้เวลาบ่มเชื้อต่างๆกัน..... 55
3. การเจริญของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพดที่เป็นชุดควบคุมเปรียบเทียบกับการเติมโซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมคาร์บอเนตและโซเดียมไบซัลไฟต์ ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ โดยใช้เวลาบ่มเชื้อต่างๆกัน..... 56
4. จำนวนสปอร์ต่อกรัมของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพดที่เป็นชุดควบคุม เปรียบเทียบกับการเติมโซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมคาร์บอเนต และโซเดียมไบซัลไฟต์ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ โดยใช้เวลาบ่มเชื้อต่างๆกัน..... 58
5. ปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซิน (ไมโครกรัมต่อกรัม) ของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus*102566 ในเมล็ดข้าวโพดที่เป็นชุดควบคุม เปรียบเทียบกับการเติมโซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมคาร์บอเนตและโซเดียมไบซัลไฟต์ ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ โดยใช้เวลาบ่มเชื้อต่างๆกัน..... 59
6. ความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางการเจริญ (ซม.) ของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในอาหาร Malt extract agar (MA) ที่เป็นชุดควบคุม เปรียบเทียบกับการผสมกับโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซอิก และโซเดียมเบนโซเอต ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ โดยใช้เวลาบ่มเชื้อต่างๆกัน..... 62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ หน้า

7. ความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางการเจริญ (ซม.) ของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในอาหารข้าวโพดสกัดที่เป็นชุดควบคุม เปรียบเทียบกับการผสมกับโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซอิก และโซเดียมเบนโซเอต ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ โดยใช้เวลาบ่มเชื้อต่างๆกัน..... 64

8. การเจริญของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพดที่เป็นชุดควบคุม เปรียบเทียบกับการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซอิก และโซเดียมเบนโซเอต ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ โดยใช้เวลาบ่มเชื้อต่างๆกัน.... 65

9. จำนวนสปอร์ต่อกรัมของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพดที่เป็นชุดควบคุม เปรียบเทียบกับการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซอิก และโซเดียมเบนโซเอต ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ โดยใช้เวลาบ่มเชื้อต่างๆกัน..... 66

10. ปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซิน (ไมโครกรัมต่อกรัม) ของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพดที่เป็นชุดควบคุม เปรียบเทียบกับการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซอิก และโซเดียมเบนโซเอต ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ โดยใช้เวลาบ่มเชื้อต่างๆกัน..... 68

11. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของเส้นผ่าศูนย์กลางการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566ในอาหาร Malt extract agar (MA) ที่มีการเติมโซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมคาร์บอเนต และโซเดียมไบซัลไฟต์ ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ..... 71

12. ค่าเฉลี่ยของความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566ในอาหาร Malt extract agar (MA) ที่มีการเติมโซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมคาร์บอเนต และโซเดียมไบซัลไฟต์ โดยเปรียบเทียบที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ..... 72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

13. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของเส้นผ่าศูนย์กลางการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในอาหารข้าวโพดสกัดที่มีการเติมโซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมคาร์บอเนต และโซเดียมไบซัลไฟต์ ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ 74

14. ค่าเฉลี่ยของความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566ในอาหาร ข้าวโพดสกัดที่มีการเติมโซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมคาร์บอเนต และโซเดียมไบซัลไฟต์ โดยเปรียบเทียบที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ 75

15. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนสปอร์ของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566ในเมล็ดข้าวโพดที่มีการเติมโซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมคาร์บอเนต และโซเดียมไบซัลไฟต์ โดยเปรียบเทียบที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ 78

16. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของจำนวนสปอร์ต่อกรัมของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566ในเมล็ดข้าวโพดที่มีการเติมสารเคมี ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ 79

17. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณอะฟลาทอกซินที่สร้างจากเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพดที่มีการเติมโซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมคาร์บอเนต และโซเดียมไบซัลไฟต์ ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ 82

18. ค่าเฉลี่ยของการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซิน (ไมโครกรัมต่อกรัม) ของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพดที่มีการเติมโซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมคาร์บอเนต และโซเดียมไบซัลไฟต์ โดยเปรียบเทียบที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ 83

19. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของเส้นผ่าศูนย์กลางการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566ในอาหาร Malt extract agar (MA) ที่มีการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซอิกและโซเดียมเบนโซเอต ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ 86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ หน้า

20. ค่าเฉลี่ยของความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางการเจริญ (ซม.) ของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในอาหาร Malt extract agar (MA) ที่มีการเติม โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซอิก และโซเดียมเบนโซเอต โดยเปรียบเทียบที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ..... 87

21. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของเส้นผ่าศูนย์กลางการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในอาหารข้าวโพดสกัดที่มีการเติม โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซอิก และ โซเดียมเบนโซเอต ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ..... 90

22. ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่าศูนย์กลางการเจริญ (ซม.) ของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในอาหารข้าวโพดสกัดที่มีการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซอิกและโซเดียมไบซัลไฟต์โดยเปรียบเทียบ ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ..... 91

23. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนสปอร์ของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566ในเมล็ดข้าวโพดที่มีการเติม โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซอิกและโซเดียมเบนโซเอตโดยเปรียบเทียบที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ. 94

24. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของจำนวนสปอร์ต่อกรัมของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566ในเมล็ดข้าวโพดที่มีการเติมสารเคมีที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ..... 95

25. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณอะฟลาทอกซินของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพดที่มีการเติม โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซอิกและโซเดียมเบนโซเอตที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ..... 97

26. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซิน (ไมโครกรัมต่อกรัม) ของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพดที่มีการเติมสารเคมี ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ..... 98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวก

ตารางที่	หน้า
ง-1 Percentage points of the studentized range.....	124

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

1. สูตรโครงสร้างของอะฟลาทอกซินชนิดต่าง ๆ 6
2. อะฟลาทอกซิน B_1 ที่เกิดจากการใช้กรดซิตริก และกรดอะมิโนเมทไทโอนีน ที่มีกัมมันตภาพรังสีเป็นสารเริ่มต้นในอาหารสังเคราะห์ที่ใช้เลี้ยงเชื้อรา *Aspergillus flavus* 10
3. แสดงปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซิน(ไมโครกรัมต่อกรัม)ของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพดที่เป็นชุดควบคุม เปรียบเทียบกับการเติมโซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมคาร์บอเนตและโซเดียมไบซัลไฟต์ ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ โดยใช้เวลาบ่มเชื้อต่างๆกัน..... 60
4. แสดงปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซิน(ไมโครกรัม/กรัม)ของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพด ที่เป็นชุดควบคุม เปรียบเทียบกับการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซอิก และโซเดียมเบนโซเอต ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ โดยใช้เวลาบ่มเชื้อต่างๆกัน..... 69
5. ค่าเฉลี่ยความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางการเจริญ (ซม.) ของ *Aspergillus parasiticus* 102566 ในอาหาร Malt extract agar (MA) ผสมกับสารเคมีได้แก่ โซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมคาร์บอเนต และโซเดียมไบซัลไฟต์ ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ โดยบ่มเชื้อเป็นเวลา 7 วัน..... 73
6. ค่าเฉลี่ยความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางการเจริญ (ซม.) ของ *Aspergillus parasiticus* 102566 ในอาหารข้าวโพดสกัด ผสมกับสารเคมีได้แก่ โซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมคาร์บอเนต และโซเดียมไบซัลไฟต์ ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ โดยบ่มเชื้อเป็นเวลา 7 วัน..... 76
7. ค่าเฉลี่ยจำนวนสปอร์ต่อกรัมของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพดที่มีการเติมโซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมคาร์บอเนต และโซเดียมไบซัลไฟต์ ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ..... 80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

8. ค่าเฉลี่ยการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซิน (ไมโครกรัมต่อกรัม) ของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพด ที่มีการเติมโซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมคาร์บอเนต และโซเดียมไบซัลไฟต์ ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ..... 84

9. ค่าเฉลี่ยความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางการเจริญ (ซม.)ของ *Aspergillus parasiticus* 102566 ในอาหาร Malt extract agar (MA) ผสมกับสารเคมีได้แก่ โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซอิก และโซเดียมเบนโซเอต ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ โดยบ่มเชื้อเป็นเวลา 7 วัน..... 88

10. ค่าเฉลี่ยความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางการเจริญ (ซม.)ของ *Aspergillus parasiticus* 102566 ในอาหารข้าวโพดสกัด ผสมกับสารเคมีได้แก่ โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซอิก และโซเดียมเบนโซเอต ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ โดยบ่มเชื้อเป็นเวลา 7 วัน..... 92

11. ค่าเฉลี่ยจำนวนสปอร์ต่อกรัมของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพดที่มีการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซอิก และโซเดียมเบนโซเอต ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ..... 96

15. ค่าเฉลี่ยปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซิน (ไมโครกรัมต่อกรัม) ของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพด ที่มีการเติม โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซอิก และโซเดียมเบนโซเอต ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ..... 99

16. เครื่องฉายรังสีแกมมาในระดับห้องปฏิบัติการ (Gamma cell 220 ของ Nordon)..... 118

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อะฟลาทอกซินเป็นสารพิษที่สร้างขึ้นโดยเชื้อรา *Aspergillus parasiticus*, *Aspergillus flavus* และ *Aspergillus nomius* ซึ่งสปอร์ของเชื้อราเหล่านี้ขึ้นอยู่ทั่วไปโดยเฉพาะในดิน สารพิษอะฟลาทอกซินที่สร้างขึ้นเหล่านี้ได้แก่อะฟลาทอกซิน B_1, B_2, G_1, G_2, M_1, M_2, B_{2a} และ G_{2a} (WHO,1979 : 11-12) อาหารและผลิตผลทางการเกษตรหลายชนิดที่มีการปนเปื้อนจากสารพิษเหล่านี้ได้แก่ ถั่วลิสง ข้าวโพด ข้าวฟ่าง และข้าว (Lee และ Shau, 1981 : 43-62) อะฟลาทอกซินมีความสำคัญทั้งทางด้านการเกษตร การแพทย์ สาธารณสุข และเศรษฐกิจ เนื่องจากว่ามีผลทำให้เกิดมะเร็งกับสัตว์และมนุษย์โดยทำให้เกิดอาการได้ทั้งแบบเฉียบพลันและแบบเรื้อรัง ดังนั้นจึงมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับสารพิษอะฟลาทอกซินกันมากซึ่งการวิจัยส่วนใหญ่จะมุ่งถึงการควบคุมและกำจัดสารพิษอะฟลาทอกซินในผลผลิตทางการเกษตรโดยกรรมวิธีต่างๆ จากการศึกษาถึงการใช้โซเดียมคลอไรด์ในการควบคุมการเจริญและการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินของเชื้อรา *Aspergillus flavus* ในข้าวโพดและถั่วลิสง พบว่าความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 120 มิลลิกรัมต่อกรัมสามารถยับยั้งการเจริญและการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินจากเชื้อรา*Aspergillus flavus*ได้ (Thanaboripat และคณะ, 1992 : 24-29 ; Chitaree และคณะ, 1993 : 354-357) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาถึงการใช้สารเคมีอื่นๆเช่นแอมโมเนียมคาร์บอเนตและโซเดียมไบซัลไฟต์พบว่าสามารถทำลายสารพิษอะฟลาทอกซินได้ (วิไลวรรณ ธนโรจน์ประดิษฐ์, 2533 : 6-8 ; Mabrouk และ El-Shayeb, 1980 : 183-185) นอกจากนี้ยังพบว่าโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซอิก และโซเดียมเบนโซเอตสามารถลดปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซินในอาหารเหลวได้เช่นกัน

วิทยาพนธ์นี้ได้ทำการศึกษาการใช้สารเคมี 6 ชนิดคือโซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมคาร์บอเนต โซเดียมไบซัลไฟต์ โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซอิกและโซเดียมเบนโซเอตในการควบคุมการเจริญและการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาการเจริญและการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพด
2. เพื่อหาปริมาณสารเคมีบางชนิดที่เหมาะสมต่อการควบคุมการเจริญและการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพด
3. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารเคมีบางชนิดในการควบคุมการเจริญและการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินของเชื้อราในเมล็ดข้าวโพด
4. เพื่อศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมของสารเคมีบางชนิดในการควบคุมการเจริญและการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินของเชื้อราในเมล็ดข้าวโพด

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อจะได้ทราบว่าสารเคมีชนิดใดที่มีความเหมาะสมต่อการควบคุมการเจริญและการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินของเชื้อราในเมล็ดข้าวโพด
2. เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการศึกษาด้านการป้องกันการเจริญและการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินในผลผลิตทางการเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ตรวจเอกสาร เตรียมอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

2 ทำการทดลองเปรียบเทียบการเจริญและการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินของเชื้อรา ในข้าวโพดที่ใส่และไม่ใส่สารเคมี และบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7, 14, 21 และ 28 วัน และตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารพิษ

3. ทดลองเปรียบเทียบการเจริญของเชื้อราในจานอาหารแข็งที่เติมและไม่เติมสารเคมี

4. สรุปผลการทดลอง วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนและการเปรียบเทียบเชิงซ้อนวิธีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์(Randomize complete block design) ที่มีสองปัจจัย พร้อมทั้งจัดทำรายงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ประวัติของสารพิษอะฟลาทอกซิน

สารพิษของเชื้อราที่มีการศึกษาค้นคว้ากันมากที่สุดคืออะฟลาทอกซิน (Aflatoxin) ทั้งนี้เป็นเพราะว่าอะฟลาทอกซินเป็นสารพิษที่ทำให้เกิดพิษอย่างเฉียบพลัน (acute toxicity) และยังทำให้เกิดมะเร็ง (carcinogenicity) ที่ตับได้อีกด้วยซึ่งอะฟลาทอกซินเป็นสารพิษที่เกิดจากกระบวนการเมแทบอลิซึมของเชื้อราบางชนิด พบครั้งแรกจากเชื้อ *Aspergillus flavus* (Sargeant และคณะ, 1961a : 1291, 1961b:1096-1097) ซึ่งคำว่า aflatoxin เกิดจากการรวมคำ 3 คำ เข้าด้วยกันคือ *Aspergillus (a-), flavus* (-fla) และ toxin Blount (1961 : 52) ได้รายงานไว้เป็นครั้งแรกที่ประเทศอังกฤษว่าในปี คศ. 1960 ได้เกิดโรคระบาดชนิดใหม่ขึ้นในไก่งวงโดยไม่ทราบสาเหตุของโรคและได้ตั้งชื่อโรคที่พบนี้ว่า Turkey x disease และในระยะเวลาต่อมาก็มีผู้รายงานโรคระบาดชนิดนี้เกิดกับเป็ดในประเทศเคนยาและยูกานดา (Asplin และ Carnaghan, 1961 : 1215-1218) จากการศึกษาค้นคว้าถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคนี้ในประเทศอังกฤษพบว่าโรค Turkey x disease นี้เกี่ยวข้องกับถั่วลิสงที่สั่งซื้อมาจากประเทศบราซิล ภายหลังจากการนำเอาถั่วลิสงเหล่านี้มาเลี้ยงกับเป็ดทดลองแล้วปรากฏว่าเกิดการเป็นพิษเช่นเดียวกับไก่งวงคือมีการเบื่ออาหาร ซึม ปีกตก คอตก ขาอ่อน เพลีย และตายในที่สุด ผลการตรวจทางพยาธิวิทยาของอวัยวะต่างๆ พบว่าตับเป็นอวัยวะที่ถูกทำลายมากที่สุด ต่อมาในปีเดียวกัน Sargeant และคณะ (1961a : 1291) ได้ทำการสกัด (extraction) แยก (isolation) และทำให้สารพิษบริสุทธิ์ (purification) จากถั่วลิสงเหล่านั้นที่นำมาจากประเทศบราซิล ขณะเดียวกัน Austwick และ Ayerst (1963 : 55) ได้ทำการตรวจถั่วลิสงเหล่านี้ด้วยกล้องจุลทรรศน์และพบว่าเนื้อของถั่วลิสงเหล่านี้มีเชื้อราขึ้นอยู่เป็นจำนวนมากแต่เชื้อราพวกนี้ได้ตายหมดแล้ว อย่างไรก็ดี Sargeant และคณะ (1961b : 1096-1097) สามารถแยกเชื้อราหลายชนิดที่ยังมีชีวิตอยู่จากเนื้อของถั่วลิสงที่เป็นพิษจากประเทศยูกานดา ซึ่งเชื้อ *Aspergillus flavus* สามารถสร้างสารพิษได้เมื่อนำไปเลี้ยงบนวุ้น สารพิษที่ถูกสร้างขึ้นจากเชื้อราบนวุ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นชนิดเดียวกันกับที่พบจากส่วนสกัดของถั่วลิสงที่เป็นพิษ ดังนั้นสารพิษที่ได้จากเชื้อราตัวนี้จึงเรียกว่าอะฟลาทอกซินตามชื่อของเชื้อราที่สร้างนั่นเอง

จากการตรวจสอบหาสารพิษอะฟลาทอกซินในผลิตผลทางการเกษตรต่างๆทั้งที่ผ่านการแปรรูปและที่ยังไม่ผ่านการแปรรูปสามารถตรวจสอบพบอะฟลาทอกซินในผลิตผลหลายชนิดเช่น ถั่วลิสง ข้าวโพด ข้าวสาร มันสำปะหลัง หอม กระเทียม พริกแห้ง งา ถั่วเหลืองและถั่วอื่นๆ ในถั่วลิสงพบทั้งในถั่วลิสงดิบและถั่วลิสงคั่วที่ใช้ปรุงอาหาร เนยถั่วลิสง กากถั่วลิสง และน้ำมันถั่วลิสง นอกจากนี้ยังพบในผัก ผลไม้ และอาหารแห้งเช่นปลาแห้ง กุ้งแห้งและเนื้อมะพร้าวเป็นต้น (ปริศนา สิริอาชา, 2534 : 7) ซึ่งปริมาณอะฟลาทอกซินในประเทศไทยตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขได้กำหนดไว้ว่าต้องมีอะฟลาทอกซินอยู่ในอาหารไม่เกิน 20 พีพีบี

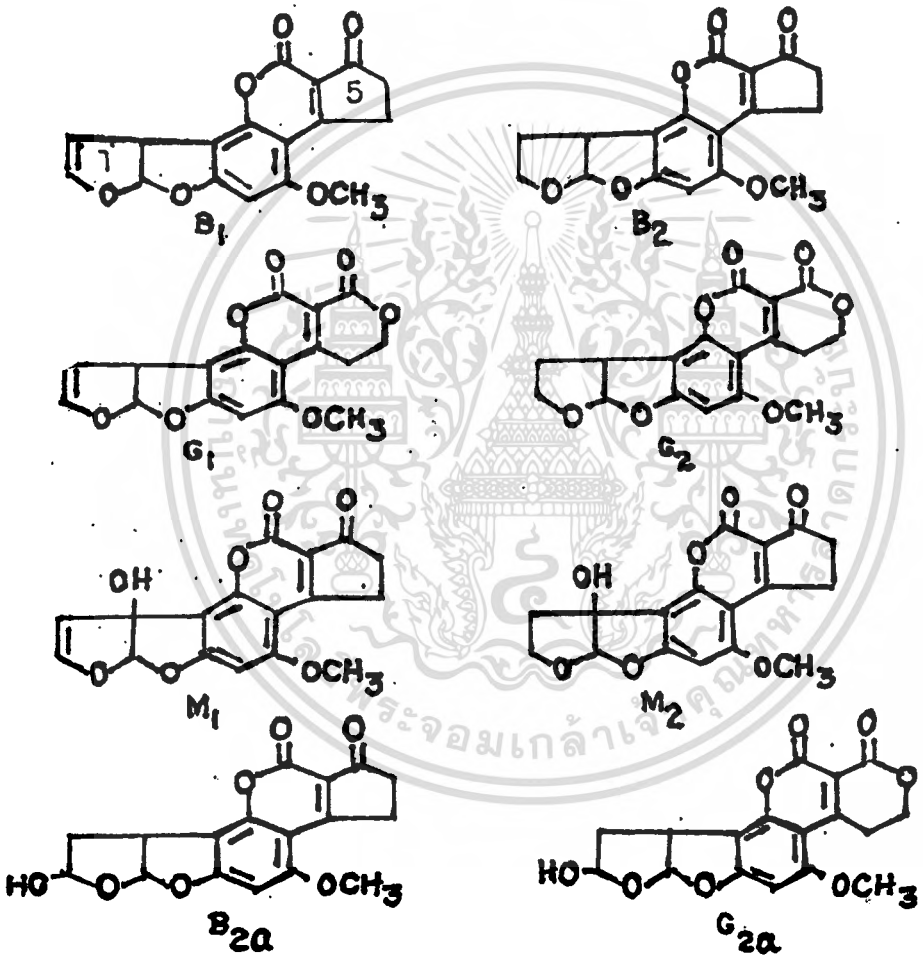
ชนิดและคุณสมบัติของสารพิษอะฟลาทอกซิน

อะฟลาทอกซินเป็นกลุ่มของสารเคมีพวกบิสฟูราโนคิวมาริน (bisfuranocoumarin) ที่มีโครงสร้างคล้ายคลึงกัน อะฟลาทอกซินที่พบอยู่ในอาหารของคนและสัตว์โดยทั่วไปจะเป็นอะฟลาทอกซิน B_1, B_2, G_1และ G_2 แต่ก็มีอะฟลาทอกซินอีกหลายชนิดในปริมาณเล็กน้อยได้แก่อะฟลาทอกซิน M_1, M_2, B_{2a} และ G_{2a} ซึ่งเป็นสารเมแทโบไลท์ของอะฟลาทอกซิน B_1, B_2 และ G_2 ตามลำดับ อะฟลาทอกซิน M_1 และ M_2 พบมากในน้ำนมและปัสสาวะของสัตว์ที่ได้รับอะฟลาทอกซินส่วน B_{2a} และ G_{2a} พบได้ในอาหารทั่วๆไปและพบว่าเชื้อรา *A. flavus* ที่สามารถสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินขึ้นบนเมล็ดข้าวโพดส่วนมากจะสร้างสารพิษอะฟลาทอกซิน B_1 และมีส่วนน้อยที่สร้างอะฟลาทอกซิน B_2 (ธีรยุทธ กลิ่นสุคนธ์ และ ชัยวัฒน์ ต่อสกุลแก้ว, 2524 : 45-52)

ชื่อชนิดของสารพิษอะฟลาทอกซินตั้งตามคุณสมบัติการวาวแสงบนแผ่นโครมาโตรกราฟีผิวบาง (Thin-layer chromatographic (TLC) plate) ภายใต้แสงอัลตราไวโอเลตขนาดคลื่น 365-366 นาโนเมตร โดยอะฟลาทอกซิน B_1 และ B_2 เป็นพวกที่วาวแสงสีน้ำเงิน และอะฟลาทอกซิน G_1 และ G_2 เป็นพวกที่วาวแสงสีเขียวปนเหลือง (ธีรยุทธ กลิ่นสุคนธ์ และ ชัยวัฒน์ ต่อสกุลแก้ว, 2524 : 45-52) นักวิทยาศาสตร์สามารถแยก ตกผลึก ทำให้บริสุทธิ์และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 1. สูตรโครงสร้างของอะฟลาทอกซินชนิดต่างๆ



ที่มา : ธีรยุทธ กลิ่นสุคนธ์ และชัยวัฒน์ ต่อสกุลแก้ว (2524:45-52)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำไปศึกษาหาสูตรโครงสร้างทางเคมีดังแสดงในภาพที่ 1 ซึ่งจะเห็นได้ว่าอะฟลาทอกซินทุกชนิดมีหมู่ methoxy (-OCH_3) ทั้งนั้นและแต่ละชนิดมีความแตกต่างทางโครงสร้างเพียงเล็กน้อย เช่นเมื่อเปรียบเทียบระหว่าง ชนิด B_1 และ B_2 พบว่าต่างกันตรงตำแหน่งที่ 2 และ 3 เพราะชนิด B_1 แสดงพันธะทางเคมีที่ไม่อิ่มตัว (unsaturated bond) แต่ชนิด B_2 มีพันธะทางเคมีที่อิ่มตัว (saturated bond) ชนิด B_1 จะเหมือนกับ G_1 คือจะมีพันธะคู่ในวงที่ 1 แต่จะต่างกันตรงวงที่ 5 เพราะชนิด B_1 เป็น five-membered ring แต่ชนิด G_1 เป็น six-membered ring ความเหมือนกันและต่างกันของโครงสร้างทางเคมีเพียงเล็กน้อยนี้มีความสำคัญมากในการแสดงความเป็นพิษกล่าวคือการที่อะฟลาทอกซินมีพันธะคู่ในวงที่หนึ่งและไม่มีกลุ่มแลคโตนในวงที่ห้านั้นทำให้เกิดความเป็นพิษอย่างเฉียบพลันและการเกิดมะเร็งในตับเพิ่มขึ้นด้วย

ในการแยกสกัดเอาสารพิษอะฟลาทอกซินจากอาหารประเภทถั่วและผลิตภัณฑ์อาหารอื่นๆที่สงสัยว่าจะมีสารพิษนี้ทำได้โดยอาศัยสารละลายอินทรีย์หลายชนิด เช่นเมทานอล เอทานอล คลอโรฟอร์ม อะซีโตน และ เฮกเซน เป็นต้น และทำให้สารพิษนี้ปราศจากสารเจือปนโดยอาศัยวิธีคอลัมน์โครมาโทกราฟีจากนั้นจะต้องทำการพิสูจน์ยืนยันว่าเป็นสารพิษชนิดนี้จริงด้วยโครมาโทกราฟีผิวบาง (TLC) และ Gas-liquid chromatography (GLC) ตามลำดับ (ประสงค์ คุณานุวัฒน์, 2523 : 41-49) มีการศึกษาความเป็นพิษของสารพิษนี้ในสัตว์และคนตั้งแต่ปี คศ. 1963 มาจนปัจจุบันนี้สรุปได้ว่าสารพิษอะฟลาทอกซินมีอันตรายต่อเซลล์ตับโดยทำให้ไขมันมาสะสมมากที่ตับทำให้เกิดอาการตับแข็ง ตับอักเสบ เลือดออกในเซลล์ตับและตับถูกทำลาย หากได้รับสารพิษนี้ในปริมาณมากถึงระดับหนึ่งและถ้าได้รับเป็นเวลานานก็จะทำให้เกิดก้อนเนื้องอกในตับชนิด hepatocellular carcinoma หรือ cholangino carcinoma ทำให้เกิดมะเร็งในตับและตายในที่สุด นอกจากนี้สารพิษอะฟลาทอกซินยังเป็นสารก่อการกลาย (mutagen) อีกด้วย สำหรับในเด็กนั้นพบว่ามีอาการคล้ายกับ Reye's syndrome กล่าวคือเด็กจะมีอาการชัก หมดสติ เกิดความผิดปกติของเซลล์ตับและสมอง เด็กจะเสียชีวิตภายในเวลาประมาณ 2 - 3 วันเท่านั้น ซึ่งพบว่าเป็นภาวะของโรคที่เกิดขึ้นอย่างเฉียบพลันหลังจากได้รับสารพิษแล้ว นับว่าเป็นอันตรายร้ายแรงต่อชีวิตเด็กเป็นอย่างมาก ในผู้ใหญ่มักเกิดในรูปแบบของการสะสมพิษเป็นเวลานานจึงจะแสดงอาการ ความเป็นพิษจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการได้แก่สภาวะของอาหารการกิน อายุ เพศ ฮอร์โมน การทำงานของเอนไซม์ต่างๆในตับ จำนวนครั้งและขนาดของสารพิษที่เข้าสู่ร่างกายของคนๆนั้น (ประสงค์ คุณานุวัฒน์, 2523 : 41-49) จากการศึกษาทดลองความเป็นพิษของอะฟลาทอกซิน ทั้ง 4 ชนิด คือ B_1, B_2, G_1 และ G_2 พบว่าอะฟลาทอกซิน B_1 เป็นชนิดที่มีความรุนแรงมากที่สุดและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิด G_1, B_2 และ G_2 มีความรุนแรงน้อยลงมาตามลำดับดังนั้นในการศึกษาวิจัยส่วนใหญ่จึงมักเน้นหนักไปที่สารพิษอะฟลาทอกซินชนิด B_1

มาลินี ลิ้มโภคา (2527 : 40) กล่าวว่าอะฟลาทอกซินจะคงอยู่ได้นานและจะไม่ถูกทำลายหรือเสื่อมสภาพไปที่อุณหภูมิระดับต่ำกว่าจุดเดือดของน้ำหรือในสภาวะที่เมล็ดพืชถูกนำไปเปลี่ยนเป็นอาหารสำหรับสัตว์ ศรีสิทธ์ การุณยะวณิช (2515 : 37) กล่าวว่าสารพิษพวกนี้สามารถทนต่อความร้อนได้สูงถึง 500 องศาฟาเรนไฮท์หรือ 260 องศาเซลเซียส Coomes และคณะ (1966 : 406) ได้ทำการทดลองนึ่งอาหารถั่งลิสงที่มีความชื้น 60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณอะฟลาทอกซิน B_1 อยู่ 7,000 พีพีบี โดยใช้ความดัน 15 ปอนด์ ต่อ ตารางนิ้ว (120 องศาเซลเซียส) ผลการทดลองปรากฏว่าปริมาณอะฟลาทอกซินในถั่วลิสง ลดลงเหลือ 2,000 และ 340 พีพีบี ภายในเวลา 2 และ 4 ชั่วโมงตามลำดับ ส่วนการคั่วถั่วลิสงที่ปนเปื้อนอะฟลาทอกซินที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสเป็นเวลาหนึ่งชั่วโมงครึ่งจะทำให้ปริมาณอะฟลาทอกซินในถั่วลิสงเหลือเพียง 20 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น

ไมตรี สุทธจิตต์ (2531 : 76-84) กล่าวว่าอะฟลาทอกซินทนความร้อนได้สูงถึงประมาณ 250 องศาเซลเซียสซึ่งเป็นจุดหลอมตัว ดังนั้นความร้อนจากกระบวนการหุงต้มหรือการอบนึ่งฆ่าเชื้อจึงไม่สามารถทำลายอะฟลาทอกซินได้แต่อาจลดความเป็นพิษได้บ้าง

เชื้อราที่สร้างสารพิษอะฟลาทอกซิน

เชื้อรากลุ่มที่สำคัญที่สามารถสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินได้แก่เชื้อราในกลุ่ม *Aspergillus* ได้แก่ *A. parasiticus*, *A. nomius* (คาดคะเนว่าเป็นสายพันธุ์ที่กลายพันธุ์มาจาก *A. flavus* และ *A. tamarii* (Kurtzman และคณะ, 1987 : 147-158)) และ *A. flavus* ซึ่งตัวที่สำคัญได้แก่ *A. flavus* Link. สปอร์ของเชื้อราเหล่านี้ขึ้นอยู่ทั่วไปโดยเฉพาะในดิน (WHO, 1979) ถึงแม้ว่า *A. flavus* และ *A. parasiticus* จะเป็นเชื้อราที่มีความสามารถในการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินได้แต่ก็มีบางสายพันธุ์ที่ไม่สามารถสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินได้เช่น *A. flavus columnaris* ATCC 44310 ที่ใช้ในการหมักซีอิ๊ว (Keanjak, 1984 : 67-68)

เชื้อรา *A. flavus* เป็นเชื้อราพวก storage mold การเจริญและการสร้างสารพิษเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วภายใต้สภาพดินฟ้าอากาศของเขตร้อน ลักษณะรูปร่างของ *A. flavus* นั้นเป็นเส้นใยที่มีผนังกั้น ขนาดของโคโลนีใน Czapek's solution agar มีอายุ 10 วัน บมที่ 24-26 องศา-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลเซียส มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3-4 เซนติเมตร สปอร์จะงอกจากเส้นใยโดยตรง สปอร์ที่อายุยังน้อยจะมีสีเหลืองหรือค่อนข้างเหลืองเมื่อแก่จะเปลี่ยนเป็นสีเขียวและสุดท้ายจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวเข้มที่เรียกว่า deep grape green ก้านชูสปอร์เป็นผนังหนาไม่มีสี ผิวหยาบ ความยาวปกติประมาณ 1 มิลลิเมตร แต่บางสายพันธุ์อาจจะมีความยาวถึง 2.2 เซนติเมตร vesicle จะมีลักษณะค่อนข้างกลมส่วนใหญ่จะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25-45 ไมครอน sterigma อาจเป็นแบบ uniserate หรือ biserate สปอร์มีลักษณะกลมหรือค่อนข้างกลมขนาด 3.0-6.0 ไมครอน ซึ่งจะถูกสร้างบนปลาย sterigma

เชื้อราแต่ละสายพันธุ์จะมีการสร้างอะฟลาทอกซินได้แตกต่างกันทั้งในด้านชนิดและปริมาณ นอกจากนี้ Torres และคณะ (1980 : 171-174) ได้พบว่าความสามารถในการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินในเชื้อราจะลดลงเมื่อมีการถ่ายเชื้อ (subculture) บ่อยๆ

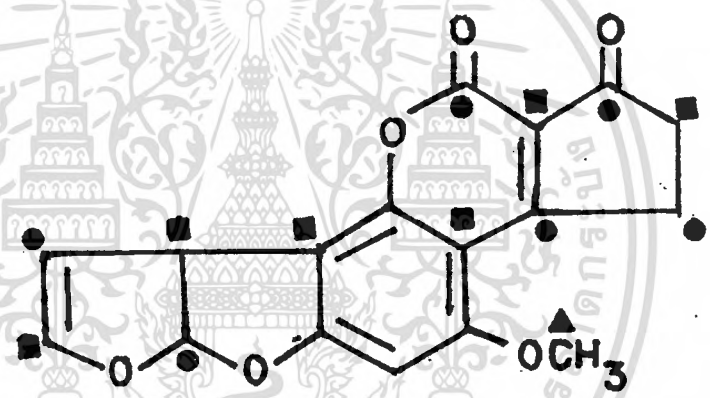
กระบวนการสังเคราะห์อะฟลาทอกซิน

Ceigler และคณะ (1971 : 165) รายงานว่าอะฟลาทอกซินมาจากแอซีเตตเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเป็นวงได้เป็น cyclic polyketo acid ที่มีคาร์บอน 20 ตัว และสารประกอบนี้จะเปลี่ยนเป็น averufin ซึ่งจะเปลี่ยนเป็น versinocal , sterigmatocystin และสารพิษอะฟลาทอกซิน B_1 ในที่สุด

Davis และคณะ (1967 : 251) ได้ทำการศึกษากระบวนการสังเคราะห์อะฟลาทอกซินจากเชื้อราในอาหารสังเคราะห์ที่ใช้สารกัมมันตภาพรังสีเป็นแหล่งอาหารชนิดต่างๆพบว่าอาหารที่มีโมเลกุลใหญ่เปลี่ยนแปลงได้กรดแอซีติกซึ่งเป็นสารที่เป็นตัวให้คาร์บอนและออกซิเจนในโมเลกุลของอะฟลาทอกซินเป็นส่วนใหญ่โดยมีเมทไทโอนีนเป็นแหล่งของ methyl group ในโมเลกุลของอะฟลาทอกซินดังแสดงในภาพที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2 อะฟลาทอกซิน B_1 ที่เกิดจากการใช้กรดแอซีติก (C^{14} - acetic acid) และกรดอะมิโนเมทไทโอนีน (C^{14}-methionine) ที่มีกัมมันตภาพรังสี เป็นสารเริ่มต้นในอาหารสังเคราะห์ ที่ใช้เลี้ยงเชื้อรา *A. flavus*



$^{\bullet}CH_3^{\bullet}COOH$ = กรดแอซีติก (acetic acid) (C^{14} = $^{\bullet}C$ และ $^{\bullet}C$)

$^{\blacktriangle}CH_3SCH_2CH_2(NH_2)C\acute{O}OH$ = กรดอะมิโนเมทไทโอนีน (methionine) (C^{14} = $^{\blacktriangle}C$)

ที่มา : ธีรยุทธ กลิ่นสุคนธ์ และชัยวัฒน์ ต่อสกุลแก้ว (2524:45-52)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนแปลงอะฟลาทอกซินในร่างกาย

จากการศึกษาถึงการกระจายของอะฟลาทอกซินไปยังอวัยวะต่างๆของร่างกายและการขับออกนอกร่างกายโดยใช้ C^{14} Labelled aflatoxin ฉีดเข้าไปในหนู พบว่า 80-90 เปอร์เซ็นต์ของอะฟลาทอกซิน B_1 ถูกกำจัดออกนอกร่างกายภายในเวลา 24 ชั่วโมงโดยพบว่ากำจัดออกทางอุจจาระ 50-60 เปอร์เซ็นต์และทางปัสสาวะเป็นทางกำจัดอะฟลาทอกซินรองลงมา มีการสะสมอะฟลาทอกซินมากบริเวณตับและไต ส่วนอวัยวะอื่นๆ เช่น ม้าม ตับอ่อน หัวใจและสมองมีการสะสมอะฟลาทอกซินน้อยกว่า 0.1 เปอร์เซ็นต์

Wogan (1966 : 36) รายงานว่ามีอะฟลาทอกซินเพียงส่วนน้อยที่ถูกขับออกมากับมูลโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงส่วนใหญ่ที่ขับออกมาในมูลและปัสสาวะมีการเปลี่ยนแปลงแล้วซึ่งทำให้คุณสมบัติด้านการละลาย (solubility) และด้านโครมาโทกราฟี เปลี่ยนแปลงไปด้วย

ธีรยุทธ กลิ่นสุคนธ์ และชัยวัฒน์ ต่อสกุลแก้ว (2524 : 45-52) กล่าวว่าเมื่อร่างกายได้รับอะฟลาทอกซิน B_1 ร่างกายจะขับอะฟลาทอกซินบางส่วนออกนอกร่างกายโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลง และส่วนใหญ่ของอะฟลาทอกซิน B_1 จะถูกเปลี่ยนไปเป็นเมแทโบไลท์ของอะฟลาทอกซิน เช่น M_1, P_1, Q_1 และ R_O การเปลี่ยนแปลงนี้เกิดขึ้นในตับโดยมีเอนไซม์ Drug metabolite ซึ่งมาจากส่วนของ Endoplasmic reticulum มาเกี่ยวข้อง เมแทโบไลท์ของอะฟลาทอกซินเหล่านี้จะถูกขับออกนอกร่างกาย Aflatoxin B1-2-3-oxide ซึ่งเป็นเมแทโบไลท์ตัวหนึ่งของอะฟลาทอกซิน B_1 เป็นตัวที่มีบทบาทสำคัญซึ่งจะรวมตัวกับสารโมเลกุลใหญ่ เช่น RNA, DNA หรือโปรตีนในเซลล์ของตับซึ่งทำให้เกิดการเป็นพิษและก่อให้เกิดมะเร็ง

ผลของอะฟลาทอกซิน

อะฟลาทอกซินมีผลทำให้เกิดมะเร็งในสัตว์และมนุษย์ซึ่งมีผลทำให้เกิดอาการได้ทั้งแบบเฉียบพลันและแบบเรื้อรัง กรณีของการเกิดพิษอย่างเฉียบพลันนั้นพบว่าจะทำให้เกิดการตายของเซลล์ (necrosis) ในตับเป็นส่วนใหญ่ นอกจากอะฟลาทอกซินจะทำให้เกิดมะเร็งของตับแล้วยังทำให้เกิดมะเร็งของปอดด้วย (ไมตรี สุทธจิตต์, 2531 : 76-84) จากการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศึกษาถึงความเป็นพิษในสัตว์ต่างๆพบว่า LD_{50} (Lethal dose 50) ของสัตว์ต่างๆจะแตกต่างกันออกไปตั้งแต่ 0.3-17.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักตัว (WHO, 1979)โดยพบว่าลูกเป็ดอายุหนึ่งวันจะอ่อนแอต่อสารพิษนี้มากที่สุดและถ้าคนได้รับอาหารที่มีปริมาณอะฟลาทอกซินน้อยกว่า 5 นาโนกรัมของน้ำหนักตัวต่อวันจะไม่ทำให้เกิดมะเร็งในตับแต่ถ้าได้รับปริมาณสูงกว่านั้นเป็นเวลานานๆจะทำให้เป็นอันตรายจนทำให้เกิดมะเร็งในตับได้ (ธีรยุทธ กลิ่นสุคนธ์ และ ชัยวัฒน์ ต่อสกุลแก้ว , 2524 : 45-52) แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับส่วนประกอบอื่นๆด้วย เช่น อายุ เพศ สภาวะที่ได้รับอะฟลาทอกซิน กรรมพันธุ์ และระยะเวลาที่ได้รับอะฟลาทอกซิน เป็นต้น

ผลของอะฟลาทอกซิน B_1 ต่อการสังเคราะห์ DNA และ RNA

Friedman และ Wogan (1967 : 358) รายงานว่าอะฟลาทอกซินเมื่อถูกดูดซึมที่ตับจะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นสารตัวกลางชนิด 2,3-epoxide ก่อน ซึ่งสารนี้มีความว่องไวมากสามารถจับตัวอย่างถาวรกับสารชีวโมเลกุลต่างๆรวมทั้งกรดนิวคลีอิกได้เป็นโมเลกุลที่ผิดไปจากธรรมชาติและมักจับกับเบสกวานีนของDNA สารพิษอะฟลาทอกซินจึงเป็นอันตรายต่อยีนโดยขัดขวางหน้าที่ทางชีวภาพของ DNA และทำให้เอนไซม์ DNA และ RNA Polymerase ไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ ทำให้การสร้าง RNA และ DNA ลดน้อยลง Clifford และ Lee (1966 : 312-313 ; 1967 : 65-75) รายงานว่าอะฟลาทอกซิน B_1 ทำให้การสร้าง RNA และสัดส่วนของ DNA/RNA ลดลงอย่างรวดเร็วและการลดต่ำลงนี้จะคงอยู่ตลอด 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นจะค่อยๆกลับเข้าสู่สภาวะปกติในวันที่ 5 หลังจากได้รับอะฟลาทอกซิน นอกจากนี้ Friedman และWogan (1967 : 358) ยังรายงานว่าอะฟลาทอกซิน B_1 มีผลทำให้การสังเคราะห์ RNA ลดลงและจะกลับเข้าสู่สภาวะปกติภายใน 12 ชั่วโมงหลังจากได้รับอะฟลาทอกซินเพียงครั้งเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของอะฟลาทอกซินต่อการสังเคราะห์โปรตีน

Feigelson และ Greengard (1962 : 1908) รายงานว่าอะฟลาทอกซินเป็นตัวยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ tryptophan pyrrolase ทำให้มีผลยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีนบางชนิดที่เซลล์ของตับ Shank และ Wogan (1972 : 61-69) และ Wogan (1966 : 36) รายงานว่าอะฟลาทอกซิน B_1 จะยับยั้งการสร้างโปรตีนได้เล็กน้อยภายในระยะ 5 ชั่วโมงภายหลังจากได้รับอะฟลาทอกซิน และจะกลับเข้าสู่สภาพปกติภายในเวลา 12 ชั่วโมง

มาลินี ลิ้มโภคา (2523 : 40) กล่าวว่าอะฟลาทอกซินออกฤทธิ์โดยไปขัดขวางกระบวนการสังเคราะห์ m-RNA และกระบวนการสร้าง DNA การขัดขวางการสร้าง m-RNA เกิดในส่วนของนิวเคลียสโดยไปยับยั้งสารตั้งต้น (precursor) ที่จำเป็นต่อการสร้าง m-RNA และขัดขวางเอนไซม์ DNA-dependent RNA polymerase เมื่อการสร้าง RNA ถูกขัดขวางจะทำให้การสร้างโปรตีนในร่างกายถูกขัดขวางไปด้วย ความผิดปกติในการสร้างโปรตีนและในการเคลื่อนตัวของไขมันในร่างกายนั้นจะเห็นวิการที่ตับอย่างชัดเจน

ผลของอะฟลาทอกซินต่อสัตว์ชนิดต่างๆ

เชื้อราและสารพิษที่เชื้อราผลิตขึ้นจะมีผลต่อคุณค่าทางอาหารของวัตถุดิบอาหารสัตว์และเมื่อสัตว์กินอาหารที่มีเชื้อราและสารพิษเข้าไปจะทำให้ความสมบูรณ์ลดลงและสุขภาพเสื่อมโทรม ตัวอย่างเช่นในข้าวโพดที่ถูกเชื้อราทำลายจะทำให้พลังงานในเมล็ดข้าวโพดสูญเสียไประหว่าง 5-25 เปอร์เซ็นต์ขึ้นกับสภาพแวดล้อมและชนิดของเชื้อราที่เข้าทำลายในบรรดาคุณค่าทางอาหารที่มีอยู่ในเมล็ดธัญพืช พบว่าไขมันจะถูกทำลายเป็นอันดับแรกเมื่อเชื้อราเริ่มเจริญเติบโต ต่อจากนั้นก็จะเป็นโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต การเจริญเติบโตของเชื้อรายังมีผลต่อการทำลายกรดอะมิโนทุกชนิดโดยเฉพาะไลซีนและอาร์จินิน ระดับวิตามินในอาหาร ไขมันและวิตามินที่ดูดซึมได้ในลำไส้ นอกจากนี้ในอาหารสัตว์ที่มีเชื้อราเจริญอยู่จะทำให้ลดความน่ากินลงทำให้สัตว์กินอาหารได้น้อยลงและสารพิษที่เกิดขึ้นจากเชื้อราจะสร้างปัญหาให้กับตัวสัตว์อีกด้วย (ลีพัฒนาอาหารสัตว์, 2538 : 10-17)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุกัญญา จัตตุพรพงษ์ (2530 : 42-47) กล่าวว่าอะฟลาทอกซินทำให้เกิดความเป็นพิษได้ทั้งแบบเฉียบพลัน และเรื้อรังโดยความเป็นพิษจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิด อายุ เพศ อาหารที่ได้รับ ปริมาณและระยะเวลาที่ได้รับสารพิษ ซึ่งพบว่าสัตว์ที่มีความต้านทานต่ออะฟลาทอกซินจากน้อยไปหามากคือ ลูกเป็ด ปลาเรนโบว์เทราท์ หนูตะเภา และไก่งวง สัตว์ที่ได้รับพิษในปริมาณมากโดยเฉพาะสัตว์ที่มีอายุน้อยจะตายอย่างรวดเร็ว ส่วนอาการเรื้อรังของสัตว์ที่ได้รับสารพิษโดยทั่วไปคืออัตราการเจริญเติบโตลดลง ประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลง สัตว์ให้ผลผลิตลดลง และยังทำให้ความต้านทานต่อโรคและพยาธิน้อยลงด้วย นอกจากนี้ในสัตว์ที่มีอายุน้อยและสัตว์ที่กำลังเจริญเติบโตจะได้รับผลกระทบมากกว่าสัตว์ที่มีอายุมากหรือสัตว์ที่เจริญเต็มที่แล้ว

สารพิษจากเชื้อรามีผลกระทบต่อระบบการทำงานของร่างกายสัตว์คือ

1. ถ้าระดับสารพิษอะฟลาทอกซินในเลือดสูงจะมีผลทำให้ระดับของสารโปรทรอมบินซึ่งเป็นสารที่ทำให้เลือดแข็งตัวมีระดับต่ำกว่าปกติมาก อาจจะลดลงเหลือเพียง 20 เปอร์เซ็นต์ของระดับปกติ

2. ทำให้ระดับแคลเซียมในเลือดต่ำลงเนื่องจากการใช้ประโยชน์ได้ของแคลเซียมลดลงและมีผลให้สัตว์ไม่สามารถใช้วิตามินดีได้อย่างเต็มที่ ดังนั้นจึงพบปัญหาเรื่องขาและกระดูกไม่แข็งแรง สัตว์จะแสดงอาการกระดูกอ่อนหรือกระดูกเปราะแตกหักง่าย

3. ทำให้การนำโปรตีนไปใช้ประโยชน์ลดลง ทำให้ต้องเพิ่มระดับโปรตีนในอาหารให้สูงขึ้นกว่าระดับปกติ มิฉะนั้นจะทำให้ระดับการเจริญเติบโตลดลง ประสิทธิภาพการใช้อาหารต่ำลง รวมไปถึงสมรรถภาพทางการสืบพันธุ์ลดลงด้วย

4. มีผลทำให้ความเข้มข้นของเกลือในน้ำดี (bile salt) ลดลง ทำให้การดูดซึมและการย่อยไขมันลดลง

5. ลดความเข้มข้นของน้ำย่อยไขมันจากตับอ่อน (pencreatic lipase) ทำให้การย่อยไขมันต่ำลง

6. ลดน้ำย่อยโปรตีนจากตับอ่อน (pencreatic trypsin) ทำให้สัตว์ย่อยสลายโปรตีนได้ต่ำลง

7. ลดน้ำย่อยแป้ง (pencreatic amylase) ทำให้สัตว์ย่อยสลายแป้งได้น้อยลง

8. ทำให้ปริมาณเม็ดเลือดขาวลดลง ทำให้สัตว์ไม่สามารถสร้างภูมิคุ้มกันโรคในระดับปกติได้ ส่งผลให้สัตว์ติดเชื้อโรคได้ง่ายโดยเฉพาะอย่างยิ่งโรคที่เกิดจากเชื้อ *Sallmonella* ทั้งยังลดประสิทธิภาพของวัคซีนที่ให้แก่สัตว์ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. ทำให้ความเข้มข้นของยาปฏิชีวนะในซีรั่มลดลง ดังนั้นการให้ยาในระดับปกติจึงไม่ได้ผล

10. ทำให้การดูดซึมสารสีในสัตว์ปีกลดลง ผลคือทำให้ไข่แดงมีสีซีด

11. อะฟลาทอกซินจะไปลดหรือหยุดการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่มีประโยชน์ต่อร่างกายสัตว์ซึ่งสามารถพบปรากฏการณ์นี้ในสัตว์สี่กระเพาะและเป็ดไก่ นอกจากนี้ยังพบว่าอะฟลาทอกซินจะลดปริมาณแบคทีเรียส่วนปลายของลำไส้ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายสัตว์อีกด้วย

12. อะฟลาทอกซินจะไปทำลายผนังของลำไส้ (intestinal mucosa) และทำให้ผนังของลำไส้ไม่สามารถขับน้ำย่อยหรือดูดซึมอาหารเข้าสู่ร่างกายได้

13. เมื่ออะฟลาทอกซินถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายและเข้ากระแสเลือดก็จะเข้าไปทำลายตับ ไขกระดูก สมอง และอวัยวะอื่นๆ

14. อะฟลาทอกซินจะทำให้การทำงานของเนื้อเยื่อในร่างกายตามส่วนต่าง ๆ ผิดปกติไป เช่นกระบวนการเมแทบอลิซึม การสร้างเอนไซม์และฮอร์โมนผิดปกติไป

สารพิษอะฟลาทอกซินในอาหารสัตว์จะก่อให้เกิดความเสียหายแก่สัตว์เลี้ยงจากรายงานของ ทิม พรรณศิริ (2532 : 9-15)ที่สำคัญคือ

1. ทำให้เบื่ออาหารและการกินอาหารน้อยลง

2. การเจริญเติบโตลดลง

3. การให้นมและให้ไข่ลดลง

4. การผสมพันธุ์ไม่ค่อยติดและมีการแท้งลูกมากขึ้น

5. จะก่อให้เกิดการผิดปกติของระบบการย่อยอาหารโดยสัตว์เลี้ยงจะมีอาการท้องร่วง ลำไส้อักเสบและการผิดปกติของอวัยวะภายในทางพยาธิวิทยาของตับ ไต และถุงน้ำดี

6. สัตว์จะมีอาการขนร่วง ผิวหนังหยาบกร้าน

7. สัตว์จะมีโอกาสเป็นโรคเต้านมอักเสบและโรคต่างๆมากขึ้น

8. ถ้าสัตว์ได้รับในปริมาณมากจะทำให้สัตว์เสียชีวิตได้

สารพิษอะฟลาทอกซินที่ปนมาในอาหารสัตว์นอกจากจะเป็นปัญหาต่อสุขภาพสัตว์แล้วยังส่งผลต่อไปถึงอาหารของมนุษย์ด้วย ถึงแม้ว่าสัตว์ส่วนใหญ่จะสามารถเปลี่ยนแปลงสารพิษที่ได้รับเข้าไปอย่างรวดเร็วก็ตามแต่ก็ยังมีสะสมอยู่บ้างในส่วนของเนื้อเยื่อและน้ำนม (ทิม พรรณศิริ, 2532 : 9-15)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Asplin และ Carnaghan (1961 : 1215-1518) พบว่าไก่งวงและลูกเป็ดมีความต้านทานต่ออะฟลาทอกซินต่ำมาก ในกรณีที่เกิดการเป็นพิษเนื่องมาจากอะฟลาทอกซินจะมีอาการชักและตาย จากการผ่าซากเพื่อดูอาการพบว่ามีจุดเลือดออกใต้ผิวหนังและอวัยวะภายในเลือดมีลักษณะใสและแข็งตัวยากกว่าปกติ มีอาการบวมน้ำรอบๆหัวใจ ตับมีขนาดใหญ่กว่าปกติ สีซีด มีการตายของเซลล์ตับและมีการสะสมไขมันที่ตับเพิ่มขึ้น พบว่ามีค่า LD_{50} เพียง 0.335 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว (Carnaghan, 1965 : 308-311)

ในสุกรพบว่าเมื่อได้รับอะฟลาทอกซินในปริมาณสูงจะมีอาการผอม ขนหยาบ ขาหลังไม่มีกำลัง เวลายืนตัวโก่งและมีอาการโลหิตจางและตายภายใน 1-5 วัน จากการผ่าซากพบว่ามีจุดเลือดออกบริเวณใต้ผิวหนัง ตับสีซีดและมีการสะสมไขมันมากในบริเวณตับ ระดับอะฟลาทอกซินที่ต่ำกว่า 10 พีพีบี จะไม่ทำให้สุกรแสดงความผิดปกติออกมาให้เห็น ภายนอกแต่ตับจะมีสีเหลืองซีด (สุกัญญา จัตตุพรพงษ์, 2530 : 42-47) ที่ระดับ 25 พีพีบีจะเริ่มมีไขมันสะสมที่ตับเพิ่มมากขึ้น ที่ระดับ 145 พีพีบีจะทำให้สุกรเบื่ออาหารและอัตราการเจริญเติบโตต่อวันลดลง ที่ระดับ 200 พีพีบี จะทำให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลงและที่ระดับ 1200 พีพีบี จะทำให้สุกรบางตัวตาย (Kondos, 1986 : 635) กิจจา อุไรรงค์ (2530 : 80-89) รายงานว่าการที่พบจุดเลือดออกทั่วไปตามอวัยวะต่างๆของสุกรเพราะสารพิษมีผลรบกวนการเกิดลิ่มเลือดซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับการทำงานของเซลล์ตับ เกี่ยวข้องกับการดูดซับ วิตามินเคที่ลำไส้และเป็นผลจากอะฟลาทอกซิน B_1 ถูกแปรสภาพโดยระบบเอนไซม์ (microsomal enzyme system) ภายในตับเกิดเป็นสารที่มีคุณสมบัติป้องกันการเกิดลิ่มเลือด นอกจากนี้ยังมีผลขัดขวางการสร้างโปรตีนและทำให้กลไกการสร้างภูมิคุ้มกันของร่างกายด้อยประสิทธิภาพลง

ในโคและกระบือพบว่าลูกโคกระบือจะแสดงอาการเป็นพิษเนื่องจากอะฟลาทอกซินแต่สำหรับสัตว์ที่โตเต็มที่มักไม่แสดงอาการให้เห็นชัด อาการที่เห็นได้คือน้ำหนักตัวลดลง ปริมาณน้ำนมลดลงแต่จำนวนเซลล์ต่อน้ำดีเพิ่มขึ้น ขนาดของตับขยายใหญ่ขึ้นและมีอาการอักเสบของเส้นเลือดดำ Hepatic vien และ Central globular สำหรับแกะนั้นเป็นสัตว์ที่ทนทานต่อพิษของอะฟลาทอกซินได้ดีมาก ระดับอะฟลาทอกซินในอาหารปกติไม่สามารถก่อให้เกิดอาการเป็นพิษในแกะได้ (สุกัญญา จัตตุพรพงษ์ , 2530 : 42-47)

Wyatt และคณะ (1975:1065-1070) รายงานว่าไก่ที่ได้รับอะฟลาทอกซินจะทำให้ความสามารถในการทนต่ออากาศเย็นลดลง เพราะอะฟลาทอกซินจะทำให้เกิดน้ำตาลกลูโคสในเลือดต่ำ (Hypoglycemia) อุณหภูมิร่างกายต่ำ (Hypothermia) และการสะสมไขมันในร่างกายลดต่ำลง จากการทดลองเลี้ยงไก่ด้วยอาหารที่มีอะฟลาทอกซิน 1.5 พีพีเอ็ม พบว่าตับมีขนาดใหญ่ขึ้นและการเจริญเติบโตลดต่ำกว่าปกติ ในไก่กระทงระดับอะฟลาทอกซินใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารที่ 200 พีพีบี จะทำให้ภูมิคุ้มกันโรคหลังจากทำวัคซีนลดลงและไวต่อการเป็นโรค (Giambrone และคณะ ,1985 :852-858) ที่ระดับ 0.625 พีพีเอ็ม จะทำให้อัตราการเจริญเติบโตลดลง อัตราการตายสูงขึ้นและประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลง ที่ระดับ 3.5 พีพีเอ็มจะทำให้ปริมาณไตรกลีเซอไรด์ คลอเรสเตอรอล แคลเซียม กลูโคส ปริมาณโปรตีนรวมและอัลบูมินในซีรั่มลดลง (Wyatt และคณะ , 1975:1065-1070) ในไก่ไข่ที่ระดับอะฟลาทอกซินในอาหาร 1.2 พีพีเอ็มไม่ทำให้สมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ผิดปกติ ที่ระดับ 5 พีพีเอ็มจะทำให้ผลผลิตไข่ลดลง ตับมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นและมีไขมันสะสมในตับมากขึ้น ที่ระดับ 10 พีพีเอ็มทำให้อัตราการไข่ลดลง 70 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณอาหารที่กินลดลง (จรูญ ไชยเมือง, 2529: 84)

จะเห็นได้ว่าสารพิษอะฟลาทอกซินที่ปนเปื้อนในอาหารสัตว์เพียงเล็กน้อยจะส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิตและสุขภาพของสัตว์ได้เป็นอย่างมาก นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบต่อผู้บริโภคอีกด้วย การป้องกันสารพิษอะฟลาทอกซินหรือการลดสารพิษที่สัตว์จะได้รับสามารถทำได้หลายวิธีได้แก่วิธีทางฟิสิกส์ เคมีหรือทางชีวภาพในการช่วยลดสารพิษได้

ปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณของอะฟลาทอกซิน

ชนิดของเชื้อรา

ธีรยุทธ เวชรัตต์พิมล (2529 : 65-69) รายงานถึงความสามารถที่ต่างกันของการสร้างสารพิษจากเชื้อราในประเทศไทยพบว่า *A. flavus* ที่ได้มาจากแหล่งอาหารต่างๆ กัน 84.6 เปอร์เซ็นต์สามารถผลิตอะฟลาทอกซิน B_1 และ B_2 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Glinsukon และคณะ (1976 : 176) ซึ่งได้ศึกษาเชื้อราที่ขึ้นบนอาหารในประเทศไทยพบว่า *A. flavus* และ *A. parasiticus* สามารถสร้างอะฟลาทอกซินได้ดีกว่าเชื้อราชนิดอื่น ซึ่งอะฟลาทอกซินที่ได้จากเชื้อราชนิดต่างๆจะมีปริมาณและชนิดของอะฟลาทอกซินแตกต่างกันไป เสาวรส อิ่มวิทยา (2526 : 38-42) รายงานว่า *A. flavus* มีตั้งแต่สายพันธุ์ที่ให้อะฟลาทอกซินและสายพันธุ์ที่ไม่ให้ บางสายพันธุ์มีความสามารถในการสร้างอะฟลาทอกซินได้ครบทุกตัวคือ B_1, B_2 , G_1 และ G_2 บางสายพันธุ์สร้างเฉพาะ B_1 หรือ G_1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชื้นและความชื้นสัมพัทธ์

ความชื้นมีความสำคัญมากต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา (ธีรยุทธ เวชรัชต์พิมล, 2529 : 65-69) ถ้าความชื้นสัมพัทธ์สูงจะทำให้ความชื้นในอากาศสูงด้วย ระดับความชื้นสูงสุดในเมล็ดพืชบางชนิดเช่นข้าวโพดและข้าวสาลีที่ไม่ทำให้เกิดเชื้อราคือ 12.5 - 13.5 เปอร์เซ็นต์ ถั่วลิสง 8 เปอร์เซ็นต์ ข้าวฟ่าง 13.6-14.5 เปอร์เซ็นต์ แต่มีข้อยกเว้นสำหรับถั่วลิสงที่ระดับความชื้น 8 เปอร์เซ็นต์ อาจพบ *A. flavus* ได้ ทั้งนี้เพราะถั่วลิสงเป็นแหล่งที่เหมาะสมสำหรับ *A. flavus*

นรสีห์ ตระกูลช่าง (2520 : 269) กล่าวว่าความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราคือความชื้นสัมพัทธ์ 80-100 เปอร์เซ็นต์ Ceigler และคณะ (1971 : 165) รายงานว่าเชื้อรา *A. flavus* เจริญได้ดีในข้าวโพดซึ่งเก็บไว้ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์หรือสูงกว่าและการเจริญเติบโตของเชื้อรานี้จะเจริญเติบโตได้ดีในเมล็ดข้าวโพดที่มีความชื้น 16.2 - 24.4 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการเก็บเมล็ดธัญพืชควรทำให้ความชื้นลดต่ำลงเหลือเพียง 13 เปอร์เซ็นต์หรือต่ำกว่านี้ นอกจากนี้ยังพบว่ากากถั่วลิสงที่เก็บไว้ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 85 เปอร์เซ็นต์มีผลทำให้ *A. flavus* สร้างอะฟลาทอกซินได้มาก เชื้อราโดยทั่วไปจะเจริญได้ดีในอาหารที่มีความชื้นระหว่าง 14 - 30 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้เชื้อรายังเจริญเติบโตได้ดีในอาหารที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศตั้งแต่ 75 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป ความชื้นเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราที่สร้างอะฟลาทอกซินคือถ้ามีปริมาณของความชื้นในอาหารและในอากาศต่ำก็จะทำให้การสร้างอะฟลาทอกซินลดน้อยลงไปด้วย ดังนั้นการลดปริมาณความชื้นของอาหารจึงเป็นวิธีป้องกันการขึ้นปะปนของเชื้อราในอาหารได้

อุณหภูมิและระยะเวลาในการเจริญเติบโตของเชื้อรา

โดยปกติเชื้อราเติบโตได้ดีในอุณหภูมิระหว่าง 24-32 องศาเซลเซียส (นรสีห์ ตระกูลช่าง, 2520 : 269) เชื้อราจะสร้างอะฟลาทอกซินในเมล็ดข้าวโพดที่ทำให้ชื้นแล้วภายใน 48 ชั่วโมง สภาพที่เหมาะสมที่สุดในการสร้างอะฟลาทอกซินได้แก่สภาพที่มีความชื้นสัมพัทธ์ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อากาศประมาณ 98 เปอร์เซ็นต์ และมีอุณหภูมิระหว่าง 25-27 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นสภาพเดียวกับที่เชื้อรา *A. flavus* สามารถเจริญเติบโตได้ดี (ศรีสิทธิ์ การุณยะวนิช, 2515 : 37)

ธีระยุทธ กลิ่นสุคนธ์ และชัยวัฒน์ ต่อสกุลแก้ว (2524 : 45-52) รายงานว่าที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสเชื้อราสามารถสร้างอะฟลาทอกซินได้สูงสุดในวันที่ 11 - 13 ของการเลี้ยงเชื้อและที่อุณหภูมิ 25 และ 30 องศาเซลเซียสเชื้อราจะผลิตอะฟลาทอกซินได้สูงสุดในวันที่ 7-9 และ 5-7 ตามลำดับ และให้ข้อสังเกตว่าอุณหภูมิและความชื้นในสภาพอากาศของประเทศไทยเหมาะสมต่อเชื้อราที่จะสร้างอะฟลาทอกซินได้เป็นอย่างดีในระยะ 7-14 วัน

<u>ปริมาณออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์</u>

เสาวรส อิ่มวิทยา (2526 : 38-42) พบว่าถ้าคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นร้อยละ 20 เชื้อรายังคงเจริญเติบโตได้ดี แต่ความสามารถในการสร้างอะฟลาทอกซินจะลดลงร้อยละ 75 ถ้าลดปริมาณออกซิเจนเหลือเพียงร้อยละ 1 พบว่าเชื้อสามารถเจริญได้แต่การสร้างอะฟลาทอกซินจะลดลง ธีระยุทธ กลิ่นสุคนธ์ และชัยวัฒน์ ต่อสกุลแก้ว (2524 : 45-52) ได้ทำการเลี้ยงเชื้อราบนอาหารพวกเมล็ดพืชในขวดแก้วและพบว่าการเขย่าขวดแก้วตลอดเวลาจะทำให้เชื้อราเจริญเติบโตและการสร้างอะฟลาทอกซินเพิ่มขึ้น 3 - 150 เท่าตัว

<u>ธาตุอาหารชนิดต่างๆ</u>

การนำเชื้อรามาเลี้ยงบนอาหารชนิดต่าง ๆ กันจะทำให้ปริมาณของอะฟลาทอกซินที่ถูกสร้างขึ้นแตกต่างกันไปด้วย ความแตกต่างในการสร้างอะฟลาทอกซินจากเชื้อราชนิดเดียวกันบนอาหารพวกเมล็ดพืช (solid medium) หรืออาหารสังเคราะห์ (semisynthetic medium) อาจจะเป็นผลเนื่องมาจากธาตุอาหารที่มีอยู่ในอาหารเหล่านั้นแตกต่างกันออกไปก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แหล่งอาหารคาร์บอน

ธาตุที่เป็นแหล่งอาหารคาร์บอนได้แก่น้ำตาลชนิดต่าง ๆ เช่น ซูโครส กลูโคส ฟรักโทส ไซโลสและไรโบสเป็นต้น แต่พบว่าซูโครสจะช่วยทำให้เชื้อราสร้างอะฟลาทอกซินได้ดีที่สุด

แหล่งอาหารไนโตรเจน

Reddy และคณะ (1971 : 393-369) ได้รายงานว่าการเพิ่ม aspartic acid และ asparagine ในอาหารจะกระตุ้นให้เชื้อราสังเคราะห์อะฟลาทอกซินเพิ่มมากขึ้นและอธิบายเหตุผลไว้ว่า aspartate จะถูกใช้เป็นองค์ประกอบของ Tricarboxilic acid intermediate และเป็นตัวให้ acetate เพื่อสร้าง secondary metabolite จากการศึกษาถึงกระบวนการสร้างอะฟลาทอกซินโดยใช้อาหารสังเคราะห์นั้นพบว่าแหล่งอาหารไนโตรเจนที่อาจจะนำมาใช้ได้แก่เกลือแอมโมเนียมชนิดต่างๆและเกลือแอมโมเนียมซัลเฟตจะทำให้เชื้อราสร้างอะฟลาทอกซินได้ดีกว่าเกลือแอมโมเนียมชนิดอื่นๆ แต่อย่างไรก็ตามการสร้างอะฟลาทอกซินของเชื้อราที่ใช้เกลือแอมโมเนียซัลเฟตนั้นก็ยังสร้างได้น้อยกว่าเมื่อให้ส่วนสกัดของข้าวโพด กรดเคสอะมิโน ส่วนสกัดของยีสต์ และเพปโตน เป็นต้น (ศรีสิทธิ์ การุณยะวนิช, 2515 : 37)

เกลือแร่

เกลือแร่ที่สำคัญที่ช่วยทำให้เชื้อราสร้างอะฟลาทอกซินได้ดีคือสังกะสีไอออนซึ่ง Gupta และคณะ (1976 : 753-756) ได้อธิบายไว้ว่าเพราะสังกะสีเป็นตัวไปกระตุ้นเอนไซม์ในกระบวนการ glycolysis และกระตุ้นให้มีการสะสมของ adenine monophosphate (AMP) ซึ่งAMPนี้อาจเป็นสาเหตุให้มีการระงับการสังเคราะห์ไขมันแต่จะสร้างอะฟลาทอกซินขึ้นแทน ดังนั้นเมื่อปริมาณสังกะสีไอออนลดน้อยลงในอาหารที่ใช้เลี้ยงเชื้อราอันเนื่องมาจากสาเหตุที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณน้อยอยู่แล้วหรือมีอยู่มากแต่จับตัวกับสารอื่นก็จะทำให้ปริมาณของการสร้างอะฟลาทอกซินลดน้อยลงไปด้วย ดังเช่นในกรณีของถั่วเหลืองซึ่งมีปริมาณกรดไฟติกอยู่สูงจึงจับตัวกับสังกะสีไอออนได้มาก จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้การสร้างอะฟลาทอกซินจากเชื้อราบนถั่วเหลืองน้อยกว่าถั่วอื่นๆ (ธีระยุทธ กลิ่นสุคนธ์ และชัยวัฒน์ ต่อสกุลแก้ว , 2524 : 45-52) นอกจากนี้ Lillehoj และคณะ (1974 : 763-767) ได้ศึกษาพบว่าแมงกานีสและทองแดงมีผลกระตุ้นให้ *A. flavus* สร้างอะฟลาทอกซินที่ส่วน germ ของข้าวโพดมากขึ้น

<u>ปัจจัยอื่นๆ</u>

ปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราเช่นวัสดุที่เชื้อราขึ้น การเข้าทำลายของแมลง ปริมาณวิตามิน และแร่ธาตุปลีกย่อย (trace element) บางชนิด และยังพบว่าเมล็ดพืชที่พ้นเวลาเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมจะช่วยให้เกิดการสร้างอะฟลาทอกซินได้มากขึ้นด้วย

<u>การลดและการทำลายพิษของอะฟลาทอกซิน</u>

การศึกษาเกี่ยวกับวิธีการลดและการทำลายอะฟลาทอกซินทั้งในสภาพสารบริสุทธิ์และสภาพที่ปนเปื้อนในอาหารและวัสดุทางการเกษตร อาจแบ่งออกเป็นวิธีใหญ่ๆ ได้ 3 วิธี คือวิธีทางฟิสิกส์ วิธีทางเคมีและวิธีทางชีวภาพ

<u>วิธีทางฟิสิกส์</u>

1. โดยการคัดเลือกเมล็ดพืชที่มีเชื้อราหรือมีลักษณะลีบเล็ก น้ำหนักเบาและเปลี่ยนสีออกแล้วทำลายเสีย เพราะเมล็ดที่มีลักษณะเลวมักมีอะฟลาทอกซินปนเปื้อนเสมอ (ไมตรี สุทธจิตต์, 2531 : 76-84)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. โดยการทำให้เจือจาง เป็นการนำวัตถุดิบที่มีสารพิษอะฟลาทอกซินไปผสมกับวัตถุดิบที่ปราศจากสารพิษอะฟลาทอกซินเพื่อลดระดับสารพิษในวัตถุดิบนั้นให้ลดลงจนอยู่ในระดับที่จะไม่ก่อให้เกิดผลเสียหายต่อสัตว์เลี้ยงที่จะบริโภค (สุกัญญา จัตตุพรพงษ์, 2530 : 42-47)

3. โดยการเพิ่มระดับโภชนะในอาหาร การให้อาหารที่มีโปรตีนและอาหารที่มีปริมาณไขมันสูงแก่สัตว์ พบว่าช่วยลดความเป็นพิษจากอะฟลาทอกซินลงได้ แต่จะทำให้ต้นทุนการผลิตอาหารสูงขึ้น (Smith และคณะ, 1971 : 207-215)

4. โดยการทำลายอะฟลาทอกซินในอาหารด้วยความร้อน อะฟลาทอกซินถูกทำลายได้ด้วยแสงและความร้อนในสภาวะต่างๆกัน ดังนั้นการใช้ความร้อนระหว่างการเตรียมอาหารอาจจะทำให้ปริมาณอะฟลาทอกซินลดลงไปได้บ้างตามสมควร ความพยายามที่จะใช้ความร้อนในรูปของการต้ม อบ คั่ว และนึ่งโดยใช้ความดันไม่ค่อยจะได้ผลต่อการทำลายอะฟลาทอกซินB_1 เท่าที่ควร อะฟลาทอกซินที่แยกมาจากอาหารจะคงสภาพเดิมอยู่จนกระทั่งใกล้จุดหลอมตัวที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส (Feuell, 1966 : 61) การใช้ความร้อนโดยการนึ่งแต่ไม่มีความดันจะทำให้มีการทำลายอะฟลาทอกซินB_1 ได้คล้ายคลึงกันกับการใช้ความดันด้วยนั่นคือการนึ่งอาหารสัตว์ที่เป็นเมล็ดฝ้าย (ความชื้น 20 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งมีอะฟลาทอกซินB_1 144 ไมโครกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัมเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จะทำให้ปริมาณอะฟลาทอกซินลดลงเหลือ 44 ไมโครกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม อย่างไรก็ดีการคั่ว ถั่วลิสงที่มีอะฟลาทอกซินปะปนอยู่ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลาหนึ่งชั่วโมงครึ่งจะทำให้ปริมาณอะฟลาทอกซินลดลงเหลือเพียง 20 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น (Cucullu และคณะ, 1966 : 89) ดังนั้นจึงพอสรุปได้ว่าอะฟลาทอกซินที่ปะปนอยู่ในอาหารอาจถูกทำลายไปได้บ้างตามสมควรแล้วแต่ระยะเวลาและอุณหภูมิของความร้อนที่ใช้

5. การฉายรังสี การใช้แสงอัลตราไวโอเล็ต (UV) ทั้งในห้องปฏิบัติการและแสงแดดสามารถทำลายอะฟลาทอกซินในสภาพบริสุทธิ์ได้ดีกว่าอะฟลาทอกซินที่ปนเปื้อนอยู่ในวัตถุดิบอาหาร การทำลายนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและความหนาของตัวกลางที่ยอมให้แสงอัลตราไวโอเล็ตผ่าน รวมทั้งส่วนประกอบทางเคมีอื่นๆในอาหารด้วย ส่วนการใช้รังสีอื่นๆ เช่น รังสีเอ็กซ์และรังสีแกมมา ยังให้ผลที่ไม่แน่นอน

6. การดูดซับ เป็นการใช้สารที่มีคุณสมบัติในการดูดซับ (non - nutritive sorptive material) ได้แก่สารประกอบประเภทอะลูมิโนซิลิเกต (inert aluminosilicate compounds)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผสมลงในวัตถุดิบอาหาร สารประเภทนี้จะมีลักษณะโครงสร้างเป็นผลึกที่ประกอบด้วยโพรงจำนวนมากกระจายอยู่ระหว่างโมเลกุล มีความสามารถที่จะดูดซับสารพิษอะฟลาทอกซินเอาไว้ในโครงสร้างได้

ในประเทศไทยมีรายงานการใช้ดินฟอกสี (Fuller' s earth) ซึ่งเป็นสารประกอบ ซิลิ-เกตเชิงซ้อน (clay) ชนิดหนึ่งที่ประกอบด้วยแร่มอนท์โมริลโลไนท์เป็นส่วนใหญ่ ในการลดปริมาณอะฟลาทอกซินในน้ำมันถั่วลิสงและน้ำมันมะพร้าวโดยการใส่ดินฟอกสี0.3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของน้ำมันแล้วกวนที่ความเร็ว 150 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 15 นาที จะสามารถลดปริมาณอะฟลาทอกซินในน้ำมันถั่วลิสงจาก 76 พีพีเอ็มเป็น 7.85 พีพีเอ็มและลดปริมาณอะฟลาทอกซินในน้ำมันมะพร้าวจาก 25 พีพีบีให้หมดไปได้ (สุมาลัย ศรีกำไลทอง และสุภัทรา มั่นสกุล, 2525 : 36-38) โดยคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของน้ำมันที่ผ่านกรรมวิธีแล้วเป็นไปตามมาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุขที่ได้กำหนดไว้

7. การสกัดด้วยตัวทำละลาย การใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ เช่น อะซิโตน แอลกอฮอล์ คลอโรฟอร์ม เบนซิน เฮกเซน และไอโซโพรพานอลในรูปสารบริสุทธิ์และสารผสมสามารถสกัดอะฟลาทอกซินออกจากผลิตผลการเกษตรได้ดีแต่ไม่คุ้มค่าในทางอุตสาหกรรม นอกจากนี้มีการใช้เกลือแกงและสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ซึ่งพบว่าใช้ได้ดีในน้ำมันพืช

<u>วิธีทางเคมี</u>

สารเคมีหลายชนิดใช้ได้ผลดีและมีประสิทธิภาพในการกำจัดสารพิษอะฟลาทอกซิน รวมทั้งสามารถป้องกันการปนเปื้อนจากเชื้อราที่สร้างสารพิษอะฟลาทอกซินได้ด้วยเช่น โซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนีย กรดโพรพิโอนิก กรดเบนโซอิก สารฟีนอลลิก โซเดียมเบน-โซเอต โซเดียมไฮโปคลอไรต์ โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ โซเดียมไบซัลไฟต์ ยาฆ่าแมลงบางชนิด เมทิลแซนทีน และ องค์ประกอบในสมุนไพรบางชนิด เครื่องเทศและพืชบางชนิด เป็นต้น Thanaboripat และคณะ (1992 : 24-29) ได้ทำการทดลองยับยั้งการเจริญและการสร้างอะฟลาทอกซินโดยใช้โซเดียมคลอไรด์ กรดโพรพิโอนิกและแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่างๆกัน กล่าวคือใช้โซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 40, 80 และ 120 มิลลิกรัมต่อกรัม แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.2, 0.5, 1 และ1.5 เปอร์เซ็นต์ กรดโพรพิโอนิกที่ความเข้มข้น 500, 1000 และ 1500 ไมโครกรัมต่อกรัม และการเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์หลังจากที่เชื้อเจริญได้ 7 และ 14 วันที่ความเข้มข้น 0.1, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ทำการเลี้ยงเชื้อโดยถ่ายสปอร์ของ *Aspergillus flavus* ลงในข้าวโพดที่บรรจุในถุงพลาสติกจำนวน 20 กรัม ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วเป็นจำนวน 10^6 สปอร์ต่อกรัมแล้วบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 และ 14 วัน แล้วนำมาวิเคราะห์หาปริมาณการสร้างอะฟลาทอกซินโดยใช้ TLC พบว่าการใช้โซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 40 และ 80 มิลลิกรัมต่อกรัมสามารถยับยั้งการผลิตอะฟลาทอกซินได้เพียงอย่างเดียว ในขณะที่ความเข้มข้น 120 มิลลิกรัมต่อกรัมสามารถยับยั้งได้ทั้งการเจริญของ *Aspergillus flavus* และการผลิตอะฟลาทอกซิน ภายหลังการบ่มเชื้อ 7 และ 14 วัน ส่วนการเติมกรดโพรพิโอนิกที่ความเข้มข้น 500, 1,000 และ 1,500 ไมโครกรัมต่อกรัมจะส่งเสริมการผลิตอะฟลาทอกซิน ในขณะที่ความเข้มข้น 2500 ไมโครกรัมต่อกรัมจะสามารถยับยั้งการสร้างอะฟลาทอกซินได้ สำหรับการใช้แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 0.2 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดการสร้างอะฟลาทอกซินในข้าวโพดได้ 45 ถึง 60 เปอร์เซ็นต์ ในเวลา 7 และ 14 วันตามลำดับ ในขณะที่ถ้าใช้ความเข้มข้นของแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เป็น 0.5, 1 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ จะสามารถยับยั้งการผลิตอะฟลาทอกซินได้อย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้ยังพบว่าการเติมแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ภายหลังการเลี้ยงเชื้อ *Aspergillus flavus* เป็นเวลา 7 และ 14 วันในระดับความเข้มข้นที่สูงนั้นตรวจพบว่ามีการสร้างอะฟลาทอกซินน้อยมาก

จากการทดลองของ Thanaboripat และคณะ (1992 : 24-29) แสดงให้เห็นว่าโซเดียมคลอไรด์สามารถควบคุมการสร้างอะฟลาทอกซินได้ทุกระดับความเข้มข้นที่ใช้คือที่ความเข้มข้น 40, 80 และ 120 มิลลิกรัมต่อกรัม โดยการเจริญของเชื้อราจะถูกยับยั้งและไม่พบอะฟลาทอกซินเลยที่ 120 มิลลิกรัมต่อกรัม (12 เปอร์เซ็นต์โซเดียมคลอไรด์) หลังจากที่บ่มไว้ 7 และ 14 วัน เมื่อความเข้มข้นโซเดียมคลอไรด์เป็น 40 และ 80 มิลลิกรัมต่อกรัม (4 และ 8 เปอร์เซ็นต์) ไม่มีผลยับยั้งการเจริญของ *Aspergillus flavus* หลังจากบ่มไว้ 7 และ 14 วันแต่สามารถลดปริมาณการสร้างอะฟลาทอกซินได้ 54 และ 41 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

El-Gazzar และคณะ (1986 : 461-466) พบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์จะเพิ่มความสามารถในการลดปริมาณอะฟลาทอกซินและยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Aspergillus flavus* ได้มากขึ้นด้วย Mabrouk และ EL-Shayeb (1980 : 183-185) รายงานว่าความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ที่ 5 - 50 มิลลิกรัมต่อลิตร (0.0005 - 0.005 เปอร์เซ็นต์) จะกระตุ้นการสร้างอะฟลาทอกซินในอาหารเหลว นอกจากนี้ยังมีรายงานการทดลองอีกหลายฉบับได้รายงานว่าปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซินที่เกิดจาก *A. parasiticus* หรือ *A. flavus*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะพบเป็นจำนวนน้อยมากในเนยแข็งที่มีระดับความเข้มข้นของเกลือ 2-7 เปอร์เซ็นต์ Shih และ Marth (1972 : 1415-1419) พบว่าการเจริญของ *A. parasiticus* และ *A. flavus* จะถูกยับยั้งอย่างสมบูรณ์ในอาหารที่มีโซเดียมคลอไรด์อยู่ 14 เปอร์เซ็นต์ Uraih และ Chipley (1976 : 51-59) รายงานว่าการเจริญของเชื้อราและการสร้างอะฟลาทอกซินจะถูกยับยั้งโดยโซเดียมคลอไรด์ 12 เปอร์เซ็นต์ในขณะที่โซเดียมคลอไรด์ 8 เปอร์เซ็นต์หรือต่ำกว่านั้นจะเป็นการกระตุ้น Kulix และ Haulin (1968 : 961-964) รายงานว่าโซเดียมคลอไรด์ 15 เปอร์เซ็นต์สามารถยับยั้งการเจริญของ*A. parasiticus* ได้ แต่โซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่ำ 1-3 กรัม ต่อ 100 มิลลิลิตรของอาหารเลี้ยงเชื้อจะกระตุ้นการสร้างอะฟลาทอกซินของเชื้อรา *A. parasiticus* และ *A. flavus* ได้ (El-Gazzar และคณะ, 1986 : 461-466) ซึ่งเป็นที่ยืนยันได้ว่าที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ที่สูงจะมีผลต่อความต้องการน้ำในการเจริญและการสร้างสารพิษหรือโซเดียมไอออนจะมีผลกระทบต่อการส่งถ่ายไอออนในสิ่งมีชีวิต นอกจากนี้ยังพบว่าเกลือสามารถเข้าทำลายอะฟลาทอกซินได้โดยตรง (ปริมณฑ์ กาจนัจฉิติ และคณะ, 2520 : 64-67)

Vandegraft และคณะ (1975 : 79-84) รายงานว่ากรดโพรพิโอนิก 1 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการป้องกันการเจริญของเชื้อราและการผลิตสารพิษของเชื้อราพวก *A. flavus, A. ochraceus* และ *Penicillium veridicatum* ในข้าวโพดที่มีเชื้อราเหล่านี้อยู่และนำมาเก็บไว้เป็นเวลา 29 สัปดาห์ ในขณะที่ *A. parasiticus* และ *A. flavus* จะเจริญเติบโตได้ดีมากในข้าวโพดที่ไม่ได้ใส่สารเคมีนี้ไว้ การเจริญเติบโตของ *A. parasiticus* และ *A. flavus* จะถูกยับยั้งอย่างสมบูรณ์เมื่อมีโซเดียมโพรพิโอเนตความเข้มข้น 1,000 หรือ 8,000 พีพีเอ็มที่พีเอช 3 ในขณะที่พีเอช 5 และ 7 จะสามารถยับยั้งได้เพียงบางส่วน

Buchanan และ Ayres (1976 : 128-132) รายงานว่ากรดโพรพิโอนิก 0.1 เปอร์เซ็นต์สามารถยับยั้งการเจริญและการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินโดย *A. parasiticus* ได้เพียงบางส่วน ในขณะที่ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์จะสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตและการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินได้อย่างสมบูรณ์ Gosh และ Haggiblom (1985 : 323-330) สังเกตว่าระดับความเข้มข้นของกรดโพรพิโอนิกที่ระดับต่ำๆนั้นจะไม่มีผลกระตุ้นการสร้างอะฟลาทอกซินโดยพบว่า 0.05 เปอร์เซ็นต์ของกรดโพรพิโอนิก จะมีผลเพียงเล็กน้อยต่อการเจริญเติบโตของ *A. flavus* แต่ปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซินที่สร้างได้จะลดลงถึง 50 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร chemical defined liquid medium และเมื่อใช้กรดโพรพิโอนิกร่วมกับกรดแอซีติกจะมีประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อราได้สูงขึ้น เนื่องจากสารเคมีทั้ง 2 ชนิดมีประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อราเหมือนกัน แต่มีข้อแตกต่างคือกรดโพรพิโอนิกมีประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้เร็วกว่ากรดแอซีติกแต่มีอัตราการระเหยเป็นไอเร็วกว่าถึง 2 เท่า ซึ่งควบคุมเชื้อได้ในช่วงเวลาอันสั้นกว่า ดังนั้นการรวมเอาสารเคมี 2 ชนิดที่มีคุณสมบัติต่างกันเข้าด้วยกันจะทำให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น จากการทดลองพบว่าการใช้สารเคมีทั้ง 2 ตัวผสมกันในอัตราส่วน 0.25 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักเมล็ดจะใช้ได้ผลดีและทำให้ข้าวโพดมีกลิ่นน้อย (ประวัติ ตันบุญเอก, 2528 : 391-394) สำหรับกรดโพรพิโอนิกนี้ใช้ยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้เพราะว่ากรดโพรพิโอนิกสามารถแตกตัวให้ free carboxyl group ที่มีผลในการยับยั้งและฆ่าเชื้อรา Thanaboripat และคณะ (1992 : 24-29) พบว่าที่ความเข้มข้นของกรดโพรพิโอนิกที่ต่ำจะกระตุ้นการสร้างอะฟลาทอกซินในขณะที่ความเข้มข้นสูงจะยับยั้งการสร้างอะฟลาทอกซิน Chatteree (1989 : 25-28) รายงานว่าการใช้กรดโพรพิโอนิกที่ระดับต่ำจะกระตุ้น Biogenesis ของเชื้อราและการใช้กรดโพรพิโอนิกในระดับความเข้มข้นที่ไม่เหมาะสมจะเพิ่มการสร้างอะฟลาทอกซินของ *A. flavus* Vandegraf และคณะ (1975 : 79-84) พบว่าแอมโมเนียม-ไฮดรอกไซด์ 2 เปอร์เซ็นต์ หรือกรดโพรพิโอนิก 1 เปอร์เซ็นต์จะสามารถลดการเจริญของเชื้อราและการสร้างอะฟลาทอกซินได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อใส่ในข้าวโพดก่อนถ่ายเชื้อนาน 17 และ 29 สัปดาห์

สารเคมีอีกชนิดหนึ่งที่มีความสามารถในการลดความเป็นพิษของสารพิษอะฟลาทอกซินและใช้ได้ผลดีคือแอมโมเนีย โดยจะทำปฏิกิริยากับอะฟลาทอกซิน B_1 แล้วเกิด decarboxylation ได้โมเลกุลของอะฟลาทอกซิน D_1 ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของอะฟลาทอกซิน B_1 และมีความเป็นพิษน้อยลงมาก (Brekke และคณะ, 1977:1343-1389) ประสิทธิภาพของแอมโมเนียจะสูงขึ้นในเมล็ดที่มีความชื้นภายในเมล็ดและอุณหภูมิสูง โดยที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สามารถลดปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซิน B_1 จาก 450 พีพีบี เหลือ 15 พีพีบี ภายใน 20 วัน แต่ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส สามารถลดปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซิน B_1 เหลือ 10 พีพีบี ภายใน 2 วัน การใช้แอมโมเนียนั้นใช้ได้ทั้งในรูปก๊าซและสารละลายโดยอาจใช้ร่วมกับอุณหภูมิและความดันได้ Masri และคณะ (1969 : 429,709) พบว่าถั่วลิสงที่ปนเปื้อนอะฟลาทอกซินB_1 709 พีพีบี ความชื้น 9.6 และ 14.6 เปอร์เซ็นต์ ใช้แอมโมเนียในรูป anhydrous ที่ 200 องศาฟาเรนไฮท์ เวลา 60 นาที ความดัน 20 ปอนด์ต่อตารางนิ้วสามารถลดปริมาณอะฟลาทอกซินB_1 ได้ 96.4 และ 97.6 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ นอกจากนี้ข้าวโพดที่ผ่านแอมโมเนียแล้วยังปลอดภัยเมื่อนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ Norred (1979 : 411-416) พบว่าข้าวโพดที่ผ่านแอมโมเนียหรือแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์สามารถลดปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซินได้ และเมื่อนำมาเลี้ยงสัตว์ก็ไม่มีผลต่อสัตว์เลี้ยงไม่ว่าจะเป็นการเกิดโรค อัตราการเจริญเติบโต หรือจำนวนไข่ สำหรับปัจจัยจำกัดในการใช้ประโยชน์จากแอมโมเนียคือทำให้สีข้าวโพด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนไป โดยจะเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีเหลืองปนน้ำตาลและจะเข้มขึ้นเรื่อยๆ โดยความเข้มข้นของสีจะขึ้นอยู่กับปริมาณของแอมโมเนียและความชื้นของเมล็ด นอกจากนี้ข้าวโพดที่ผ่านแอมโมเนียแล้วจะมีกลิ่นของแอมโมเนียอยู่ด้วยถึงแม้จะทำการอบแห้งแล้วก็ตาม แอมโมเนียสามารถนำไปใช้ได้ดีกับข้าวโพดที่บดแล้ว เนื่องจากแอมโมเนียสามารถทำปฏิกิริยากับสารพิษอะฟลาทอกซินได้อย่างรวดเร็ว ในการใช้ข้าวโพดเป็นอาหารสัตว์นี้หากนำแอมโมเนียมาใช้ทำปฏิกิริยากับข้าวโพดหลังจากบดแล้วจะทำให้สารพิษอะฟลาทอกซินหมดไป Thanaboripat และคณะ (1992 : 24-29) พบว่าการใช้แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ที่ 0.2, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์สามารถยับยั้งการสร้างอะฟลาทอกซินจาก *A. flavus* ได้ทั้งในวันที่ 7 และ 14 ของการเลี้ยงเชื้อและเมื่อมีการใช้แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับต่างๆในข้าวโพดภายหลังจากที่ได้ทำการเลี้ยงเชื้อ *A. flavus* ไปแล้ว 7 และ 14 วันพบว่าสามารถลดปริมาณอะฟลาทอกซินได้เช่นกัน ปัจจุบันมีการใช้แอมโมเนียและสารประกอบแอมโมเนียในการลดปริมาณการปนเปื้อนของอะฟลาทอกซินในผลิตผลทางการเกษตรกันมาก เช่นในอาหารสัตว์ เมล็ดฝ้าย ข้าวโพด และเมล็ดถั่ว

Park และคณะ (1984 : 1071-1074) พบว่าการใช้แอมโมเนียในเมล็ดฝ้ายบดที่มีการปนเปื้อนตามธรรมชาติด้วยก๊าซแอมโมเนีย 40 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส สามารถลดอะฟลาทอกซิน B_1 จาก 4000 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมลงเหลือน้อยกว่า 4 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม และการใช้แอมโมเนีย 1.5 เปอร์เซ็นต์ที่ความชื้นของข้าวโพดเป็น 12-17.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 12 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สามารถลดระดับอะฟลาทอกซินในข้าวโพดจาก 180 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ไปจนถึงระดับที่ไม่สามารถตรวจวัดได้

Mashaly และคณะ(1983 : 173-185) พบว่าระดับของอะฟลาทอกซินในเมล็ดฝ้ายจะลดลงได้ 12 เปอร์เซ็นต์เมื่อใช้แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน และพบว่าสามารถทำลายโครงสร้างของสารพิษได้อย่างสมบูรณ์เมื่อเติมแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ในเมล็ดฝ้ายโดยให้ความร้อน 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง สำหรับการศึกษาวิจัยอื่นๆนั้นได้มีการเติมอะฟลาทอกซินB_1 น้อยกว่า 0.5 ไมโครกรัมต่อ กรัมข้าวโพด และเมื่อทำการทดลองต่อโดยนำข้าวโพดจากการทดลองมาให้หนูกินพบว่าไม่มีผลทำให้เกิดพิษเฉียบพลันในหนู (Norred, 1979 : 411-416)

ผลของการใช้สารเคมีอื่นๆในการควบคุมการเจริญและการสร้างอะฟลาทอกซินเช่น การใช้โซเดียมไบซัลไฟต์ 1 เปอร์เซ็นต์คลุกกับเมล็ดข้าวโพดที่มีความชื้นภายในเมล็ด 26 เปอร์เซ็นต์ สามารถควบคุมเชื้อราในโรงเก็บได้นาน 30 วัน แต่มีข้อเสียคือทำให้สีของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของเมล็ดข้าวโพดเปลี่ยนไป (ประวัติ ตันบุญเอก, 2528:391-394;Rachapetayakom, 971:59-80; Sauer และ Burroughs, 1974:557-576) การใช้แอมโมเนียมคาร์บอเนตที่ความเข้มข้น 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดปริมาณอะฟลาทอกซินได้ 48, 56 และ 70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และการใช้แอมโมเนียมคาร์บอเนต 3 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์จำนวน 5 มิลลิลิตรสามารถลดปริมาณอะฟลาทอกซินได้ 48 เปอร์เซ็นต์ (O-ariyakul ,1985 : 18-48) คาร์บอเนตไอออนที่อยู่ในสภาพที่ความชื้นสูงและพีเอชต่ำจะสามารถเปลี่ยนคาร์บอเนตไอออนกลับมาเป็น free carboxyl group ทำให้มีความสามารถในการฆ่าเชื้อราได้ (Bland, 1984 :. 52) Uraih และ Chipley (1976 : 51-59) รายงานว่าการใช้กรดเบนโซอิกและโซเดียมเบนโซเอตจะสามารถลดปริมาณอะฟลาทอกซินB_1 และ G_1 ซึ่งผลิตโดย *A. flavus* และพบว่าการลดปริมาณอะฟลาทอกซินจะเป็นสัดส่วนกับการเพิ่มปริมาณกรดเบนโซอิกและโซเดียมเบนโซเอต โดยในการศึกษาในครั้งแรกนั้นพบว่าการเติมกรดเบนโซอิกและโซเดียมเบนโซเอต 0.2 และ 0.4 กรัม ในอาหารเหลว 100 มิลลิลิตรจะสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยและการผลิตอะฟลาทอกซินโดย *A. flavus* ได้ นอกจากนี้ยังพบว่าการยับยั้งโดยกรดเบนโซอิก หรือโซเดียมเบนโซเอตจะดีขึ้นเมื่อค่าพีเอชต่ำลง

<u>วิธีทางชีวภาพ</u>

เป็นการทำลายโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ Ceigler และคณะ (1966 : 934-939) ได้ทำการหาเชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ เช่นยีสต์ รา แบคทีเรีย และสาหร่าย จำนวนมากกว่า 1,000 ชนิด ที่สามารถทำลายและเปลี่ยนแปลงโครงสร้างอะฟลาทอกซินB_1 และ G_1 พบว่าเชื้อราบางชนิดสามารถเปลี่ยนแปลงโครงสร้างอะฟลาทอกซิน B_1 ไปเป็นสารเคมีตัวใหม่ได้แต่พบว่ามีเชื้อแบคทีเรียชนิดเดียวคือ *Flavobacterium aurantiacum* NRR ซึ่งสามารถทำลายอะฟลาทอกซินในอาหารเหลวได้โดยเปลี่ยนจากอะฟลาทอกซิน B_1 เป็นอะฟลาทอกซิน B_{2a} ซึ่งไม่เป็นพิษต่อสัตว์ นอกจากนี้ Ceigler และคณะ (1966 : 934-939) ได้ทำการทดลองใช้น้ำนม 50 มิลลิลิตร น้ำมันข้าวโพด 50 มิลลิลิตร และเนยถั่วลิสง 50 กรัม ซึ่งมีอะฟลาทอกซิน B_1 ปะปนอยู่ในปริมาณ 600, 650 และ 700 ไมโครกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ตามลำดับ แล้วใส่เชื้อแบคทีเรีย *F. aurantiacum* ลงไปจำนวน 2.0×10^{13} เซลล์ พบว่าอะฟลาทอกซินจะถูกทำลายจนหมดภายในเวลา 3 ชั่วโมงเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Horn และ Wicklow (1983 : 1087-1091) ได้นำสารสกัดของเชื้อ *A. niger* ที่แยกได้จากเมล็ดพืชต่างๆ มาทดสอบปฏิกิริยาต่อต้าน (antagonist) ต่อเชื้อ *A. flavus* (สายพันธุ์ที่สร้างอะฟลาทอกซินได้สูง) ทุกเชื้อแสดงปฏิกิริยาเป็น antagonist ทั้งหมดและมีค่าพีเอชค่อนข้างเป็นกรด เมื่อคัดเลือกเชื้อที่มีปฏิกิริยา antagonist และมีพีเอชต่ำสุดมา 4 เชื้อนำมาคลุกกับเมล็ดข้าวโพดที่มีความชื้น 24 - 25 เปอร์เซ็นต์ แล้วถ่ายเชื้อ *A. flavus* ลงไป พบว่าสามารถควบคุม *A. flavus* ได้เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ค่าพีเอชที่เป็นกรดนี้ทำให้สารสกัดมีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *A. flavus* นั่นคือ *A. niger* จะช่วยลดพีเอชในสารอาหารให้ต่ำลง ทำให้ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของ *A. flavus*

วรพจน์ สุนทรสุข (2523 : 23-34) ใช้กรดซิตริกที่ได้จากการสกัดจาก *A. niger* ที่ความเข้มข้น 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์มาคลุกกับเมล็ดข้าวโพดที่มีความชื้น 23 เปอร์เซ็นต์พบว่ากรดซิตริกสามารถควบคุม *A. flavus* ได้เมื่อเทียบกับชุดควบคุม โดยพบเชื้อ *A. flavus* มีการเจริญต่ำกว่าในชุดควบคุม โดยเฉพาะเมื่อใช้กรดซิตริก 10 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ *A. niger* สามารถเจริญได้มากกว่าในชุดควบคุม เพราะกรดซิตริกเป็นกรดที่ *A. niger* สร้างได้ โดยจะไปกระตุ้นให้ *A. niger* เจริญได้ดีขณะที่ไปยับยั้งการเจริญของ *A. flavus* เมื่อเชื้อ *A. flavus* ไม่เจริญก็มีผลให้ไม่พบอะฟลาทอกซินด้วย

จินตนา ชะนะ และคณะ (2533 : 40-45) ใช้ยีสต์ *Candida* sp. และ *Torulopsis candida* ความเข้มข้น 0.7 และ 1.8 x 10^7 โคโลนีต่อมิลลิลิตร คลุกเมล็ดข้าวโพดที่มีความชื้นเริ่มต้น 21 เปอร์เซ็นต์ พบว่า *Candida* sp. และ *Torulopsis candida* มีประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อรา *A. flavus* และอะฟลาทอกซินได้ พบเชื้อรา *A. flavus* มากที่สุดในชุดควบคุม รองลงมาได้แก่เมล็ดคลุก *T. candida* ร่วมกับ *A. flavus* และเมล็ดคลุก *Candida* sp. ร่วมกับ *A. flavus* พบน้อยที่สุด เนื่องจาก *T. candida* ไม่สร้าง true mycelium จึงไม่สามารถกระจายตัวครอบคลุมพื้นผิวเมล็ดได้ดีเท่า *Candida* sp. (Pitt และ Hocking, 1985 : 413) จากการตรวจยีสต์บนเมล็ดพบว่าช่วง 3 - 5 วันยีสต์จะมีการเพิ่มปริมาณตัวเองขึ้นโดย *Candida* sp. มีปริมาณมากกว่า *T. candida* จึงสามารถครอบคลุมพื้นที่และป้องกันการเจริญของ *A. flavus* ได้มากกว่า แต่ที่เวลา 10 วัน พบ *A. flavus* 100 เปอร์เซ็นต์ ในเมล็ดทั้ง 2 ชุด ทั้งนี้เนื่องจากที่เวลา 10 วัน ปริมาณยีสต์บนเมล็ดข้าวโพดจะลดลงจากเดิมมากทำให้ไม่มีการแข่งขันในการใช้อาหารทำให้ *A. flavus* สามารถเจริญเติบโตได้มากเนื่องจากเมื่อเวลา 10 วันความชื้นของเมล็ดลดต่ำลงถึง 17 เปอร์เซ็นต์ ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของยีสต์ ซึ่งต้องการความชื้น 23 เปอร์เซ็นต์ แต่ตรงกันข้ามกับ *A. flavus* ซึ่งต้องการความชื้น 18 เปอร์เซ็นต์เจริญได้ดี (Christensen และ Kaufman, 1974 : 176) และจากการตรวจปริมาณอะฟลาทอกซิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บนเมล็ดข้าวโพดพบว่าเมล็ดที่คลุก *Candida* sp. มีปริมาณอะฟลาทอกซินน้อยกว่าเมล็ดที่คลุกด้วย *T. candida* และชุดควบคุม เนื่องจาก *Candida* sp. สามารถใช้แหล่งอาหารต่างๆ ได้มากชนิด ทำให้สามารถแข่งขันในการใช้อาหาร และเจริญได้ และสร้าง true mycelium ช่วยในการแพร่กระจายคลุมพื้นที่ผิวเมล็ดดีขึ้น (อรรณพ องค์สกุล, 2532 : 83) และจากการทดลองจะเห็นว่า *Candida* sp. สามารถใช้ควบคุม *A. flavus* ได้ไม่เกิน 5 วัน เนื่องจากในวันที่ 10 ความชื้นเมล็ดต่ำมากจนยีสต์ไม่สามารถเพิ่มปริมาณได้ Robert และคณะ (1991 : 623-626) ได้ทำการทดลองปลูกเชื้อ *A. flavus* สายพันธุ์ที่ไม่สร้างสารพิษอะฟลาทอกซินร่วมกับ *A. flavus* สายพันธุ์ที่สร้างสารพิษอะฟลาทอกซินลงบนเมล็ดข้าวโพดที่กำลังเจริญ (preharvest) โดยเมื่อข้าวโพดที่ปลูกถึงระยะสร้างไหมทำการปลูกเชื้อโดยกรีดลงไปบนฝักอ่อนของข้าวโพดให้เกิดแผลขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตรลึก 5 มิลลิเมตรและถ่ายสารละลายสปอร์ที่มีปริมาณ 4 x 10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตรลงไปประมาณ 20 ไมโครลิตร โดยในการปลูกเชื้อ *A. flavus* ทั้งสองสายพันธุ์นั้นจะแบ่งเป็นการปลูกเชื้อ *A. flavus* สายพันธุ์ที่ไม่สร้างสารพิษลงไปก่อน 24 ชั่วโมงแล้วจึงปลูกเชื้อ *A. flavus* สายพันธุ์ที่สร้างสารพิษและการปลูกเชื้อ *A. flavus* ทั้งสองสายพันธุ์พร้อมๆกัน (coinoculation) เปรียบเทียบกับการปลูกเชื้อ *A. flavus* สายพันธุ์ที่สร้างสารพิษเพียงชนิดเดียว การปลูกเชื้อ *A. flavus* สายพันธุ์ที่ไม่สร้างสารพิษเพียงชนิดเดียวและชุดควบคุม ซึ่งมีการกรีดแผลลงไปบนฝักข้าวโพดเช่นกันแต่ไม่ได้ปลูกเชื้อใดๆ หลังจากนั้นเมื่อข้าวโพดเจริญและให้เมล็ดที่สมบูรณ์เต็มที่แล้วนำมาทำให้แห้งโดยอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 วัน แล้วนำไป วิเคราะห์หาปริมาณอะฟลาทอกซินพบว่า *A. flavus* สายพันธุ์ที่ไม่สร้างสารพิษสามารถยับยั้งการสร้างสารพิษของ *A. flavus* ได้เป็นอย่างดี โดยสามารถยับยั้งได้ถึง 80-95 เปอร์เซ็นต์นอกจากนี้ยังได้ทำการทดลองในลักษณะเดียวกันในเมล็ดข้าวโพดหลังการเก็บเกี่ยว โดยนำข้าวโพดที่สมบูรณ์เต็มที่มากระเทาะเมล็ดออกทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วันในตู้อบ (force-air oven) หลังจากนั้นนำเมล็ดข้าวโพดมา 10 กรัมใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มิลลิลิตร โดยทำการถ่ายเชื้อในลักษณะเดียวกับเมล็ดข้าวโพดก่อนการเก็บเกี่ยว คือการถ่ายเชื้อ *A. flavus* สายพันธุ์ที่ไม่สร้างสารพิษก่อนสายพันธุ์ที่สร้างสารพิษ 24 ชั่วโมง การถ่ายเชื้อที่สองสายพันธุ์พร้อมๆกัน การถ่ายเชื้อสายพันธุ์ที่สร้างสารพิษ เพียงชนิดเดียว การถ่ายเชื้อสายพันธุ์ที่ไม่สร้างสารพิษเพียงชนิดเดียว และชุดควบคุม ที่ไม่มีการถ่ายเชื้อโดยในการถ่ายเชื้อแต่ละครั้งใช้สปอร์ประมาณ 4.0 x 10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตรต่อสายพันธุ์ที่ใช้ทดลอง มีการเติม Deionized water เพื่อทำให้เมล็ดพืชมีความชื้น 22 เปอร์เซ็นต์ ทำการปิดขวดทดลองทั้งห้าขวดแล้วนำไปบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส 12 วัน หลังจากนั้นทำให้แห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วันเพื่อหยุดการเจริญเติบโตของเชื้อราและเมื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณอะฟลาทอกซินแล้วพบว่า *A. flavus* สายพันธุ์ที่ไม่สร้างสารพิษสามารถยับยั้งการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินได้โดยสามารถลดได้ถึง 76 - 81 เปอร์เซ็นต์

กลไกของสารกันเสียที่ใช้ควบคุมจุลินทรีย์ในอาหาร

สารเคมีที่ใช้เป็นสารกันเสียจะช่วยยืดอายุการเก็บของอาหารได้โดยการไปควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์หรือไปทำลายส่วนใดส่วนหนึ่งหรือทุกส่วนของเซลล์จุลินทรีย์ ตามรายงานของ Wyss (1948:373)กล่าวว่าสารกันเสียที่ใช้จะไปมีผลต่อผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ การทำงานของเอนไซม์ และ กลไกทางด้านพันธุกรรม

ผนังเซลล์ของจุลินทรีย์

สารกันเสียบางชนิดจะมีประสิทธิภาพในการชะงักการเจริญเติบโตหรือทำลายจุลินทรีย์โดยการแทรกซึมเข้าไปทำลายภายในเซลล์นอกจากนี้ยังสามารถเกิดได้ที่ผนังเซลล์อีกด้วยโดยสารกันเสียไปรบกวนหรือทำให้คุณสมบัติการซึมผ่าน (permeability) ของผนังเซลล์เปลี่ยนไป ซึ่งจะมีผลต่อการที่อาหารซึมผ่านเข้าไปในเซลล์ และมีผลต่อการขับถ่ายของเสียออกจากเซลล์ เช่น กรดโพรพิโอนิก เบนโซเอต และซอร์เบต ซึ่งเป็นสารกันเสียที่จะไปเคลือบบนผิวของเซลล์ทำให้ความสามารถในการซึมผ่านของของเหลวบริเวณผนังเซลล์ลดลง ซึ่งจะเป็นผลให้สารต่างๆไม่สามารถจะซึมเข้าหรือออกจากเซลล์ ระบบการทำงานทั้งหมดจึงหยุดเป็นสาเหตุให้จุลินทรีย์ตาย และนอกจากนี้ยังทำให้ผนังเซลล์เกิดการฉีกขาดซึ่งจะทำให้เกิดการรั่วไหล (leakage) ของส่วนประกอบต่างๆ ของเซลล์ เช่น พวกที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำหรือโซเดียมและโพแทสเซียม การฉีกขาดของผนังเซลล์มักจะเกิดจากพวกพลีเปปไทด์หรือสารปฏิชีวนะพวกไทโรซิดินและโพลีมัยซินหรือสารพวกกระตุ้นพื้นผิว (Surface active agent) เช่นสารประกอบควอเทอนารีแอมโมเนีย จากการศึกษาทดลองยังพบว่าสารกันเสียบาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดสามารถทำให้กระบวนการสร้างหรือสังเคราะห์ส่วนประกอบของผนังเซลล์ชะงักซึ่งจะมีผลให้จุลินทรีย์มีผนังเซลล์ที่ไม่สมบูรณ์และเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้จุลินทรีย์ตายได้เช่นกัน

การทำงานของเอนไซม์

เอนไซม์จะทำงานอย่างมีประสิทธิภาพได้เมื่อส่วนประกอบต่างๆของเอนไซม์หรือคุณสมบัติต่างๆของเอนไซม์มีอยู่ครบถ้วนและอยู่ในสภาพที่พร้อมที่จะทำงานได้ เช่นมีคุณสมบัติเป็นคอลลอยด์ มี prosthetic group หรือ cofactor หรือ functional group อื่นๆ เป็นส่วนประกอบ หากส่วนใดส่วนหนึ่งของเอนไซม์ถูกทำลายก็จะทำให้ความสามารถในการทำงานของเอนไซม์ลดน้อยลงไป สารกันเสียบางชนิดที่เป็นกรดเมื่อเติมลงไปจะทำให้เอนไซม์เกิดการแตกตัวทำให้สมบัติในการเป็นคอลลอยด์เสียไป หรือสารกันเสียบางตัวอาจไปสกัดกั้นหมู่ซัลไฮดริล (Sulhydryl group = -SH) ในเอนไซม์ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่มีความสำคัญต่อประสิทธิภาพของเอนไซม์มากทำให้เอนไซม์ไม่สามารถทำงานได้ การที่ความสามารถในการทำงานของเอนไซม์หรือประสิทธิภาพของเอนไซม์เสียหรือลดลงนี้จะเป็นผลต่อเนื่องให้การดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ทำให้เกิดการหยุดชะงักหรือตายได้

กลไกทางด้านพันธุกรรม

การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์นั้นเป็นไปโดยวิธีการแบ่งเซลล์ ในกระบวนการแบ่งเซลล์นั้นจะมีโครโมโซมและยีนเกี่ยวข้องด้วยและในยีนจะมีอาร์เอนเอและดีเอนเอเป็นส่วนประกอบอยู่ ฉะนั้นหากมีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นกับส่วนนี้การแบ่งเซลล์ย่อมเกิดขึ้นไม่ได้ ตัวอย่างเช่นสารกันเสียประเภทที่เป็นสารปฏิชีวนะบางชนิดจะไปมีผลกับไรโบโซมทำให้เกิดการสะสมของอาร์เอนเอ ซึ่งจะมีผลต่อเนื่องไปชะงักกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนทำให้กระบวนการแบ่งเซลล์หยุดชะงัก เมื่อจุลินทรีย์ไม่มีการแบ่งเซลล์ จำนวนเซลล์ของจุลินทรีย์ก็จะไม่เพิ่มขึ้น และเมื่อเซลล์นั้นตายจำนวนจุลินทรีย์ก็จะลดลงไปเรื่อย ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของสารกันเสีย

การที่สารกันเสียจะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งหรือทำลายจุลินทรีย์นั้นจะขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ดังต่อไปนี้คือ ชนิดของสารกันเสีย ความเข้มข้นของสารกันเสีย ชนิด จำนวน อายุ และประวัติของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอาหาร อุณหภูมิ องค์ประกอบ คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของอาหาร และสภาวะการเก็บอาหาร

ชนิดของสารกันเสีย

เนื่องจากสารกันเสียแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติไม่เหมือนกัน จึงมีความสามารถในการยับยั้ง หรือทำลายจุลินทรีย์ได้ไม่เหมือนกัน

ความเข้มข้นของสารกันเสีย

เป็นปฏิภาคโดยตรงกับประสิทธิภาพของสารกันเสียในการชะงักหรือทำลายจุลินทรีย์คือถ้าหากมีการเพิ่มปริมาณของสารกันเสียที่ใช้มากขึ้นประสิทธิภาพในการชะงักหรือทำลายจุลินทรีย์ก็จะเพิ่มมากขึ้นด้วย แต่ปกติแล้วปริมาณสารกันเสียที่อนุญาตให้ใช้ได้ตามกฎหมายนั้นมักจะเป็นปริมาณที่เพียงพอแค่ไปชะงักการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เท่านั้นการถนอมอาหารด้วยวิธีนี้จึงเก็บอาหารไว้ได้ชั่วระยะเวลาหนึ่งเท่านั้นเพราะฉะนั้นในระหว่างกรรมวิธีการผลิตจึงควรมีการระมัดระวังอย่าให้มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์หรือให้มีการปนเปื้อนเกิดขึ้นน้อยที่สุดการใช้สารกันเสียเพื่อช่วยในการถนอมอาหารจึงจะได้ผล แต่ถ้าหากต้องการถนอมอาหารประเภทที่มีการเน่าเสียมาก่อนหรือมีเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนมาเป็นจำนวนมากหรือด้วยกรรมวิธีการผลิตที่ไม่ถูกหลักสุขาภิบาลแล้วการใช้สารกันเสียก็จะไม่ได้ประโยชน์อะไรเลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิด จำนวน อายุ และประวัติของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอาหาร

มีความสำคัญต่อประสิทธิภาพของสารกันเสีย การมีจุลินทรีย์หลายๆชนิดปนเปื้อนมา ถ้าจะให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดควรจะใช้สารกันเสียมากกว่า 1 ชนิด เนื่องจากสารกันเสีย แต่ละชนิดจะสามารถทำลายหรือชะงักการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ต่างชนิดกัน สำหรับการที่จะยับยั้งหรือทำลายจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมาเป็นจำนวนมากนั้นปริมาณของสารกันเสียที่ใช้จะต้องเพิ่มมากขึ้นด้วย ส่วนในกรณีของอายุของจุลินทรีย์นั้นถ้าหากจุลินทรีย์อยู่ในช่วงที่อ่อนแอ การยับยั้งการเจริญเติบโตหรือทำลายจะทำได้ง่ายขึ้น แต่ถ้าหากอยู่ในช่วงที่แข็งแรงการยับยั้งการเจริญเติบโตหรือทำลายจะยากขึ้น ปริมาณของสารกันเสียที่จะต้องใช้เพื่อชะงักการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในช่วงของ log phase จะมากกว่าปริมาณของสารกันเสียที่จะต้องใช้ในช่วงแรกของ lag phase และ stationary phase ประวัติของจุลินทรีย์ก็เช่นเดียวกันจะมีผลต่อปริมาณของสารกันเสียที่จะต้องใช้ด้วย เช่นจุลินทรีย์ที่มีประวัติว่าสามารถเจริญได้ดีในอาหารที่มีความเป็นกรดสูง ถ้าหากจะใช้สารกันเสียที่มีคุณสมบัติเป็นกรดในการถนอมอาหารชนิดนี้ ปริมาณสารกันเสียที่จะต้องใช้จะต้องเพิ่มมากขึ้นด้วย เป็นต้น

อุณหภูมิ

มีผลต่อความสามารถในการทำลายจุลินทรีย์ของสารกันเสียได้เช่นกัน ในกรณีที่สารกันเสียเป็นตัวที่ทนต่อความร้อน เช่นการใช้เมทิลพาราแบนเป็นสารกันเสียเติมลงในอาหารขณะที่อุณหภูมิสูง จะทำให้การทำลายจุลินทรีย์ของสารกันเสียดีขึ้น แต่ถ้าหากใช้สารกันเสียที่ไม่ทนต่อความร้อน เช่นการใช้เบนโซเอต หรือ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) เป็นสารกันเสียในสภาพที่อาหารมีอุณหภูมิสูง สารกันเสียนี้จะถูกทำให้สลายตัวไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบ คุณสมบัติทางเคมี และฟิสิกส์ของอาหาร

เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดเพราะประสิทธิภาพของสารกันเสียจะขึ้นกับคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของอาหาร คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ที่สำคัญของอาหารที่มีผลต่อประสิทธิภาพของสารกันเสียได้แก่ความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) ของอาหาร ซึ่งพีเอชของอาหารนั้นจะเป็นตัวบ่งชี้ปริมาณของสารกันเสียที่จะต้องใช้ ทั้งนี้เพราะสารกันเสียส่วนใหญ่จะมีคุณสมบัติเป็นกรดและสารกันเสียที่มีคุณสมบัติเป็นกรดนั้นจะมีประสิทธิภาพสูงในรูปที่ไม่แตกตัว (undissociated form) เท่านั้น ฉะนั้นถ้าหากใช้สารกันเสียประเภทนี้ในอาหารที่มีพีเอชต่ำคือเป็นกรดสูง ปริมาณสารกันเสียที่จะต้องใช้ในการถนอมหรือช่วยยืดอายุการเก็บอาหารก็จะลดลง ส่วนประกอบของอาหารซึ่งจะหมายถึงโครงสร้างทางเคมีของอาหารก็มีผลต่อปริมาณสารกันเสียที่ใช้ เช่นถ้าในอาหารมีน้ำตาลหรืออัลดีไฮด์อยู่เมื่อใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซัลเฟอร์-ไดออกไซด์จะไปทำปฏิกิริยากับน้ำตาลหรืออัลดีไฮด์ในอาหารได้หรือการใช้สารกันเสียในอาหารที่มีน้ำมันและไขมันเป็นองค์ประกอบก็จะต้องใช้สารกันเสียในปริมาณที่มากขึ้น ทั้งนี้เพราะว่าสารกันเสียบางชนิดจะละลายได้เพียงเล็กน้อยในน้ำมัน นอกจากนี้สมบัติทางฟิสิกส์ เช่นแรงตึงผิวอาหารและสมบัติการเป็นคอลลอยด์หรือสารอิมัลชั่นของอาหารก็มีอิทธิพลต่อปริมาณหรือประสิทธิภาพของสารกันเสียที่ใช้เช่นกัน

สภาวะการเก็บอาหาร

ประสิทธิภาพของสารกันเสียในการทำลายจุลินทรีย์จะขึ้นกับระยะเวลาและอุณหภูมิในการเก็บอาหารนั้นด้วย เพราะประสิทธิภาพอาจลดลงเนื่องจากการระเหยหรือการทำปฏิกิริยากับอาหารได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมบัติของสารกันเสียที่ดี

สารกันเสียที่มีประสิทธิภาพสูงควรมีคุณสมบัติดังนี้ (ศิวาพร ศิวเวชช, 2529 : 42-45)

1. มีความสามารถในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ (bacteriocidal) มากกว่าที่จะเป็นเพียงชะงักการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

2. ไม่ถูกทำให้หมดประสิทธิภาพ (inactivated)โดยอาหารหรือสารที่อยู่ในอาหารหรือผลพลอยได้ (by product) จากการเผาผลาญสารอาหาร (metabolism) ของจุลินทรีย์

3. ควรทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่เจริญในอาหารได้ โดยเฉพาะพวกที่ทำให้อาหารเป็นพิษ

4. ถ้าหากเป็นสารประเภทที่ฆ่าเชื้อโรค (germicidal) เช่นสารปฏิชีวนะ สารกันเสียประเภทนี้ควรถูกเปลี่ยนสภาพให้เป็นสารที่ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย หรือสามารถถูกทำให้สลายตัวได้ด้วยกรรมวิธีที่ใช้ในการแปรรูปอาหารได้

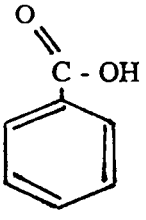
5. สารกันเสียนั้นไม่ควรเป็นสาเหตุให้เกิดการดื้อยาของจุลินทรีย์

6. ควรมีราคาถูก

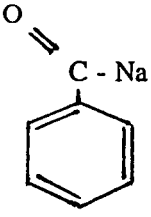
คุณสมบัติของสารกันเสียบางชนิด

กรดเบนโซอิกและเกลือเบนโซเอต

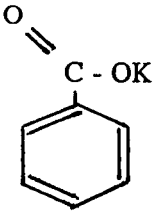
กรดเบนโซอิก เกลือโซเดียมเบนโซเอตและเกลือโพแทสเซียมเบนโซเอตมีสูตรทางเคมีดังนี้



กรดเบนโซอิก



โซเดียมเบนโซเอต



โพแทสเซียมเบนโซเอต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรดเบนโซอิก เป็นกรดอะโรมาติกคาร์บอกไซด์มีน้ำหนักโมเลกุล 122 สูตรโมเลกุล คือ $C_7H_6O_2$ มีลักษณะเป็นผลึกใส รสอมเปรี้ยวอมหวาน กรดเบนโซอิกและเกลือเบนโซเอต เป็นสารกันเสียที่สำคัญและใช้ได้ผลมาก นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพราะมีราคาถูกกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับสารกันเสียชนิดอื่นและจากการทดลองพบว่าเมื่อใส่ในอาหารโดยมากมักจะไม่ทำให้รสชาติเปลี่ยนแปลง แต่ถ้าหากจะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นเช่นเมื่อใช้ในน้ำผลไม้ก็อาจแก้ไขได้โดยการลดปริมาณการใช้ลงและใช้รวมกับสารกันเสียชนิดอื่นเช่น เกลือซอร์เบต เป็นต้น เมื่อใส่ในอาหารเบนโซเอตจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของกรดและถ้าหากอาหารนั้นมีพีเอช 4.0 หรือต่ำกว่ากรดชนิดนี้จะยังคงอยู่ในรูปที่ไม่แตกตัว ซึ่งจะเป็นรูปที่มีประสิทธิภาพสูงสุดของสารกันเสียชนิดนี้ ดังนั้นอาหารที่เหมาะจะใช้สารกันเสียชนิดนี้ในการยืดอายุการเก็บจึงควรจะเป็นอาหารที่มีความเป็นกรดสูงหรือมีพีเอชต่ำๆ หรืออาหารที่มีการเติมกรดลงไปเช่น เครื่องดื่มต่างๆทั้งชนิดที่อัดคาร์บอนไดออกไซด์และไม่อัดคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำหวานชนิดต่างๆ ผลไม้ แยม แยลลี่ ผักดอง ผลไม้ดองและเนยเทียม เป็นต้น สำหรับปริมาณที่อนุญาตให้ใช้ในอาหารได้ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 84 คืออนุญาตให้ใช้ในปริมาณสูงสุดได้ไม่เกิน 1,000 มก.ต่อ 1 กก. (0.1 เปอร์เซ็นต์ของอาหาร) ทั้งนี้อาจจะใช้สารกันเสียชนิดนี้อย่างเดียวหรือใช้ร่วมกับโพแทสเซียมซอร์เบตซึ่งเมื่อรวมกันแล้วปริมาณที่ใช้จะต้องไม่เกินปริมาณที่กำหนดไว้ในกฎหมาย พบว่าเกลือโซเดียมเบนโซเอตละลายน้ำได้ดีกว่ากรด (62.5 กรัมในน้ำ 100 มิลลิลิตร ที่ 25 องศาเซลเซียส) ตามโรงงานอุตสาหกรรมจึงนิยมใช้เกลือนี้มากกว่า การขัดขวางการทำงานของกรดและเกลือนี้ขึ้นอยู่กับค่าพีเอช และโมเลกุลของกรดเบนโซอิกที่เป็นอิสระที่ไม่แตกตัวให้ไอออนเท่านั้นจึงจะออกฤทธิ์ยับยั้ง การลดค่าพีเอชจากพีเอช 7 ไปเป็นพีเอช 4 ทำให้เกิดปฏิกิริยาสูงถึง 400 เท่า ถ้าอาหารเป็นกรดสูงปริมาณสารที่ใช้จะลดลง กรดของโซเดียมเบนโซเอตมีช่วงพีเอชที่ออกฤทธิ์ดีที่สุดระหว่าง 2.5-4.0 ถ้าอาหารมีพีเอชมากกว่า 4.5 ควรจะปรับให้พีเอชเป็นกรดมากกว่านี้ ปกติแล้วปริมาณการใช้กรดเบน-โซอิกจะอยู่ระหว่าง 0.1-0.4 เปอร์เซ็นต์ และอาจใช้ในปริมาณสูงขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าจะเป็นอาหารประเภทใด โซเดียมเบนโซเอตหรือกรดเบนโซอิกใช้สำหรับถนอมอาหารประเภทต่างๆ อย่างกว้างขวาง ระดับสูงสุดที่อนุญาตให้ใช้ในประเทศไทยคือ 0.1 เปอร์เซ็นต์ หรือน้อยกว่านี้ อาจใช้ร่วมกับกรดฟอร์มิกหรือกรดซิตริกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ สำหรับประสิทธิภาพของกรดเบนโซอิกในการชะงักหรือทำลายจุลินทรีย์นั้นจะเรียงลำดับได้จากยีสต์ รา และแบคทีเรีย ถึงแม้ว่ากรดเบนโซอิกจะช่วยขัดขวางจุลินทรีย์ได้แต่ในขณะเดียวกันจะทำให้สีของอาหารเปลี่ยนไปเร็วขึ้น ซึ่งอาจแก้ไขได้โดยใช้ร่วมกับกรดกำมะถันซึ่งกรดนี้จะขัดขวางการเปลี่ยนแปลงจากการเติมออกซิเจนได้ ส่วนอันตรายที่จะได้รับจากสารกันเสียชนิดนี้นั้นจากการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ หาประโยชน์เชิงพาณิชย์ การค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลองพบว่าไม่ทำให้เกิดการสะสมขึ้นในร่างกายเนื่องจากร่างกายมีกลไกในการขจัดสารพิษของกรดเบนโซอิก โดยกรดเบนโซอิกที่บริโภคเข้าไปจะรวมกับไกลซีนเกิดเป็นฮิปพิวริค (hypuric) ขึ้นและถูกขับถ่ายออกทางปัสสาวะ ส่วนพวกที่เหลือที่ไม่ได้ถูกขับถ่ายในรูปฮิปพิวริคนั้นจะถูกขจัดโดยรวมกับกรดกลูคูโรนิกในตับแล้วขับออกทางปัสสาวะในรูปของกรดเบนโซอิลกลูคูโรนิก

<u>กรดโพรพิโอนิกและเกลือโพรพิโอเนต</u>

กรดโพรพิโอนิกเป็นกรดอะลิฟาติกโมโนคาร์บอกไซลิกมีสูตรโมเลกุล $C_3H_6O_2$ และน้ำหนักโมเลกุล 74 มีลักษณะเป็นของเหลวละลายน้ำได้ดี ตัวอย่างของกรดโพรพิโอนิกและเกลือโพรพิโอเนต ได้แก่

CH_3CH_2COOH กรดโพรพิโอนิก

CH_3CH_2COONa โซเดียมโพรพิโอเนต

$(CH_3CH_2COO)_2Ca$ แคลเซียมโพรพิโอเนต

CH_3CH_2COOK โพแทสเซียมโพรพิโอเนต

กรดโพรพิโอนิกพบตามธรรมชาติในอาหารประเภทหมักดองและในเนยแข็ง (sweet cheese) จุลินทรีย์จะเปลี่ยนกรดแล็กติกหรือแล็กแตตให้เป็นโพรพิโอนิก ก๊าซที่เกิดจากจุลินทรีย์กลุ่มนี้จะทำให้เกิดโพรงในเนยแข็ง กรดที่เกิดขึ้นนี้จะทำหน้าที่ในการป้องกันการเจริญของเชื้อราและทำให้รสชาติดีขึ้น โมเลกุลที่ไม่แยกสลายของกรดนี้จะไวต่อการยับยั้งจุลินทรีย์ การใช้ในอาหารนั้นนิยมใช้ในรูปของเกลือมากกว่าและเกลือโซเดียมจะละลายได้ดีกว่าเกลือแคลเซียม สำหรับประสิทธิภาพของสารกันเสียชนิดนี้จะสูงสุดที่พีเอชต่ำกว่า 5 และเมื่อพีเอชของอาหารสูงขึ้นประสิทธิภาพของสารกันเสียนี้จะลดลง เช่นเดียวกับเกลือเบนโซเอตและเกลือซอร์เบต และพบว่าสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและราได้ดี แต่จะไม่มีผลต่อยีสต์เลย ฉะนั้นจึงเป็นสารกันเสียที่นิยมใช้ในขนมอบที่ใช้ยีสต์ สำหรับวิธีการที่ใช้สารกันเสียชนิดนี้ในอาหารนั้นนอกจากจะใช้วิธีใส่ลงในอาหารโดยตรงแล้วยังอาจใช้เคลือบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาชนะที่บรรจุหรือพ่นที่ผิวของผลิตภัณฑ์เช่นเดียวกับเกลือซอร์เบตด้วย ส่วนอันตรายที่จะได้รับจากสารกันเสียชนิดนี้นั้นจากการทดลองพบว่าโพรพิโอเนตจะถูกย่อยและใช้ได้เช่นเดียวกับกรดไขมันอื่นๆ ถึงแม้ว่าจะบริโภคเข้าไปในปริมาณมากก็ไม่พบว่ามีการขับถ่ายออกมาทางปัสสาวะเลย สำหรับปริมาณสูงสุดที่อนุญาตให้ใช้ได้ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 84 นั้นอนุญาตให้ใช้กรดโพรพิโอนิก หรือแคลเซียมโพรพิโอเนต หรือโซเดียมโพรพิโอเนต หรือโพแทสเซียมโพรพิโอเนตในผลิตภัณฑ์เนยแข็งได้ไม่เกิน 3000 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม และในอาหารอื่นๆ ยกเว้นเนื้อสัตว์ได้ในปริมาณสูงสุดไม่เกิน 2000 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

โซเดียมคลอไรด์ (NaCl)

ใช้ใส่อาหารโดยตรงหรือในรูปของน้ำเกลือ ปริมาณการใช้ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์การใช้งานว่าต้องการป้องกันอาหารทั้งหมดหรือเพียงบางส่วนเพื่อให้เกิดการหมัก การใช้โซเดียม-คลอไรด์มีผลต่อจุลินทรีย์ เช่นทำให้อาหารเกิดแรงดันออสโมซิสสูงขึ้นทำให้เซลล์เหี่ยวตายได้ โซเดียมคลอไรด์จะไปช่วยลดน้ำในอาหารหรือดึงน้ำออกจากอาหารและตัวโซเดียมคลอไรด์จะแตกตัวให้ไอออนและคลอไรด์ไอออนซึ่งคลอไรด์ไอออนจะเป็นตัวทำลายจุลินทรีย์ นอกจากนี้โซเดียมคลอไรด์จะรบกวนการทำงานของเอนไซม์ที่ย่อยโปรตีนอีกด้วย ส่วนอันตรายที่จะได้รับจากโซเดียมคลอไรด์นั้นพบว่าในสัตว์มีค่า LD_{50} เท่ากับ 2.7 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวเมื่อให้ในการกินในหนูที่อดอาหาร ส่วนในหนูที่ไม่ได้อดอาหารมีค่าLD_{50} เท่ากับ 16 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว และอาหารที่มีโซเดียมคลอไรด์ในสูตรอาหาร 2.8-5.6 เปอร์เซ็นต์ จะไปลดการเจริญเติบโตและทำให้อายุของหนูสั้นลง นอกจากนี้มนุษย์และสัตว์ที่ได้รับโซเดียมคลอไรด์ในปริมาณสูงจะมีอาการเครียดและติดเชื้อโรคได้ง่าย (Braner และคณะ, 1990 : 45) สัตว์ที่ได้รับโซเดียมคลอไรด์ในปริมาณมากจะมีผลทำให้มีการ สะสมน้ำในร่างกายเป็นปริมาณมากทำให้เกิดการบวมน้ำของเนื้อเยื่อ เช่นจะพบการบวมน้ำในลูกไก่ที่ได้รับโซเดียม-คลอไรด์ในอาหารเกิน 3 เปอร์เซ็นต์ และการได้รับโซเดียมคลอไรด์ในปริมาณที่สูงติดต่อกันเป็นระยะเวลานานจะทำให้ความดันเลือดสูงขึ้น (Maynard และคณะ, 1981 : 95)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และอนุพันธ์ของซัลเฟอร์ไดออกไซด์

มีการใช้กันอย่างกว้างขวางเป็นเวลานานมากแล้วในรูปของสารกันเสียและกันหืน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ใช้เป็นสารยับยั้งการเกิดปฏิกิริยา millard หรือ browning เป็นปฏิกิริยาที่ป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในผลไม้แห้ง ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาล และกรดอะมิโนและปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่ต้องอาศัยเอนไซม์ด้วยการขัดขวางมิให้เกิดสีน้ำตาล การที่ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไปรวมกลุ่มกับอัลดีไฮด์ในน้ำตาลรีดิวส์ (reducing sugar) ดังนั้นน้ำตาลจึงไม่สามารถไปรวมกลุ่มกับกลุ่มอะมิโนได้ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีความสำคัญมากในการผลิตไวน์โดยใช้ป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มที่สร้างกรดแอซีติกและแลกติกและขัดขวางการเจริญของกลุ่มยีสต์ที่ไม่ต้องการที่จะทำให้รสชาติของไวน์เปลี่ยนไป ส่วนยีสต์ที่ทำไวน์นั้นทนต่อความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้สูง (ระหว่าง 75-200 พีพีเอ็ม) และปรับตัวได้ง่าย ส่วนซัลไฟต์ที่นิยมใช้กันในอุตสาหกรรมอาหารได้แก่ โซเดียมซัลไฟต์ โพแทสเซียมซัลไฟต์ โซเดียมไบซัลไฟต์ โพแทสเซียมไบซัลไฟต์ โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ เป็นต้น โดยมีสูตรโมเลกุลดังนี้

$Na_2SO_3.7H_2O$ โซเดียมซัลไฟต์ (Sodiumsulfite)

$NaHSO_3$ โซเดียมไบซัลไฟต์ (Sodium bisufite)

$Na_2S_2O_5$ โซเดียมไพโรซัลไฟต์ (Sodium pyrosulfite) หรือ โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ Sodium metabisulfite)

K_2SO_3 โพแทสเซียมซัลไฟต์ (Potassium sulfite)

$KHSO_3$ โพแทสเซียมไบซัลไฟต์ (Potassium bisulfite)

$K_2S_2O_5$ โพแทสเซียมไพโรซัลไฟต์ (Potassium pyrosulfite) หรือ โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (Potassium metabisulfite)

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์และซัลไฟต์เหล่านี้ เมื่อละลายน้ำจะได้กรดกำมะถัน (H_2SO_4) และไบซัลไฟต์ไอออน ($H_2SO_3^-$) ซึ่งอัตราส่วนที่เกิดขึ้นนี้จะขึ้นกับพีเอชของอาหาร สำหรับประสิทธิภาพของซัลเฟอร์ไดออกไซด์และซัลไฟต์นั้นจะขึ้นกับความเข้มข้นของกรดกำมะถันกับสภาพแวดล้อมและจะต้องอยู่ในรูปที่ไม่แตกตัวด้วย และถ้ายิ่งปริมาณของกรดกำมะถันเกิดขึ้นมากเท่าไรความสามารถในการยับยั้งหรือทำลายจุลินทรีย์จะมากขึ้นด้วย ความเข้มข้นที่ใช้เพื่อผลทางการค้าประมาณ 0.05 เปอร์เซ็นต์ถึง 0.5 เปอร์เซ็นต์ ที่พีเอช 4 ปริมาณของกรดกำมะถันที่ใช้ป้องกันการเกิดจุลินทรีย์ที่ค่าพีเอชต่างๆจะต่างกันด้วย เช่นที่พีเอช 3.5 จะต้องใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณกรดมากกว่าที่พีเอช 2.5 สองหรือสี่เท่าตัว ซึ่งกรดกำมะถันที่เกิดขึ้นนี้จะไปทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ของจุลินทรีย์ทำให้ทำงานไม่ปกติเป็นสาเหตุให้การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ถูกยับยั้งหรือทำลายไป ความสามารถในการยับยั้งหรือทำลายจุลินทรีย์ของซัลเฟอร์ไดออกไซด์และซัลไฟต์นั้นจากการทดลองพบว่าจะยับยั้งและทำลายยีสต์ได้ดีกว่าแบคทีเรียและรา สำหรับปริมาณที่อนุญาตให้ใช้ได้ในอาหารนั้นตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 84 อนุญาตให้ใช้กรดกำมะถันหรือโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์หรือโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ หรือโซเดียมไบซัลไฟต์ หรือโพแทสเซียมไบซัลไฟต์ หรือซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในผลไม้แห้งและผักแห้งในปริมาณสูงสุดไม่เกิน 2500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร โดยคิดคำนวนเป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอาหารชนิดอื่นเว้นแต่เนื้อสัตว์และน้ำตาลทรายดิบ (centrifugal raw sugar) ได้ในปริมาณสูงสุดไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ในเดกซ์โทรสโมโนไฮเดรตได้ในปริมาณสูงสุดไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ในน้ำตาลเชื่อมกลูโคสแห้งได้ในปริมาณสูงสุดไม่เกิน 40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร เป็นต้น

ความปลอดภัยในการใช้หรืออันตรายที่จะได้รับจากการใช้สารกันเสียเหล่านี้จากการทดลองพบว่าเมื่อบริโภคเข้าไปซัลเฟอร์ไดออกไซด์และซัลไฟต์จะถูกออกซิไดส์ไปเป็นซัลเฟตแล้วขจัดออกทางปัสสาวะ แต่ถ้าหากบริโภคเข้าไปในปริมาณที่มากเกินไป ตัวอย่างเช่นการทดลองให้คนบริโภคซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในปริมาณ 1 กรัมต่อวันพบว่าปริมาณสารกันเสียที่เหลือจากการถูกออกซิไดส์นี้จะไปลดประสิทธิภาพการใช้โปรตีนและไขมันในร่างกาย ส่วนการทดลองในหนูโดยใช้ซัลไฟต์ผสมในอาหารในระดับ 0.1 เปอร์เซ็นต์พบว่าทำให้ไทอามีนในอาหารที่ใช้เลี้ยงถูกทำลาย เพราะฉะนั้นก่อนจะใช้สารกันเสียชนิดนี้ควรจะมีการศึกษาให้ดีเสียก่อน และไม่ควรใช้ให้เกินไปจากที่กฎหมายกำหนดไว้ แต่ในทางปฏิบัติแล้วปริมาณการใช้สารกันเสียชนิดนี้มักถูกจะจำกัดโดยอัตโนมัติอยู่แล้ว ทั้งนี้เนื่องจากถ้าหากใช้มากเกินไปจะพบว่ามีกลิ่นและรสของกำมะถันหลงเหลืออยู่ในอาหารด้วย ซึ่งจะทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับ

<u>ไฮโปคลอไรต์</u>

ไฮโปคลอไรต์ เช่นโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaClO) แคลเซียมไฮโปคลอไรต์ ($Ca(ClO)_2$) ป้องกันพวกแมลงและจุลินทรีย์ต่างๆ ใช้ผสมกับน้ำล้างผัก ผลไม้และใช้ผสมกับน้ำแข็งแช่ปลาหรือของสด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก๊าซ

ก๊าซชนิดต่างๆที่ใช้ในการถนอมอาหาร เช่นคาร์บอนไดออกไซด์ใช้รักษาอาหารสด และก๊าซเอทิลลีนออกไซด์ใช้รักษาผลไม้ เป็นต้น

การป้องกันอันตรายจากสารพิษอะฟลาทอกซินในอาหาร

จากรายงานของ ธีรยุทธ กลิ่นสุคนธ์ และ ชัยวัฒน์ ต่อสกุลแก้ว, (2524:45-52) กล่าวว่า

1. ควรละเว้นการรับประทานอาหารทุกชนิดที่มีเชื้อราขึ้นอยู่จนสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อราพวก *A. flavus* ซึ่งจะสังเกตได้ว่ามีสีเขียวหรือเหลืองปนเขียว

2. ควรละเว้นการรับประทานอาหารจำพวกถั่วลิสงและข้าวโพดซึ่งพบว่ามีปริมาณอะฟลาทอกซินปะปนอยู่มาก เช่น

2.1. ถั่วลิสงป่นตามร้านอาหาร (ก๋วยเตี๋ยว) หรือที่ซื้อจากท้องตลาด

2.2. เมล็ดถั่วลิสงที่คั่วเก็บไว้นาน เมล็ดเล็ก เมล็ดแตก เมล็ดมีสีดำ และเมล็ดที่มีแมลงขึ้นอยู่

2.3. น้ำมันดิบของถั่วลิสง (non refined) ที่บรรจุในปี๊บและขายในตลาดสด

2.4 เมล็ดข้าวโพด (ที่แยกออกมาจากฝักแล้ว) ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับเมล็ดถั่วลิสงในข้อ 2.2

3. ควรนำเอาอาหารมาให้ความร้อนเพื่อป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อราและจะช่วยทำลายอะฟลาทอกซินได้ด้วย

3.1 ถั่วลิสง ข้าวโพด หรือถั่วชนิดอื่นๆ ควรจะนำมาตากแดดให้แห้งสนิท และเก็บไว้ให้มิดชิดในที่ที่มีความชื้นต่ำ เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อรา

3.2 ถั่วลิสง ข้าวโพด หรือถั่วชนิดอื่นๆ ควรจะเลือกเฉพาะเมล็ดที่โต ไม่แตก และสะอาด นำเอามาใช้เป็นอาหารเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 นำมาทำให้สุกด้วยความร้อนสูงเป็นเวลานานพอสมควร เก็บให้มิดชิดและควรจะรับประทานให้หมดในระยะเวลาสั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

จุลินทรีย์

- *Aspergillus parasiticus* IMI 102566 จาก International Mycological Institute ประเทศอังกฤษ

อุปกรณ์และสารเคมี

อุปกรณ์

1. Haemacytometer
2. เครื่องกลั่นระเหยระบบสุญญากาศ (rotary evaporator)
3. ปั๊มสุญญากาศ (vacuum pump)
4. กรวยแยก (separatory funnel)
5. เครื่องHPLC(Shimadsu)ประกอบกับUV Spectophotometric detector SPD-6A
6. sep-pak silica gel cartridge column chromatography
7. ฟลาสก์ก้นกลมขนาด 250 มล.
8. ฟลาสก์รูปชมพู่ขนาด 250 มล.
9. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
10. ตู้บ่มเชื้อ
11. เครื่องกรอง millipore

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารเคมี

1.สารเคมีที่ใช้ยับยั้งการสร้างอะฟลาท็อกซิน

1.1 โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ ($K_2S_2O_5$)

1.2 กรดเบนโซอิก ($C_7H_6O_2$)

1.3 โซเดียมเบนโซเอต ($C_7H_5O_2Na$)

1.4 โซเดียมคลอไรด์ (NaCl)

1.5 แอมโมเนียมคาร์บอเนต $(NH_4)_2CO_3$

1.6 โซเดียมไบซัลไฟต์ ($NaHSO_3$)

2.สารเคมีที่ใช้ในการสกัด

2.1 เมทานอล

2.2 คลอโรฟอร์ม

2.3 แอมโมเนียมซัลเฟต

2.4 เฮกเซน

2.5 เบนซิน

2.6 กรดแอซีติก

2.7 เอทิลอีเทอร์

2.8 ไดคลอโรมีเทน

2.9 อะซีโตน

ขั้นตอนการเตรียมสปอร์ของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566

1. เขี่ยเชื้อจาก stock culture ลงใน PDA slant ให้เชื้อมีการเจริญ 7 วัน

2. หลังจากนั้นนำมาถ่ายเชื้อลงในฟลาสก์ขนาด 500 มล. ที่มีอาหาร PDA ประมาณ 200 มล. ให้เชื้อมีการเจริญ 7 วันที่อุณหภูมิห้อง

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทำสารละลายสปอร์ โดยใช้น้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้วเทลงในอาหารเลี้ยงเชื้อแล้ว หยด tween 80 0.1 เปอร์เซ็นต์ลงไป 1-2 หยด ใช้ loop เขี่ยสปอร์ให้หลุดออกจากอาหารให้หมด แล้วกรองสารละลายที่ได้โดยใช้ชุดกรองที่ฆ่าเชื้อแล้ว

4. สารละลายสปอร์ที่ได้จะนำมาทำการนับโดยใช้ Haemacytometer ให้มีความเข้มข้นของสปอร์ 10^8 สปอร์ต่อมล. นำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 °ซ. เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

การหาความชื้นในเมล็ดข้าวโพด

ใช้ข้าวโพดหวานพิเศษพันธุ์ฮาวายเอียนซูการ์ซุปเปอร์สวีทซึ่งได้มาจากสถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร นำมาวิเคราะห์หาความชื้นโดยวิธีของ Pomeranz และคณะ (1987 : 234) ดังนี้

1. อบกระทงที่ 180 ° ซ. เป็นเวลา 2 ชั่วโมงทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิกเคเตอร์แล้วนำมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง ทำอย่างน้อย 3 ซ้ำจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ บันทึกค่าที่ได้ทั้งหมดไว้

2. ใส่ข้าวโพดลงไป 2 กรัมในแต่ละกระทง บันทึกค่าที่ชั่งข้าวโพดพร้อมกับกระทงแล้วนำไปอบที่ 105 ° ซ. เป็นเวลา 1 ชม. แล้วทิ้งให้เย็นในเดซิกเคเตอร์

3. ชั่งน้ำหนักข้าวโพดและกระทงอีกครั้ง

4. วิเคราะห์หาความชื้นได้จากสูตรคำนวน ดังนี้

เปอร์เซ็นต์ความชื้นที่มีอยู่ในข้าวโพด =

$$\frac{(\text{น้ำหนักข้าวโพดและกระทงครั้งที่ 1}) - (\text{น้ำหนักข้าวโพดและกระทงครั้งที่ 2}) \times 100}{\text{น้ำหนักข้าวโพดจริง}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้สารเคมีที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในข้าวโพดเพื่อศึกษาการยับยั้งการเจริญและการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินของ *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพด

การใช้โซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมคาร์บอเนต และโซเดียมไบซัลไฟต์ที่ความเข้มข้น 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์

1. เตรียมข้าวโพดบรรจุถุง ๆ ละ 50 กรัม นำไปฆ่าเชื้อโดยใช้รังสีแกมมา
2. ใส่สารละลายสปอร์ของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ลงในถุงข้าวโพด เพื่อให้ปริมาณเชื้อเริ่มต้นในแต่ละตัวอย่างเป็น 10^6 เซลล์ต่อกรัม
3. เติมสารแต่ละชนิดให้มีความเข้มข้นตามที่ต้องการทำการทดลอง ระดับความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ
4. นำแต่ละถุงไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส
5. หลังจากนั้นทำการเก็บตัวอย่างในวันที่ 7, 14, 21 และ 28 เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณอะฟลาทอกซินและปริมาณสปอร์ของเชื้อราในข้าวโพด โดยเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (control) ซึ่งเป็นตัวอย่างที่ไม่มีการเติมสารเคมี

การใช้โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซอิก และโซเดียมเบนโซเอตที่ความเข้มข้น 0.02, 0.06 และ 0.1 เปอร์เซ็นต์

1. เตรียมข้าวโพดบรรจุถุง ๆ ละ 50 กรัม นำไปฆ่าเชื้อภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที
2. ปรับความชื้นให้เป็น 22-23 เปอร์เซ็นต์
3. ใส่สารละลายสปอร์ของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* ลงในข้าวโพด เพื่อให้ปริมาณเชื้อเริ่มต้นในแต่ละตัวอย่างเป็น 10^6 เซลล์ต่อกรัม
4. เติมสารกันเสียแต่ละชนิดตามความเข้มข้นที่ต้องการทำการทดลองระดับความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. นำแต่ละถุงไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

6. ทำการเก็บตัวอย่างในวันที่ 7, 14, 21 และ 28 เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณอะฟลาทอกซินและปริมาณสปอร์ของเชื้อราในข้าวโพด โดยเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (control) ซึ่งเป็นตัวอย่างที่ไม่มีการเติมสารเคมี

การใส่เชื้อแบบ point inoculation ลงในจานเพาะเชื้อ

1. เตรียม semisolid suspension โดยใช้วุ้นผง 0.2 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับ tween 80 เข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์จำนวน 0.3 เปอร์เซ็นต์ และน้ำ 99.5 เปอร์เซ็นต์ ผสมให้เข้ากันโดยใช้ความร้อนแล้วปิเปตต์อาหาร 0.2-0.4 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดขนาดเล็ก ปิดฝาเกลียวแล้วนำไปนึ่งฆ่าเชื้อ

2. ถ่ายสปอร์ของเชื้อรา*A. parasiticus* 102566ลงใน suspension ที่เตรียมได้

3. ใช้ loop ถ่ายเชื้อจากข้อ 2 มาใส่จานเพาะเชื้อที่มีอาหาร malt extract agar ผสมกับเกลือที่มีความเข้มข้นต่างๆกัน

การศึกษาผลของสารเคมีบางชนิดต่อการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในอาหาร Malt extract agar ผสมกับสารเคมีที่ความเข้มข้นต่างๆ

สารเคมีที่ใช้ได้แก่โซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมคาร์บอเนต และโซเดียมไบซัลไฟต์ที่ความเข้มข้น 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์และโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซอิก และโซเดียมเบนโซเอต ที่ความเข้มข้น 0.02, 0.06 และ 0.1 เปอร์เซ็นต์ มีวิธีการดังนี้

1. เตรียมอาหาร malt extract agar แล้วทำการผสมเกลือแต่ละชนิดลงไปในอาหารโดยให้มีความเข้มข้นตามที่ต้องการแล้วทำการถ่ายอาหารในจานเพาะเชื้อของสารเคมีแต่ละชนิดความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ และทำจานคุมโดยไม่ต้องมีการเติมสารเคมีใดๆลงในอาหาร

2. ทำการถ่ายเชื้อ*A. parasiticus* ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบ point inoculation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ทำการวัดการเจริญของเชื้อรา *A. parasiticus* โดยการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของโคโลนีของเชื้อราทุกวันเป็นเวลา 7 วัน โดยเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (control) ซึ่งเป็นตัวอย่างที่ไม่มีการเติมสารเคมี

<u>การศึกษาผลของสารเคมีบางชนิดต่อการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในอาหารข้าวโพดสกัดผสมกับสารเคมีที่ความเข้มข้นต่างๆ</u>

สารเคมีที่ใช้ได้แก่โซเดียมคลอไรด์, แอมโมเนียมคาร์บอเนต และโซเดียมไบซัลไฟต์ที่ความเข้มข้น 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์และโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซอิก และโซเดียมเบนโซเอต ที่ความเข้มข้น 0.02, 0.06 และ 0.1 เปอร์เซ็นต์ มีวิธีการดังนี้

1. เตรียมอาหารข้าวโพดสกัดโดยสกัดจากข้าวโพดจำนวน 200 กรัม แล้วเติมผงวุ้นลงไป 15 กรัม เติมน้ำกลั่นให้ครบ 1000 มล. ทำให้ปลอดเชื้อโดยการนึ่งภายใต้ความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

2. ทำการผสมสารเคมีแต่ละชนิดลงไปในอาหาร โดยให้มีความเข้มข้นของสารตามที่ต้องการแล้วทำการถ่ายอาหารในจานเพาะเชื้อของสารเคมีแต่ละชนิดความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ และทำจานคุมโดยไม่ต้องมีการเติมสารเคมีใดๆลงในอาหาร

3. ทำการถ่ายเชื้อ *A. parasiticus* ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบ point inoculation แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน

4. ทำการวัดการเจริญของเชื้อรา *A. parasiticus* โดยการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของโคโลนีของเชื้อราทุกวันเป็นเวลา 7 วัน โดยเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (control) ซึ่งเป็นตัวอย่างที่ไม่มีการเติมสารเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาผลของสารเคมีบางชนิดต่อการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 โดยการนับสปอร์

นำตัวอย่างถุงข้าวโพดที่ได้ทำการถ่ายเชื้อ *A. parasiticus* โดยมีการเติมสารเคมีได้แก่ โซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมคาร์บอเนต และโซเดียมไบซัลไฟต์ที่ความเข้มข้น 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์และโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซอิก และโซเดียมเบนโซเอต ที่ความเข้มข้น 0.02, 0.06 และ 0.1 เปอร์เซ็นต์ มีวิธีการดังนี้คือ

1. นำตัวอย่างข้าวโพดมาทำspore suspensionโดยใช้น้ำกลั่นฆ่าเชื้อแล้วและ tween 80 ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ แล้วกรองเส้นใยออกด้วยสำลีโดยใช้ชุดกรองที่ฆ่าเชื้อแล้ว

2. นำ spore suspension ที่ได้มานับจำนวนโดยใช้ haemacytometer

การสกัดอะฟลาทอกซิน

การสกัดอะฟลาทอกซินโดยประยุกต์จากวิธี Sep Pak method และวิธี rapid method (Seitz และ Mohr, 1974 : 179-183)

1. นำข้าวโพดที่ต้องการสกัดมา 50 กรัม ใส่ลงในเครื่องบด (blender) เติมเมทานอล 100 มล. เขย่าเป็นเวลา 1-2 นาที

2. กรองด้วยกระดาษวัทแมนเบอร์ 1 จะได้สารละลายเมทานอลที่มีอะฟลาทอกซินละลายอยู่

3. แบ่งสารละลายเมทานอลที่มีอะฟลาทอกซินละลายอยู่มา 40 มิลลิลิตร ใส่กรวยแยก เติมแอมโมเนียมซัลเฟต ($(NH_4)_2 SO_4$) 20 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 80 มิลลิลิตร อุ่นที่ 40-50 องศาเซลเซียส แล้วเติมเฮกเซน 40 มิลลิลิตร

4. เขย่า แล้วทิ้งไว้จนแยกชั้น แยกชั้นเฮกเซนออกจากสารละลายของเมทานอลและแอมโมเนียมซัลเฟต

5. เติมคลอโรฟอร์มลงในสารละลายที่เหลือจำนวน 50 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วแยกชั้นคลอโรฟอร์มออกมา ทำซ้ำอีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. นำสารละลายคลอโรฟอร์มที่มีอะฟลาทอกซินละลายอยู่มาระเหยภายใต้สุญญากาศจนแห้ง

7. เติมส่วนผสมของคลอโรฟอร์มกับเฮกเซนในอัตราส่วน 3 ต่อ 7 ลงไป 10 มิลลิลิตร

8. นำสารละลายที่ได้มาผ่าน Sep-Pak Siliga gel Cartridge Column Chromatography หลังจากนั้นทำการล้างคอลัมน์โดยใช้ เฮกเซน 10 มิลลิลิตร แล้วใช้ส่วนผสมของเบนซินกับแอซีติกในอัตราส่วน 95.5 ต่อ 4.5 จำนวน 10 มิลลิลิตร ล้างผ่านครั้ง สุดท้ายด้วยส่วนผสมของเอทิลอีเทอร์กับเฮกเซนในอัตราส่วน 60 ต่อ 40 จำนวน 10 มิลลิลิตร

9. หลังจากนั้นชะล้างอะฟลาทอกซินออก โดยใช้สารละลายไดคลอโรมีเทนกับอะซิโตน (9 : 1) 15 มิลลิลิตร ล้างผ่านคอลัมน์

10. นำสารที่ได้ไประเหยภายใต้สุญญากาศจนแห้งแล้วนำไปวิเคราะห์หาอะฟลาทอกซินต่อไป

การวิเคราะห์ปริมาณอะฟลาทอกซินโดยใช้ HPLC
(High Performance Liquid Chromatography)

นำเมทานอล 1 มิลลิลิตร ละลายอะฟลาทอกซินที่อยู่ในขวดตัวอย่างแล้วกรองผ่าน membrane filter (millipore) 0.45 ไมโครเมตรใส่ในขวดเล็ก (vial) แล้วนำไปฉีดเข้าเครื่อง HPLC (Shimadzu) ใช้ UV spectrophotometric detector SPD-6A 365 นาโนเมตร Absorbance 0.02 ใช้คอลัมน์ reverse phase C_{18} ขนาด 4.9 x 25 ซม. flow rate ใช้ 1 มิลลิลิตรต่อนาที mobile phase ใช้อัตราส่วนของเมทานอล:น้ำ:กรดแอซีติก (30:63:7) บันทึกโครมาโทรแกรมของอะฟลาทอกซิน B_1 และ G_1 ประมาณนาทีที่ 12 และ 20 แล้วใช้ data module model G - R 64 Chromatopac เป็น integrator คำนวนค่าที่วัดได้เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานโดยดูจาก peak area และ retention time

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ผลของสารเคมีพวกโซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมคาร์บอเนตและโซเดียมไบซัลไฟต์ต่อการเจริญและการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566

ผลของสารเคมีต่อการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในอาหาร Malt extract agar (MA)

จากการศึกษาการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในอาหารแข็ง MA ซึ่งเติมสารเคมีที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ คือ 1, 2, 3, 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์ แล้ววัดการเจริญของเชื้อรา โดยวัดความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางการเจริญของเชื้อราดังตารางที่ 1 พบว่าที่ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 1, 2, 3 และ 4 เปอร์เซ็นต์ มีการกระตุ้นให้เชื้อราเจริญได้ดีกว่าชุดควบคุม โดยพบว่าที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ เริ่มกระตุ้นให้เชื้อราเจริญได้ดีกว่าชุดควบคุมในวันที่ 2 ส่วนที่ความเข้มข้น 2, 3 และ 4 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ใน 2 วันแรก และเริ่มมีการกระตุ้นให้เชื้อราเจริญได้ดีกว่าชุดควบคุมในวันที่ 3 นอกจากนี้ยังพบว่าที่ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์สูงขึ้นสามารถกระตุ้นให้เชื้อราเจริญได้น้อยลงตามลำดับ แต่ที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 5 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ส่วนการใช้แอมโมเนียมคาร์บอเนตและโซเดียมไบซัลไฟต์พบว่าทุกระดับความเข้มข้นที่ใช้สามารถยับยั้งการเจริญของใยราได้อย่างสมบูรณ์ทุกช่วงเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตารางที่ 1 ความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางการเจริญ (ซม.) ของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในอาหาร Malt extract agar (MA) ที่เป็นชุดควบคุม เปรียบเทียบกับการผสมกับโซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมคาร์บอเนต และโซเดียมไบซัลไฟต์ ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ โดยใช้เวลาบ่มเชื้อต่างๆกัน

สารเคมี	ความเข้มข้น(%)	เวลาบ่มเชื้อ (วัน)						
		1	2	3	4	5	6	7
ชุดควบคุม	0	0.83	2.03	3.16	4.60	5.83	7.23	8.30
โซเดียม-คลอไรด์	1	0.83	2.13	3.60	5.28	6.73	8.13	8.56
	2	0.65	2.00	3.51	5.10	6.50	7.75	8.50
	3	0.63	1.95	3.42	5.10	6.40	7.66	8.50
	4	0.65	1.85	3.25	4.80	6.15	7.35	8.30
	5	0.40	1.50	2.77	4.10	5.20	6.30	7.15
แอมโมเนียม-คาร์บอเนต	1	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0
โซเดียม-ไบซัลไฟต์	1	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของสารเคมีต่อการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในอาหารข้าวโพดสกัด

ตารางที่ 2 แสดงให้เห็นผลของสารเคมีในอาหารข้าวโพดสกัดโดยใช้ระดับความเข้มข้น 1, 2, 3, 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์ แล้ววัดความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางการเจริญของเชื้อราทุกช่วงเวลา พบว่าการใช้โซเดียมคลอไรด์มีการกระตุ้นให้เชื้อราเจริญได้ดีกว่าชุดควบคุม โดยที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ กระตุ้นให้เชื้อราเจริญได้ดีกว่าชุดควบคุมทุกช่วงเวลา และที่ความเข้มข้น 2, 3 และ 4 เปอร์เซ็นต์ เริ่มกระตุ้นให้เชื้อราเจริญได้ดีกว่าชุดควบคุมในวันที่ 2 แต่ที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ยับยั้งการเจริญของเชื้อราในวันที่ 1 และ 2 โดยเริ่มกระตุ้นในวันที่ 3 และพบว่าการใช้โซเดียม-คลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นต่ำสามารถกระตุ้นการเจริญของเชื้อราได้มากกว่าที่ระดับความเข้มข้นสูง ส่วนการใช้แอมโมเนียมคาร์บอเนตและโซเดียมไบซัลไฟต์ทุกระดับความเข้มข้นสามารถยับยั้งการเจริญของใยราได้อย่างสมบูรณ์ทุกช่วงเวลา

ผลของสารเคมีต่อการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพด

จากการทดลองพบว่าสารทั้งสามชนิดสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพดได้ดีเมื่อพิจารณาจากลักษณะการเจริญเป็นเส้นใยและการสร้างสปอร์ของเชื้อรา (ตารางที่ 3) พบว่าการใช้โซเดียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ในวันที่ 7 และ 14 แต่ในวันที่ 21 และ 28 พบว่ามีการเจริญได้ไม่ต่างจากชุดควบคุม การใช้โซเดียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ดีทุกช่วงเวลา ส่วนที่ระดับความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้อย่างสมบูรณ์ ในวันที่ 7 และ 14 และมีการเจริญน้อยมากในวันที่ 21 และ 28 เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม แต่การใช้ที่ระดับความเข้มข้น 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้อย่างสมบูรณ์ทุกช่วงเวลา

การใช้แอมโมเนียมคาร์บอเนตที่ระดับความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเหมือนกับการใช้โซเดียมคลอไรด์ แต่ที่ระดับความเข้มข้น 2, 3, 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเจริญได้อย่างสมบูรณ์ทุกช่วงเวลา ส่วนการใช้โซเดียมไบซัลไฟต์ที่ระดับความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเจริญได้อย่างสมบูรณ์ในวันที่ 7 อย่างไรก็ตามในวันที่ 14, 21 และ 28 พบว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางการเจริญ (ซม.)ของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในอาหารข้าวโพดสกัดที่เป็นชุดควบคุม เปรียบเทียบกับการผสมกับโซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมคาร์บอเนต และโซเดียมไบซัลไฟต์ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ โดยใช้เวลาบ่มเชื้อต่างๆกัน

สารเคมี	ความเข้มข้น(%)	เวลาบ่มเชื้อ (วัน)						
		1	2	3	4	5	6	7
ชุดควบคุม	0	0.86	2.20	3.76	4.96	6.10	7.56	8.16
โซเดียม-คลอไรด์	1	0.96	3.06	5.06	6.86	8.50	8.80	8.80
	2	0.86	3.00	5.16	6.86	8.40	8.80	8.80
	3	0.86	2.96	5.15	6.70	8.16	8.80	8.80
	4	0.86	2.66	4.60	6.36	8.16	8.60	8.60
	5	0.56	2.16	3.96	5.50	7.23	8.30	8.30
แอมโมเนียม-คาร์บอเนต	1	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0
โซเดียม-ไบซัลไฟต์	1	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 การเจริญของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพดที่เป็นชุดควบคุม เปรียบเทียบกับการเติมโซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมคาร์บอเนตและโซเดียมไบซัลไฟต์ ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ โดยใช้เวลาบ่มเชื้อต่างๆกัน

สารเคมี	ความเข้มข้น(%)	เวลาบ่มเชื้อ (วัน)			
		7	14	21	28
ชุดควบคุม	0	4	5	5	5
โซเดียม-คลอไรด์	1	3	4	5	5
	2	1	2	3	4
	3	0	0	1	1
	4	0	0	0	0
	5	0	0	0	0
แอมโมเนียม-คาร์บอเนต	1	3	4	5	5
	2	0	0	0	0
	3	0	0	0	0
	4	0	0	0	0
	5	0	0	0	0
โซเดียม-ไบซัลไฟต์	1	0	1	2	3
	2	0	0	0	0
	3	0	0	0	0
	4	0	0	0	0
	5	0	0	0	0

หมายเหตุ

0 หมายถึง ไม่มีการเจริญของใยรา

1 หมายถึง มีการเจริญของใยราน้อยมาก

2 หมายถึง 1/4ของเมล็ดข้าวโพดถูกปกคลุมด้วยใยราและสปอร์รา

3 หมายถึง 1/2ของเมล็ดข้าวโพดถูกปกคลุมด้วยใยราและสปอร์รา

4 หมายถึง 3/4ของเมล็ดข้าวโพดถูกปกคลุมด้วยใยราและสปอร์รา

5 หมายถึง เมล็ดข้าวโพดทั้งหมดถูกปกคลุมด้วยใยราและสปอร์รา

เอกสารนี้เป็นสำเนาที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถยับยั้งการเจริญได้ดีโดยมีเชื้อราเจริญไม่มากนักเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และการใช้ที่ระดับความเข้มข้น 2, 3, 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเจริญได้อย่างสมบูรณ์ทุกช่วงเวลา

สำหรับเชื้อราที่เจริญขึ้นนั้นไม่ว่าจะใช้สารเคมีชนิดใดพบจำนวนสปอร์ต่อกรัมของเชื้อราน้อยกว่าชุดควบคุมทุกช่วงเวลา (ตารางที่ 4) เมื่อเปรียบเทียบตารางที่ 3 และ 4 จะพบว่าเมื่อเชื้อราเจริญมากขึ้นจำนวนสปอร์ต่อกรัมของเชื้อราก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วย

ผลของสารเคมีต่อการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566

จากการทดลองในตารางที่ 5 และภาพที่ 3 พบว่าเมื่อใช้โซเดียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ สามารถกระตุ้นให้เชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 สร้างอะฟลาทอกซินได้มากกว่าชุดควบคุม โดยมีปริมาณอะฟลาทอกซินรวมเท่ากับ 908.7, 322.9, 305.6 และ 328.7 ไมโครกรัมต่อกรัมในวันที่ 7, 14, 21 และ 28 ตามลำดับ แต่ที่ระดับความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ มีการกระตุ้นน้อยลง ยกเว้นในวันที่ 21 การใช้โซเดียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเจริญได้อย่างสมบูรณ์ในวันที่ 7 และ 14 จึงไม่พบอะฟลาทอกซินเลย อย่างไรก็ตามในวันที่ 21 และ 28 เชื้อราสามารถสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินได้เพียงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม กล่าวคือพบอะฟลาทอกซินรวมเท่ากับ 61.0 และ 78.7 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ส่วนการใช้โซเดียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการสร้างอะฟลาทอกซินได้อย่างสมบูรณ์ ทุกช่วงเวลาเนื่องจากไม่มีการเจริญของเชื้อรา

การใช้แอมโมเนียมคาร์บอเนตที่ระดับความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ กระตุ้นให้เชื้อราสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินได้มากกว่าชุดควบคุม โดยในวันที่ 7, 14, 21 และ 28 พบอะฟลาทอกซินรวมเท่ากับ 553.9, 504.8, 406.1 และ 318.4 ไมโครกรัมต่อกรัมตามลำดับ ส่วนการใช้โซเดียมไบซัลไฟต์ 1 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการสร้างอะฟลาทอกซินได้ โดยพบอะฟลาทอกซินในวันที่ 14, 21 และ 28 เพียง 3.60, 171.0 และ 262.4 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ และการใช้แอมโมเนียมคาร์บอเนตและโซเดียมไบซัลไฟต์ที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 2 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไปไม่พบอะฟลาทอกซินเลย ทุกช่วงเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 จำนวนสปอร์ต่อกรัมของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพดที่เป็นชุดควบคุม เปรียบเทียบกับการเติมโซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมคาร์บอเนตและโซเดียมไบซัลไฟต์ ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ โดยใช้เวลาบ่มเชื้อต่างๆกัน

สารเคมี	ความเข้มข้น (%)	เวลาบ่มเชื้อ (วัน)			
		7	14	21	28
ชุดควบคุม	0	6.05×10^7	6.95×10^7	8.39×10^7	2.59×10^8
โซเดียม-คลอไรด์	1	3.05×10^7	6.35×10^7	8.26×10^7	1.80×10^8
	2	8.80×10^6	2.70×10^7	3.10×10^7	3.54×10^7
	3	0	0	3.70×10^6	5.30×10^7
	4	0	0	0	0
	5	0	0	0	0
แอมโมเนียม-คาร์บอเนต	1	3.54×10^6	2.75×10^7	8.29×10^7	1.66×10^8
	2	0	0	0	0
	3	0	0	0	0
	4	0	0	0	0
	5	0	0	0	0
โซเดียม-ไบซัลไฟต์	1	0	3.22×10^6	1.39×10^7	1.90×10^7
	2	0	0	0	0
	3	0	0	0	0
	4	0	0	0	0
	5	0	0	0	0

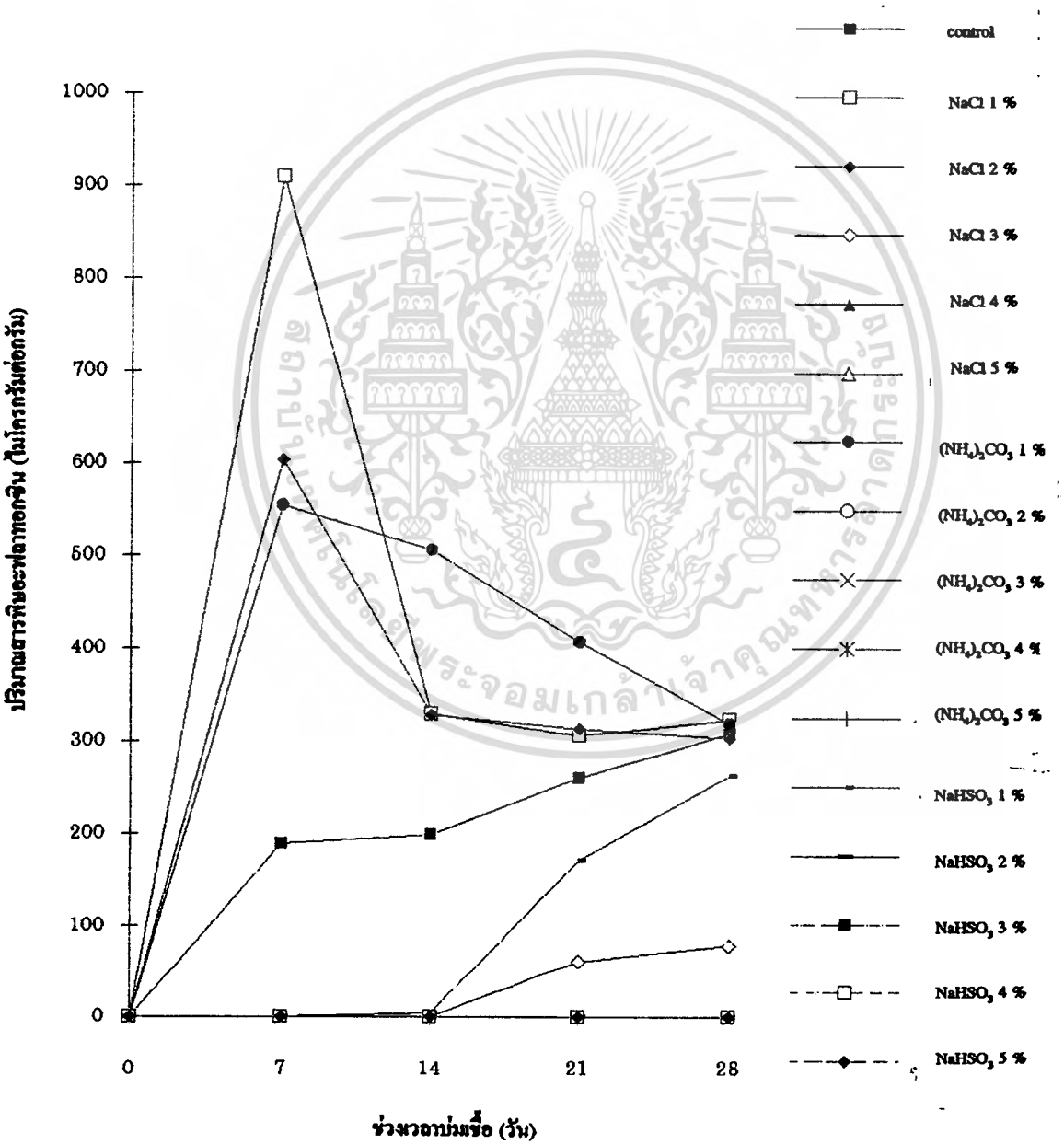
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 ปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซิน (ไมโครกรัมต่อกรัม)ของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพดที่เป็นชุดควบคุม เปรียบเทียบกับการเติมโซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมคาร์บอเนต และโซเดียมไบซัลไฟต์ ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ โดยใช้เวลาบ่มเชื้อต่างๆกัน

สารเคมี	ความเข้มข้น	เวลาบ่มเชื้อ (วัน)											
		7			14			21			28		
	(%)	B_1	G_1	รวม	B_1	G_1	รวม	B_1	G_1	รวม	B_1	G_1	รวม
ชุดควบคุม	0	25.0	164.3	189.3	25.6	173.2	198.8	38.2	221.6	259.8	40.7	267.1	307.8
โซเดียม-	1	103.1	805.6	908.7	78.2	250.7	328.9	68.8	236.8	305.6	32.2	290.5	322.7
คลอไรด์	2	62.6	540.2	602.8	42.8	285.8	328.6	40.3	272.6	312.9	37.4	265.3	302.7
	3	0	0	0	0	0	0	4.6	56.4	61.0	4.1	74.5	78.6
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
แอมโมเนียม-	1	43.2	510.7	553.9	25.8	479	504.8	34.7	371.4	406.1	28.8	289.6	318.4
คาร์บอเนต	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
โซเดียม-	1	0	0	0	1.0	2.6	3.6	6.6	164.4	171.0	19.1	243.3	262.4
ไบซัลไฟต์	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3 แสดงปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซิน (ไมโครกรัมต่อกรัม) ของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพดที่เป็นชุดควบคุม เปรียบเทียบกับการเติมโซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมคาร์บอเนต และโซเดียมไบซัลไฟต์ ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ โดยใช้เวลาบ่มเชื้อต่างๆกัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของสารเคมีพวกโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซอิกและโซเดียมเบนโซเอต ต่อการเจริญและการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566

ผลของสารเคมีต่อการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในอาหาร Malt extract agar (MA)

ตารางที่ 6 แสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้สารเคมีที่ระดับความเข้มข้น 0.02, 0.06 และ 0.1 เปอร์เซ็นต์ ในอาหาร Malt extract agar (MA) พบว่าโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ทุกระดับความเข้มข้นที่ใช้เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยที่ระดับความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเจริญได้อย่างสมบูรณ์ในวันที่ 1 และ 2 แต่ที่ระดับความเข้มข้น 0.06 และ 0.1 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งได้อย่างสมบูรณ์ทุกช่วงเวลา และเมื่อใช้กรดเบนโซอิกที่ระดับความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ทุกช่วงเวลาเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ที่ระดับความเข้มข้น 0.06 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้อย่างสมบูรณ์ในวันที่ 1, 2 และ 3 และที่ระดับความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้อย่างสมบูรณ์ทุกช่วงเวลา ส่วนการใช้โซเดียมเบนโซเอตที่ระดับความเข้มข้นสูงคือ 0.1 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเจริญได้ดีกว่าที่ระดับความเข้มข้น 0.06 และ 0.02 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยพบว่าที่ระดับความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ ยับยั้งการเจริญได้ทุกช่วงเวลาเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และที่ระดับความเข้มข้น 0.06 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเจริญได้อย่างสมบูรณ์ในวันแรก ส่วนที่ระดับความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้อย่างสมบูรณ์ในวันที่ 1 และ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 ความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางการเจริญ (ซม.)ของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในอาหาร MA ที่เป็นชุดควบคุม เปรียบเทียบกับการผสมกับโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซอิก และโซเดียมเบนโซเอต ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ โดยใช้เวลาบ่มเชื้อต่างๆกัน

สารเคมี	ความเข้มข้น (%)	เวลาบ่มเชื้อ (วัน)						
		1	2	3	4	5	6	7
ชุดควบคุม	0	1.30	2.37	3.78	5.15	6.75	8.25	8.80
โพแทสเซียม-เมตาไบซัลไฟต์	0.02	0	0	1.09	2.12	3.41	5.14	6.27
	0.06	0	0	0	0	0	0	0
	0.1	0	0	0	0	0	0	0
กรดเบนโซอิก	0.02	0.89	2.15	3.55	4.90	6.41	8.12	8.63
	0.06	0	0	0	1.05	2.23	3.68	4.80
	0.1	0	0	0	0	0	0	0
โซเดียมเบนโซเอต	0.02	0.90	2.08	3.65	5.03	6.46	8.07	8.67
	0.06	0	1.17	2.75	3.72	5.14	6.64	7.82
	0.1	0	0	1.37	2.47	3.76	5.20	6.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ผลของสารเคมีต่อการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในอาหารข้าวโพดสกัด

เมื่อบ่มเชื้อในอาหารข้าวโพดสกัดผสมสารเคมีที่ระดับความเข้มข้น 0.02, 0.06 และ 0.1 เปอร์เซ็นต์ แล้ววัดเส้นผ่าศูนย์กลางการเจริญของเชื้อราดังตารางที่ 7 พบว่าโพแทสเซียมเมตาไบซัล-ไฟต์และกรดเบนโซอิกที่ระดับความเข้มข้น 0.02 และ 0.06 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเจริญได้เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยในวันแรกสามารถยับยั้งการเจริญได้อย่างสมบูรณ์ แต่พบว่าการใช้สารทั้ง 2 ชนิดที่ระดับความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ เชื้อราสามารถเจริญได้ดีกว่าชุดควบคุมทุกช่วงเวลา ยกเว้นการใช้กรดเบนโซอิกที่ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ในวันแรก และจะเห็นได้ว่าการใช้โซเดียมเบนโซเอตที่ระดับความเข้มข้น 0.02 และ 0.06 เปอร์เซ็นต์ ยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ในวันแรกและเริ่มมีการกระตุ้นให้เชื้อราเจริญได้ดีกว่าชุดควบคุมในวันที่ 2 ส่วนที่ระดับความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ กระตุ้นให้เชื้อราเจริญได้ดีกว่าชุดควบคุมทุกช่วงเวลา และพบว่ามีการกระตุ้นมากขึ้นเมื่อมีการใช้ความเข้มข้นสูงขึ้น

ผลของสารเคมีต่อการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพด

จากการทดลองใช้สารเคมีที่ระดับความเข้มข้น 0.02 , 0.06 และ 0.1 เปอร์เซ็นต์ ในเมล็ดข้าวโพดเพื่อศึกษาความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 (ตารางที่ 8) พบว่าการใช้สารทั้งสามชนิดที่ระดับความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ในวันที่ 7 และ 14 เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และมีการเจริญเช่นเดียวกับชุดควบคุมในวันที่ 21 และ 28 ส่วนการใช้สารทั้งสามชนิดที่ระดับความเข้มข้น 0.06 และ 0.1 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเช่นเดียวกับชุดควบคุมทุกช่วงเวลา

เมื่อพิจารณาจำนวนสปอร์ที่เชื้อราสร้างขึ้นดังในตารางที่ 9 พบจำนวนสปอร์ต่อกรัมของเชื้อรามากกว่าชุดควบคุม เมื่อใช้สารทั้งสามชนิดที่ระดับความเข้มข้น 0.06 และ 0.1 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 14 และ 21 รวมทั้งการใช้โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 28 และการใช้โซเดียมเบนโซเอตที่ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 7 แต่ในส่วนที่เหลือพบจำนวนสปอร์ต่อกรัมของเชื้อรานอ้ยกว่าชุดควบคุม ทั้งสิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 ความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางการเจริญ (ซม.) ของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในอาหารข้าวโพดสกัดที่เป็นชุดควบคุม เปรียบเทียบกับการผสมกับโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซอิก และโซเดียมเบนโซเอตที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ โดยใช้เวลาบ่มเชื้อต่างๆกัน

สารเคมี	ความเข้มข้น (%)	เวลาบ่มเชื้อ (วัน)						
		1	2	3	4	5	6	7
ชุดควบคุม	0	0.96	1.90	3.10	4.20	5.40	6.60	7.50
โพแทสเซียม-เมตาไบซัลไฟต์	0.02	0	1.12	2.10	3.00	4.00	5.10	6.00
	0.06	0	1.30	2.530	3.55	4.73	5.75	6.85
	0.1	0.97	2.53	3.35	4.50	5.90	6.90	8.12
กรดเบนโซอิก	0.02	0	1.12	1.95	2.80	3.75	4.85	5.90
	0.06	0	1.29	2.50	3.50	4.70	5.70	6.80
	0.1	0.71	1.92	3.35	4.40	5.60	6.90	7.60
โซเดียมเบนโซเอต	0.02	0.85	1.91	3.30	4.40	5.50	6.80	7.60
	0.06	0.83	1.93	3.20	4.40	5.70	6.90	7.90
	0.1	0.97	2.05	3.30	4.40	5.80	6.90	8.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 การเจริญของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพดที่เป็นชุดควบคุม เปรียบเทียบกับการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซอิกและโซเดียมเบนโซเอต ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ โดยใช้เวลาบ่มเชื้อต่างๆ กัน

สารเคมี	ความเข้มข้น(%)	การเจริญของใยรา			
		วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 21	วันที่ 28
ชุดควบคุม	0	4	5	5	5
โพแทสเซียม-เมตาไบซัลไฟต์	0.02	3	4	5	5
	0.06	4	5	5	5
	0.1	4	5	5	5
กรดเบนโซอิก	0.02	3	4	5	5
	0.06	4	5	5	5
	0.1	4	5	5	5
โซเดียมเบนโซเอต	0.02	3	4	5	5
	0.06	4	5	5	5
	0.1	4	5	5	5

หมายเหตุ

0 หมายถึง ไม่มีการเจริญของใยรา

1 หมายถึง มีการเจริญของใยราน้อยมาก

2 หมายถึง 1/4ของเมล็ดข้าวโพดถูกปกคลุมด้วยใยราและสปอร์รา

3 หมายถึง 1/2ของเมล็ดข้าวโพดถูกปกคลุมด้วยใยราและสปอร์รา

4 หมายถึง 3/4ของเมล็ดข้าวโพดถูกปกคลุมด้วยใยราและสปอร์รา

5 หมายถึง เมล็ดข้าวโพดทั้งหมดถูกปกคลุมด้วยใยราและสปอร์รา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 จำนวนสปอร์ต่อกรัมของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพดที่เป็นชุดควบคุม เปรียบเทียบกับการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซอิก และโซเดียมเบนโซเอตที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ โดยใช้เวลาบ่มเชื้อต่างๆกัน

สารเคมี	ความเข้มข้น(%)	เวลาบ่มเชื้อ (วัน)			
		7	14	21	28
ชุดควบคุม	0	6.06×10^7	6.90×10^7	8.60×10^7	2.60×10^8
โพแทสเซียม-เมตาไบซัลไฟต์	0.02	5.00×10^7	5.50×10^7	7.30×10^7	1.57×10^8
	0.06	5.40×10^7	9.15×10^7	1.06×10^8	1.88×10^8
	0.1	5.75×10^7	1.73×10^8	1.82×10^8	3.75×10^8
กรดเบนโซอิก	0.02	4.40×10^7	4.90×10^7	6.20×10^7	1.45×10^8
	0.06	4.45×10^7	8.25×10^7	9.45×10^7	1.97×10^8
	0.1	6.00×10^7	1.00×10^8	1.09×10^8	1.92×10^8
โซเดียมเบนโซเอต	0.02	3.50×10^7	5.35×10^7	7.30×10^7	1.54×10^8
	0.06	5.40×10^7	1.13×10^8	1.23×10^8	2.08×10^8
	0.1	6.20×10^7	1.33×10^8	1.44×10^8	2.33×10^8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของสารเคมีต่อการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566

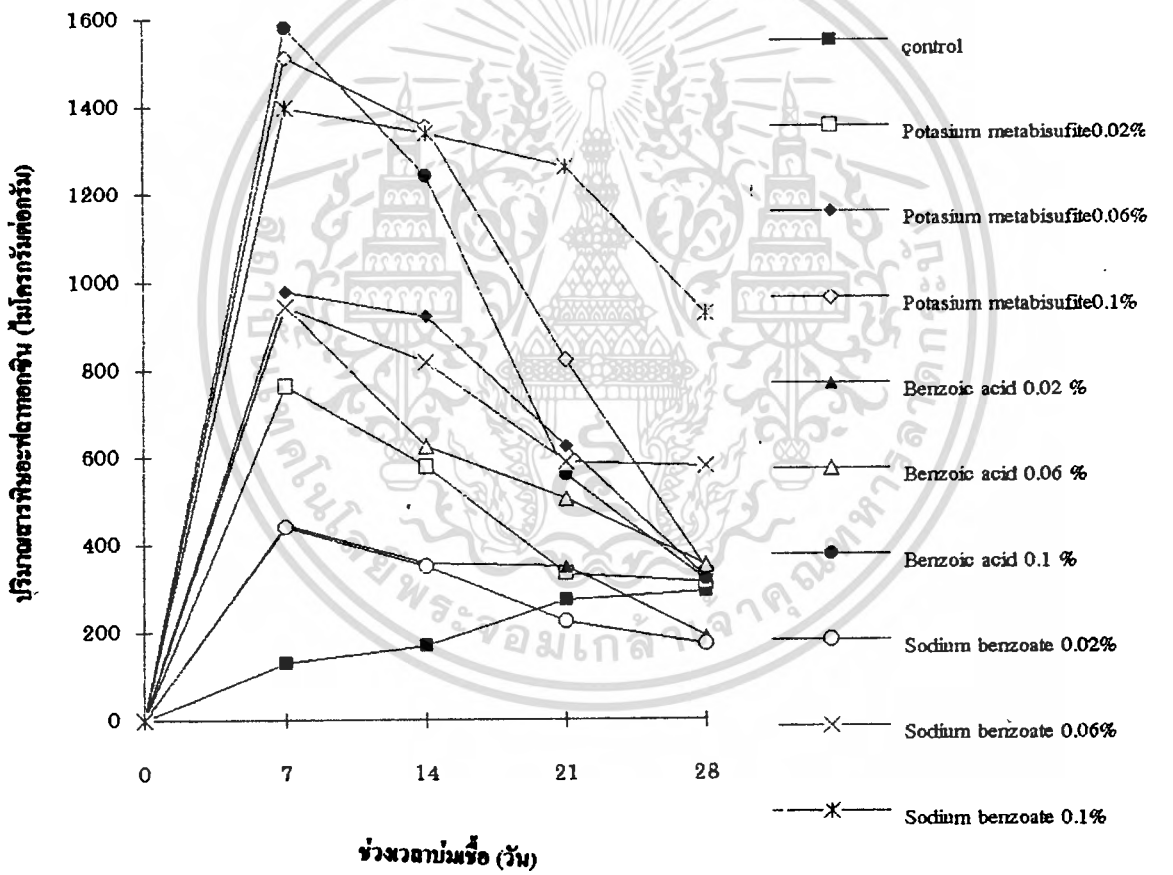
จากการทดลองในตารางที่ 10 และภาพที่ 4 พบว่าการใช้โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ทุกระดับความเข้มข้นกระตุ้นให้มีการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินมากกว่าชุดควบคุมทุกช่วงเวลา การใช้กรดเบนโซอิกที่ทุกระดับความเข้มข้นกระตุ้นให้มีการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินมากกว่าชุดควบคุม ยกเว้นการใช้ที่ความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 28 และพบว่าการใช้โซเดียมเบนโซเอตที่ทุกระดับความเข้มข้นกระตุ้นให้มีการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินมากกว่าชุดควบคุมเช่นกัน ยกเว้นการใช้ที่ความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 21 และ 28 นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้สารทั้งสามชนิดเมื่อใช้ที่ความเข้มข้นสูงขึ้นจะมีการกระตุ้นให้มีการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 ปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซิน (ไมโครกรัมต่อกรัม) ของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพด ที่เป็นชุดควบคุม เปรียบเทียบกับการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซอิกและโซเดียมเบนโซเอต ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ โดยใช้เวลาบ่มเชื้อต่างๆกัน

สารเคมี	ความเข้มข้น (%)	เวลาบ่มเชื้อ (วัน)											
		7			14			21			28		
		B_1	G_1	รวม	B_1	G_1	รวม	B_1	G_1	รวม	B_1	G_1	รวม
control	0	15.7	115.0	**130.7**	17.3	152.8	**170.1**	42.0	228.9	**270.9**	44.5	247.7	**292.2**
โพแทสเซียม-	0.02	197.1	564.4	**761.5**	109.1	468.1	**577.2**	58.5	274.2	**332.7**	99.7	210.5	**310.2**
เมตาไบซัลไฟต์	0.06	153.6	823.6	**977.2**	250.5	670.0	**920.5**	99.8	524.4	**624.2**	46.0	276.4	**322.4**
	0.1	459.0	1052.0	**1511.0**	343.0	1011.0	**1354.0**	190.0	631.0	**821.0**	131.8	209.9	**341.7**
กรดเบนโซอิก	0.02	144.0	301.1	**445.1**	46.0	311.3	**357.3**	98.2	252.4	**350.6**	20.8	167.5	**188.3**
	0.06	125.7	820.4	**946.1**	102.7	521.2	**623.9**	64.0	439.0	**503.0**	59.5	293.7	**353.2**
	0.1	591.0	990.0	**1581.0**	450.0	790.0	**1240.0**	136.3	421.7	**558.0**	50.5	268.0	**318.5**
โซเดียม -	0.02	87.3	352.9	**440.2**	47.3	301.7	**349.0**	90.5	131.8	**222.3**	24.0	147.5	**171.5**
เบนโซเอต	0.06	284.1	658.5	**942.6**	186.2	630.0	**816.2**	125.7	461.1	**586.8**	72.9	505.2	**578.1**
	0.1	319.0	1077.0	**1396.0**	351.0	988.0	**1339.0**	264.0	997.0	**1261.0**	228.1	697.2	**925.3**

ภาพที่ 4 ปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซิน (ไมโครกรัมต่อกรัม) ของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพดที่เป็นชุดควบคุม เปรียบเทียบกับการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซอิกและโซเดียมเบนโซเอต ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ โดยใช้เวลาบ่มเชื้อต่างๆกัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ผลทางสถิติของสารเคมีพวกโซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมคาร์บอเนตและโซเดียมไบซัลไฟต์ต่อการเจริญและการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซิน ของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566

จากผลการทดลองนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้ Analysis of Variance และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Student - Newman - Keuls test (SNK) ณ ระดับนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์ (Cocharan และ Cox, 1957 : 548-586 และ จรัญ จันทลักขณา, 2519 : 137-139)

การวิเคราะห์ผลทางสถิติของสารเคมีต่อการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในอาหาร Malt extract agar (MA) และอาหารข้าวโพดสกัด

เมื่อนำผลการทดลองในตารางที่ 1 มาวิเคราะห์ความแปรปรวนดังตารางที่ 11 พบว่าปัจจัยทั้งสองคือชนิดของสารเคมีและระดับความเข้มข้นที่ใช้มีอิทธิพลร่วมกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งซึ่งหมายความว่าสารเคมีจะมีอิทธิพลมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับระดับความเข้มข้นที่ใช้ หลังจากนั้นเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ความเข้มข้นระดับต่างๆของสารเคมีแต่ละชนิดโดยใช้ SNK ดังตารางที่ 12 , 13 และภาพที่ 5 พบว่าแอมโมเนียมคาร์บอเนตที่ทุกระดับความเข้มข้นสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราในอาหาร Malt extract agar (MA) ได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยยับยั้งได้อย่างสมบูรณ์และแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ และในโซเดียมไบซัลไฟต์ก็ให้ผลเช่นเดียวกัน ส่วนการใช้โซเดียมคลอไรด์ที่ทุกระดับความเข้มข้นให้ผลการยับยั้งไม่แตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อนำผลการทดลองในตารางที่ 2 มาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยดังตารางที่ 14, 15 และภาพที่ 6 เพื่อพิจารณาผลของสารเคมีต่อการเจริญของเชื้อราในอาหารข้าวโพดสกัดปรากฏว่าให้ผลการทดลองในลักษณะเดียวกับในอาหาร MA นั่นคือการใช้แอมโมเนียมคาร์บอเนตและโซเดียมไบซัลไฟต์มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญในอาหารทั้งสองชนิดดีกว่าโซเดียมคลอไรด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของเส้นผ่าศูนย์กลางการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในอาหาร Malt extract agar (MA) ที่มีการเติมโซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมคาร์บอเนต และ โซเดียมไบซัลไฟต์ ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ

SOV	DF	SS	MS	F
block (r)	6	166.1535	27.6922	13.5000
treatment	17	667.0059	39.2356	19.1234
a	2	419.7145	209.8572	102.2800
b	5	159.8432	31.9686	15.5800
a x b	10	87.4482	8.7448	4.2600**
error	102	209.2772	2.0517	
total	125	1042.4367		

r จำนวนช่วงเวลาบ่มเชื้อ

a ชนิดของสารเคมี

b ระดับความเข้มข้นที่ใช้

** ความแตกต่างมีนัยสำคัญยิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

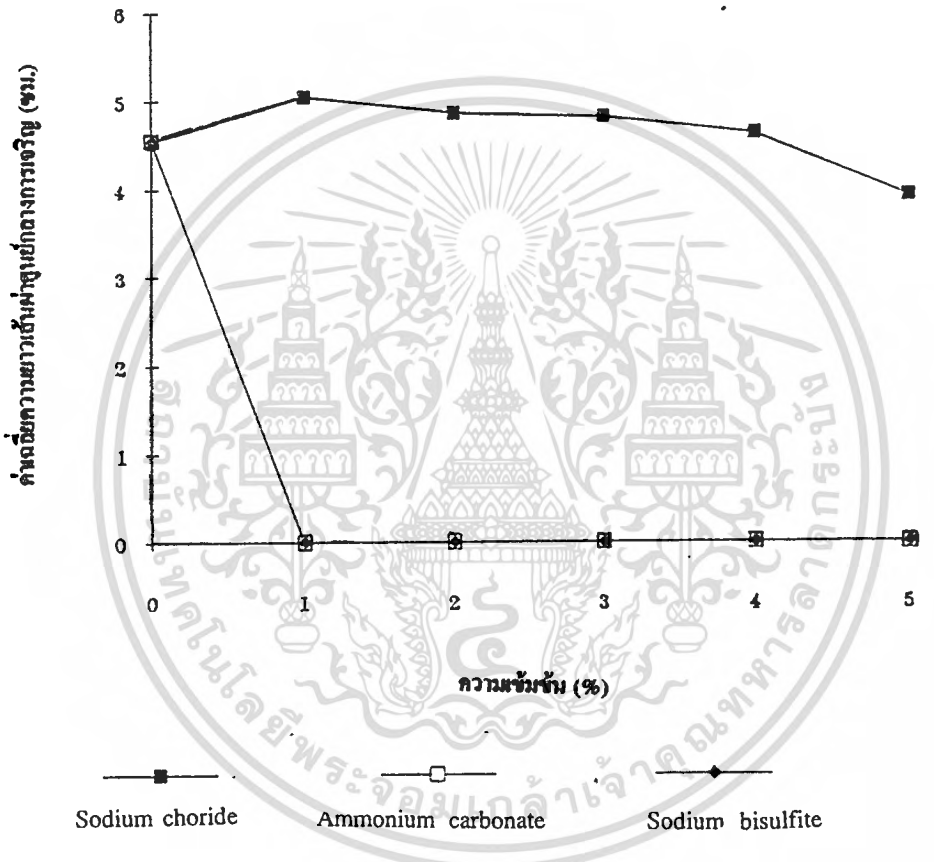
ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยของความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในอาหาร Malt extract agar (MA) ที่มีการเติมโซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมคาร์บอเนต และโซเดียมไบซัลไฟต์โดยเปรียบเทียบที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ

ความเข้มข้น(%)	โซเดียมคลอไรด์	แอมโมเนียมคาร์บอเนต	โซเดียมไบซัลไฟต์
0	4.5542 [a]	4.5542 [b]	4.5542 [b]
1	5.0370 [a]	0.0000 [a]	0.0000 [a]
2	4.8457 [a]	0.0000 [a]	0.0000 [a]
3	4.8086 [a]	0.0000 [a]	0.0000 [a]
4	4.6214 [a]	0.0000 [a]	0.0000 [a]
5	3.9171 [a]	0.0000 [a]	0.0000 [a]

หมายเหตุ ในแต่ละ column ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเดียวกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อใช้ SNK ณ ระดับนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5 ค่าเฉลี่ยความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางการเจริญ (ซม.)ของ *Aspergillus parasiticus* 102566 ในอาหาร MA ผสมกับสารเคมีได้แก่ โซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมคาร์บอเนต และโซเดียมไบซัลไฟต์ ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ โดยบ่มเชื้อเป็นเวลา 7 วัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของเส้นผ่าศูนย์กลางการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในอาหารข้าวโพดสกัดที่มีการเติมโซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมคาร์บอเนต และโซเดียมไบซัลไฟต์ ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ

SOV	DF	SS	MS	F
block (r)	6	181.3410	30.2235	13.2600
treatment	17	915.8005	53.8706	23.6300
a	2	638.0356	319.0178	136.9600
b	5	147.5323	29.5065	12.9500
a x b	10	130.2326	13.0232	5.7100 **
error	102	232.4940	2.2794	
total	125	1329.6355		

r จำนวนช่วงเวลาบ่มเชื้อ

a ชนิดของสารเคมี

b ระดับความเข้มข้นที่ใช้

** ความแตกต่างมีนัยสำคัญยิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

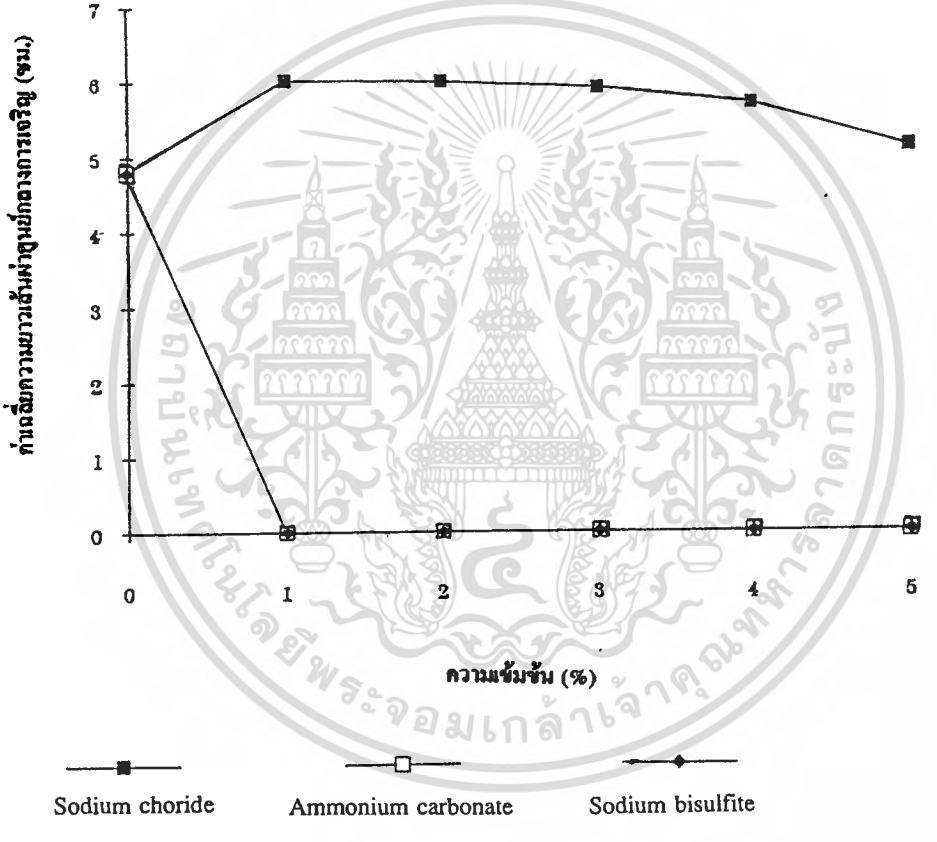
ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ยของความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในอาหารข้าวโพดสกัดที่มีการเติมโซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมคาร์บอเนต และโซเดียมไบซัลไฟต์ โดยเปรียบเทียบที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ

ความเข้มข้น(%)	โซเดียมคลอไรด์	แอมโมเนียมคาร์บอเนต	โซเดียมไบซัลไฟต์
0	4.8000 [a]	4.8000 [b]	4.8000 [b]
1	6.0057 [a]	0.0000 [a]	0.0000 [a]
2	5.9828 [a]	0.0000 [a]	0.0000 [a]
3	5.8943 [a]	0.0000 [a]	0.0000 [a]
4	5.6829 [a]	0.0000 [a]	0.0000 [a]
5	5.1057 [a]	0.0000 [a]	0.0000 [a]

หมายเหตุ ในแต่ละ column ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเดียวกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อใช้ SNK ณ ระดับนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 6 ค่าเฉลี่ยความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางการเจริญ (ซม.)ของ *Aspergillus parasiticus* 102566 ในอาหารข้าวโพดสกัดผสมกับสารเคมีได้แก่ โซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมคาร์บอเนต และโซเดียมไบซัลไฟต์ที่ระดับความเข้มข้นระดับต่างๆ โดยบ่มเชื้อเป็นเวลา 7 วัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ผลทางสถิติของสารเคมีที่มีต่อจำนวนสปอร์ต่อกรัมของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพด

เมื่อนำผลการทดลองในตารางที่ 4 มาวิเคราะห์ความแปรปรวนดังตารางที่ 15 พบว่าปัจจัยทั้งสองคือชนิดของสารเคมีและระดับความเข้มข้นที่ใช้ไม่มีอิทธิพลร่วมกันอย่างมีนัยสำคัญและจำนวนสปอร์ต่อกรัมที่ได้จากการใช้สารเคมีทั้งสามชนิดไม่แตกต่างกัน แต่จำนวนสปอร์ต่อกรัมที่พบจากการใช้ความเข้มข้นต่างระดับกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ SNK ดังตารางที่ 16 และภาพที่ 7 แล้วพบว่าจำนวนสปอร์ต่อกรัมน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญไม่ว่าจะใช้ความเข้มข้นระดับใด โดยที่ความเข้มข้น 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสรุปได้เช่นเดียวกับที่ความเข้มข้น 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ แต่ที่ความเข้มข้น 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลการยับยั้งได้ต่ำกว่าที่ความเข้มข้น 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ นั่นคือการใช้ความเข้มข้นสูงขึ้นทำให้จำนวนสปอร์ต่อกรัมลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนสปอร์ของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพดที่มีการเติมโซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมคาร์บอเนต และโซเดียมไบซัลไฟต์ ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ

SOV	DF	SS	MS	F
block (r)	3	343.5649	114.5216	7.6300
treatment	17	1514.8737	89.1102	1.8300
a	2	54.8978	27.4489	1.8300 ^{ns}
b	5	1343.8321	268.7664	17.9000 **
a x b	10	116.1439	11.6144	0.7700 ^{ns}
error	51	765.9249	15.0181	
total	71	2624.3636		

r จำนวนช่วงเวลาบ่มเชื้อ

a ชนิดของสารเคมี

b ระดับความเข้มข้นที่ใช้

** ความแตกต่างมีนัยสำคัญยิ่ง

^{ns} ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

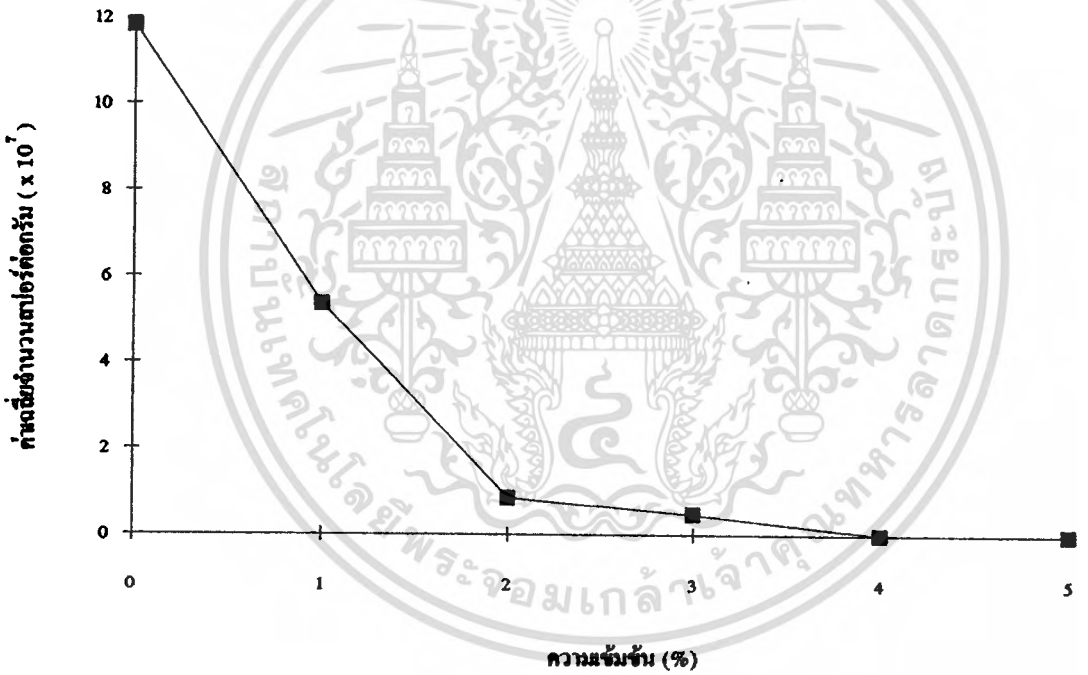
ตารางที่ 16 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของจำนวนสปอร์ต่อกรัมของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพดที่มีการเติมสารเคมีที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ

ความเข้มข้น(%)	ค่าเฉลี่ย
0	1.1823×10^{8} d
1	5.3655×10^{7} c
2	8.5167×10^{6} b
3	4.7250×10^{6} b
4	0.0000 a
5	0.0000 a

หมายเหตุ ในแต่ละ column ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเดียวกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใช้ SNK ณ ระดับนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 7 ค่าเฉลี่ยจำนวนสปอร์ต่อกรัมของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพด ที่มีการเติมโซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมคาร์บอเนต และโซเดียมไบซัลไฟต์ ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ผลทางสถิติของสารเคมีที่มีต่อการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพด

เมื่อนำผลการทดลองในตารางที่ 5 มาวิเคราะห์ความแปรปรวนดังตารางที่ 17 พบว่าปัจจัยทั้งสองคือชนิดของสารเคมีและระดับความเข้มข้นที่ใช้มีอิทธิพลร่วมกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ซึ่งหมายความว่าสารเคมีจะมีอิทธิพลมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับระดับความเข้มข้นที่ใช้ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ความเข้มข้นระดับต่างๆของสารเคมีแต่ละชนิดโดยใช้ SNK ดังตารางที่ 18 และภาพที่ 8 พบว่าการใช้โซเดียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ มีการกระตุ้นให้เชื้อราสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ โดยการใช้โซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 3, 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยในกลุ่มดังกล่าวให้ผลการยับยั้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการใช้แอมโมเนียมคาร์บอเนต 1 เปอร์เซ็นต์ กระตุ้นให้เชื้อราสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ แต่ที่ระดับความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไปสามารถยับยั้งได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยในกลุ่มดังกล่าวให้ผลการยับยั้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการใช้โซเดียมไบซัลไฟต์ที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป สามารถยับยั้งการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยในกลุ่มดังกล่าวให้ผลการยับยั้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณอะฟลาทอกซินที่สร้างจากเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพด ที่มีการเติมโซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมคาร์บอเนต และโซเดียมไบซัลไฟต์ ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ

SOV	DF	SS	MS	F
block (r)	3	22215.9480	7405.316	0.9000
treatment	17	1964545.7000	115559.7400	14.1152
a	2	203472.1410	101736.0710	12.4300
b	5	124657.3920	248131.4780	30.3100
a x b	10	520386.1190	52038.6120	6.3600 **
error	51	417534.3090	8186.9470	
total	71	2404265.910		

r จำนวนช่วงเวลาบ่มเชื้อ

a ชนิดของสารเคมี

b ระดับความเข้มข้นที่ใช้

** ความแตกต่างมีนัยสำคัญยิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

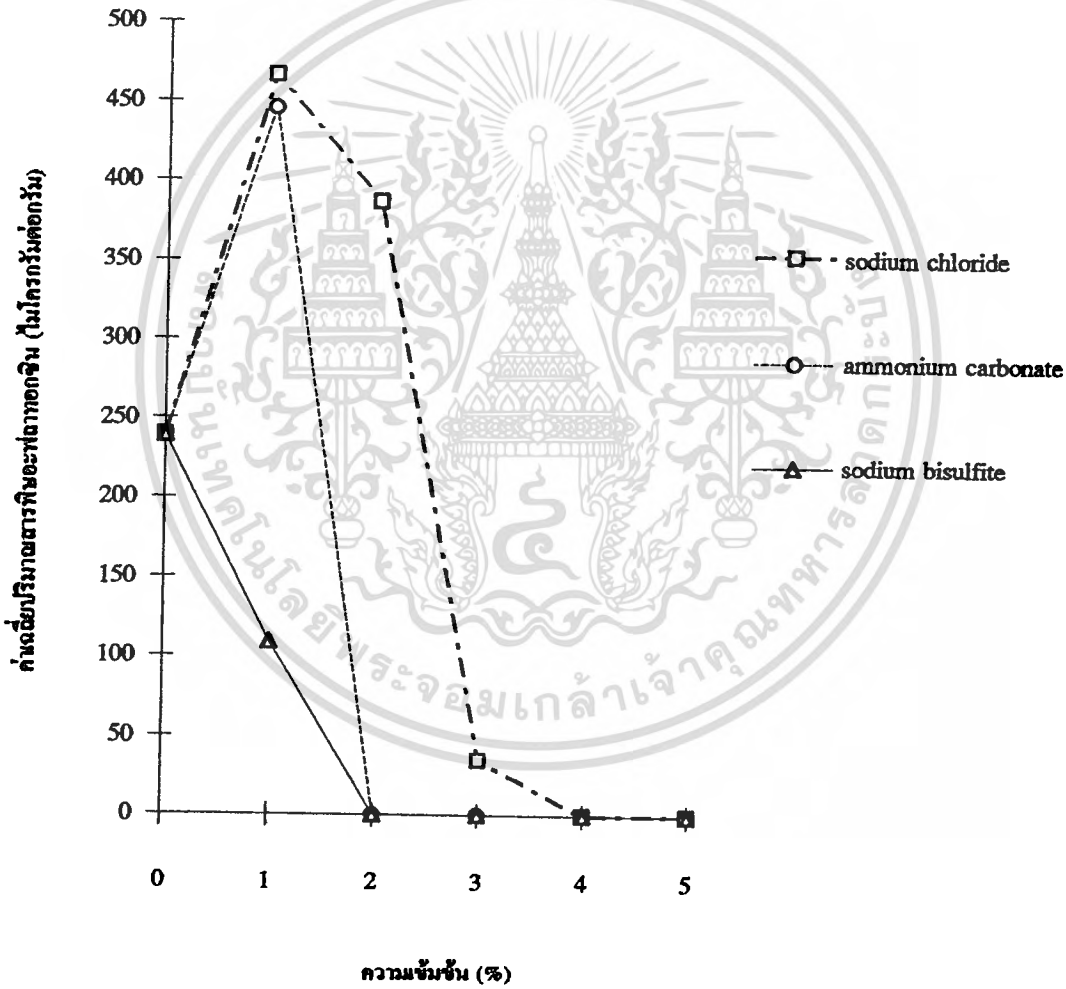
ตารางที่ 18 ค่าเฉลี่ยของการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซิน (ไมโครกรัมต่อกรัม) ของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพดที่มีการเติมโซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมคาร์บอเนต และโซเดียมไบซัลไฟต์ โดยเปรียบเทียบที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ

ความเข้มข้น(%)	โซเดียมคลอไรด์	แอมโมเนียมคาร์บอเนต	โซเดียมไบซัลไฟต์
0	238.9250 [b]	238.9250 [b]	238.9250 [b]
1	466.4750 [c]	445.8000 [c]	109.2500 [a]
2	386.7500 [c]	0.0000 [a]	0.0000 [a]
3	34.9250 [a]	0.0000 [a]	0.0000 [a]
4	0.0000 [a]	0.0000 [a]	0.0000 [a]
5	0.0000 [a]	0.0000 [a]	0.0000 [a]

หมายเหตุ ในแต่ละ column ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเดียวกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อใช้ SNK ณ ระดับนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 8 ค่าเฉลี่ยการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซิน (ไมโครกรัมต่อกรัม)ของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพดที่มีการเติมโซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมคาร์บอเนต และโซเดียมไบซัลไฟต์ ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ผลทางสถิติของสารเคมีพวกโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซอิก และโซเดียมเบนโซเอตต่อการเจริญและการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซิน ของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566

การวิเคราะห์ผลทางสถิติของสารเคมีต่อการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในอาหาร Malt extract agar (MA)

เมื่อนำผลการทดลองในตารางที่ 6 มาวิเคราะห์ความแปรปรวนดังตารางที่ 19 พบว่าปัจจัยทั้งสองคือชนิดของสารเคมีและระดับความเข้มข้นที่ใช้มีอิทธิพลร่วมกันอย่างมีนัยสำคัญซึ่งหมายความว่าสารเคมีจะมีอิทธิพลมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับระดับความเข้มข้นที่ใช้ หลังจากนั้นเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ความเข้มข้นระดับต่างๆของสารเคมีแต่ละชนิดโดยใช้ SNK ดังตารางที่ 20 และภาพที่ 9 พบว่าการใช้โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ความเข้มข้นระดับใดก็ตามให้ผลการยับยั้งการเจริญได้ดีกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในกลุ่มระดับความเข้มข้น 0.06 และ 0.1 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลการยับยั้งการเจริญไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และยับยั้งได้อย่างสมบูรณ์ สำหรับการใช้กรดเบนโซอิกที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 0.06 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไปให้ผลการยับยั้งการเจริญได้ดีกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในกลุ่มดังกล่าวให้ผลการยับยั้งการเจริญไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการใช้โซเดียมเบนโซเอตที่ระดับความเข้มข้น 0.02 และ 0.06 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลการยับยั้งการเจริญไม่แตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างระดับความเข้มข้น 0.02 ,0.06 และ 0.1 เปอร์เซ็นต์ กลับให้ผลการยับยั้งการเจริญไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ นั่นคือที่ระดับความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของเส้นผ่าศูนย์กลางการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในอาหาร Malt extract agar (MA) ที่มีการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซอิก และโซเดียมเบนโซเอต ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ

SOV	DF	SS	MS	F
block (r)	6	291.7123	48.6187	29.8300
treatment	11	364.0796	33.0981	20.3069
a	2	71.7360	35.8680	22.0100
b	3	248.9967	82.9989	50.9200
a x b	6	43.3469	7.2245	4.4300 **
error	66	107.5729	1.6299	
total	83	763.3449		

r จำนวนช่วงเวลาบ่มเชื้อ

a ชนิดของสารเคมี

b ระดับความเข้มข้นที่ใช้

** ความแตกต่างมีนัยสำคัญยิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

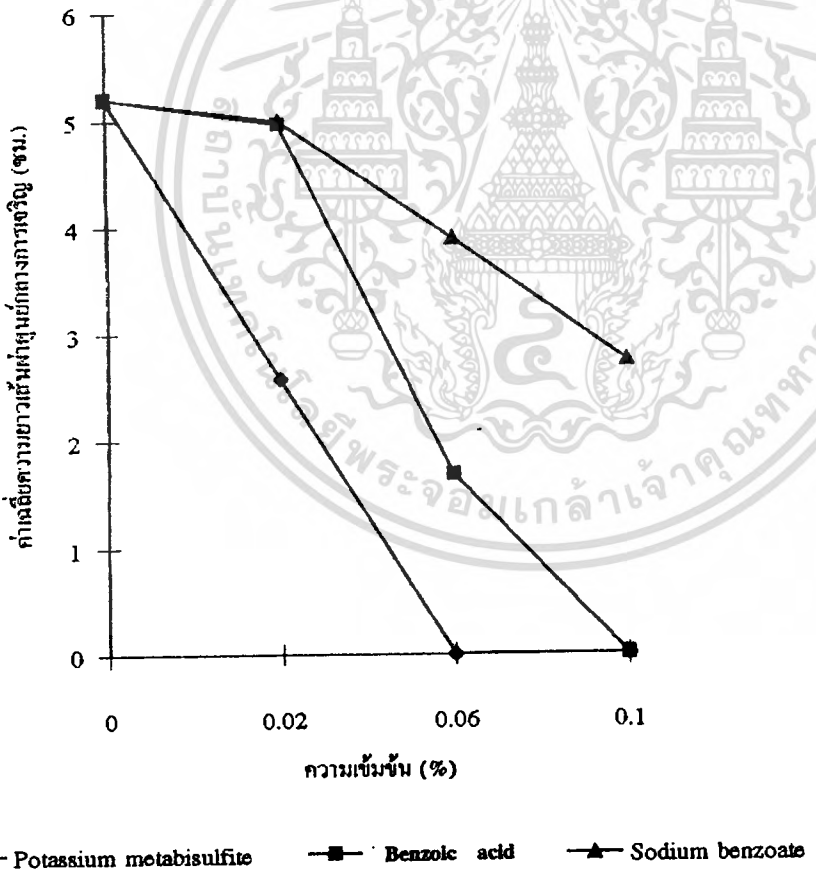
ตารางที่ 20 ค่าเฉลี่ยของความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางการเจริญ (ซม.)ของเชื้อรา*Aspergillus parasiticus* 102566 ในอาหาร Malt extract agar (MA) ที่มีการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซอิก และโซเดียมเบนโซเอตโดยเปรียบเทียบที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ

ความเข้มข้น(%)	โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์	กรดเบนโซอิก	โซเดียมเบนโซเอต
0	5.2000 [c]	5.2000 [b]	5.2000 [b]
0.02	2.5760 [b]	4.9500 [b]	4.9800 [ab]
0.06	0.0000 [a]	1.6800 [a]	3.8910 [ab]
0.1	0.0000 [a]	0.0000 [a]	2.7470 [a]

หมายเหตุ ในแต่ละ column ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเดียวกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใช้ SNK ณ ระดับนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 9 ค่าเฉลี่ยความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางการเจริญ (ซม.)ของ *Aspergillus parasiticus* 102566 ในอาหาร Malt extract agar (MA) ผสมกับสารเคมีได้แก่โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซอิก และโซเดียมเบนโซเอตที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ โดยทำการบ่มเชื้อเป็นเวลา 7 วัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

การวิเคราะห์ผลทางสถิติของสารเคมีต่อการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในอาหารข้าวโพดสกัด

เมื่อนำผลการทดลองในตารางที่ 7 มาวิเคราะห์ความแปรปรวนดังตารางที่ 21 พบว่า ปัจจัยทั้งสองคือชนิดของสารเคมีและระดับความเข้มข้นที่ใช้มีอิทธิพลร่วมกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ SNK ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆของสารเคมีแต่ละชนิด ดังตารางที่ 22 และภาพที่ 10 พบว่าการใช้โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์แตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ระดับความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์สามารถยับยั้งการเจริญได้ดีที่สุด รองลงมาคือที่ระดับความเข้มข้น 0.06 เปอร์เซ็นต์ แต่ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์เป็นการกระตุ้นการเจริญของเชื้อรา การใช้กรดเบนโซอิกมีความแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นที่ระดับความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าที่ระดับความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเจริญได้ดีที่สุด รองลงมาคือที่ระดับความเข้มข้น 0.06 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการใช้โซเดียมเบนโซเอตทุกระดับความเข้มข้นไม่แตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของเส้นผ่าศูนย์กลางการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในอาหารข้าวโพดสกัดที่มีการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซอิก และโซเดียมเบนโซเอตที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ

SOV	DF	SS	MS	F
block (r)	6	422.3889	70.3982	2111.8900
treatment	11	26.2905	2.3900	71.7700
a	2	6.1153	3.0577	91.7300
b	3	13.6389	4.5463	136.3900
a x b	6	6.5362	1.0894	32.6800**
error	66	2.2001	0.0333	
total	83	450.8795		

r จำนวนช่วงเวลาบ่มเชื้อ

a ชนิดของสารเคมี

b ระดับความเข้มข้นที่ใช้

** ความแตกต่างมีนัยสำคัญยิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

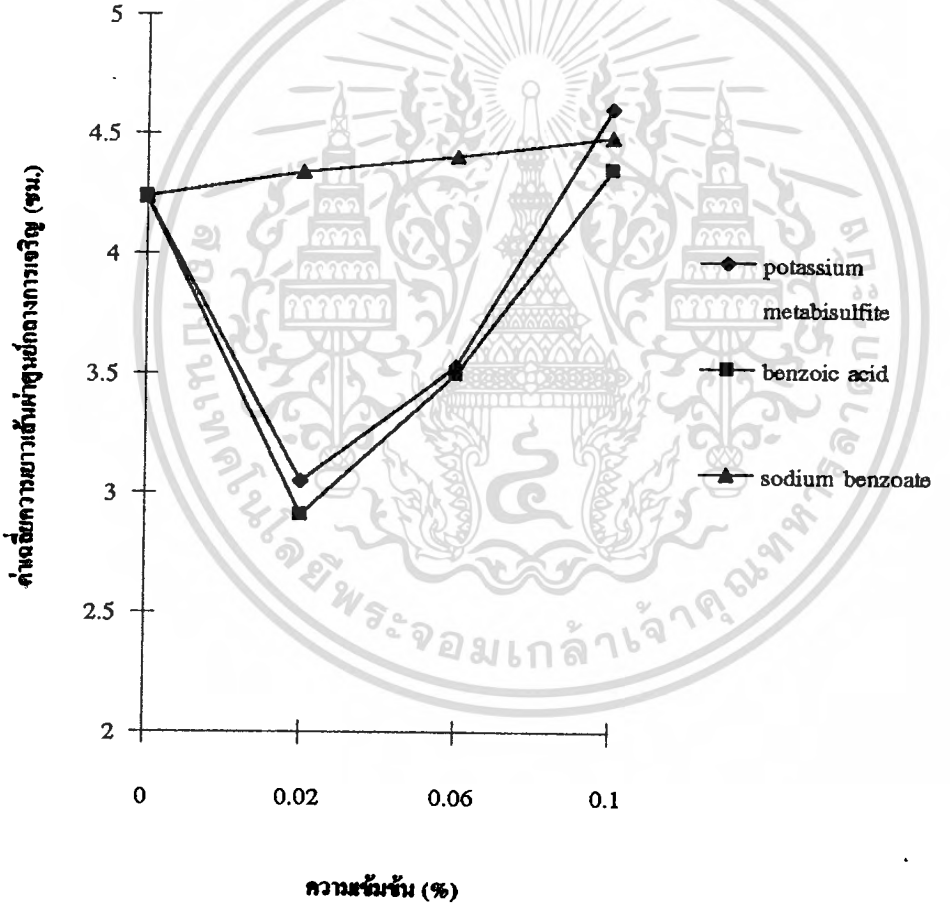
ตารางที่ 22 ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่าศูนย์กลางการเจริญ (ซม.)ของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในอาหารข้าวโพดสกัดที่มีการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซอิก และโซเดียมเบนโซเอต โดยเปรียบเทียบที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ

ความเข้มข้น(%)	โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์	กรดเบ่นโซอิก	โซเดียมเบนโซเอต
0	4.2370 [c]	4.2370 [c]	4.2370 [a]
0.02	3.0470 [a]	2.910 [a]	4.3370 [a]
0.06	3.5300 [b]	3.4980 [b]	4.4080 [a]
0.1	4.6100 [d]	4.3540 [c]	4.4890 [a]

หมายเหตุ ในแต่ละ column ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเดียวกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อใช้ SNK ณ ระดับนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 10 ค่าเฉลี่ยความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางการเจริญ (ซม.)ของ *Aspergillus parasiticus* 102566 ในอาหารข้าวโพดสกัดผสมกับสารเคมีได้แก่ โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซอิก และโซเดียมเบนโซเอตที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ โดยบ่มเชื้อเป็นเวลา 7 วัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ผลทางสถิติของสารเคมีที่มีต่อจำนวนสปอร์ต่อกรัมของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพด

เมื่อนำผลการทดลองในตารางที่ 9 มาวิเคราะห์ความแปรปรวนดังตารางที่ 23 พบว่าปัจจัยทั้งสองคือชนิดของสารเคมีและระดับความเข้มข้นที่ใช้ไม่มีอิทธิพลร่วมกันอย่างมีนัยสำคัญและจำนวนสปอร์ต่อกรัมที่ได้จากการใช้สารเคมีทั้งสามชนิดไม่แตกต่างกัน แต่จำนวนสปอร์ต่อกรัมที่พบจากการใช้ความเข้มข้นต่างระดับกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อนำค่าเฉลี่ยมาเปรียบเทียบความแตกต่างโดยใช้ SNK ดังตารางที่ 24 และ ภาพที่ 11 แล้วพบว่าจำนวนสปอร์ต่อกรัมแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นที่ความเข้มข้น 0.06 เปอร์เซ็นต์ โดยการใช้ที่ความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ เกิดการยับยั้งการสร้างสปอร์ของเชื้อรา แต่ที่ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ เกิดการกระตุ้นให้เชื้อรามีการสร้างสปอร์มากขึ้น

การวิเคราะห์ผลทางสถิติของสารเคมีที่มีต่อการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพด

เมื่อนำผลการทดลองในตารางที่ 10 มาวิเคราะห์ความแปรปรวนดังตารางที่ 25 พบว่าปัจจัยทั้งสองคือชนิดของสารเคมีและระดับความเข้มข้นที่ใช้ไม่มีอิทธิพลร่วมกันอย่างมีนัยสำคัญและปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซินที่พบจากการใช้สารเคมีทั้งสามชนิดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซินที่พบจากการใช้ความเข้มข้นต่างระดับกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อนำค่าเฉลี่ยมาเปรียบเทียบความแตกต่างโดยใช้ SNK ดังตารางที่ 26 และภาพที่ 12 พบว่าไม่ว่าจะใช้ความเข้มข้นระดับใดตรวจพบปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซินมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ระดับความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ พบปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซินสูงสุด รองลงมาคือที่ระดับความเข้มข้น 0.06 เปอร์เซ็นต์ และ 0.02 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นั่นคือมีการ กระตุ้นให้เชื้อราสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินมากขึ้นเมื่อใช้สารเคมีเข้มข้นสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนสปอร์ของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพดที่มีการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซอิก และโซเดียมเบนโซเอตที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ

SOV	DF	SS	MS	F
block (r)	3	1862.1817	620.7272	74.6700
treatment	11	465.4471	42.3134	5.0903
a	2	45.4504	22.7252	2.7300 ^{ns}
b	3	318.5946	106.1982	12.7800 **
a x b	6	101.4021	16.9003	2.0300 ^{ns}
error	33	274.3167	8.3126	
total	47	2601.9456		

r จำนวนช่วงเวลาบ่มเชื้อ

a ชนิดของสารเคมี

b ระดับความเข้มข้นที่ใช้

** ความแตกต่างมีนัยสำคัญยิ่ง

^{ns} ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

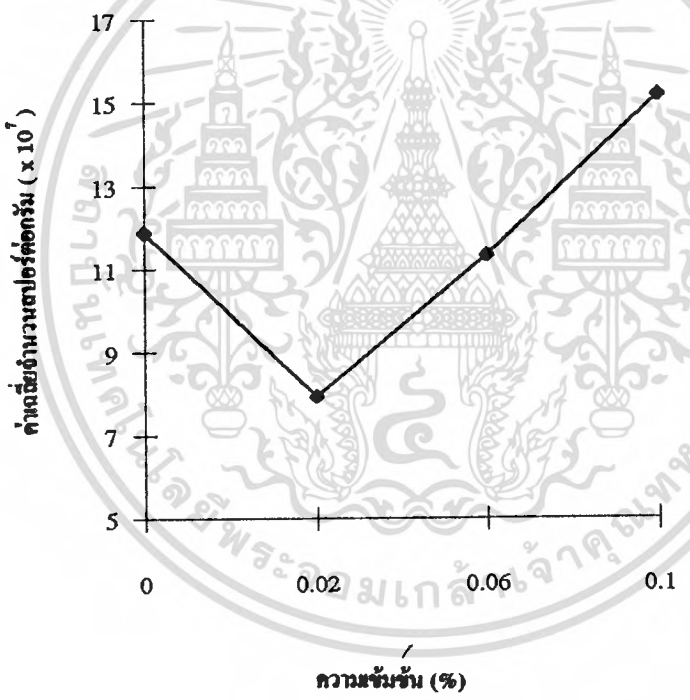
ตารางที่ 24 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของจำนวนสปอร์ต่อกรัมของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพดที่มีการเติมสารเคมีที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ

ความเข้มข้น (%)	ค่าเฉลี่ย
0	$1.1890 \times 10^{8\ b}$
0.02	$7.9208 \times 10^{7\ a}$
0.06	$1.1300 \times 10^{8\ b}$
0.1	$1.5171 \times 10^{8\ c}$

หมายเหตุ ในแต่ละ column ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเดียวกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อใช้ SNK ณ ระดับนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 11 ค่าเฉลี่ยจำนวนสปอร์ต่อกรัมของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพดที่มีการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซอิก และโซเดียมเบนโซเอตที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซินของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพดที่มีการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซอิก และโซเดียมเบนโซเอตที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ

SOV	DF	SS	MS	F
block (r)	3	627055.1520	209018.3840	1.2500
treatment	11	10159482.4900	42.3134	5.0903
a	2	776620.3210	388310.1610	2.3200 ^{ns}
b	3	8429251.5370	2809750.5120	16.8000 **
a x b	6	627055.1520	209018.3840	1.2500 ^{ns}
error	33	5517675.4500	167202.2900	
total	47	16304213.0800		

r จำนวนช่วงเวลาบ่มเชื้อ

a ชนิดของสารเคมี

b ระดับความเข้มข้นที่ใช้

** ความแตกต่างมีนัยสำคัญยิ่ง

^{ns} ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

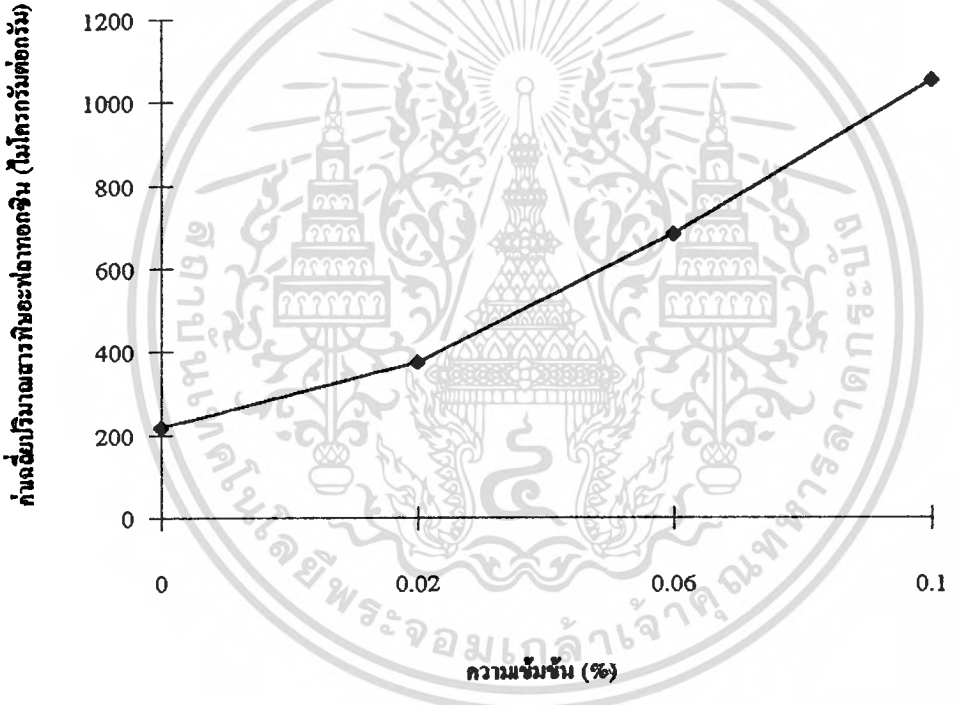
ตารางที่ 26 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซิน(ไมโครกรัมต่อกรัม) ของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพดที่มีการเติมสารเคมีที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ

ความเข้มข้น (%)	ค่าเฉลี่ย
0	215.9750 [a]
0.02	375.4917 [b]
0.06	682.8500 [c]
0.1	1053.8750 [d]

หมายเหตุ ในแต่ละ column ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเดียวกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อใช้ SNK ณ ระดับนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 12 ค่าเฉลี่ยปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซิน (ไมโครกรัมต่อกรัม) ของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพด ที่มีการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซอิก และโซเดียมเบนโซเอตที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและวิจารณ์

เมื่อศึกษาถึงผลการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในอาหาร Malt extract agar (MA) และอาหารข้าวโพดสกัดโดยใช้โซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมคาร์บอเนต และโซเดียมไบซัลไฟต์ พบว่าแอมโมเนียมคาร์บอเนตและโซเดียมไบซัลไฟต์สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ที่ทุกระดับความเข้มข้นโดยยับยั้งได้อย่างสมบูรณ์เป็นเวลานานถึง 7 วัน และมีความแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ แต่การใช้โซเดียมคลอไรด์ที่ทุกระดับความเข้มข้นให้ผลการยับยั้งไม่แตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ นั่นคือทั้งแอมโมเนียมคาร์บอเนตและโซเดียมไบซัลไฟต์มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราในอาหารทั้งสองชนิดดีกว่าโซเดียมคลอไรด์ จากการที่โซเดียมคลอไรด์ไม่มีผลยับยั้งการเจริญของเชื้อราอาจเนื่องจากในอาหารวุ้นทั้ง 2 ชนิด มีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่มากจึงเพียงพอต่อการนำไปใช้ในการเจริญของเชื้อราถึงแม้ว่าโซเดียมคลอไรด์จะดูดซับน้ำไปบางส่วน

ในการศึกษาถึงผลของการยับยั้งการเจริญและการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพดโดยใช้สารเคมีดังกล่าว พบว่าเมื่อใช้เวลาบ่มเชื้อ 28 วัน การเจริญเป็นเส้นใยและจำนวนสปอร์ต่อกรัมของเชื้อราในอาหารที่มีการเติมสารเคมีทั้ง 3 ชนิดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่การใช้ความเข้มข้นมากขึ้นทำให้จำนวนสปอร์ต่อกรัมลดลง โดยที่ความเข้มข้น 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับที่ความเข้มข้น 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในด้านการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินของเชื้อรานั้นการใช้โซเดียมไบซัลไฟต์มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินได้ดีที่สุด รองลงมาคือแอมโมเนียมคาร์บอเนตและโซเดียมคลอไรด์ ตามลำดับ ซึ่งมีช่วงเวลาในการยับยั้งนานถึง 28 วัน โดยโซเดียมไบซัลไฟต์ที่ทุกระดับความเข้มข้นสามารถยับยั้งการสร้างอะฟลาทอกซินได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และในกลุ่มดังกล่าวให้ผลการยับยั้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับแอมโมเนียมคาร์บอเนตและโซเดียมคลอไรด์ให้ผลสรุปทำนองเดียวกันแต่เริ่มที่ความเข้มข้น 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของประวัติ ตันบุญเอก (2528 : 391-394) ; Rachapethanakom (1971 : 59-80) และ Sauer และ Burroughs (1974:557-576) ที่พบว่าการใช้โซเดียมไบซัลไฟต์ที่ระดับความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป สามารถ

เอกสารนี้ได้รับการสนับสนุนให้เผยแพร่เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ใช้เพื่อการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยับยั้งการเจริญและการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินของเชื้อราในเมล็ดข้าวโพดได้ เนื่องจากโซเดียมไบซัลไฟต์มีการแตกตัวให้กรดกำมะถันซึ่งจะไปทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ของเชื้อราทำให้เอนไซม์ทำงานไม่เป็นปกติเป็นสาเหตุให้การเจริญเติบโตของเชื้อราถูกยับยั้งหรือถูกทำลายไป (ศิวาพร ศิวเวชช, 2529 : 42-45) นอกจากนี้โซเดียมไบซัลไฟต์ยังสามารถลดปริมาณอะฟลาทอกซินได้โดยไปทำปฏิกิริยากับวงแลคโตนของอะฟลาทอกซินโดยมีการเติมกรดซัลโฟนิกที่ตำแหน่งที่ 4 ของวงแลคโตนทำให้เปลี่ยนสภาพอะฟลาทอกซิน B_1 ไปอยู่ในรูปอื่นที่เป็นพิษน้อยลงได้แก่อะฟลาทอกซินB_2 (Doyle และ Marth ,1978 : 774-780 และ Moerck และคณะ , 1980 : 571-574) จากการทดลองของ O-aryakul (1985 : 18-48) ที่ได้ทดลองใช้แอมโมเนียมคาร์บอเนตที่ระดับความเข้มข้น 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์เพื่อลดปริมาณอะฟลาทอกซินในถั่วพบว่าสามารถลดปริมาณอะฟลาทอกซินลงได้เนื่องจากคาร์บอเนตไอออนสามารถเปลี่ยนเป็น free carboxyl group ทำให้มีความสามารถในการฆ่าเชื้อราได้ (Bland,1984:52) นอกจากนี้ Montville และ Pel-Ling (1991 : 295-297) ได้ทำการทดลองยับยั้งการเจริญของเชื้อรากลุ่มที่สามารถสร้างสารพิษได้ โดยการใช้แอมโมเนียมไบคาร์บอเนต 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสามารถยับยั้งการเจริญของ *Aspergillus ochraceus*, *Fusarium graminearium* และ *Penicillium griseofulvum* ในเมล็ดข้าวโพดได้ โดยพบว่าที่ความเข้มข้นสูงขึ้นสามารถยับยั้งการเจริญได้ดีขึ้น ส่วนการใช้โซเดียมคลอไรด์สามารถยับยั้งการเจริญและการสร้างอะฟลาทอกซินได้เนื่องจากการใช้โซเดียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นสูงมีผลต่อความต้องการน้ำในการเจริญและการสร้างอะฟลาทอกซิน โดยโซเดียมคลอไรด์จะไปดึงน้ำออกจากเซลล์ของเชื้อราทำให้เกิดภาวะ osmotic shock ทำให้เชื้อราหยุดการเจริญเติบโตหรือตายและโซเดียมไอออนมีผลต่อการส่งถ่ายไอออนของเซลล์โดยทำให้สูญเสียสภาวะสมดุลของไอออนระหว่างภายในและภายนอกเซลล์ของเชื้อรา (ปริมณฑ์ กาญจนัษฐิติ และสุภร พันธุ์สิทธิกุล, 2520 : 64-67)

ในการทดลองครั้งนี้พบว่ามีการกระตุ้นให้เชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 สร้างสารพิษอะฟลาทอกซินมากขึ้นเมื่อใช้แอมโมเนียมคาร์บอเนตที่ระดับความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และใช้โซเดียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ โดยแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญนั้นสอดคล้องกับการทดลองของ Chitaree และคณะ (1993 : 354-357) ; Uraih และ Chipley (1976 : 51-59) และEl-Gazzar และคณะ (1986 : 461-466)ที่พบว่าการใช้โซเดียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ 1-3 เปอร์เซ็นต์ จะกระตุ้นให้เชื้อราสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินได้มากขึ้น โดยตั้งสมมติฐานว่าโซเดียมไอออนมีผลไปกระตุ้นให้มีการสร้างอะฟลาทอกซินมากขึ้นและอาจสันนิษฐานได้ว่าคลอไรด์ไอออนมีผลกระตุ้นการสร้างอะฟลาทอกซินของเชื้อราด้วยเช่นกัน เนื่องจากมีรายงานว่าการใช้แมงกานีสคลอไรด์ โคบอลท์คลอไรด์ และแคลเซียมคลอไรด์สามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระตุ้นให้เชื้อรา *Aspergillus flavus* สร้างสารพิษอะฟลาทอกซินในอาหารเหลวมากขึ้นเมื่อใช้สารดังกล่าวที่ระดับความเข้มข้นต่ำคือประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ ของอาหารเลี้ยงเชื้อ (Mabrouk และ El-Shayeb , 1980 : 183-185)

จากการศึกษาถึงผลของการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในอาหารวุ้น Malt extract agar (MA) และอาหารข้าวโพดสกัดโดยใช้โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซอิก และโซเดียมเบนโซเอตที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ เมื่อใช้สารเคมีดังกล่าวในอาหาร Malt extract agar (MA) พบว่าโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ทุกระดับความเข้มข้นสามารถยับยั้งการเจริญได้นานถึง 7 วัน และยับยั้งได้ดีกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งในกลุ่มระดับความเข้มข้น 0.06 และ 0.1 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลการยับยั้งการเจริญไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยยับยั้งการเจริญได้อย่างสมบูรณ์ สำหรับการใช้กรดเบนโซอิกที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 0.06 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป ให้ผลการยับยั้งการเจริญได้นานถึง 7 วัน โดยผลการยับยั้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่สามารถยับยั้งการเจริญได้ดีกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการใช้โซเดียมเบนโซเอตที่ระดับความเข้มข้น 0.02 และ 0.06 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลการยับยั้งการเจริญไม่แตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ และที่ระดับความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ดีที่สุด โดยยับยั้งได้นานถึง 7 วัน จากผลการทดลองจะเห็นว่าการใช้สารเคมีที่ระดับความเข้มข้นสูงขึ้นสามารถยับยั้งการเจริญได้ดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Uraih และ Chipley (1976 : 51-59)ที่พบว่ากรดเบนโซอิกและโซเดียมเบนโซเอตสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราและลดปริมาณอะฟลาทอกซิน B_1 และ G_1 ซึ่งผลิตโดย *Aspergillus flavus* ในอาหารเหลวได้ และพบว่าความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราและการลดปริมาณอะฟลาทอกซินจะเป็นสัดส่วนกับการเพิ่มปริมาณกรดเบนโซอิกและโซเดียมเบนโซเอตเนื่องจากเมื่อใส่กรดเบนโซอิกและโซเดียมเบนโซเอตในอาหารเหลวที่มีพีเอชค่อนข้างต่ำกรดจะยังคงอยู่ในรูปที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ (ศิวาพร ศิวเวชช, 2529 : 42-45) ผลที่ได้จะเห็นว่ากรดเบนโซอิกสามารถยับยั้งการเจริญและการสร้างอะฟลาทอกซินได้ดีกว่าโซเดียมเบนโซเอตทั้งที่เป็นสารในกลุ่มเดียวกัน ซึ่งสามารถอธิบายในแง่ของพีเอชของอาหารที่ต่างกันโดยกรดเบนโซอิกจะทำให้พีเอชของอาหารลดต่ำลงมากกว่าโซเดียมเบนโซเอต กรดเบนโซอิกจึงสามารถยับยั้งการเจริญได้ดีกว่าโซเดียมเบนโซเอต (Thanaboripat และคณะ, 1996 : 5-8) ส่วนการใช้โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์นั้น พบว่าเป็นสารเคมีที่อยู่ในกลุ่มซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีคุณสมบัติเป็น reducing agent เมื่อละลายในน้ำและอยู่ในสภาพที่เป็นกรดจะแตกตัวให้ซัลไฟต์อิสระคือ กรดกำมะถัน (H_2SO_3) ไบซัลไฟต์ (HSO_3^-) และซัลไฟต์ไอออน (SO_3^{2-}) ซึ่งซัลไฟต์อิสระเหล่านี้สามารถทำปฏิกิริยากับโปรตีน คีโตน อัลดีไฮด์ และวิตามินบี1 (thiamine) ซึ่งเป็นส่วนประกอบของเซลล์ ซัลไฟต์อิสระจึงสามารถยับยั้งจุลินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้โดยกลไกที่ว่าซัลไฟต์อิสระไปทำปฏิกิริยากับองค์ประกอบของผนังเซลล์ทำให้อาหารผ่านเข้าเซลล์ได้น้อยหรือไม่ได้เลยทำให้จุลินทรีย์ถูกยับยั้งได้หรืออาจเกิดจากการที่ซัลไฟต์อิสระไปทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ภายในเซลล์ซึ่งเป็นโปรตีนทำให้เอนไซม์เสียสภาพไม่สามารถดำเนินกิจกรรมต่อไปได้จุลินทรีย์จึงมีชีวิตอยู่ไม่ได้ พบว่ากรดกำมะถันจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าซัลไฟต์อิสระอื่น ๆ และเมื่อพีเอชของอาหารยิ่งต่ำประสิทธิภาพของซัลไฟต์อิสระยิ่งสูงขึ้น (Thanaboripat และคณะ, 1996 : 5-8 และศิวาพร ศิวเวชช, 2529:42-45)

ในด้านการเจริญของเชื้อราในอาหารข้าวโพดสกัดนั้นพบว่าการใช้โพแทสเซียมเมตาไบ-ซัลไฟต์ และกรดเบนโซอิกที่ระดับความเข้มข้น 0.02 และ 0.06 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเจริญได้แตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ และยับยั้งได้นานถึง 7 วัน โดยที่ระดับความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ ยับยั้งการเจริญได้ดีกว่าที่ระดับความเข้มข้น 0.06 เปอร์เซ็นต์ แต่การใช้โพแทสเซียม-เมตาไบซัลไฟต์ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ มีการกระตุ้นให้เชื้อรามีการเจริญมากขึ้น ส่วนการใช้โซเดียมเบนโซเอตทุกระดับความเข้มข้น และการใช้กรดเบนโซอิกที่ความเข้มข้น 0.1 เปอร์-เซ็นต์ พบว่าเชื้อรามีการเจริญไม่แตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ จากผลการทดลองที่ได้จะเห็นได้ว่ามีการเจริญของเชื้อราแตกต่างกันไปในอาหารทั้ง 2 ชนิด ซึ่งอาจเป็นผลมาจากองค์ประกอบที่แตกต่างกันระหว่างอาหารทั้ง 2 ชนิด

เมื่อศึกษาผลของการยับยั้งการเจริญและการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพดโดยใช้โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซ-อิก และโซเดียมเบนโซเอต ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ พบว่าเมื่อใช้เวลาบ่มเชื้อ 28 วัน จำนวนสปอร์ต่อกรัมแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นที่ความเข้มข้น 0.06 เปอร์เซ็นต์ โดยการใช้ที่ความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ เกิดการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา แต่ที่ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ เกิดการกระตุ้นให้เชื้อรามีการสร้างสปอร์มากขึ้น และเมื่อพิจารณาการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินพบว่าปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซินที่พบจากการใช้สารเคมีทั้ง 3 ชนิดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีการกระตุ้นให้เชื้อราสร้างอะฟลาทอกซินมากขึ้นเมื่อใช้สารเคมีที่ระดับความเข้มข้นสูงขึ้น จากการที่สารทั้ง 3 ชนิดไม่มีผลยับยั้งการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินของเชื้อราสันนิษฐานว่าเป็นผลมาจากชนิดของอาหารที่ใช้เลี้ยงเชื้อกล่าวคือการใช้เมล็ดข้าวโพดเป็นอาหารเลี้ยงเชื้ออาจมีความชื้นไม่มากพอต่อการแตกตัวของสารเคมีเพื่อให้เกิดสภาวะที่สามารถยับยั้งการเจริญและการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินได้ นอกจากนี้อาจเกิดจากการที่เมล็ดข้าวโพดมีพีเอชค่อนข้างเป็นกลางในขณะที่สารเคมีทั้ง 3 ชนิดจะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราที่พีเอชค่อนข้างเป็นกรดทำให้ไม่สามารถยับยั้งการเจริญและการสร้างอะฟลาทอกซิน (ศิวาพร ศิวเวชช, 2529 : 42-45) ในการทดลองของ El-khady และ Farghaly (1981:131-136) ซึ่งทำการทดลองใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรดเบนโซอิก และโซเดียมเบนโซเอตในถั่วพบว่าต้องใช้สารดังกล่าวที่ระดับความเข้มข้นสูงถึง 1 เปอร์เซ็นต์ และ 2.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จึงสามารถยับยั้งการเจริญและการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินได้

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าในสารเคมีกลุ่มที่ 1 (โซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมคาร์บอเนต และโซเดียมไบซัลไฟต์) พบว่าสารเคมีที่เหมาะสำหรับใช้ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในอาหาร Malt extract agar (MA) และอาหารข้าวโพดสกัด คือแอมโมเนียมคาร์บอเนตและโซเดียมไบซัลไฟต์ โดยสามารถยับยั้งได้อย่างสมบูรณ์ นานถึง 7 วัน ที่ทุกระดับความเข้มข้น สำหรับการยับยั้งการเจริญของเชื้อราในเมล็ดข้าวโพด สารเคมีทั้ง 3 ชนิดสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญและสามารถยับยั้งได้นานถึง 28 วัน แต่เมื่อใช้ความเข้มข้นของสารเคมีสูงขึ้นจะยับยั้งได้ดีขึ้น ส่วนสารเคมีที่เหมาะสำหรับการยับยั้งการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพด คือโซเดียมไบซัลไฟต์ เนื่องจากสามารถยับยั้งการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินของเชื้อราได้นานถึง 28 วัน ที่ทุกระดับความเข้มข้น โดยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ รองลงมาคือแอมโมเนียมคาร์บอเนตและโซเดียมคลอไรด์ ซึ่งสามารถยับยั้งได้นานถึง 28 วันเช่นกัน แต่เริ่มที่ความเข้มข้น 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป ตามลำดับ

สารเคมีอีกกลุ่มได้แก่โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซอิกและโซเดียมเบนโซเอต เมื่อใช้ในอาหาร Malt extract agar (MA) พบว่าสารเคมีที่เหมาะสำหรับใช้ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 คือโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ทุกระดับความเข้มข้น และยับยั้งได้นานถึง 7 วัน ซึ่งที่ความเข้มข้น 0.06 และ 0.1 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลการยับยั้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ รองลงมาคือกรดเบนโซอิกและโซเดียมเบนโซเอต ซึ่งกรดเบนโซอิกให้ผลการยับยั้งได้นานถึง 7 วัน ที่ความเข้มข้น 0.06 และ 0.1 เปอร์เซ็นต์ โดยให้ผลการยับยั้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โซเดียมเบนโซเอตให้ผลการยับยั้งเช่นเดียวกันแต่เฉพาะที่ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในอาหารข้าวโพดสกัด สารเคมีที่เหมาะสำหรับการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 คือโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์และกรดเบนโซอิก ที่ความเข้มข้น 0.02 และ 0.06 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ระดับความเข้มข้นต่ำสามารถยับยั้งการเจริญได้ดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญ และยับยั้งได้นานถึง 7 วัน ในด้านการยับยั้งการเจริญของเชื้อราในเมล็ดข้าวโพด สารเคมีทั้ง 3 ชนิดสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และยับยั้งได้ที่ระดับความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลานานถึง 28 วัน ส่วนการยับยั้งการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 ในเมล็ดข้าวโพดนั้น สารเคมีทั้ง 3 ชนิดให้ผลไม่แตกต่างกันอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบว่ามีการกระตุ้นให้เชื้อราสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินมากขึ้น เมื่อใช้สารเคมีที่มีความเข้มข้นสูงขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบสารเคมีทั้ง 2 กลุ่ม จะเห็นได้ว่าโซเดียมไบซัลไฟต์มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญและการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินได้ดีที่สุด โดยใช้ความเข้มข้นที่ระดับ 1 เปอร์-เซ็นต์ ก็สามารถยับยั้งได้นานถึง 28 วัน อย่างไรก็ตามต้องพิจารณาถึงวัตถุประสงค์ในการนำไปใช้ด้วย เช่น ในการนำสารเคมีไปใช้ผสมในวัตถุดิบอาหารสัตว์และเก็บรักษาในระยะสั้น คือ ประ-มาณ 2 สัปดาห์ สามารถใช้โซเดียมไบซัลไฟต์ที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ได้ แต่ถ้าต้องเก็บไว้เป็นระยะเวลานานเกิน 2 สัปดาห์ สารดังกล่าวอาจไม่เหมาะสมเนื่องจากพบว่ามีการเจริญและการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินของเชื้อราในเวลาต่อมา ซึ่งอาจอยู่ในระดับที่เป็นอันตรายต่อสัตว์ได้ ควรเลือกใช้โซเดียมไบซัลไฟต์ หรือแอมโมเนียมคาร์บอเนตที่ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการใช้สารดังกล่าวที่ระดับความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ไม่พบอะฟลาทอกซินเลยเป็นเวลา 4 สัปดาห์ แต่ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดด้วย โดยต้องพิจารณาถึงผลกระทบที่อาจตกค้างในผลิตภัณฑ์หรือข้อจำกัดของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดว่ากฎหมายกำหนดให้ใช้สารเคมีได้ในระดับใด

จากผลการทดลองนี้จะเห็นได้ว่าควรมีการระมัดระวังการใช้สารเคมีในการยับยั้งการเจริญและการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินให้มากขึ้น เนื่องจากหากมีการนำมาใช้อย่างไม่เหมาะสม นอกจากจะไม่สามารถยับยั้งการเจริญและการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินแล้วยังไปกระตุ้นให้เชื้อรามีการเจริญและการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินมากขึ้นด้วย ทำให้สิ้นเปลืองโดยเปล่าประโยชน์ ทั้งยังเกิดผลเสียหายและเกิดอันตรายตามมาอีกด้วย นอกจากนี้ควรมีการทดลองศึกษาใช้สารเคมีกับเชื้อราชนิดอื่นที่สามารถสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินได้ เพื่อศึกษาความสามารถของสารเคมีว่าสามารถยับยั้งได้หรือไม่ ควรมีการศึกษาถึงผลของสารเคมีเหล่านี้ในผลิตผลทางการเกษตรอื่นๆ อีก และอาจทำการศึกษาเป็นระยะเวลานานขึ้น เพื่อพิจารณาหาระยะเวลาที่สารเคมีสามารถยับยั้งได้นานที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กระทรวงสาธารณสุข. "วัตถุเจือปนอาหาร." ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 84 (2527) : 25.

กิจจา อุไรวงค์. แนวทางการวินิจฉัย, รักษา และควบคุมโรคสุกร. กรุงเทพฯ : สารมวลชน,2530.

กุลยา จันทร์อรุณ. "เคมีอาหาร." ตำรา-เอกสารวิชาการภาคพัฒนาตำราและเอกสารหน่วยศึกษานิเทศน์ กรมการฝึกหัดครู ฉบับที่ 35 (2533) : 32-41.

จินตนา ชะนะ และคณะ. "สารพิษจากเชื้อราและการป้องกันกำจัดในข้าวโพดและธัญพืชอื่นๆ (Mycotoxins and Thier Controls in Corn and Other Cereals.)" รายงานผลการวิจัยประจำปี 2533. (2533) : 40-45.

จรัญ จันทลักขณา. สถิติวิเคราะห์และวางแผนงานวิจัย. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนพานิช, 2519.

จรูญ ไชยเมือง. ผลของการเสริมไวตามินในอาหารไก่ไข่ที่มีอะฟลาทอกซินระดับต่างๆ ต่อการใช้ประโยชน์ของโปรตีนและสมรรถภาพการผลิตไข่ของไก่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2529.

ทิม พรรณศิริ. "ข้าวโพดและข้าวโพดอาหารสัตว์." ธุรกิจอาหารสัตว์ ปีที่ 6 ฉบับที่ 26 (2532) : 9-15.

ธีรยุทธ เวชรัชต์พิมล. "อาหารสัตว์ และ Aflatoxin." ธุรกิจอาหารสัตว์ ปีที่ 3 ฉบับที่ 7 (2529) : 65-69.

ธีรยุทธ กลิ่นสุคนธ์ และ ชัยวัฒน์ ต่อสกุลแก้ว. อะฟลาทอกซิน (สารพิษจากเชื้อราที่ทำให้เกิดมะเร็งในตับ) กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยมหิดล, 2524.

ประวัติ ต้นบุญเอก. "การศึกษาสารเคมีที่มีคุณสมบัติในการป้องกันกำจัดสารพิษอะฟลาทอกซิน." กสิกร ปีที่ 58 ฉบับที่ 5 (2528) : 391 - 394.

ประสงค์ คุณานุวัฒน์. "สารพิษอะฟลาทอกซิน." วารสารโรคมะเร็ง ปีที่ 6 ฉบับที่ 1 (2523) : 41-49.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมณฑ์ กาจนัษฐิติ และ สุภร พันธุ์สิทธิกุล. "การยับยั้งสารพิษประเภทแอฟฟลาทอกซิน." วารสารวิทยาศาสตร์ ปีที่ 31 (2520) : 64-67.

ปริศนา สิริอาชา. การตรวจสอบแอฟฟลาทอกซินอย่างรวดเร็ว. กรุงเทพฯ:กรมวิชาการเกษตร, 2534.

นรินทร์ ทองวิทยา และคณะ. "การทำลายพิษอะฟลาทอกซินในข้าวโพด." สุกรสาส์น ปีที่ 17 ฉบับที่ 67 (2534) : 5 - 9.

นรสีห์ ตระกูลช่าง. "เชื้อราบ่อนทำลายเศรษฐกิจ." แก่นเกษตร ปีที่ 5 ฉบับที่ 6 (2520) : 269.

มาลินี ลิ้มโภคา. พิษวิทยาและปัญหาที่พบในสัตว์. กรุงเทพฯ : จรัลสนิทวงศ์, 2527.

ไมตรี สุทธจิตต์. สารพิษรอบตัวเรา. เชียงใหม่: ภาควิชาเคมี คณะแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2531.

ลีพัฒนาอาหารสัตว์. "เชื้อราในอาหารสัตว์." Veterinary news ฉบับที่ 12 (2538) : 10-17.

ศรีสิทธิ์ การุณยะวนิช. "ท็อกซินจากเชื้อราบางชนิด." วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ปีที่ 14 (2515) : 37.

ศิวาพร ศิวเวชช. วัตถุเจือปนอาหารเล่ม 1. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2529.

สุกัญญา จัตตุพรพงษ์. วัตถุดิบอาหารสัตว์:การใช้และการตรวจสอบคุณภาพ. นครปฐม: ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมการเลี้ยงสุกรแห่งชาติ, 2530.

สุมาลัย ศรีกำไลทอง และ สุภัทรา มั่นสกุล. การทำลายพิษของแอฟฟลาทอกซินในน้ำมันถั่วลิสงในขั้นห้องปฏิบัติการ. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2523.

สุมาลัย ศรีกำไลทองและ สุภัทรา มั่นสกุล. การศึกษาปริมาณแอฟฟลาทอกซินในน้ำมันพืชธรรมชาติและการกำจัดสารพิษ. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2525.

สุรพล อุปติสสกุล. สถิติการวางแผนการทดลองเล่ม 2. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2537.

เสาวรส อิ่มวิทยา. "แอฟฟลาทอกซิน." วารสารสุขภาพ ปีที่ 11 ฉบับที่ 10 (2526) : 38 - 42.

อรรณพ องค์สกุล. การคัดเลือกจุลินทรีย์เพื่อควบคุมเชื้อรา *Aspergillus flavus* Link. ที่สร้างอะฟลาทอกซินในข้าวโพด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2532.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อารันต์ พัฒโนทัย. "อะฟลาทอกซินปัญหาของถั่วลิสง." แก่นเกษตร ปีที่ 13 ฉบับที่ 12 (2528) : 1- 9.

วรพจน์ สุนทรสุข. การปรับปรุงสายพันธุ์เชื้อรา *Aspergillus niger* เพื่อผลิตกรดมะนาวและเอนไซม์กลูโคอะไมเลส. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2533.

วิไลวรรณ ธนโรจน์ประดิษฐ์. "วิธียับยั้งการเกิดอะฟลาทอกซินในข้าวโพด" วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ ฉบับที่ 123 (2533) : 6-8.

Aalto,T.R.,Firman,M.C.and N.E. Rigler."Aflatoxin." J.Am.Pharm. Assoc. vol. 42 (1953) PP. 449.

Anonymous. Rapid, High Sensitivity Determination of Aflatoxin in Peanut Products by HPLC : Waters Technical Bulletin. Milford : Mass, 1982.

Asplin, F.D. and R.B.A.Carnaghan. "The Toxicity of Certain Groundnut Meals for Poultry with Special Reference to Their Effect on Ducklings and Chickens." Vet. Rec. vol. 73 (1961) PP. 1215 - 1218.

Austwick, P.K.C. and G. Ayerst. "Biosynthesis of Aflatoxin." Chem. Ind. vol. 2 (1963)PP.55

Bandelin,F.J. " Food Additives." J. Am. Pharm. Assoc.,Sci.Ed. vol. 47 (1958) PP. 691-694.

Bland, B. "Monoprop. mold killer : Maintains Quality in Feed stuffs." Technical Bulletin. vol. 2 (1984) PP. 52.

Blount, W.P. "Turkey X Disease." J. Brit. Turkey Fed. vol. 9 (1961) PP. 52.

Braner, A.L. , Davidson, P.M. and S. Salminen. Food Additives. New York : Marcel Dekker, 1990.

Brekke ,O.L. ,Stringfellow,A.C. and A.J. Peplinski. "Aflatoxin Inactivation in Corn by Ammonia Gas; Laboraty Trials." J. Agric. Food Chem. vol. 26 (1978) PP. 1343-1389.

Buchanan, R. L. and J.C. Ayres. "Effect of Sodium Acetate on Growth and Aflatoxin Production by *Aspergillus parasiticus* NRRL 2999" J. Food Sci. vol. 41 (1976) PP. 128-132.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Bullerman, L.B., Hartman , P.A. and J. C. Ayres. "Aflatoxin Production in Meats I : Stored Meats." Appl.Microbiol. vol. 18 (1969) PP. 714-717.

Bullerman, L.B., Hartman, P. A. and J. C. Ayres. "Aflatoxin Production in Meats II : Aged Dry Salamis and Aged Country Cured Hams." Appl. Microbiol. vol. 18 (1969) PP. 714-717.

Carnaghan, R.B. A."Hepatic Tumors in Ducks Fed on Low Level of Toxic in Groundnut Meal. Nature vol. 208 (1965) PP. 308-311.

Castegnaro, M and others. "Problems Related to use of Sodium Hypochlorite in Detoxification of Aflatoxin B_1." Am. Ind. Hyg. Assoc. J. vol. 42 (1981) PP.389-401.

Ceigler, A. and others. "Microbial Detoxification of Aflatoxin." Appl. Microbiol. vol. 14 (1966) PP. 934 - 939.

Ceigler, A., Kidis S. and S.J. Aji. Microbial Toxin ; Fungal Toxins Vol.6. New York : Academic Press , 1971 .

Clifford, J.T. and K.R. Lee. "Aflatoxin : A Site of Action in Rat Liver Cell." Nature vol. 209 (1966) PP. 312-313.

Clifford, J.T. and K.R. Lee. "The Action of Aflatoxin B_1 on Rat Liver." Biochem. J. vol. 102 (1967) PP. 65-75.

Chang, H.G. and P. Markakis. "Effect of Moisture Content on Aflatoxin Production in Barley." Cereal Chem. vol. 58 (1981) PP. 89-91.

Chatteree, D. "An Effective Formulation for Mould and Aflatoxin-Free Storage of Corn." Lett. App. Microbiol. vol. 9 (1989) PP. 25-28 .

Chitaree,K. and others. "Effect of Salt Concentrations on Aflatoxin Production in Peanut by *Aspergillus flavus*." Kasetsart J. (Nat. Sci.) vol. 27 (1993) PP. 354-357.

Christensen, C.M. and H.H. Kaufman. In C.M. Christensen (ed.) Storage of Cereal Grain and Their Product. 2nd ed. : American Association of Cereal Chemistry,Inc. Microflora : St. Paul Minnesota, 1974.

Cocharan, W.G. and Cox. G.M. Experimental Designs. New York : John Wiley and Sons, 1957.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Coomes, T.J. and others. "Experimental Detoxification of Groundnut Meals Containing Aflatoxin." Nature vol. 209 (1966) PP. 406.

Cucullu, A.F. and others. "Determination of Aflatoxins in Individual Peanuts and Peanut Sections." J. Am. Oil. Chem. Soc. vol. 43 (1966) PP. 89.

Cucullu , A.F. and others. "Ammoniation of Aflatoxin B: Isolation and Characterization of a Product with Molecular Weight 206." J. Agric. Food Chem. vol. 24 (1976) PP. 408-410.

Davis, N.D., Diener, U.L. and V.P. Agnihotri. "Production of Aflatoxins B_1 and G_1 in Chemically Defined Media." Mycopathol. Mycol. Appl. vol. 31 (1967) PP. 251.

Doyle, M. P., and E.H.Marth. "Aflatoxin is Degraded at Different Temperature and pH Values by Mycelia of *Aspergillus parasiticus*." European J. Appl. Mycobiol. Biotechnol. vol. 6 (1978) PP. 95-100.

Doyle, M. P., and E.H.Marth. "Bisulfite Degrades Aflatoxin : Effect of Temperature and Concentration of Bisulfite." J. Food Prot. vol. 41 (1978) PP. 774-780.

El-Gazzar , F.E., Rusul , G. and E.H. Marth . "Growth and Aflatoxin Production by *Aspergillus parasiticus* in the Presence of Sodium Chloride." J.Food .Prot.vol. 49 (1986) PP.461-466.

El-khady, I.A. and M.S. Farghaly. "Inactivation Aflatoxin in Contaminated Peanuts." Crypt. Mycol. vol. 2 (1981) PP. 131-136.

Feigelson, P. and O. Greengard. "Regulation of Liver Tryptophan Pyrrolase Activity." J. Biol. Chem. vol. 237 (1962) PP. 1908.

Feuell, A.J. "Aflatoxin in Groundnuts : IX Problems of Detoxication." Trop. Sci. vol. 8 (1966) PP. 61.

Friedman,M.A. and G.N. Wogan. "Effect of Aflatoxin B_1 on RNA Polymerase Activity and Incorperation of Cytidine into RNA of Rat Nuclei." Fed. Proc. vol. 26 (1967) PP. 358.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Gosh, J. and P. Haggiblom. "Effect of Sublethal Concentrations of Propionic or Butyric Acid on Growth and Aflatoxin Production by *Aspergillus flavus*." Int. J. Food Microbiol. vol. 2 (1985) PP. 323-330.

Glinsukon, T., Thammavit, W. and M. Ruchirawat. "Studies on The Population of Toxigenic Fungi in Market Foods and Foodstuffs: Microflora Contamination." J. Sci. Soc. Thailand.vol. 2 (1976) PP. 176.

Giambrone, J.J. and others. "Effect of Purified Aflatoxin on Broiler Chickens." Poultry Sci. vol. 64 (1985) PP. 852-858.

Gupta, S.K. , Maggon, K.K. and T.A. Venkitasubramanian. "Effect of Zinc on Adenine Nucleotide Pools in Relation to Aflatoxin Biosynthesis in *Aspergillus parasiticus*." Appl. Environ. Microbiol. vol. 32 (1976) PP. 753-756.

Hagler, W.M., Hutchins, J. E. and P.B. Halmilton. "Destruction of aflatoxin B_1 in Corn with Sodium Bisulfite." J.Food Prot. vol. 45 (1982) PP. 1287-1291.

Hagler, W.M., Hutchins, J. E. and P.B. Halmilton. "Destruction of Aflatoxin B_1 with Sodium Bisulfite: Isolation of The Major Product Aflatoxin B_1." J. Food Prot. vol. 46 (1983) PP. 195-300.

Hasseltine, C.W. and others. "Aflatoxin Formation by *Aspergillus flavus*." Bacteriol. Rev. vol. 30 (1966) PP. 795.

Horn B.W. and D.T. Wicklow. "Factors Influencing the Inhibition of Aflatoxin Production in Corn by *Aspergillus niger*." Can.J. Microbiol. vol. 29 (1983) PP. 1087 - 1091.

Kamimura,H. and others. "Simple Rapid Clean Up Method for Analysis of Aflatoxins and Comparison with various Methods." J. Assoc.Off. Anal. Chem. vol. 68 (1985) PP. 458-461.

Kamimura,H. and others. "Survey of Mycotoxins Contamination in Edible Oil and Fate of Mycotoxins during Oil-Defining Process." J. Food Hyg.Soc. Jpn. vol. 27 (1986) PP. 59-63.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Keanjak, A. Improved *Aspergillus* Mutants of Souce Production : International Congress of Culture Collections. Bankok : Postersession abstract, 1984.

Kondos, A.C."Effect of Aflatoxin on Pig Growth and Thier Elimination From The Body." Nutr. Abstr. Rev. (serie B) vol. 9 no. 56 (1986) PP. 635.

Kulik, M.M. and R.T. Hanlin "Osmophilic Strains of *Aspergillus* species." Mycologia. vol. 60 (1968) PP.961-964.

Kurtzman, C.P. , Horn, B. and W. Hesseltine. "*Aspergillus nomius* , A New Aflatoxin Producing Spicies Related to *Aspergillus flavus* and *Aspergillus tamarii*." Annie van Leeuw. vol. 53 (1987) PP. 147-158.

Lee,L.S. and others. "Ammoniation of Aflatoxin B_1: Isolation and Identification of The Major Reaction Product." J.Ass.Off.Anal.Chem. vol. 57 (1974) PP. 621-631.

Lee, L.S. and D.B. Shau. "Thin Layer Chromatographic Anlysis of Mycotoxins : A Review of Recent Literrature." J. Liq. Chromat. vol. 4 (1981) PP. 43-62.

Levine,A.S. and C.R. Fellers."Action of Acetic Acid on Food Spoilage Microorganisim." J. Bac. vol. 399 (1940) PP. 17.

Lillard, D. A., and A. Ciegler. "Biological Activity of Aflatoxin B_{2a}." Appl. Microbiol. vol. 17 (1969) PP. 516-519.

Lillehoj, E. B. , Garacia , W.J. and M. Lambrow. "*Aspergillus flavus* Infection and Aflatoxin Production in Corn ; Influence of Trace Elements."Appl. Microbiol. vol. 28 (1974) PP. 763-767.

Mabrouk ,S.S. and N.M.A. EI-Shayeb. "Effect of Some Salts on Aflatoxin Formation by *Aspergillus flavus.*" Chem. Microbiol.Technol .Lebensm. vol. 6 (1980) PP. 183-185.

Mashaly ,R.I. and other. Effect of Some Chemical Treatments on Detoxification of Aflatoxins in Cottonseed Meal : Proceedings of International Symposium on Mycotoxin. n.p. ,1983.

Masri, M.S., Vix, H.L.E. and L.A. Goldblatt. "Process for Detoxifying Substances Contaminate with Aflatoxin."U.S.Patent vol. .3 (Feb.1969) PP. 429, 709.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Maynard, L.A. and other. Animal Nutrition. New Delhi : Tata Mc Graw Hill , 1981.

Moerck, K. E. and others. " Aflatoxin Destruction in Corn using Sodium Bisulfite, Sodium Hydroxide and Aqueous Ammonia." J. Food Prot. vol. 43 (1980) PP. 571-574.

Montville, T.J. and S. Pel-Ling. "Inhibition of Mycotoxigenic Fungi in Corn by Ammonium and Sodium Bicarbonate." J. Food Prot. vol. 54 no. 4. (1991) PP. 295-297

Norred,W.P. "Effect of Ammoniation on Toxicity of Corn Artificially Contaminated with Aflatoxin B_1."Toxicol .App. Pharmacol. vol. 51 (1979) PP. 411-416.

O-aryakul, N. Detoxification of Aflatoxin Contaminated Peanuts by Chemicals Method: M.S.Thesis. Chiang Mai : Chiang Mai University.1985.

Park,D.L.,Lee,L.S. and S.P. Koltun."Distribution of Ammonia Related Aflatoxin Reaction Products in Cottonseed Meal." J. Am. Oil Chem.Soc. vol. 61(1984) PP.1071-1074.

Parker, A. and D.Melnick. "Absence of Aflatoxin from Refined Vegetable Oils." J. Am. Oil Chem. Soc. vol. 43 (1966) PP. 635-638.

Pitt, J.I. and A.D. Hocking. Fungi and Food Spoilage. Australia : Academic Press, 1985.

Poland, A.E.,Cushmac, M.E. and P.J. Andrellos. "Aflatoxin B_1 Hemiacetal." J. Assoc. Off. Anal. Chem. vol. 51 (1968) PP. 907-901.

Pomeranz, Y. and Clifton E.Meloan. Theory and Practice. 1987.

Rachapetayakom, P. "Preliminary Study on Mycotoxin in Corn and some Applications Using Moldycorn in Chick Rations." In Thailand National Corn and Sorghum Program, Annual Report , 1971.

Reddy,T.V., Viswanathan, L. and T.A. Venkitasubramanian. "High Aflatoxin of Production on A Chemically Defined Medium." Appl. Microbiol. vol. 22 (1971) PP. 393-396.

Robert, L.B, Peter, J.C. and E.C. Thomas. "Reduction in Aflatoxin Content of Maize by Atoxigenic Strain of *Aspergillus flavus*."J. Food Prot. vol. 54 (1991) PP.623- 626.

Saito, K. and others. "Investigration of The Natural Occurence of Aflatoxins in Beans used as A Raw Material for Bean Jam "(an)"and The Effect of Processing on Their Contents in "an"."J. Food Hyg. Soc. Jpn. vol. 20 (1979) PP.358-362.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sargeant, K. and others. "The Assay of a Toxic Principle in Certain Groundnut Meal." Vet. Rec. vol. 73 (1961a) PP. 1291.

Sargeant, K. and others. "Toxicity Associated with Certain Samples of Groundnut." Nature vol. 192 (1961b) PP. 1096 - 1097.

Sauer, D. B. and R. Burroughs. "Efficiency of Various Chemicals as Grain Mold Inhibitors." Trans ASAE. vol. 17 (1974) PP. 557-576.

Schindler,A.F. "Temperature Limits for Production of Aflatoxin by Twenty Five Isolates of *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus*." J. Food Prot. vol.40 (1977) PP.39-40.

Schoeder, H.W. and H. Hein. "Aflatoxin Production of The Toxin Invitro in Relation to Temperature." Appl. Microbiol. vol. 15 (1967) PP. 441-445.

Seitz,L.M. and H.E. Mohr. "A New Method for Quantitation of Aflatoxin in Corn." Cereal Chem. vol. 54 (1977) PP.179-183.

Shank, R.C. and C.N.Wogan. "Dietary Aflatoxins and Human Liver Cancer II : Aflatoxin in Market Foods and Foodstuffs of Thailand and Hong Kong." Fd. Cosmet. Toxicol. vol. 10 (1972) PP. 61-69.

Shank, R.C. and others. "Dietary Aflatoxins and Human Liver Cancer III : Field Survey of Rural Thai Families for Ingested Aflatoxins." Fd. Cosmet. Toxicol. vol. 10 (1972) PP.71.

Sharma, A. and others. "Influence of Inoculum Size of *Aspergillus parasiticus* Spores on Aflatoxin Production." Appl.Environ.Microbiol. vol. 40 (1980) PP. 969-993.

Shih, C.N. and E.H. Marth . "Production of Aflatoxin in A Medium Fortified with Sodium Chloride." J. Dairy Sci. vol. 55 (1972) PP. 1415-1419.

Smith, J.W. and P.B. Hamilton. "Aflatoxicosis in Broiler Chickens." Poultry Sci. vol.49 no.1 (1971) PP. 207-215.

Screenivasamurthy, V. and others. "Detoxification of Aflatoxin in Peanut Meal by Hydrogen Peroxide." J. Assoc. Off. Anal. Chem. vol. 68 (1967) PP. 350-354.

Tabata, S. and others. "Investigation of Aflatoxin Contamination in Foods and Foodstuffs." J Hyg. Soc. Jpn. vol. 28 (1987) PP. 395-401.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tabata, S. and others. "Fate of Aflatoxin during Cooking Process and Effect of Food Components on Their Ability." J. Food Hyg. Soc. Jpn. vol. 33 (1992) PP. 150-156.

Tabata, S. and others "Aflatoxin Contamination of Food in Food and Foodstuffs in Tokyo 1986-1990." J. Assoc. Off Anal. Chem. vol. 76 (1993) PP. 32-35.

Tabata, S. and others. "Degradation of Aflatoxin by Food Additive." J.Food Prot. vol. 57 no. 1 (1994) PP. 42-47.

Thanaboripat, D. and others. "Effect of Sodium Chloride, Propionic Acid and Ammonium Hydroxide on Growth of *Aspergillus. flavus* on Corn and Aflatoxin Production." ASEAN Food J. vol. 7 no.1 (1992) PP. 24-29.

Thanaboripat, D. and others. "Effect of Food Preservatives on Growth and Aflatoxin Production of *Aspergillus flavus* in Liquid Medium." ASEAN Food J. vol.11 no. 56 (1996) PP.5-8.

Torres, J. and others. " Morphological Changes in Strains of *Aspergillus flavus* Link Ex Fries and *Aspergillus parasiticus* Spears Related with Aflatoxin Production." Mycopathologia vol. 72 no. 3 (1980) PP. 171-174.

Uraih, N. and J.R. Chipley. "Effects of Various Acids and Salts on Growth and Aflatoxin Production by *Aspergillus flavus* NRRL 3145."Microbios. vol. 17 (1976) PP. 51-59.

Vandegraft, E. , Hesseltine, C.W. and Shotwell, O.L. "Grain Preservatives: Effect on Aflatoxin Production and Ochratoxin Production." Cereal Chem. vol. 52 (1975) PP. 79-84.

Walbeck, W. van, T. Clademenos, and F. S. Thatcher. "Influence of Refrigeration on Aflatoxin Production by Strains of *Aspergillus flavus*." Can. J. Microbiol. vol.15 (1969) PP. 629-632.

WHO.Environmental Health Criteria II:Mycotoxins.World Health Organization,Geneva.1979.

Wogan, G.N. "Chemical Nature and Biological Effects of Aflatoxins."Bacteriol. Rev.vol. 30 (1966) PP. 460.

Wyatt, R.D.,Thaxton P. and P.B. Halminton. "Interaction of Aflatoxicosis with Heat Stress." Poultry Sci. vol. 54 (1975) PP. 1065-1070.

Wyss. O. "Food Additives."Advan. Food Res. vol. 1 (1948) PP. 373.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Yousef,A.E. and E.H.Marth."Growth and Synthesis of Aflatoxin by *Aspergillus parasiticus* in the Presence of Sorbic Acid." J.Food Prot. vol. 44 (1981) PP. 736-741.

Yousef,A.E., El-Gendy, S.M. and E.H. Marth. "Growth and Biosynthesis of Aflatoxin by *Aspergillus parasiticus* in the Cultures Containig Nisin. " Lebensm. Unters. Forsch. vol. 171 (1980) PP. 341-344.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
การใช้รังสีแกมมาเพื่อทำให้เมล็ดข้าวโพดปลอดเชื้อ

นำข้าวโพดที่บรรจุในถุงใส่ลงในเครื่องฉายรังสีแกมมา (Gammacell 220 ของ Nordon) (ภาพที่ 16) ที่มีความเข้มของแสง 26.3-36.4 กิโลเกรย์ โดยใช้เวลา 176 นาที

ภาพที่ 16 เครื่องฉายรังสีแกมมาในระดับห้องปฏิบัติการ (Gamma cell 220 ของ Nordon)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.
อาหารเลี้ยงเชื้อ

อาหาร MA (Malt Extract Agar)

อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป MA	36	กรัม
ซึ่งประกอบด้วย		
Maltose, Technical	12.75	กรัม
Bacto Dextrin	2.75	กรัม
Bacto Glycerol	2.35	กรัม
Bacto Peptone	0.75	กรัม
Agar Powder	15.0	กรัม
หรือใช้ส่วนผสมของ		
Malt extract	30.0	กรัม
Mycological Peptone	5.0	กรัม
Agar Powder	15.0	กรัม

ละลายส่วนผสมทั้งหมดให้มีปริมาตร 1000 มล. ต้มให้ละลาย นึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารข้าวโพดสกัด (Corn Extract Agar)

ข้าวโพดบด	200	กรัม
วุ้นผง	15	กรัม

1. ต้มข้าวโพดบดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ในน้ำกลั่น 1000 มล.
2. กรองเอาน้ำใส เติมน้ำกลั่นจนครบ 1000 มล.
3. เติมวุ้นผง และต้มให้ละลาย
4. นึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.
คุณสมบัติของสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

โซเดียมคลอไรด์

สูตรโมเลกุล	NaCl
มวลโมเลกุล	58.44
จุดหลอมเหลว	804 °ซ
ลักษณะ	เป็นผลึกสีขาว
การละลาย	ละลายได้ดีในน้ำ และกลีเซอรอล

แอมโมเนียมคาร์บอเนต

สูตรโมเลกุล	$(NH_4)_2CO_3$
มวลโมเลกุล	960.464
ลักษณะ	เป็นผลึกสีขาวมีกลิ่นของแอมโมเนีย
การละลาย	ละลายได้ดีในน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โซเดียมไบซัลไฟต์

สูตรโมเลกุล	$NaHSO_3$
มวลโมเลกุล	104.6
จุดหลอมเหลว	55 °ซ
ลักษณะ	สารละลายใสมีกลิ่นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์
การละลาย	ละลายได้ดีในน้ำ

โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์

สูตรโมเลกุล	$K_2S_2O_5$
มวลโมเลกุล	222.33
จุดหลอมเหลว	สลายตัวเมื่อโดนความร้อน
ลักษณะ	เป็นผลึกสีขาวมีกลิ่นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์
การละลาย	ละลายได้ดีในน้ำ

กรดเบนโซอิก

สูตรโมเลกุล	$C_7H_6O_2$
มวลโมเลกุล	122.13
จุดหลอมเหลว	121.7 °ซ
ลักษณะ	เป็นผลึกสีขาว
การละลาย	ละลายได้เล็กน้อยในน้ำ ละลายได้ในแอลกอฮอล์ คลอโรฟอร์ม อะซีโตน อีเทอร์ กลีเซอรอล และไขมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โซเดียมเบนโซเอต

สูตรโมเลกุล	$C_7H_5O_2Na$
มวลโมเลกุล	144.11
จุดหลอมเหลว	121.5-123.5 °ซ
ลักษณะ	เป็นผลึกสีขาว
การละลาย	ละลายได้ดีในน้ำ และแอลกอฮอล์ ไม่ละลายในไขมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

ตารางที่ ง-1 Percentage points of the studentized range

Error *df*	α	*p* = number of									
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5	.05	3.64	4.60	5.22	5.67	6.03	6.33	6.58	6.80	6.99	7.17
	.01	5.70	6.97	7.80	8.42	8.91	9.32	9.67	9.97	10.24	10.48
6	.05	3.46	4.34	4.90	5.31	5.63	5.89	6.12	6.32	6.49	6.65
	.01	5.24	6.33	7.03	7.56	7.97	8.32	8.61	8.87	9.10	9.30
7	.05	3.34	4.16	4.68	5.06	5.36	5.61	5.82	6.00	6.16	6.30
	.01	4.95	5.92	6.54	7.01	7.37	7.68	7.94	8.17	8.37	8.55
8	.05	3.26	4.04	4.53	4.89	5.17	5.40	5.60	5.77	5.92	6.05
	.01	4.74	5.63	6.20	6.63	6.96	7.24	7.47	7.68	7.87	8.03
9	.05	3.20	3.95	4.42	4.76	5.02	5.24	5.43	5.60	5.74	5.87
	.01	4.60	5.43	5.96	6.35	6.66	6.91	7.13	7.32	7.49	7.65
10	.05	3.15	3.88	4.33	4.65	4.91	5.12	5.30	5.46	5.60	5.72
	.01	4.48	5.27	5.77	6.14	6.43	6.67	6.87	7.05	7.21	7.36
11	.05	3.11	3.82	4.26	4.57	4.82	5.03	5.20	5.35	5.49	5.61
	.01	4.39	5.14	5.62	5.97	6.25	6.48	6.67	6.84	6.99	7.13
12	.05	3.08	3.77	4.20	4.51	4.75	4.95	5.12	5.27	5.40	5.51
	.01	4.32	5.04	5.50	5.84	6.10	6.32	6.51	6.67	6.81	6.94
13	.05	3.06	3.73	4.15	4.45	4.69	4.88	5.05	5.19	5.32	5.43
	.01	4.26	4.96	5.40	5.73	5.98	6.19	6.37	6.53	6.67	6.79
14	.05	3.03	3.70	4.11	4.41	4.64	4.83	4.99	5.13	5.25	5.36
	.01	4.21	4.89	5.32	5.63	5.88	6.08	6.26	6.41	6.54	6.66
15	.05	3.01	3.67	4.08	4.37	4.60	4.78	4.94	5.08	5.20	5.31
	.01	4.17	4.83	5.25	5.56	5.80	5.99	6.16	6.31	6.44	6.55
16	.05	3.00	3.65	4.05	4.33	4.56	4.74	4.90	5.03	5.15	5.26
	.01	4.13	4.78	5.19	5.49	5.72	5.92	6.08	6.22	6.35	6.46
17	.05	2.98	3.63	4.02	4.30	4.52	4.71	4.86	4.99	5.11	5.21
	.01	4.10	4.74	5.14	5.43	5.66	5.85	6.01	6.15	6.27	6.38
18	.05	2.97	3.61	4.00	4.28	4.49	4.67	4.82	4.96	5.07	5.17
	.01	4.07	4.70	5.09	5.38	5.60	5.79	5.94	6.08	6.20	6.31
19	.05	2.96	3.59	3.98	4.25	4.47	4.65	4.79	4.92	5.04	5.14
	.01	4.05	4.67	5.05	5.33	5.55	5.73	5.89	6.02	6.14	6.25
20	.05	2.95	3.58	3.96	4.23	4.45	4.62	4.77	4.90	5.01	5.11
	.01	4.02	4.64	5.02	5.29	5.51	5.69	5.84	5.97	6.09	6.19
24	.05	2.92	3.53	3.90	4.17	4.37	4.54	4.68	4.81	4.92	5.01
	.01	3.96	4.54	4.91	5.17	5.37	5.54	5.69	5.81	5.92	6.02
30	.05	2.89	3.49	3.84	4.10	4.30	4.46	4.60	4.72	4.83	4.92
	.01	2.89	4.45	4.80	5.05	5.24	5.40	5.54	5.65	5.76	5.85
40	.05	3.86	3.44	3.79	4.04	4.23	4.39	4.52	4.63	4.74	4.82
	.01	3.82	4.37	4.70	4.93	5.11	5.27	5.39	5.50	5.60	5.69
60	.05	2.83	3.40	3.74	3.98	4.16	4.31	4.44	4.55	4.65	4.73
	.01	3.76	4.28	4.60	4.82	4.99	5.13	5.25	5.36	5.45	5.53
120	.05	2.80	3.36	3.69	3.92	4.10	4.24	4.36	4.48	4.56	4.64
	.01	3.70	4.20	4.50	4.71	4.87	5.01	5.12	5.21	5.30	5.38
∞	.05	2.77	3.31	3.63	3.86	4.03	4.17	4.29	4.39	4.47	4.55
	.01	3.64	4.12	4.40	4.60	4.76	4.88	4.99	5.08	5.16	5.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-1 (ต่อ) Percentage points of the studentized range.

treatment means									α	Error *df*
12	13	14	15	16	17	18	19	20		
7.32	7.47	7.60	7.72	7.83	7.93	8.03	8.12	8.21	.05	5
10.70	10.89	11.08	11.24	11.40	11.55	11.68	11.81	11.93	.01	
6.79	6.92	7.03	7.14	7.24	7.34	7.43	7.51	7.59	.05	6
9.49	9.65	9.81	9.95	10.08	10.21	10.32	10.43	10.54	.01	
6.43	6.55	6.66	6.76	6.85	6.94	7.02	7.09	7.17	.05	7
8.71	8.86	9.00	9.12	9.24	9.35	9.46	9.55	9.65	.01	
6.18	6.29	6.39	6.48	6.57	6.65	6.73	6.80	6.87	.05	8
8.18	8.31	8.44	8.55	8.66	8.76	8.85	8.94	9.03	.01	
5.98	6.09	6.19	6.28	6.36	6.44	6.51	6.58	6.64	.05	9
7.78	7.91	8.03	8.13	8.23	8.32	8.41	8.49	8.57	.01	
5.83	5.93	6.03	6.11	6.20	6.27	6.34	6.40	6.47	.05	10
7.48	7.60	7.71	7.81	7.91	7.99	8.07	8.15	8.22	.01	
5.71	5.81	5.90	5.99	6.06	6.14	6.20	6.26	6.33	.05	11
7.25	7.36	7.46	7.56	7.65	7.73	7.81	7.88	7.95	.01	
5.62	5.71	5.80	5.88	5.95	6.03	6.09	6.15	6.21	.05	12
7.06	7.17	7.26	7.36	7.44	7.52	7.59	7.66	7.73	.01	
5.53	5.63	5.71	5.79	5.86	5.93	6.00	6.05	6.11	.05	13
6.90	7.01	7.10	7.19	7.27	7.34	7.42	7.48	7.55	.01	
5.46	5.55	5.64	5.72	5.79	5.85	5.92	5.97	6.03	.05	14
6.77	6.87	6.96	7.05	7.12	7.20	7.27	7.33	7.39	.01	
5.40	5.49	5.58	5.65	5.72	5.79	5.85	5.90	5.96	.05	15
6.66	6.76	6.84	6.93	7.00	7.07	7.14	7.20	7.26	.01	
5.35	5.44	5.52	5.59	5.66	5.72	5.79	5.84	5.90	.05	16
6.56	6.66	6.74	6.82	6.90	6.97	7.03	7.09	7.15	.01	
5.31	5.39	5.47	5.55	5.61	5.68	5.74	5.79	5.84	.05	17
6.48	6.57	6.66	6.73	6.80	6.87	6.94	7.00	7.05	.01	
5.27	5.35	5.43	5.50	5.57	5.63	5.69	5.74	5.79	.05	18
6.41	6.50	6.58	6.65	6.72	6.79	6.85	6.91	6.96	.01	
5.23	5.32	5.39	5.46	5.53	5.59	5.65	5.70	5.75	.05	19
6.34	6.43	6.51	6.58	6.65	6.72	6.78	6.84	6.89	.01	
5.20	5.28	5.36	5.43	5.49	5.55	5.61	5.66	5.71	.05	20
6.29	6.37	6.45	6.52	6.59	6.65	6.71	6.76	6.82	.01	
5.10	5.18	5.25	5.32	5.38	5.44	5.50	5.54	5.59	.05	24
6.11	6.19	6.26	6.33	6.39	6.45	6.51	6.56	6.61	.01	
5.00	5.08	5.15	5.21	5.27	5.33	5.38	5.43	5.48	.05	30
5.93	6.01	6.08	6.14	6.20	6.26	6.31	6.36	6.41	.01	
4.91	4.98	5.05	5.11	5.16	5.22	5.27	5.31	5.36	.05	40
5.77	5.84	5.90	5.96	6.02	6.07	6.12	6.17	6.21	.01	
4.81	4.88	4.94	5.00	5.06	5.11	5.16	5.20	5.24	.05	60
5.60	5.67	5.73	5.79	5.84	5.89	5.93	5.98	6.02	.01	
4.72	4.78	4.84	4.90	4.95	5.00	5.05	5.09	5.13	.05	120
5.44	5.51	5.56	5.61	5.66	5.71	5.75	5.79	5.83	.01	
4.62	4.68	4.74	4.80	4.85	4.89	4.93	4.97	5.01	.05	∞
5.29	5.35	5.40	5.45	5.49	5.54	5.57	5.61	5.65	.01	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวกนกรัตน์ ป้องประทุม เกิดวันที่ 22 พฤษภาคม 2515 ที่จังหวัดขอนแก่น สำเร็จการศึกษา วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขา สัตวศาสตร์ จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง เมื่อปีการศึกษา 2536 และทำโครงงานพิเศษ วิทยาศาสตรบัณฑิต ในหัวข้อ"ผลของอะฟลาทอกซินในนกกระทาระยะไข่และการลดพิษด้วยสารซีโอไลท์ (Effect of Dietary Aflatoxin and Detoxification by Zeolite in Laying Quails.)"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้