การวิเคราะห์หาปริมาณแคโรทีน (CAROTENE) และวิตะมินซี (ASCORBIC ACID) ในกล้วยไข่และกล้วยน้ำว้าที่มีความคิบสุกต่าง ๆ ภายหลังอาบรังสีแกมม่า (GAMMA RADIATION)

ปริญญานิพนธ์

ของ

ประวิตร ชูศิลป์

THE LIBRARY
COLLEGE OF EDUCATION
BANGKOK SRINAKARIN

เสนอต่อวิทยาลัยวิชาการศึกษา
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

20 กรกฎาคม 2515

การวิเคราะห์หาปริมาณแคโรทีน (CAROTENE) และวิตะมินซี (ASCORBIC ACID) ในกล้วยไข่และกล้วยน้ำว้าที่มีความดิบสุกต่าง ๆ ภายหลังอาบรังสีแกมม่า (GAMMA RADIATION)

บทคัดย่อ

ของ

ประวิตร ชูศิลป์

เสนอต่อวิทยาลัยวิชาการศึกษา
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

20 กรกฎาคม 2515

การวิเคราะห์หาปริมาณแคโรทีน (Carotene) และวิตะมินซี (Ascorbic Acid) ในกล้วยไข่และกล้วยน้ำว้าที่มีความดิบสุกต่างๆ ภายหลังอาบรังสีแกมม่า (Gamma Radiation)

การศึกษาค้นคว้านี้มีความมุ่งหมายเพื่อจะศึกษาผลของรังสีแกมม่าที่มีต่อแคโรทีนและวิตะมินซีในกล้วยไข่และกล้วยน้ำว้าที่มีความดิบสุกต่างกัน โดยการนำกล้วยดิบไปอาบรังสี-แกมม่าจากธาตุโคบอลท์-60 ใช้รังสีขนาดต่างๆ คือ 0 (Control) , 30, 40, 50, 60 และ 70 กิโลแรด แล้วเก็บรักษากล้วยที่อาบรังสีนี้ไว้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อทำการวิเคราะห์หาปริมาณแคโรทีนและวิตะมินซีในกล้วยที่มีความดิบสุก 3 ระยะ คือ ดิบ ห่าม และสุก แล้วเปรียบเทียบปริมาณแคโรทีนและวิตะมินซีในกล้วยที่อาบรังสีขนาดต่างๆ และความดิบสุกทั้ง 3 ระยะโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance)

ผลการทดลองปรากฏว่า กล้วยไข่ที่อาบรังสีขนาด 50, 60 และ 70 กิโลแรด มีแคโรทีนมากกว่ากล้วยไข่ที่มิได้อาบรังสีหรืออาบรังสีขนาดต่ำกว่านั้น แต่กล้วยน้ำว้าอาบรังสีมีแคโรทีนไม่แตกต่างจากกล้วยน้ำว้าที่มิได้อาบรังสี กล้วยทั้งสองชนิดนี้เมื่อห่ามมีแคโรทีนมากที่สุด กล้วยไข่ดิบและห่ามที่อาบรังสีมีวิตะมินซีน้อยกว่ากล้วยไข่ที่มิได้อาบรังสี และกล้วยน้ำว้าห่ามที่อาบรังสีมีวิตะมินซีน้อยกว่ากล้วยน้ำว้าที่มิได้อาบรังสี นอกจากนี้พบว่ากล้วยไข่ดิบและกล้วยน้ำว้าดิบที่อาบรังสีและไม่อาบรังสีมีวิตะมินซีมากที่สุด และจะลดลงเรื่อยๆ ขณะเก็บรักษา กล้วยไข่มีปริมาณแคโรทีนมากกว่ากล้วยน้ำว้าแต่มีปริมาณวิตะมินซีน้อยกว่า

อนึ่งการอาบรังสีเพื่อยืดระยะเวลาการเก็บรักษากล้วยไข่และกล้วยน้ำว้าโดยการเก็บกล้วยอาบรังสีไว้ที่อุณหภูมิห้องนั้นไม่อาจนำมาใช้ให้เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพได้ เพราะระยะเวลาการสุกของกล้วยที่อาบรังสีกับกล้วยที่มิได้อาบรังสีไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้การอาบรังสียังมีผลให้เปลือกของกล้วยไข่เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลคล้ำอีกด้วย

A QUANTITATIVE ANALYSIS OF CAROTENE AND ASCORBIC ACID CONTENTS OF BANANAS IN THREE DIFFERENT STAGES OF MATURITY FOLLOWING GAMMA IRRADIATION

ABSTRACT

BY

PRAVIT SHOO - SILAPA

Presented in partial fulfillment of the requirements

for the Master of Education Degree

the College of Education

July 20, 1972

A Quantitative Analysis of Carotene and Ascorbic Acid Contents of Bananas in Three Different Stages of Maturity Following Gamma Irradiation

---

The main purpose of the study was to compare the effects of gamma radiation on the amount of carotene and ascorbic acid in two varieties of Thai bananas having three different stages of maturity.

Fresh green Kluai Khai (Musa sapientum Linn.) and Kluai Namwa (Musa sapientum Linn.) were subjected to gamma radiation from Cobalt - 60 sources at doses of 0, 30, 40, 50, 60 and 70 Krads and were later stored at room temperature. Determination of carotene and ascorbic acid content was subsequently made on these samples when they were fresh green, half - ripe and ripe bananas.

The results of the experiment indicated that there was a significant increase of carotene in Kluai Khai irradiated at doses of 50 - 70 Krads while such above effect could not be observed in Kluai Namwa. The level of carotene in these bananas appeared greatest when they reached the stage of half - ripeness. A significant decrease of ascorbic acid content was noted in bananas irradiated at various doses and in those having different degrees of maturity. The quantity of vitamin C in fresh green bananas seemed highest but gradually decreased during storage. In general, Kluai Khai was a richer source of carotene but a poorer source of ascorbic acid than Kluai Namwa.

In conclusion, the application of gamma radiation on bananas together with the storage of these irradiated samples at room temperature did not seem effective in retardation of ripening in these fruits. In addition to a gradual loss of ascorbic acid in these two varieties of bananas, a change in the skin color of Kluai Khai was obvious during the storage period.

คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนิสิตได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิตของวิทยาลัยวิชาการศึกษาได้

ประธาน

กรรมการ

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์เรื่องนี้สำเร็จลงได้เนื่องจากผู้เขียนได้รับคำแนะนำ และการช่วยเหลือเป็นอย่างยิ่ง จาก อาจารย์ กร. เสาวนีย์ จักรพิทักษ์ และ อาจารย์ศรีสรร เลาห์เรณู จึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ผู้เขียนขอขอบคุณนักวิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่แห่งสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ กระทรวงพัฒนาการแห่งชาติ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องอาบรังสีแกมม่า ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง ตั้งแต่วันที่ 6 พฤศจิกายน พ.ศ. 2514 จนถึง 30 พฤษภาคม พ.ศ.2515

นอกจากนี้ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ผู้เขียนได้รับความช่วยเหลือจาก คุณรัตนีย์ กุลาวัฒนาวุฒิ และการจัดพิมพ์ปริญญานิพนธ์นี้จาก คุณวันทนีย์ บุพผัณชาติ ตลอดจนเพื่อนนิสิตปริญญาโทเกมี่ ท่าน ๆ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือตลอดมา จึงขอขอบคุณทุก ๆ ท่าน

ประวิตร ชูศิลป์

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	3
	ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า	3
	ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า	3
	วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า	4
	การวิเคราะห์ข้อมูล	4
	คำจำกัดความและศัพท์เฉพาะ	4
2	เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย	8
	การวิจัยในต่างประเทศ	9
	การวิจัยในประเทศไทย	13
3	วิธีดำเนินการทดลอง	17
	การสุ่มตัวอย่างกล้วย	17
	การอาบรังสีและการเก็บรักษากล้วย	17
	การวิเคราะห์หาปริมาณแคโรทีนและวิตะมินซี	19
	หลักและวิธีดำเนินการวิเคราะห์หาปริมาณแคโรทีน	19
	หลักและวิธีดำเนินการวิเคราะห์หาปริมาณวิตะมินซี	24
4	การวิเคราะห์ข้อมูลและผลการทดลอง	29
	ผลการวิเคราะห์หาปริมาณแคโรทีนในกล้วยไข่	29
	ผลการวิเคราะห์หาปริมาณวิตะมินซีในกล้วยไข่	33
	ผลการวิเคราะห์หาปริมาณแคโรทีนในกล้วยน้ำว้า	39

บทที่		หน้า
	ผลการวิเคราะห์หาปริมาณวิตะมินซีในกล้วยน้ำว้า	42
5	สรุปและอภิปรายผลการทดลอง	48
	ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	48
	วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า	48
	การวิเคราะห์ข้อมูล	48
	สรุปผลการศึกษาค้นคว้า	49
	อภิปรายผลการทดลอง	51
	ข้อเสนอแนะ	53
บรรณานุกรม		54
ภาคผนวก		
	ภาคผนวก ก.	58
	ภาคผนวก ข.	67

บัญชีตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณแคโรทีนในกล้วยไข่	29
2	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแคโรทีนในกล้วยไข่	31
3	ค่า t แสดงความแตกต่างระหว่างปริมาณแคโรทีนในกล้วยไข่ที่อาบรังสีขนาดต่าง ๆ	32
4	ค่า t แสดงความแตกต่างระหว่างปริมาณแคโรทีนในกล้วยไข่ที่มีความคิบสุกต่าง ๆ	32
5	ปริมาณวิตะมินซีในกล้วยไข่	33
6	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณวิตะมินซีในกล้วยไข่	34
7	ค่า t แสดงความแตกต่างระหว่างปริมาณวิตะมินซีในกล้วยไข่ที่อาบรังสีขนาดต่าง ๆ	35
8	ค่า t แสดงความแตกต่างระหว่างปริมาณวิตะมินซีในกล้วยไข่ที่มีความคิบสุกต่าง ๆ	36
9	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณวิตะมินซีในกล้วยไข่คิบซึ่งอาบรังสีขนาดต่าง ๆ	37
10	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณวิตะมินซีในกล้วยไข่ห่ามซึ่งอาบรังสีขนาดต่าง ๆ	37

ตารางที่ หน้า

11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง ของปริมาณวิตะมินซีในกล้วยไข่สุกซึ่งอาบรังสีขนาดต่าง ๆ 38

12 ปริมาณแคโรทีนในกล้วยน้ำว้า 39

13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแคโรทีนในกล้วยน้ำว้า 41

14 ค่า t แสดงความแตกต่างระหว่างปริมาณแคโรทีนในกล้วยน้ำว้า ที่มีความดิบสุกต่าง ๆ 42

15 ปริมาณวิตะมินซีในกล้วยน้ำว้า 42

16 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณวิตะมินซีในกล้วยน้ำว้า 43

17 ค่า t แสดงความแตกต่างระหว่างปริมาณวิตะมินซีในกล้วยน้ำว้า ที่อาบรังสีขนาดต่าง ๆ 44

18 ค่า t แสดงความแตกต่างระหว่างปริมาณวิตะมินซีในกล้วยน้ำว้า ที่มีความดิบสุกต่าง ๆ 45

19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง ของปริมาณวิตะมินซีในกล้วยน้ำว้าดิบซึ่งอาบรังสีขนาดต่าง ๆ 46

20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง ของปริมาณวิตะมินซีในกล้วยน้ำว้าห่ามซึ่งอาบรังสีขนาดต่าง ๆ 46

21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง ของปริมาณวิตะมินซีในกล้วยน้ำว้าสุกซึ่งอาบรังสีขนาดต่าง ๆ 47

ตารางที่		หน้า
22	ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์หาปริมาณแคโรทีนในกล้วยไข่	59
23	ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์หาปริมาณวิตะมินซีในกล้วยไข่	60
24	ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์หาปริมาณแคโรทีนในกล้วยน้ำว้า	62
25	ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์หาปริมาณวิตะมินซีในกล้วยน้ำว้า	64
26	ค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance)และร้อยละของการผ่านแสง (% Transmittance) ของสารละลายแคโรทีนมาตรฐาน ที่ช่วงคลื่น 450 mμ	66

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบที่		หน้า
1	เครื่องอาบรังสีแกมม่าแบบ Gamma beam 650	18
2	เครื่องมือที่ใช้ในการแยกแคโรทีน	21
3	เครื่อง Spectronic 20	22
4	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) กับความเข้มข้นของสารละลายแคโรทีนมาตรฐาน	25
5	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคโรทีนกับขนาดของรังสีและความคิบสุกของกล้วยไข่	30
6	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวิตะมินซีกับขนาดของรังสีและความคิบสุกของกล้วยไข่	34
7	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคโรทีนกับขนาดของรังสีและความคิบสุกของกล้วยน้ำว้า	40
8	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวิตะมินซีกับขนาดของรังสีและความคิบสุกของกล้วยน้ำว้า	43

บทที่ 1

บทนำ

วิตะมินเป็นสารอาหารที่สำคัญและจำเป็นต่อร่างกายเช่นเดียวกับสารอาหารชนิดอื่น ๆ คือ โปรตีน การ์โบไฮเดรท ไขมัน เกลือแร่อนินทรีย์ และน้ำ ร่างกายต้องการวิตะมินต่าง ๆ ในปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้นแต่ขาดไม่ได้ทั้งนี้เพราะว่าวิตะมินช่วยในการเจริญเติบโตและการบำรุงรักษาร่างกายให้ดำเนินไปตามปกติ และยังทำหน้าที่เป็นตัวกวบกุมปฏิกริยาเคมี (Catalyst) ในระบบต่าง ๆ ของร่างกายด้วย วิตะมินแตกต่างจากสารอาหารพวกโปรตีน การ์โบไฮเดรท และไขมันคือไม่ให้พลังงานแก่ร่างกาย (Cantarow and Schepartz, 1962 : 138) ร่างกายต้องการวิตะมินหลายชนิด แต่มีวิตะมินที่สำคัญและควรให้มีอยู่ในอาหารประจำวันอย่างเพียงพอ คือ วิตะมินบีหนึ่ง (Thiamin) วิตะมินบีสอง (Riboflavin) วิตะมินซี (Ascorbic Acid) วิตะมินเอ (Retinol) และวิตะมินดี (Calciferol) ส่วนวิตะมินอื่น ๆ ก็มีความจำเป็นต่อร่างกายเช่นเดียวกันแต่มีอยู่อย่างเพียงพอในอาหารทั่ว ๆ ไปที่รับประทานอยู่แล้ว คนมักไม่ค่อยมีปัญหาเกี่ยวกับการขาดวิตะมินเหล่านั้น (สุพิศ สากรมงกล, 2502 : 2)

วิตะมินอาจแบ่งออกได้เป็นสองพวกตามคุณสมบัติของการละลาย คือ วิตะมินที่ละลายในน้ำ (Water Soluble Vitamins) ซึ่งได้แก่ วิตะมินบีต่าง ๆ และวิตะมินซี กับวิตะมินที่ละลายในตัวทำละลายไขมัน (Fat Soluble Vitamins) ซึ่งได้แก่ วิตะมินเอ วิตะมินดี วิตะมินอี (Tocopherol) และวิตะมินเค (Phylloquinone) แหล่งกำเนิดที่สำคัญของวิตะมินต่าง ๆ เหล่านี้ คือ ผลิตผลที่ได้จากสัตว์และพืช

ผลไม้เป็นแหล่งสำคัญอย่างหนึ่งของวิตะมินต่าง ๆ ทั้งพวกที่ละลายในน้ำและพวกที่ละลายในตัวทำละลายไขมัน ปริมาณวิตะมินต่าง ๆ ในผลไม้อาจแตกต่างกันได้ถึงแม้ว่าจะเป็นผลไม้ชนิดเดียวกันก็ตาม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่าง ๆ เช่น แหล่งที่ปลูก ฤดูกาล ความสุก วิธีการเก็บรักษา เป็นต้น (Bogert and others, 1966 : 199) ดังนั้นผลไม้จากแหล่งผลิตจะต้องนำออกสู่ตลาด และต้องเก็บรักษาไว้ก่อนออกจากตลาดไปสู่ผู้บริโภค ดังนั้นวิธีการเก็บรักษาจึงเป็นองค์ประกอบที่สำคัญยิ่งอย่างหนึ่งที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตะมินในผลไม้เพราะ

ถ้าเก็บรักษาไม่ถูกวิธีผลไม้อาจสุกหรือเสื่อมคุณภาพเสียก่อนที่จะถึงผู้บริโภคก็ได้ เป็นต้นว่า วิตะมินต่าง ๆ ถูกทำลาย สี กลิ่น และรสผิดไปจากเดิม

วิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันในการเก็บรักษาผลไม้ให้สดคงสภาพเดิมเป็นเวลานาน ได้แก่การเก็บรักษาไว้ในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำ แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำเกินไปจะทำให้ผิวของผลไม้เปลี่ยนเป็นสีดำกลายไม่น่ารับประทาน และค่าใช้จ่ายต่อหน่วยน้ำหนักยังสูงอยู่ จึงเป็นเหตุให้มีการวิจัยและค้นคว้าหาวิธีการเก็บรักษาที่ดีที่สุดนอกจากวิธีที่ใช้กันอยู่ เช่น การเอาน้ำออก (Dehydration) การแช่อิ่ม (Concentration) การบรรจุกระป๋อง (Canning) การใช้ความเย็น (Refrigeration) ฯลฯ วิธีการเก็บรักษาส่วนมากอาศัยหลักการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในอาหารให้หมดไปโดยใช้ความร้อนขนาดต่ำ (Pasteurization) สิ่งที่ควรคำนึงในการเลือกใช้วิธีการเก็บรักษาเหล่านี้ก็คือผลเสียที่อาจจะเกิดขึ้นได้เป็นต้นว่า การสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ การเปลี่ยนแปลงสี กลิ่น และรส (อุบลศรี เชี่ยวสกุล, 2504 : 8)

ในปัจจุบันได้มีการทดลองนำรังสีมาใช้ในการเก็บรักษาอาหาร เช่น เก็บรักษาเบล็ดพืชผักต่าง ๆ ซึ่งก็ได้ผลดีเป็นที่น่าพอใจ เพราะรังสีสามารถกำจัดเชื้อจุลินทรีย์และแมลงบางชนิดที่เป็นสาเหตุของการเน่าออกจากอาหารได้ ถ้าหากวิธีการใช้รังสีนี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการเก็บรักษาอาหารได้ผลดีแล้ว ค่าใช้จ่ายต่อหน่วยน้ำหนักของอาหารจะถูกมาก (Rhodes, 1966 : 4) ด้วยเหตุที่วิธีการใช้รังสีในการเก็บรักษาอาหารอาจนำมาใช้ได้อย่างกว้างขวางในอนาคตและเป็นเทคนิคใหม่สำหรับคนไทย ผู้วิจัยจึงเกิดความสนใจที่จะศึกษาผลของรังสีที่มีต่อวิตะมินต่าง ๆ ในผลไม้อันเป็นอาหารหลักที่สำคัญหมู่หนึ่งของคนไทย โดยการศึกษาผลของรังสีแกมม่า (Gamma Radiation) ที่มีต่อแคโรทีน (Carotene) และวิตะมินซี (Ascorbic Acid) แคโรทีนหรือ precursor ของวิตะมินเอนี้ถือเป็นตัวแทนของวิตะมินพวกที่ละลายในตัวทำละลายไขมัน ส่วนวิตะมินซีถือเป็นตัวแทนของวิตะมินพวกที่ละลายในน้ำที่มีอยู่ในกล้วยบางชนิด ผู้วิจัยได้เลือกกล้วยน้ำว้าและกล้วยไข่ เป็นตัวแทนของกล้วยชนิดต่าง ๆ ซึ่งมีอยู่ประมาณ 13 ชนิด ในประเทศไทย (Udompongsanon, 1969 : 53) ผลการศึกษาค้นคว้านี้จะทำให้ได้ข้อมูลที่มีประโยชน์ในการนำพลังงานปรมาณูมาใช้ในทางสันติ ตลอดจนนำเทคนิคและวิธีการต่าง ๆ ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าเรื่องนี้ไปใช้เป็นแนวทางในการสอนวิชาเคมีวิเคราะห์ (Analytical

Chemistry) และชีวเคมี (Biochemistry) ในระดับอุดมศึกษาและการฝึกหัดครูได้ต่อไป

ความมุ่งหมายในการศึกษาค้นคว้า

เพื่อศึกษาผลของรังสีแกมม่าที่มีต่อแคโรทีนซึ่งเป็น precursor ของวิตะมินเอและถือเป็นตัวแทนของวิตะมินพวกที่ละลายในตัวทำละลายไขมัน กับวิตะมินซีซึ่งถือเป็นตัวแทนของวิตะมินพวกที่ละลายในน้ำที่มีอยู่ในกล้วยน้ำว้าและกล้วยไข่ที่มีความคิบสุกต่าง ๆ กัน

ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า

1. ผลของการศึกษาค้นคว้านี้จะทำให้ทราบความเปลี่ยนแปลงของปริมาณแคโรทีนและวิตะมินซีในกล้วยน้ำว้าและกล้วยไข่ที่มีความคิบสุกต่าง ๆ ภายหลังอาบรังสีแกมม่า

2. เทคนิคและวิธีการที่ได้จากการศึกษาค้นคว้านี้สามารถนำไปใช้ในการสอนวิชาเคมีวิเคราะห์ (Analytical Chemistry) และวิชาชีวเคมี (Biochemistry) ในระดับอุดมศึกษาและการฝึกหัดครูได้

3. ผลของการศึกษาค้นคว้านี้จะทำให้ได้ข้อมูลเบื้องต้นที่มีประโยชน์ในการนำพลังงานปรมาณูมาใช้ให้เป็นประโยชน์ในทางสันติ

ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

1. ศึกษาผลของรังสีที่มีต่อวิตะมินในกล้วย 2 ชนิด คือ

1.1 กล้วยน้ำว้า (Kluai namwa หรือ Musa sapientum Linn.)

1.2 กล้วยไข่ (Kluai khai หรือ Musa sapientum Linn.)

2. วิเคราะห์หาวิตะมิน 2 ชนิด คือ แคโรทีน และวิตะมินซี

3. รังสีที่ใช้ทดลองได้แก่รังสีแกมม่าจากธาตุโคบอลท์-60 และปริมาณรังสีที่ใช้ทดลองมี 6 ขนาด คือ 0, 30, 40, 50, 60 และ 70 กิโลแรด (Krads)

4. ความคิบสุกของกล้วยที่ทำการวิเคราะห์หาปริมาณวิตะมินภายหลังที่อาบรังสีแล้วมี 3 ระยะ คือ คิบ น้ำนม และสุก

5. การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาในด้านปริมาณวิเคราะห์ (Quantitative Analysis) โดยใช้วิธีการทางเคมีหรือทางฟิสิกส์ที่เหมาะสม

วิธีดำเนินการศึกษาครั้งนี้

1. สุ่มตัวอย่างกล้วยดิบที่ตัดออกจากต้นนานไม่เกินสองวันแล้วนำไปอบรังสีขนาดตั้งแต่ 0 ถึง 70 กิโลแรด เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณแคโรทีนและวิตะมินซีดังได้กล่าวมาแล้ว

2. เก็บกล้วยที่อบรังสีทุกขนาดไว้ที่อุณหภูมิห้องแล้วทำการวิเคราะห์หาปริมาณวิตะมินในกล้วยที่มีความดิบสุก 3 ระยะ คือ ดิบ ห่าม และสุก

3. การวิเคราะห์หาปริมาณวิตะมินแต่ละชนิด ในกล้วยน้ำว้าและกล้วยไข่ที่อบรังสีแต่ละขนาด และมีความดิบสุกต่างกันข้างต้น ทำ 3 การทดลองซ้ำกันและในแต่ละการทดลองทำ 3 replicates

4. วิธีการทางเคมีและทางฟิสิกส์ที่ใช้ในการทดลองมีดังต่อไปนี้

4.1 การวิเคราะห์หาปริมาณแคโรทีน ใช้วิธีสกัดด้วยตัวทำละลาย, Column chromatography และ Spectrophotometric method

4.2 การวิเคราะห์หาปริมาณวิตะมินซี ใช้ Standardized dye method โดยอาศัยปฏิกิริยา Oxidation - Reduction ระหว่าง Ascorbic acid กับ 2, 6 - Dichlorobenzenoneindophenol

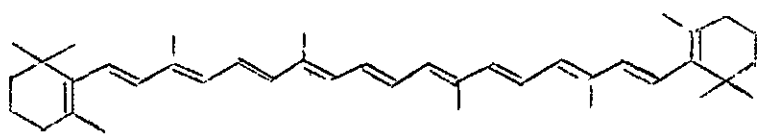
การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์หาปริมาณแคโรทีนและวิตะมินซีในกล้วยแต่ละชนิดไปหาค่าเฉลี่ย (Mean) ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และเปรียบเทียบหาความแตกต่างทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance)

คำจำกัดความและศัพท์เฉพาะ

1. แคโรทีน (Carotene, Provitamin A, $C_{40}H_{56}$) คือ Pigments พวก —

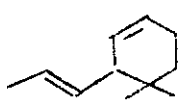
แคโรทีนอยด์ (Carotenoid) ชนิดหนึ่งซึ่งมีอยู่ใน เนื้อเยื่อของพืชและสัตว์ มีสีแดง สีส้ม สามารถเปลี่ยนไปเป็นวิตะมินเอ (Retinol, $C_{20}H_{30}O$) ได้เนื่องจากมีสูตรโครงสร้างคล้ายคลึงกันจึงได้ชื่อว่าเป็น precursor ของวิตะมินเอ หรือ provitamin A ชนิดหนึ่ง แคโรทีนละลายได้ดีในตัวทำละลายไขมันเช่นปิโตรเลียมอีเธอร์ คลอโรฟอร์ม เป็นต้น มีอยู่ 3 ไอโซเมอร์ (Isomers) ประกอบด้วย แอลฟ่าแคโรทีน (α- Carotene) ประมาณร้อยละ 15 เบต้า แคโรทีน (β - Carotene) ประมาณร้อยละ 85 และแกมม่าแคโรทีน (γ- Carotene) ประมาณร้อยละ 0.1 แคโรทีนทั้ง 3 ไอโซเมอร์มีจุดหลอมเหลว (Melting Point) ที่ 188, 184 และ 174° ซ ตามลำดับ ทั้งแอลฟ่าและแกมม่าแคโรทีน 1 โมเลกุลจะเปลี่ยนไปเป็นวิตะมินเอได้อย่างละหนึ่งโมเลกุลเท่ากัน ส่วนเบต้าแคโรทีนจะเปลี่ยนไปเป็นวิตะมินเอได้ถึงสองเท่า เพราะเบต้าแคโรทีนมีสูตรโครงสร้างเป็นแบบสมมาตร (Symmetry) ดังนี้



Beta Carotene

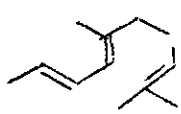
A ring B ring

ส่วนแอลฟ่าและแกมม่าแคโรทีนก็มีสูตรคล้ายคลึงกันกับเบต้าแคโรทีนแต่ไม่สมมาตร เนื่องจาก B ring แตกต่างกับ A ring กล่าวคือ B ring ในแคโรทีนทั้งสองชนิดมีได้เป็น β - ionone ring เหมือนกับ A ring ในเบต้าแคโรทีน ดังนี้



Alpha Carotene

B ring



Gamma Carotene

2. <u>วิตะมินซี</u> (L - Ascorbic Acid, Cevitamin, Antiscorbutic Vitamin) คือสารอาหารพวกวิตะมินที่ละลายได้ดีในน้ำ เป็นของแข็งสีขาว มีจุดหลอมเหลวที่ 192° ซ.

มีคุณสมบัติเป็น Reducing agent ที่แรงจึงถูก Oxidized ได้ง่าย มีสูตรโครงสร้างดังต่อไปนี้

Reduced form, C_6Hg_6 Oxidized form, $C_6H_6O_6$

การศึกษาค้นคว้าเรื่องนี้จะเป็นการวิเคราะห์หาปริมาณวิตะมินซีเฉพาะที่อยู่ในลักษณะของ reduced form เท่านั้น

3. รังสีแกมม่า (Gamma Radiation) คือ พลังงานที่แผ่ออกมาจากนิวเคลียสของอะตอมของธาตุกัมมันตภาพรังสี เช่น Co^{60} Cs^{137} ฯลฯ ในลักษณะของกลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเช่นเดียวกับแสงสว่างจากดวงอาทิตย์แต่มีช่วงคลื่น (Wavelength) สั้นเพียง 0.001 - 1.0 อังสตรอม (Angstrom) เท่านั้น จึงมีพลังงานสูงกว่าแสงสว่างธรรมดามาก ตามนุษย์มองไม่เห็น รังสีแกมม่าเป็นกัมมันตภาพรังสีชนิดที่มีอำนาจทะลุทะลวงมากที่สุด และเป็น ionizing radiation เพราะทำให้โมเลกุลที่รังสีนี้ผ่านแตกตัวออกเป็นไอออน (Ion) ได้

รังสีแกมม่าที่ใช้ในการทดลองนี้ได้จากเครื่องอาบรังสีแกมม่า (Gamma Radiator) ที่มีธาตุโคบอลท์ - 60 เป็นต้นกำเนิดของรังสี

4. แรด (Rad) คือหน่วยวัดปริมาณของรังสีที่ก่อให้เกิดพลังงานในวัตถุที่อาบรังสี (Energy Absorbed) ปริมาณรังสี 1 แรด มีค่าเท่ากับปริมาณรังสีที่ก่อให้เกิดพลังงาน 100 เอิร์ก (Ergs) ในวัตถุที่อาบรังสีหนัก 1 กรัม

1000 แรด = 1.0 กิโลแรด (Krad)

5. การอาบรังสี (Irradiation) คือการใช้รังสีฉายผ่านเข้าไปในวัตถุ เพื่อความมุ่งหมายบางอย่าง เช่น การทำลายเชื้อจุลินทรีย์แบบเดียวกับการใช้ความร้อนมาทำ (Pasteurization) การทำให้หมดความสามารถในการให้กำเนิด (Sterilization) การทำลายแมลง (Disinfestation) การเก็บรักษาอาหาร (Food Preservation) การยับยั้งการงอกของเหล็ดพืช (Sprout Inhibition) เป็นต้น หรือเพื่อความมุ่งหมายหลายอย่างรวมกัน

การอาบรังสีในการทดลองนี้มีความมุ่งหมายเพื่อที่จะศึกษาผลของรังสีแกมม่าที่มีต่อสารอาหารพวกวิตะมินเท่านั้น

6.<u>ดิบ</u> หมายถึงสภาพของผลกล้วยที่แก่เต็มที่และตัดออกจากเครือแล้วพร้อมที่จะนำไปใช้ทำอาหารหรือเก็บไว้ให้สุกต่อไป เปลือกภายนอกทั้งหมดยังมีสีเขียวสดอยู่

7.<u>ห่าม</u> หมายถึงสภาพของผลกล้วยที่แก่เต็มที่และตัดออกจากเครือขณะยังดิบอยู่ แล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง จนเปลือกภายนอกเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลืองประมาณร้อยละ 50

8.<u>สุก</u> หมายถึงสภาพของผลกล้วยที่แก่เต็มที่และตัดออกจากเครือขณะยังดิบอยู่ แล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องจนเปลือกภายนอกเปลี่ยนเป็นสีเหลืองทั้งหมด

9.<u>คอลัมน์ โครมาโตกราฟฟี่</u> (Colum Chromatography) หมายถึงเทคนิคอย่างหนึ่งที่ใช้แยกสารประกอบที่มีอยู่ในของผสม โดยใช้เครื่องมือเป็นหลอดแก้วซึ่งบรรจุด้วยตัวถูก (Adsorbent) ชนิดที่เหมาะสมกับการแยกสารประกอบแต่ละชนิด เทคนิคนี้สามารถใช้วิเคราะห์สารได้ทั้งคุณภาพวิเคราะห์ (Qualitative Analysis)และปริมาณวิเคราะห์ (Quantitative Analysis)

10. <u>สเปคโตรโฟโตเมทรี่</u>(Spectrophotometry) หมายถึงเทคนิคอย่างหนึ่งที่ใช้หาค่าการดูดกลืนแสง(Absorbance) หรือความเข้มของแสงที่ผ่านออกมาจากสารละลาย (Transmittance) ที่ช่วงคลื่นใดช่วงคลื่นหนึ่ง โดยใช้เครื่องมือ Spectrophotometer ใช้ในการวิเคราะห์สารได้ทั้งคุณภาพวิเคราะห์และปริมาณวิเคราะห์

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาค้นคว้า

ความคิดที่เป็นรากฐานในการนำรังสีมาใช้เพื่อการเก็บรักษาอาหารมีมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 2447 โดย เพรสกอทท์ (S. C. Prescott) ได้ศึกษาผลของรังสีจากธาตุเรเดียมที่มีต่อยีสต์ ภายหลังที่ เบคเกอเรล (A. H. Becquerel) พบธาตุกัมมันตภาพรังสีในธรรมชาติเมื่อปี พ.ศ. 2439 และ เรินท์เกน (W. C. Roentgen) พบรังสีเอกซ์เมื่อปี พ.ศ. 2441 เพียงไม่กี่ปี (Maxie and Abdel - Kader, 1966 : 105) ในอเมริกาและยุโรปได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการใช้รังสีเพื่อการเก็บรักษาอาหาร (Radiopreservation) มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2498 และพบว่าการใช้รังสีขนาดต่ำจะทำให้เชื้อจุลินทรีย์ที่ยังไม่ตายไม่ทวีจำนวนเพิ่มขึ้นอีกและไม่เป็นอันตรายแก่อาหาร กลิ่น สี และรสของอาหารยังคงเหมือนเดิมเป็นเวลานาน แต่ถ้าต้องการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ให้หมดไปก็ต้องใช้รังสีขนาดสูงมาก ซึ่งอาจทำให้คุณค่าทางโภชนาการ กลิ่น สี และรสของอาหารผิดไปจากเดิมได้

โกลบลิท (Goldblith, 1966 : 93) กล่าวว่า การใช้รังสีเพื่อการเก็บรักษาอาหารมีสิ่งที่ต้องคำนึงและประเมินผลอย่างละเอียดอยู่ 4 ประการ คือ

1. ผลของรังสีที่มีต่อคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร
2. ผลของรังสีอาจก่อให้เกิดสารที่เป็นพิษ (Toxic Substances) ขึ้นในอาหาร
3. ผลของรังสีอาจก่อให้เกิดสารที่ทำให้เกิดโรคมะเร็ง (Carcinogen) ขึ้นในอาหาร
4. ผลของรังสีอาจก่อให้เกิดสารกัมมันตภาพรังสี (Radioactive Substances) ขึ้นในอาหาร

การเลือกใช้ขนาดและชนิดของรังสีให้เหมาะสมจึงเป็นสิ่งสำคัญยิ่ง รังสีที่มีผู้เสนอให้ใช้สำหรับการเก็บรักษาอาหารล้วนเป็นรังสีที่ทำให้เกิดไอออน (Ionizing Radiations) ได้ทั้งสิ้น เช่น อิเลคตรอนที่มีความเร็วสูง (High Speed Electrons) รังสีเอกซ์ (X - Radiation) และรังสีแกมม่า (Gamma Radiation) ส่วนนิวตรอน (Neutron) ไม่นำมาใช้กัน เพราะจะ

ทำให้เกิดสารกัมมันตภาพรังสีขึ้นในอาหาร (ปารีส ยุโรเปียน โปรดักติวิตี้ เอเจนซี่ ออฟ โออีอีซี, 2509 : 109)

รังสีแกจากจะทำให้เชื้อจุลินทรีย์ในอาหารหมดไปหรือลดจำนวนลงได้แล้วยังมีผลทำให้สารบางชนิดแตกตัวออกเป็นไอออน (Ion) และเกิด Excited molecule ด้วย ผลของรังสีที่มีต่ออาหารสด เช่น เนื้อสัตว์ ผลไม้ ฯลฯ จะเกิดขึ้นโดยตรงกับโมเลกุลของน้ำที่มีอยู่ในอาหารนั้นโดยรังสีจะทำให้โมเลกุลของน้ำแตกตัวออกเป็นอนุมูลไฮโดรเจนอิสระ (Hydrogen Free Radical) กับอนุมูลไฮดรอกซิลอิสระ (Hydroxyl Free Radical) ซึ่งเป็นอนุมูลที่มีความว่องไวในการทำปฏิกิริยามากจึงทำให้สารอื่น ๆ ที่มีอยู่ในอาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงต่อไป (Ministry of Health, 1964 : 7) ด้วยเหตุดังกล่าวนี้การอาบรังสีอาหารจึงอาจทำให้คุณค่าทางโภชนาการของอาหารเสียไป เป็นต้นว่าวิตะมินต่าง ๆ ถูกทำลาย กลิ่น สี และรสผิดไปจากเดิม เรื่องที่ต้องทำการศึกษาค้นคว้าต่อไปก็คือ ควรใช้รังสีขนาดเท่าใดจึงจะเหมาะสมสำหรับอาหารชนิดหนึ่ง ๆ โดยที่จะไม่ทำให้กลิ่น สี รส และคุณค่าทางโภชนาการของอาหารเสียไป

รายงานผลการวิจัยที่เกี่ยวกับการอาบรังสีอาหารทั้งในต่างประเทศและในประเทศไทยที่จะกล่าวโดยย่อมีดังต่อไปนี้

<u>การวิจัยในต่างประเทศ</u>

ริชาร์ดสันและคนอื่น ๆ (Richardson and others, 1958 : 409 - 418) แห่งสถานีทดลองทางเกษตร รัฐเทกซัส สหรัฐอเมริกา ได้ศึกษาผลของรังสีที่มีต่อวิตะมินพวกที่ละลายในน้ำ คือ วิตะมินบีหนึ่ง (Thiamin) วิตะมินบีสอง (Riboflavin) วิตะมินบีหก (Pyridoxine) กรดแพนโทเธนิก (Pantothenic Acid) และกรดโฟลิก (Folic Acid) โดยการผสมวิตะมินเหล่านี้กับผงเกซีน (Casein) แล้วนำไปอาบรังสีแกมม่าจากโกบอลท์-60 ในลักษณะที่เป็นผงแห้งและในลักษณะที่เป็นสารละลาย ใช้รังสีขนาด 2790 กิโลแรด ผลการทดลองปรากฏว่า ถ้าวิตะมินเหล่านี้อยู่ในลักษณะที่เป็นผงแห้งจะไม่ได้รับผลจากรังสีแกมม่าขนาดนี้ แต่ถ้าวิตะมินเหล่านี้อยู่ในลักษณะที่เป็นสารละลายจะได้รับผลจากรังสีบ้าง วิตะมินที่ได้รับผลจากรังสีมากที่สุด คือ วิตะมินบีหนึ่ง ส่วนวิตะมินบีหก วิตะมินบีสอง กรดแพนโทเธนิกและกรดโฟลิกได้รับผลจากรังสีน้อยลง

ตามลำดับ

โอบาระ และคนอื่น ๆ (Obara and others, 1959 : 22594f) แห่งมหาวิทยาลัยโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น ได้ศึกษาผลของรังสีแกมม่าที่มีต่อวิตะมินซีในน้ำผลไม้จำพวกส้มภายใต้สภาวะต่าง ๆ กัน คือ มีความเข้มข้นและภายใต้อุณหภูมิต่าง ๆ กัน ผลการทดลองปรากฏว่า วิตะมินซีในน้ำผลไม้จำพวกส้มจะได้รับผลจากรังสีสูงสุดเมื่อความเข้มข้นน้อยและภายใต้อุณหภูมิสูง แต่วิตะมินซีจะได้รับผลจากรังสีน้อยลงเมื่อความเข้มข้นของน้ำผลไม้สูงขึ้นและภายใต้อุณหภูมิต่ำ

แนพพ์ และ แทพเพล (Knapp and Tappel, 1961 : 430 - 433) แห่งมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย เมืองเดวิส สหรัฐอเมริกา ได้เปรียบเทียบผลของรังสีแกมม่าที่มีต่อวิตะมินต่าง ๆ ที่ละลายในตัวทำละลายไขมันภายใต้สภาวะอย่างเดียวกัน โดยการละลายวิตะมินต่าง ๆ คือ แคโรทีน วิตะมินเอ วิตะมินดี วิตะมินอี และวิตะมินเคในตัวทำละลายที่เฉื่อย (Inert Solvent) บางชนิด เช่น ไอโซ – ออคเทน (Iso - octane) ไตรบิวทีริน (Tributyrin) เป็นต้น ให้มีความเข้มข้นขนาดเท่ากัน แล้วนำไปอาบรังสีแกมม่าจากธาตุโคบอลท์ – 60 โดยใช้ขนาดรังสีตั้งแต่ 500 ถึง 1,000 กิโลแรด ในบรรยากาศของก๊าซต่าง ๆ คือ อากาศปกติ บรรยากาศที่อิ่มตัวของก๊าซไนโตรเจน และบรรยากาศที่อิ่มตัวของก๊าซออกซิเจน ผลการทดลองปรากฏว่าวิตะมินที่ได้รับผลจากรังสีสูงสุดคือ วิตะมินอี ส่วนแคโรทีน วิตะมินเอ วิตะมินดี และวิตะมินเคได้รับผลจากรังสีน้อยลงตามลำดับ ในบรรยากาศที่อิ่มตัวของก๊าซออกซิเจนจะช่วยให้วิตะมินอีได้รับผลจากรังสีน้อยลงและช่วยให้วิตะมินดีและวิตะมินเคมีเสถียรภาพสูงขึ้นด้วย

วินเซนต์ (Vincent, 1961 : 25075) นักวิทยาศาสตร์แห่งประเทศเซาโกสโลวาเกีย ได้ศึกษาผลของรังสีแกมม่าที่มีต่อวิตะมินซีและวิตะมินบีหนึ่งในอาหารหลายชนิด ผลการทดลองปรากฏว่าวิตะมินทั้งสองนี้จะได้รับผลจากรังสีมากเมื่อวิตะมินอยู่ในลักษณะที่เป็นสารละลาย ความสูญเสียวิตะมินทั้งสองชนิดนี้มีมากน้อยขึ้นโดยตรงกับขนาดรังสีและความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ทดลอง กล่าวคือ ความสูญเสียจะมากเมื่อใช้ขนาดรังสีมากและความเข้มข้นน้อย ความสูญเสียจะน้อยลงเมื่อใช้ขนาดรังสีน้อยและความเข้มข้นมาก นอกจากนี้แล้วยังพบว่าการฉายรังสีอย่างไม่สม่ำเสมอหรือไม่ต่อเนื่องกันจะช่วยให้ความสูญเสียวิตะมินลดลงได้

ผลการทดลองอาบรังสีวิตะมินที่อยู่ในลักษณะเป็นผลึก ปรากฏว่า วิตะมินซีและวิตะมินบีหนึ่ง

ได้รับผลจากรังสีบ้าง กล่าวคือมีผลทำให้สีของวิตะมินซีเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลกล้ำ และวิตะมินบีเปลี่ยนเป็นสีชมพู ในการอาบรังสีพืชผักอื่น ๆ เช่น บันฝรั่ง แครอท หัวหอม และมะเขือเทศ ด้วยขนาดรังสีต่าง ๆ คือ 67, 53.58, 65.3 และ 1,000 กิโลเรด ตามลำดับ ปรากฏว่าวิตะมินซีที่อยู่ในพืชผักเหล่านี้ไม่ได้รับผลจากรังสี แต่การใช้รังสีแกมม่าขนาด 374 กิโลเรด เพื่อทำลายเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำนมจะมีผลทำให้วิตะมินซีมีปริมาณลดลงจากเดิมร้อยละ 14.9

วินเซนท์ ได้สรุปผลการทดลองของเขาไว้ว่า การอาบรังสีแกมม่าทำให้วิตะมินต่าง ๆ ในอาหารเกิดการสูญเสียมากน้อย ขึ้นโดยตรงกับปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในอาหารนั้นมากกว่าที่จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางเคมีของวิตะมิน

โควาล'สกายา และวาซิล'อีวา (Koval'skaya and Vasil'eva, 1963 : 13088g) นักวิทยาศาสตร์แห่งประเทศรัสเซีย ได้ศึกษาผลของรังสีแกมม่าที่มีต่อการสังเคราะห์แคโรทีนและไลโคพีน (Lycopene) ในมะเขือเทศ โดยการอาบรังสีมะเขือเทศที่มีความดิบสุกต่าง ๆ กัน ในอัตรา 24 และ 1,100 แรด ต่อวินาที ผลการทดลองปรากฏว่า ทั้งแคโรทีนและไลโคพีนไม่ได้รับผลจากรังสีมากนัก การอาบรังสีทำให้พืชหยุดสังเคราะห์แคโรทีนและไลโคพีน ผลการทดลองดังกล่าวนี้เกิดขึ้นอย่างเดียวกันในมะเขือเทศที่มีความดิบสุกต่าง ๆ กันด้วย

เฟอร์กูสัน และคนอื่น ๆ (Ferguson and others, 1966 : 105 - 107) แห่งสถาบันวิจัยทางอาหาร กระทรวงเกษตร ประเทศแคนาดา ได้ศึกษาผลของรังสีแกมม่าที่มีต่อเชื้อจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งที่เป็นสาเหตุทำให้ผลกล้วยเสียหาย โดยการใช้รังสีแกมม่าจากธาตุโคบอลท์ - 60 ขนาดรังสีที่ใช้ทดลองตั้งแต่ 25 ถึง 300 กิโลแรด แล้วทำการศึกษาผลของรังสีที่อาจทำให้กล้วยเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางกายภาพ ผลการทดลองปรากฏว่า รังสีขนาดตั้งแต่ 150 กิโลแรด ขึ้นไปสามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ชนิดดังกล่าวนี้ได้ ผิวกายนอกบางส่วนของผลกล้วยที่อาบรังสีจะแตกเป็นรอย รังสีขนาด 25 กิโลแรด อาจมีส่วนในการเร่งให้กล้วยสุกเร็วขึ้น ตรงกันข้ามกับการใช้รังสีขนาดตั้งแต่ 50 กิโลแรด ขึ้นไปจะทำให้กล้วยสุกช้ากว่าปกติ การใช้รังสีขนาดต่ำ ๆ จะไม่ทำให้ สี กลิ่น และรสของกล้วยเสียไปแต่อย่างใด ปริมาณน้ำตาลในกล้วยที่อาบรังสีและมิได้อาบรังสีไม่แตกต่างกัน ส่วนปริมาณวิตะมินซีในกล้วยที่อาบรังสีลดลงกว่า กล้วยที่มิได้อาบรังสีภายหลังเก็บไว้นาน 9 วัน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบโดยใช้ t - test

คาร์การ์ และคนอื่น ๆ (Dharkar and others, 1966 : 863 - 869) แห่งสำนักงานพลังงานปรมาณู ประเทศอินเดีย ได้ทดลองใช้รังสีแกมม่าเพื่อทำให้ผลมะม่วงสุกช้าลง โดยทำมะม่วงชนิดหนึ่ง คือ Alphonso Mangoes มาอาบรังสีแกมม่าขนาดต่าง ๆ กัน คือ 12, 25, 50, 75, 100 และ 200 กิโลแรด ภายใต้บรรยากาศของก๊าซต่าง ๆ คือ อากาศปกติ ก๊าซออกซิเจน และก๊าซไนโตรเจนแล้วเก็บรักษามะม่วงที่อาบรังสีแล้วนี้ไว้ที่อุณหภูมิห้อง ประมาณ 25 - 30° ซ. เป็นเวลานาน 20 วัน ผลการทดลองปรากฏว่า มะม่วงที่มิได้อาบรังสีจะสุกทั้งหมดภายในระยะเวลา 10 วัน ส่วนมะม่วงที่อาบรังสีขนาดต่าง ๆ คือ 12, 25, 50 และ 75 กิโลแรดนั้นจะสุกทั้งหมดภายในเวลา 13, 16, 15 และ 15 วัน ตามลำดับ ในบรรยากาศปกติและบรรยากาศของก๊าซออกซิเจน รังสีจะมีผลทำให้ปริมาณวิตะมินซีลดลง แต่ถ้าอาบรังสีในบรรยากาศของก๊าซไนโตรเจน วิตะมินซีจะได้รับผลจากรังสีน้อยมาก ปริมาณแคโรทีนในมะม่วงที่อาบรังสีมีมากกว่าในมะม่วงที่มิได้อาบรังสี

เดนนิสัน (Dennison, 1969 : 1857) แห่งมหาวิทยาลัยฟลอริดา สหรัฐอเมริกาได้ศึกษาผลของรังสีแกมม่าขนาดต่ำที่มีต่อการเก็บรักษาผลไม้และพืชผักต่าง ๆ คือ มะนาว ลูกท้อ องุ่น ส้ม มะเขือเทศ และมะม่วง ผลการทดลองปรากฏว่า ผลไม้และพืชผักเหล่านี้ได้รับผลบางอย่างจากรังสีแกมม่า เป็นต้นว่า รังสีทำให้สีของผลมะนาวและลูกท้อเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม การผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในมะนาว องุ่น ส้ม ลูกท้อและมะเขือเทศเพิ่มสูงขึ้น เนื้อของลูกท้ออ่อนลง มะม่วงสุกช้าลงกว่าปกติ เปลือกภายนอกของผลส้มช้ำมาก และปริมาณวิตะมินซีในผลไม้และพืชผักเหล่านี้ลดลงจากเดิมประมาณร้อยละ 5 - 15

แมกซี่ และคนอื่น ๆ (Maxie and others, 1970 : 118240t) แห่งมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย เมืองเดวิส สหรัฐอเมริกา ได้ศึกษาผลของรังสีแกมม่าที่มีต่อผลไม้จำพวกส้มและมะนาวบางชนิด ผลการทดลองปรากฏว่า รังสีจะทำให้อัตราการหายใจของผลไม้เหล่านี้เพิ่มขึ้นมากน้อยและเป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดของรังสีที่ใช้ กล่าวคือ ตั้งแต่ 1,000 กิโลแรด ขึ้นไปสำหรับมะนาว และ 500 กิโลแรด ขึ้นไปสำหรับผลไม้จำพวกส้ม อัตราการหายใจของผลไม้ที่เพิ่มขึ้นดังกล่าวนี้จะคงอยู่นาน 4 วัน ภายหลังการอาบรังสี และพบว่ารังสีขนาดตั้งแต่ 200 กิโลแรด ขึ้นไปจะมีผลทำให้ปริมาณวิตะมินซีในมะนาวลดลงอย่างชัดเจน แต่รังสีขนาดดังกล่าวนี้กลับไม่มีผลต่อวิตะมินซี

ในผลไม้จำพวกส้ม

แมกซี่ ได้สรุปไว้ว่าไม่มีประโยชน์แต่อย่างใดในการที่จะนำเอาวิธีการอาบรังสีมาใช้ในการเก็บรักษาผลไม้จำพวกส้มและมะนาว

โอกาตะ และคนอื่น ๆ (Ogata and others, 1971 : 615) แห่งวิทยาลัยวิชาการเกษตรเมืองโอซากา ประเทศญี่ปุ่น ได้ทดลองใช้รังสีแกมม่าเพื่อการเก็บรักษาลูกพลับ โดยการนำลูกพลับดิบมาอาบรังสีแกมม่าจากธาตุโกบอลท์ – 60 ขนาดของรังสีแกมม่าที่ใช้ทดลองมีตั้งแต่ 150 ถึง 4,000 กิโลแรด ผลการทดลองปรากฏว่า การใช้รังสีขนาดตั้งแต่ 150 ถึง 250 กิโลแรด มีผลทำให้ลูกพลับสุกภายในระยะเวลา 3 – 5 วัน ภายหลังการอาบรังสี เนื้อของลูกพลับอ่อนลง ปริมาณสารแทนนิน (Tannin) ที่มีอยู่ในลูกพลับลดลงกว่าปกติมาก รังสีขนาดตั้งแต่ 2,000 ถึง 4,000 กิโลแรด มีผลทำให้เนื้อของลูกพลับอ่อนและเปลี่ยนเป็นสีกล้วยมาก ปริมาณวิตะมินซีในลูกพลับที่อาบรังสีขนาดดังกล่าวนี้ลดลงมากขณะเก็บรักษาไว้ ส่วนพวกกรดอะมิโนในลูกพลับไม่ได้รับผลจากรังสีทุกขนาดที่ใช้ทดลอง และพบว่าการคายก๊าซการ์บอนไดออกไซด์ในลูกพลับที่อาบรังสีจะมีอัตราเพิ่มขึ้นเท่านั้นแล้วค่อย ๆ ลดลงเป็นปกติ

การวิจัยในประเทศไทย

ประเทศไทยได้เล็งเห็นประโยชน์ของการนำพลังงานปรมาณูมาใช้ในทางสันติเพื่อการพัฒนาประเทศจึงได้ตราพระราชบัญญัติพลังงานปรมาณูเพื่อสันติขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2504 (สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ, 2505 : 12) และได้ตั้งเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยเครื่องแรกขึ้นที่สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ถนนกรีรัมย์ อำเภอบางเขน นครหลวงกรุงเทพธนบุรี โดยได้เดินเครื่องบรรลุขั้นวิกฤตเป็นครั้งแรกเมื่อวันที่ 27 ตุลาคม พ.ศ. 2505 (สิปปนนท์ เกตุทัต, 2506 : 238) การวิจัยในด้านการเก็บรักษาอาหารโดยวิธีอาบรังสีในประเทศไทยจึงเริ่มมีขึ้นเป็นครั้งแรกที่สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันตินี้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2507 ในระยะเริ่มแรกได้ใช้รังสีแกมม่าจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยดังกล่าวทดลองอาบอาหารสดบางชนิด ซึ่งปรากฏผลการทดลองเป็นที่น่าพอใจ ต่อมาในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2509 ทางสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติได้รับเครื่องอาบรังสีแกมม่า (Gamma Radiator) ขนาดเล็กเครื่องหนึ่งจากองค์การพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (International Atomic

Energy Agency หรือ IAEA) ซึ่งตั้งอยู่ ณ เมืองเวียนนา ประเทศออสเตรีย เครื่องอาบรังสีนี้มีธาตุโคบอลต์ – 60 เป็นแหล่งกำเนิดของรังสีแกมม่า (Loaharanu, 1971 . 1) และต่อมาในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2514 ทางสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติได้ติดตั้งเครื่องอาบรังสีแกมม่าขนาดใหญ่ขึ้นอีกเครื่องหนึ่ง ซึ่งมีธาตุโคบอลต์ – 60 เป็นแหล่งกำเนิดของรังสีแกมม่าเช่นเดียวกัน สามารถอาบรังสีสิ่งของได้ครั้งละมาก ๆ และประหยัดเวลาได้มาก

รายงานขอการวิจัยเกี่ยวกับการเก็บรักษาอาหารโดยวิธีอาบรังสีภายในประเทศซึ่งทำการวิจัยโดยนักวิทยาศาสตร์แห่งสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติที่สมควรกล่าวถึงได้แก่การวิจัยของ จงจิตต์ เต็งอำนวย (Tengumnuay, 1966 : 1 – 4, และ Tengumnuay and others, 1970 . 1 – 4) และ เชาวนี จวงพานิช (เชาวนี จวงพานิช, 1971 . 1 – 33) ซึ่งได้ทดลองอาบรังสีผลไม้ต่าง ๆ เพื่อศึกษาผลของรังสีแกมม่าที่มีต่อการสุก องค์ประกอบทางเคมี และ สี กลิ่น รส (Organoleptic Properties) ของผลไม้ ดังต่อไปนี้

1. มะม่วง (Mango) ได้ทดลองเก็บรักษาโดยวิธีอาบรังสีขนาดตั้งแต่ 5 ถึง 100 กิโลแรด และเปรียบเทียบกับการเก็บรักษาโดยวิธีเคลือบผิวด้วยสารพวกขี้ผึ้ง (Wax) ซึ่งทำได้โดยการจุ่มผลมะม่วงในสารละลายอิ่มตัวของพาราฟิน (Paraffin) ในอีเธอร์ (Diethyl ether) แล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (20 – 30° ซ.) ผลการทดลองปรากฏว่า การเก็บรักษาโดยวิธีอาบรังสีอย่างเดียวไม่มีผลต่อการยืดระยะเวลาการเก็บรักษามะม่วง การอาบรังสีทำให้ผิวมะม่วงเปลี่ยนแปลงจากสีเขียวไปเป็นสีเหลืองเร็วขึ้นกว่าปกติตามขนาดของรังสีที่ใช้ทดลอง ส่วนการเก็บรักษาโดยวิธีเคลือบผิวด้วยพาราฟินสามารถยืดระยะเวลาการเก็บรักษาได้นานประมาณ 28 วัน และถ้าใช้วิธีอาบรังสีร่วมกับวิธีเคลือบผิวด้วยพาราฟินไม่ว่าจะเป็นการเคลือบผิวก่อนแล้วอาบรังสีหรืออาบรังสีก่อนแล้วจึงเคลือบผิว สามารถยืดระยะเวลาการเก็บรักษามะม่วงได้นานกว่าการเก็บรักษาโดยวิธีเคลือบผิวเพียงอย่างเดียวประมาณ 7 วัน ปริมาณวิตามินซีที่มีอยู่ในมะม่วงลดลงตามขนาดของรังสีที่ใช้ทดลอง

2. มะม่วง ได้ทดลองอาบรังสีมะม่วงกวน ด้วยขนาดของรังสีตั้งแต่ 10 ถึง 80 กิโลแรด และเก็บมะม่วงที่อาบรังสีไว้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ตั้งแต่ 15 ถึง 22°ซ. และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60 – 70 ผลการทดลองปรากฏว่า การอาบรังสีขนาด 40 กิโลแรด แล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 18° ซ. ให้ผลใน

การเก็บรักษาระหว่างอกร่องดีที่สุด กล่าวคือสามารถยืดระยะเวลาการเก็บรักษาได้นานกว่าปกติประมาณ 7 วัน รังสีทุกขนาดที่ใช้ทดลองไม่มีผลต่อวิตะมินซีในมะม่วงอกร่อง

3. มะละกอ ได้ทดลองอาบรังสีมะละกอพันธุ์ฮาไว (Hawaiian) ด้วยขนาดของรังสีตั้งแต่ 30 ถึง 100 กิโลแรด แล้วเก็บมะละกอที่อาบรังสีไว้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ตั้งแต่ 15 ถึง 22° ซ. ผลการทดลองปรากฏว่าการอาบรังสีขนาด 50 กิโลแรด มีผลทำให้ปริมาณวิตะมินซีลดลงถึงร้อยละ 35 ปริมาณวิตะมินซีที่เหลือเป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดของรังสี มะละกอที่เก็บรักษาโดยวิธีอาบรังสีจะสุกถึงร้อยละ 84 ภายหลังเก็บไว้นาน 17 วัน ส่วนมะละกอที่อาบรังสีขนาดตั้งแต่ 50 ถึง 100 กิโลแรด สุกเพียงร้อยละ 64 เท่านั้น การอาบรังสีขนาด 50 และ 75 กิโลแรด แล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 18° ซ. เป็นข้อมูลที่ดีที่สุดสำหรับการเก็บรักษามะละกอ

4. ลูกเงาะ ได้ทดลองอาบรังสีลูกเงาะพันธุ์บางยี่ขันและพันธุ์สีชมพูด้วยขนาดของรังสีตั้งแต่ 10 ถึง 100 กิโลแรด แล้วเก็บลูกเงาะที่อาบรังสีไว้ที่อุณหภูมิ 18° ซ. และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 80 – 100 ผลการทดลองปรากฏว่า ลูกเงาะที่เก็บรักษาโดยวิธีอาบรังสีจะเน่าร้อยละ 100 ภายหลังเก็บไว้นาน 16 วัน ซึ่งได้ผลเช่นเดียวกับการเก็บรักษาโดยวิธีอาบรังสีขนาดต่ำ ส่วนลูกเงาะที่อาบรังสีขนาดตั้งแต่ 60 ถึง 100 กิโลแรด เน่าเพียงร้อยละ 31 เท่านั้น การอาบรังสีทุกขนาดไม่มีผลต่อวิตะมินซีในลูกเงาะ กลิ่น สี รส และเนื้อของลูกเงาะที่อาบรังสีดีกว่าลูกเงาะที่ไม่ได้อาบรังสี ลูกเงาะพันธุ์สีชมพูให้ผลในการเก็บรักษาโดยวิธีอาบรังสีดีกว่าลูกเงาะพันธุ์บางยี่ขัน การอาบรังสีขนาดตั้งแต่ 60 ถึง 100 กิโลแรด และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 13° ซ. เป็นข้อมูลที่ดีที่สุดสำหรับการเก็บรักษาลูกเงาะ

5. ลำไย ได้ทดลองอาบรังสีลำไยพันธุ์อยอดขาวด้วยขนาดของรังสีตั้งแต่ 30 ถึง 250 กิโลแรด แล้วเก็บที่อุณหภูมิต่าง ๆ ตั้งแต่ 15 ถึง 22° ซ. และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 80 – 100 ผลการทดลองปรากฏว่า ลำไยที่เก็บรักษาโดยมิได้อาบรังสีและอาบรังสีขนาดตั้งแต่ 30 ถึง 100 กิโลแรด จะเน่าร้อยละ 100 ภายหลังเก็บไว้นาน 20 วัน ส่วนลำไยที่เก็บรักษาโดยการอาบรังสีขนาดตั้งแต่ 150 ถึง 200 กิโลแรด เน่าเพียงร้อยละ 30 เท่านั้น กลิ่น สี รส และเนื้อของลำไยที่อาบรังสีขนาดสูงดีกว่าลำไยที่มิได้อาบรังสี การอาบรังสีขนาด 200 กิโลแรด แล้วเก็บที่อุณหภูมิ 18° ซ. เป็นข้อมูลที่ดีที่สุดสำหรับการเก็บรักษาลำไย

6. กล้วยหอม ได้ทดลองเก็บรักษากล้วยหอมพันธุ์ Musa sapientum, Cavendish cultivar 'Valery' โดยวิธีอาบรังสีร่วมกับวิธีบรรจุถุงโพลีเอทธีลีน (Polyethylene) ขนาดของรังสีที่ใช้ทดลองคือ 35 กิโลแรด แล้วเก็บกล้วยหอมที่อาบรังสีไว้ในถุงโพลีเอทธีลีนที่อุณหภูมิ 20 และ 30° ซ. ผลการทดลองปรากฏว่า การอาบรังสีขนาด 35 กิโลแรด ร่วมกับการใช้สารดูดซับก๊าซเอทธีลีน (Ethylene) ให้ผลในการยืดระยะเวลาการเก็บรักษากล้วยหอมได้ดีเช่นเดียวกับการเก็บรักษาโดยวิธีบรรจุไว้ในถุงโพลีเอทธีลีนที่มีสารดูดซับก๊าซเอทธีลีนเพียงอย่างเดียว กล่าวคือสามารถเก็บรักษากล้วยหอมได้นานประมาณ 30 วัน ซึ่งนานกว่าการเก็บรักษาโดยวิธีอื่นๆ การอาบรังสีไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก และองค์ประกอบทางเคมี เช่น แป้ง น้ำตาล และสารพวกฟีนอล (Phenolic Compounds) เป็นต้น

บทที่ 3

วิธีดำเนินการทดลอง

ในการศึกษาค้นคว้านี้มีวิธีดำเนินการทดลอง 3 ตอน คือ

1. การสุ่มตัวอย่างกล้วยเพื่อใช้ในการทดลอง
2. การอาบรังสีและการเก็บรักษากล้วย
3. การวิเคราะห์หาปริมาณเกโรทีนและวิตะมินซี

<u>การสุ่มตัวอย่างกล้วยเพื่อใช้ในการทดลอง</u>

1. สุ่มตัวอย่างกล้วยดิบที่ตัดออกจากต้นนานไม่เกิน 2 วัน และยังมิได้บ่มให้สุกด้วยวิธีใด ๆ กี่ครั้งละ 162 ผล เป็นอย่างน้อย แล้วตัดกล้วยแต่ละผลแยกออกจากกันโดยให้แต่ละผลมีขั้วเหลือติดอยู่ด้วย

2. แบ่งกล้วยที่สุ่มตัวอย่างมาได้นี้ออกเป็น 6 ส่วนเท่า ๆ กันซึ่งจะได้ส่วนละ 27 ผล เป็นอย่างน้อย เพื่อนำไปอาบรังสีขนาดต่าง ๆ ต่อไป

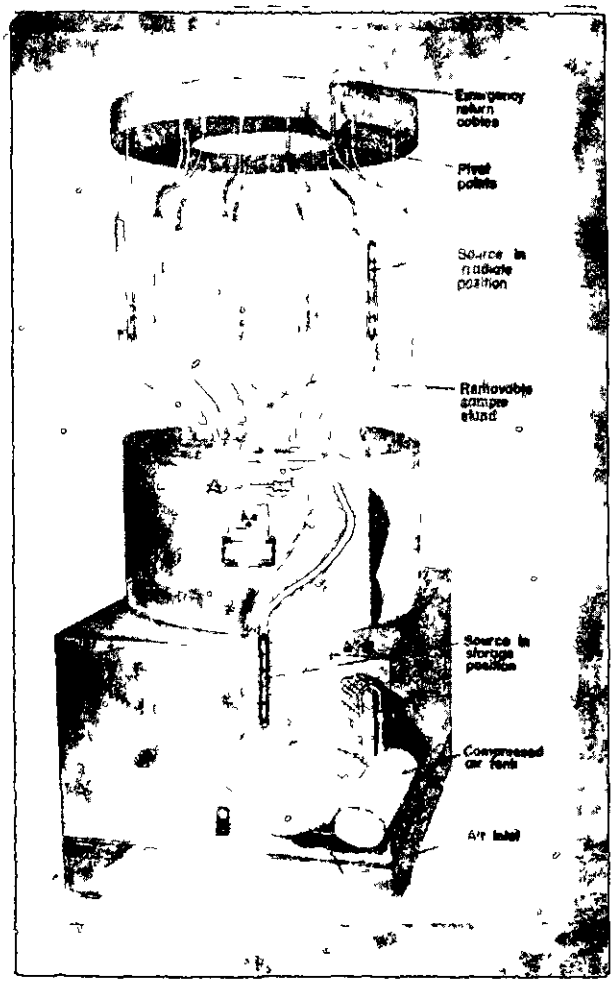
<u>การอาบรังสีและการเก็บรักษากล้วย</u>

1. นำกล้วยดิบที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างและแบ่งออกไว้เป็น 6 ส่วน ๆ ละ 27 ผล เป็นอย่างน้อยนั้นไปอาบรังสีจากเครื่องอาบรังสีแกมม่า (Gamma Radiator) ใช้รังสีขนาดต่าง ๆ กันดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 ไม่ต้องอาบรังสีหรืออาบรังสีขนาด 0 กิโลแรด ส่วนนี้ถือเป็นส่วนที่ควบคุม (Control Group)

ส่วนที่ 2, 3, 4, 5 และ 6 อาบรังสีขนาดต่าง ๆ คือ 30, 40, 50, 60 และ 70 กิโลแรด ตามลำดับ ทั้ง 5 ส่วนนี้ถือเป็นส่วนที่ให้การกระทำ (Treatment Groups) หรือส่วนทดลอง (Experimental Groups)

เครื่องฉายรังสีแกมม่าที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นแบบ Gamma beam 650 ซึ่งผลิตโดย บริษัท Atomic Energy of Canada Ltd. แห่งประเทศแคนาดา มีธาตุโคบอลต์ – 60 ที่ใช้บรรจุเป็นเม็ดทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0 มิลลิเมตร ยาว 1.0 มิลลิเมตร รวม 60 เม็ด เป็นต้นกำเนิดของรังสีแกมม่าโดยบรรจุอยู่ในท่อทางเดิน 12 ท่อ ๆ ละ 5 เม็ด ใช้ระบบลม (Pneumatic System) ขับเคลื่อนต้นกำเนิดของรังสีเหล่านี้ มีความแรงของรังสีประมาณ 30,000 คูรี (Curie) ดูภาพประกอบที่ 1 เครื่องฉายรังสีนี้ตั้งอยู่กลางห้องสี่เหลี่ยมผืนผ้า



ภาพประกอบที่ 1 เครื่องฉายรังสีแกมม่าแบบ Gamma beam 650

เป็นกอนกรีตหนา 1.50 เมตร

2. นำกล้วยแต่ละส่วนที่อาบรังสีขนาดต่าง ๆ ดังกล่าวมาแบ่งจำนวนออกอีกเป็น 9 ส่วน ซึ่งจะได้ส่วนละ 3 ผล เป็นอย่างน้อยแล้วบรรจุแต่ละส่วนนี้ไว้ในถุงพลาสติกที่ได้เจาะรูให้อากาศถ่ายเทได้สะดวก

3. เก็บกล้วยที่บรรจุไว้ในถุงพลาสติกดังกล่าวไว้ที่อุณหภูมิห้องตามสภาวะปกติ (16 - 37°ซ.) เมื่อใดกล้วยที่อาบรังสีทุกขนาดเปลี่ยนเป็น ห่าม และสุกต่อไป

การวิเคราะห์หาปริมาณแกโรทีนและวิตะมินซี

1. ทำการวิเคราะห์หาปริมาณแกโรทีนหรือวิตะมินซีในกล้วยที่อาบรังสีทุกขนาดที่ความดิบสุกต่าง ๆ 3 ระยะ คือ ดิบ ห่าม และสุก

2. การวิเคราะห์หาปริมาณวิตะมินดังกล่าวในกล้วยน้ำว้าและกล้วยไข่ที่อาบรังสีแต่ละขนาดและมีความดิบสุกระยะต่างกันทำ 3 การทดลองซ้ำกัน ในแต่ละการทดลองทำ 3 replicates และในแต่ละ replicate ใช้กล้วย 1 ถุงหรือ 3 ผลเป็นอย่างน้อย

3. วิธีการทางเคมีและทางฟิสิกส์ที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณแคโรทีนและวิตะมินซีดังต่อไปนี้

3.1 หลักและวิธีดำเนินการวิเคราะห์หาปริมาณแกโรทีน

เนื่องจากแกโรทีนเป็นสารที่ละลายได้ดีในตัวทำละลายไขมัน เช่น คลอโรฟอร์ม (Chloroform) อีเธอร์ (Diethyl ether) ปิโตรเลียม อีเธอร์ (Petroleum ether) เป็นต้น แต่ไม่ละลายในน้ำ จึงสามารถแยกแกโรทีนออกจากสารอื่น ๆ ที่ละลายได้ดีในน้ำโดยวิธีสกัดด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสม (Solvent Extraction) แล้วจึงแยกแกโรทีนออกจากสารพวกที่ละลายในตัวทำละลายไขมันด้วยกัน เช่น คลอโรฟิล (Chlorophyll) แซนโธฟิล (Xanthophyll) ไลโคพีน (Lycopene) โดยใช้เทคนิคทางโครมาโตกราฟฟี่ (Chromatographic Technique) แล้วหาปริมาณแกโรทีนที่วิเคราะห์ได้โดยวิธีสเปกโตรโฟโตเมทตรี่ (Spectrophotometry)

การวิเคราะห์หาปริมาณแกโรทีน ใช้วิธีการที่ปรับปรุงจากวิธีของเอโอเอซี่ (AOAC หรือ Association of Official Analytical Chemists) ซึ่ง จอห์นสัน (Johnson, 1949 :

28 - 30) ได้เสนอไว้

วิธีดำเนินการวิเคราะห์หาปริมาณแคโรทีนในแต่ละ replicate แบ่งออกได้เป็น 4 ตอน คือ

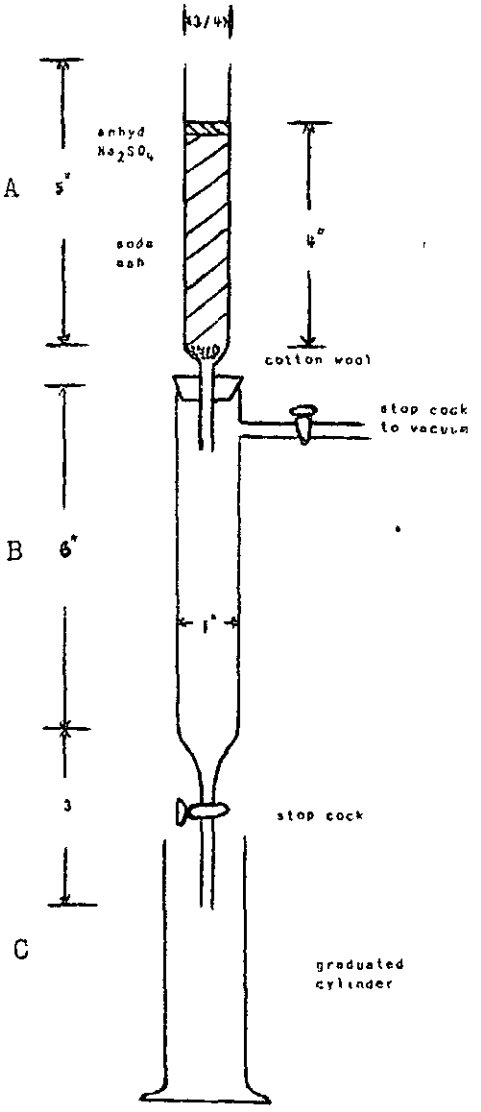
3.1.1 การสกัดด้วยตัวทำละลาย (Solvent Extraction) ตัวทำละลายที่ใช้ คือ Foaming solvent ซึ่งประกอบด้วย เอทธานอล (Ethanol) ความเข้มข้นร้อยละ 95 ผสมกับปิโตรเลียม อีเธอร์ (Petroleum ether) ชนิดมีจุดเดือด (b.p.) 56 - 70° ซ. ในอัตราส่วน 4 ต่อ 3 โดยปริมาตร เมื่อผสมตัวทำละลายทั้งสองชนิดเข้าด้วยกันจะได้สารละลายที่ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน

ชั่งเนื้อกล้วยหนัก 15.0 กรัม โดยวิธีแบ่งมาจากกล้วยทั้ง 3 ผล ๆ ละ 5.0 กรัม แล้วบดรวมกับ Foaming solvent ประมาณ 130 มิลลิลิตร ด้วยเครื่องบด (Waring Blendor) จนละเอียด แยกเอากาก (Residue) ออกโดยใช้สำลีกรองแทนกระดาษกรอง ล้างด้าย Foaming solvent ประมาณ 25 มิลลิลิตร สารละลายที่ได้จากการกรอง (Filtrate) จะไม่ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน กล่าวคือ ชั้นล่างเป็นส่วนของน้ำซึ่งได้จากกล้วย และชั้นบนเป็นส่วนของปิโตรเลียมอีเธอร์ ซึ่งมีแคโรทีนละลายอยู่ ส่วนเอทธานอลจะละลายอยู่ทั้งในส่วนของน้ำและปิโตรเลียมอีเธอร์

ในส่วนที่เป็นปิโตรเลียม อีเธอร์ จะมีสีเหลือง เนื่องจากประกอบด้วยแคโรทีนและแซนโธฟิล เป็นส่วนใหญ่ก่อนที่จะนำไปแยกเอาแคโรทีนออก จำเป็นต้องเอาเอทธานอลที่ผสมอยู่ออกให้หมดเสียก่อนโดยการล้างด้วยน้ำครั้งละประมาณ 150 มิลลิลิตรในกรวยแยก (Separatory funnel) 6 - 7 ครั้ง ถ้าหากยังมีเอทธานอลเหลืออยู่บ้างจะมีผลทำให้ตัวดูด (Adsorbent) ที่ใช้ใน Column chromatography ไม่ดูดสารมีสีอื่น ๆ ซึ่งละลายปนอยู่กับแคโรทีน (Joslyn, 1970 : 190)

3.1.2 การแยกแคโรทีนออกจากสารอื่น ๆ โดยใช้ Column chromatography ในภาพที่ 2 Column A บรรจุด้วยตัวดูด (Adsorbent) ที่ได้ activated โดยวิธีอบที่อุณหภูมิสูงกว่า 100° ซ. นานประมาณ 12 ชั่วโมง ตัวดูดมี 2 ชนิด คือ Anhydrous sodium carbonate (Na_2CO_3) ซึ่งจะทำหน้าที่ดูดสารมีสีอื่น ๆ ไว้แต่ไม่ดูดแคโรทีน และ

Anhydrous sodium sulfate (Na_2SO_4) ซึ่งบรรจุไว้ข้างบนตัวดูดซับแรกในปริมาณเล็กน้อยเพื่อไม่ทำหน้าที่ดูดความชื้นและสิ่งแปลกปลอม (Traces) อื่น ๆ ไว้ แต่โซดาจะถูก Na_2CO_3 ดูดเวเบนแรปสีเหลืองอยู่ตอนบน ส่วนแคโรทีนจะไหลผ่าน Column A ออกมาได้ เมื่อไม่สามารถแยกแคโรทีนได้รวดเร็วขึ้นจึงนำ Column A ไปต่อกับ Column B ซึ่งต่อกับเครื่องดูดอากาศออก (Vacuum Pump) โดยใช้แรงดูดประมาณ 10 ปอนด์ ดูภาพประกอบที่ 2



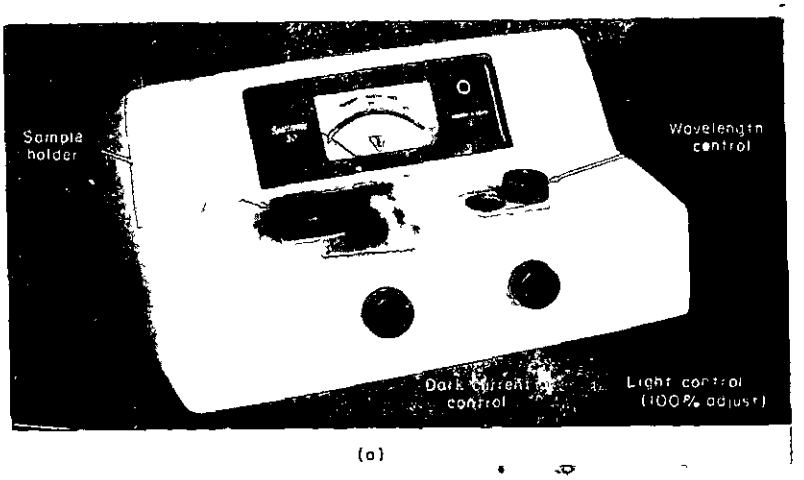
ภาพประกอบที่ 2 เครื่องมือที่ใช้ในการแยกแคโรทีน

39477

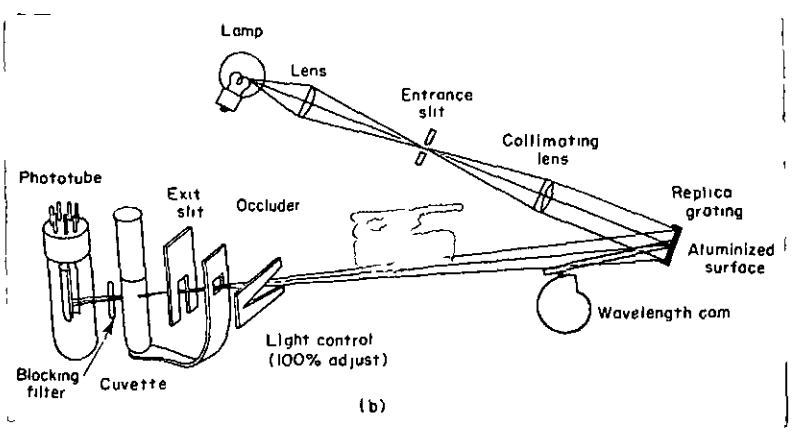
ล้าง Column A ด้วยปิโตรเลียมอีเธอร์เพื่อให้สารละลายแคโรทีนที่เหลืออยู่ใน column ออกมาหมด แล้วหาสารละลายแคโรทีนที่แยกได้ให้มีปริมาตรเป็น 50 - 100 มิลลิลิตร ด้วยการเติมปิโตรเลียมอีเธอร์ลงใน Volumetric flask

Column A สามารถใช้ทดลองได้ต่อไปอีกประมาณ 3 - 6 replicates หากว่าแถบสีของสารชนิดอื่น ๆ จะเคลื่อนต่ำลงมาเกือบสุด column จึงเปลี่ยนตัวดูดใหม่อีก

3.1.3 หาความเข้มข้นของสารละลายแคโรทีนโดยวิธี Spectrophotometry ด้วยเครื่องวัดความเข้มของสี (Bausch & Lomb Spectronic 20 Colorimeter) เพื่อหาค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ที่ช่วงคลื่น (Wavelength) 450 มิลลิไมครอน (mμ) ดูภาพประกอบที่ 3



(a)



(b)

ภาพประกอบที่ 3 เครื่องวัดความเข้มของสี (Bausch & Lomb Spectronic 20 - Colorimeter) รูปบน (a) แสดงเครื่องมือ รูปล่าง (b) แสดงไดอะแกรมเกี่ยวกับทางเดินของแสง

นำค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้ไปเปรียบเทียบกับค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายแคโรทีนมาตรฐานเพื่อคำนวณหาปริมาณแคโรทีนเป็น มิลลิกรัม ในกล้วยหนัก 100 กรัม ต่อไป

การอ่านค่าการดูดกลืนแสง จากเครื่อง Spectronic 20 บางช่วงอาจได้ความละเอียดน้อยเกินไป จึงควรอ่านค่าร้อยละของการผ่านแสง (Percent Transmittance) ซึ่งจะได้ค่าที่ละเอียดมากกว่า แล้วเปลี่ยนค่าร้อยละของการผ่านแสง ไปเป็นค่าการดูดกลืนแสง โดยใช้สูตรต่อไปนี้

จาก $A = \log \frac{1}{T}$ (Willard and others, 1969 : 76)

$$= -\log \frac{100}{100} T$$

$$= -\log \%T \frac{1}{100}$$

$$= 2 - \log \%T$$

เมื่อ A คือ ค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance)

%T คือ ค่าร้อยละของการผ่านแสง (Percent Transmittance)

3.1.4 วิธีเตรียมสารละลายแคโรทีนมาตรฐานและวิธีเขียนกราฟมาตรฐาน มีวิธีทำดังต่อไปนี้

3.1.4.1 การทำผลึกแคโรทีนให้บริสุทธิ์ ผลึกแคโรทีนที่ใช้ในการทดลองนี้ผลิตโดยบริษัท Sigma Chemical Co. ซึ่งประกอบด้วย เบต้าไอโซเมอร์ - ร้อยละ 80 - 90 และ แอลฟ่าไอโซเมอร์ร้อยละ 10 - 20 มีวิธีทำให้บริสุทธิ์ (Purify) ได้โดยการละลายผลึกแคโรทีน 0.1 กรัม ด้วยกลอโรฟอร์ม 2 - 3 มิลลิลิตร แล้วทำให้ตกตะกอนด้วยการเติมเมทธานอล (Methanol) 25 มิลลิลิตร กรองเอาตะกอนและล้างด้วยเมทธานอลอีกครั้งหนึ่งนำไปทำให้แห้งใน Vacuum Desiccator นานไม่เกินหนึ่งชั่วโมง

3.1.4.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน ละลายแคโรทีนที่

บริสุทธิ์ จำนวน 20 มิลลิกรัม ด้วยคลอโรฟอร์ม 1 - 2 มิลลิลิตร แล้วทำให้เจือจางด้วยปิโตรเลียม อีเธอร์จนได้ปริมาตรครบ 100 มิลลิลิตร จากสารละลายแคโรทีนมาตรฐานนี้เตรียมสารละลาย ก ข ค ง จ ฉ และ ช ให้มีความเข้มข้นต่าง ๆ กันดังนี้

สารละลาย ก ได้จากการทำสารละลายแคโรทีนมาตรฐาน 2 มิลลิลิตร ให้เจือจางด้วยการเติมปิโตรเลียม อีเธอร์ จนมีปริมาตรครบ 100 มิลลิลิตร

สารละลาย ช ได้จากการทำสารละลายแคโรทีนมาตรฐาน 5 มิลลิลิตร ให้เจือจางด้วยการเติมปิโตรเลียม อีเธอร์ จนมีปริมาตรครบ 500 มิลลิลิตร

สารละลาย ค ง จ ฉ และ ช ได้จากการทำสารละลาย ข จำนวน 40, 30, 20, 10 และ 5 มิลลิลิตร ตามลำดับให้เจือจางด้วยปิโตรเลียม อีเธอร์จนมีปริมาตรครบ 50 มิลลิลิตร

สารละลาย ก ข ค ง จ ฉ และ ช จะมีความเข้มข้น 4.0, 2.0, 1.6, 1.2, 0.8, 0.4 และ 0.2 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ($\mu g/ml$) ตามลำดับ

3.1.4.3 การเขียนกราฟมาตรฐาน นำสารละลายแคโรทีนมาตรฐานที่มีความเข้มข้นขนาดต่าง ๆ ดังกล่าวแล้วไปวัดหาค่าการดูดกลืนแสง ที่ช่วงคลื่น 450 $m\mu$ โดยใช้ปิโตรเลียม อีเธอร์ เป็น blank สำหรับปรับค่า 100 % ของการผ่านแสง แล้วเขียนกราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้น (ดูภาพประกอบที่ 4)

3.2 <u>หลักและวิธีดำเนินการวิเคราะห์หาปริมาณวิตะมินซี</u>

การวิเคราะห์หาปริมาณวิตะมินซีใช้วิธีการที่ปรับปรุงจากวิธีของเอโอเอซี (AOAC, 1970 : 777 - 778) และวิธีของ จาคอบซ์ (Jacobs, 1959 : 728 - 729) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันแพร่หลาย เพราะสามารถปฏิบัติได้อย่างรวดเร็วและให้ความแม่นยำมากพอสมควร โดยอาศัยคุณสมบัติทางเคมีของวิตะมินซีที่มีคุณสมบัติในการรีดิวซ์ (Reducing Property) ให้ไปรีดิวซ์ (Reduce) สารที่มีคุณสมบัติในการออกซิไดซ์ (Oxidizing Property) คือ 2, 6 - Dichlorobenzenenoneindophenol (หรือ 2, 6 - Dichlorophenolindophenol หรือ Indophenol Dye) ซึ่งเป็นสารที่มีสีน้ำเงิน เมื่อสารทั้งสองทำปฏิกิริยากันแล้วจะได้สารที่ไม่มีสี แต่ปริมาณ Indophenol dye มีมากเกินพอที่ end point จะเปลี่ยนไปเป็นสีชมพูอ่อนใน —

ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของแสงที่ถูกดูดกลืน (ABSORBANCE) กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน

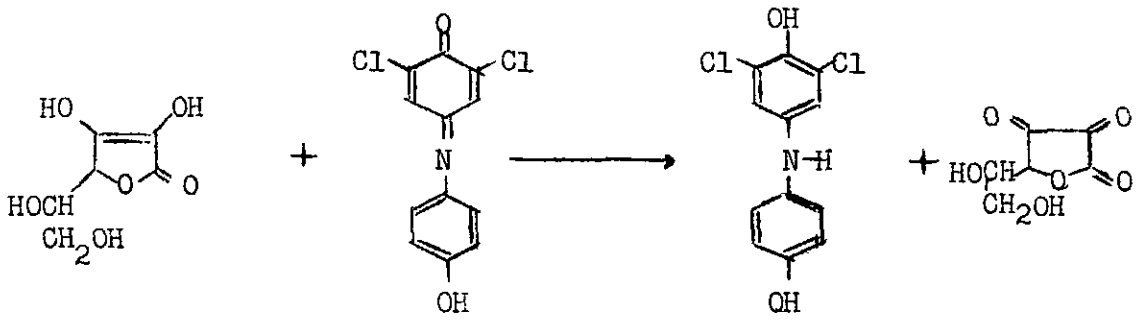
ความเข้มข้น = ppm

ความยาวคลื่นแสง 450 นาโนเมตร

1.00 0.90 0.80 0.70 0.60 0.50 .40 0.20 0.30 0

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25

สารละลายที่เป็นกรด ดังนั้นวิธีนี้จึงอาศัยปฏิกิริยา Oxidation - Reduction ระหว่างวิตะมินซี กับ Indophenol dye ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นมีดังนี้



Ascorbic acid

2,6-Dichlorophenol-indophenol

Leuco base

Dehydroascorbic acid

(The Association of Vitamin Chemists, 1966 : 298)

วิธีนี้เป็นวิธีที่ใช้หาปริมาณวิตะมินซีที่อยู่ใน Reduced form เท่านั้น และจะได้ผลถูกต้องดีก็ต่อเมื่อในสารตัวอย่าง (Sample) ที่ทำการวิเคราะห์ไม่มีสารพวก Reducing agent อื่น ๆ เช่น Fe^{++}, Sn^{++}, Cu^{+}, $SO_3^{=}$, SO_2, $S_2O_3^{=}$ และสารพวก Reductone หรือ Reductic acid เป็นต้น เวลเชอร์ (Welcher, 1963 : 2385 - 2386) ได้เสนอแนะไว้ว่าการเติมกรดอะเซติค (Acetic acid) ที่เข้มข้นร้อยละ 8 ลงในตัวทำละลายที่ใช้สกัดวิตะมินซีจะช่วยป้องกันปฏิกิริยา Reduction ของ Indophenol dye อันเนื่องมาจากสารอื่น ๆ ดังกล่าวนี้ได้

การวิเคราะห์หาปริมาณวิตะมินซีในกล้วยแต่ละ replicate มีวิธีดำเนินการแบ่งออกได้เป็น 5 ตอน คือ

3.2.1 การเตรียมสารละลายต่าง ๆ ซึ่งได้แก่

3.2.1.1 น้ำยาสกัด (Extracting Solvent) คือ Metaphosphoric acid (HPO_3) ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 3 และเติม **กรดอะเซติค** (CH_3COOH) ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 8 ด้วย ซึ่งเตรียมได้โดยละลาย HPO_3 ที่มีลักษณะเป็น

แห่งใส 60 กรัม ผสมกับ CH_3COOH (glacial) 160 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตรครบ 1 ลิตร เมื่อกรองโดยวิธีใช้สำลีแทนกระดาษกรอง จะได้สารละลาย HPO_3 ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 6 ถ้าต้องการสารละลาย HPO_3 ที่เข้มข้นร้อยละ 3 ก็เติมน้ำกลั่นลงไปอีกเท่าตัว เก็บสารละลายนี้ไว้ในขวดสีน้ำตาลและที่อุณหภูมิต่ำได้นานประมาณ 7 วัน เพราะ HPO_3 จะไฮโดรไลซ์ (Hydrolyzed) ไปเป็น Orthophosphoric acid หรือ H_3PO_4 ได้อย่างช้า ๆ

การละลาย HPO_3 ต้องใช้เวลานาน และจะต้องไม่ใช้ความร้อนด้วย

3.2.1.2 Standard indophenol dye solution เตรียมได้โดยการละลาย Sodium 2, 6 - Dichlorophenolindophenol 50 มิลลิกรัม ด้วยน้ำกลั่นที่ร้อนและมี Sodium bicarbonate ($NaHCO_3$) ละลายอยู่แล้ว 42 มิลลิกรัม แล้วทำให้มีปริมาตรครบ 200 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 541 จะได้สารละลาย Indophenol dye ที่เข้มข้นร้อยละ 0.025 เก็บไว้ในขวดสีน้ำตาลและที่อุณหภูมิ 3° ซ. ได้นานประมาณ 7 วัน

3.2.1.3 Standard ascorbic acid เตรียมได้โดยการละลายวิตะมินซีหรือ Ascorbic acid 100 มิลลิกรัม ด้วยสารละลายที่ใช้เป็นตัวสกัด คือ HPO_3 - CH_3COOH ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 3 แล้วทำให้มีปริมาตรครบ 500 มิลลิลิตร สารละลายนี้ 5.0มิลลิลิตร จะมีวิตะมินซีละลายอยู่ 1.0 มิลลิกรัม เตรียมใหม่ทุก ๆ วันที่ทำการทดลอง

3.2.2 การสกัดวิตะมินซีจากกล้วย

ชั่งน้ำหนักกล้วยที่เอาเปลือกออกแล้วให้ได้ 100 กรัม โดยแบ่งจากกล้วย 3 ผล แล้วบดรวมกับสารละลายกรด คือ HPO_3- CH_3COOH ที่เข้มข้นร้อยละ 3 หนักเท่ากับน้ำหนักของกล้วยคือ 100 กรัม ด้วยเครื่องบด (Waring Blendor) จนละเอียดเป็นของผสมเนื้อเดียวกัน (Homogeneous Slurry) แบ่งของผสมนี้มา 30 กรัม แล้วทำให้เจือจางด้วยสารละลายกรดหรือ HPO_3 - CH_3COOH ที่เข้มข้นร้อยละ 3 จนมีปริมาตรครบ 100 มิลลิลิตร เขย่าให้ผสมเป็นเนื้อเดียวกันแล้วกรองโดยวิธีใช้สำลีแทนกระดาษกรอง เก็บสารละลายที่กรองได้ (Filtrate) ซึ่งมีลักษณะใสเพื่อนำไป titrate กับสารละลาย Indophenol dye ทันที

3.2.3 การ titrate หาปริมาณวิตะมินซี

ใช้ pipette ดูดสารละลายที่กรองได้ (ข้อ 3.2.2) 10 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer Flask) ขนาด 50 มิลลิลิตร นำไป titrate กับสารละลาย Indophenol dye ที่เตรียมไว้ใน burette จนถึง end point ซึ่งสังเกตได้โดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงสี กล่าวคือ สารละลายในขวดรูปชมพู่จะเปลี่ยนสีเป็นสีชมพูอ่อนคงอยู่นานประมาณ 15 วินาที เป็นอย่างน้อย

3.2.4 การ titrate หาปริมาณ Indophenol dye ที่สมมูลย์ (Equivalent) กับสารละลายวิตะมินซีมาตรฐาน

ใช้ pipette ดูดสารละลายวิตะมินซีมาตรฐาน 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 50 มิลลิลิตร ที่บรรจุสารละลายกรด หรือ HPO_3 - CH_3COOH ที่เข้มข้นร้อยละ 3 ไว้แล้ว 5 มิลลิลิตร นำไป titrate กับ Indophenol dye จนถึง end point เช่นเดียวกับการ titrate หาปริมาณวิตะมินซีในกล้วย (ข้อ 3.2.3) ทำการ titrate 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย สารละลาย Indophenol dye 1.0มิลลิลิตร จะสมมูลย์กับปริมาณวิตะมินซีเป็นมิลลิกรัม จำนวนเท่ากับหนึ่งหารด้วยจำนวนมิลลิลิตรของ Indophenol dye ที่ใช้ไป

3.2.5 การคำนวณหาปริมาณวิตะมินซี

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง (ข้อ 3.2.3 และ ข้อ 3.2.4) มาคำนวณหาปริมาณวิตะมินซีเป็นมิลลิกรัมต่อเนื้อกล้วยหนัก 100 กรัม โดยวิธีเทียบบัญญัติไตรยางค์ หรือใช้สูตรดังต่อไปนี้

$$\text{Mg Vitamin C per 100 g} = \frac{(W_1 + W_2)}{W_1 W_3} \times \frac{V_1}{V_2} \times 100\,(VF)$$

เมื่อ W_1 = น้ำหนักของกล้วยเป็นกรัม

W_2 = น้ำหนักของสารละลายกรดที่ใช้เป็นตัวสกัด เป็นกรัม

W_3 = น้ำหนักของของผสม (Slurry) ที่แบ่งมาวิเคราะห์ เป็นกรัม

V_1 = ปริมาตรของของผสมที่ทำให้เจือจางแล้ว เป็นมิลลิลิตร

V_2 = ปริมาตรของสารละลายที่กรองได้ซึ่งนามาวิเคราะห์ เป็นมิลลิลิตร

V = ปริมาตรของ Indophenol dye ที่ใช้ในการ titrate เป็นมิลลิลิตร

และ F = ปริมาณวิตะมินซีที่สมมูลย์กับ Indophenol dye เป็นมิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

บทที่ 4

การวิเคราะห์ข้อมูล และผลการทดลอง

ปริมาณแกโรทีนและวิตะมินซีในกล้วยไข่และกล้วยน้ำว้าที่มีความดิบสุกต่าง ๆ ภายหลังอาบรังสีแกมม่าเมื่อนำมาหาค่ารายเฉลี่ย (Mean) ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) แบบ Treatments x Levels Design ของ ลินด์กวิสต์ (Landquist, 1956 : 121 - 155) ปรากฏผลการทดลองดังต่อไปนี้

1. <u>ผลการวิเคราะห์หาปริมาณแกโรทีนในกล้วยไข่</u>

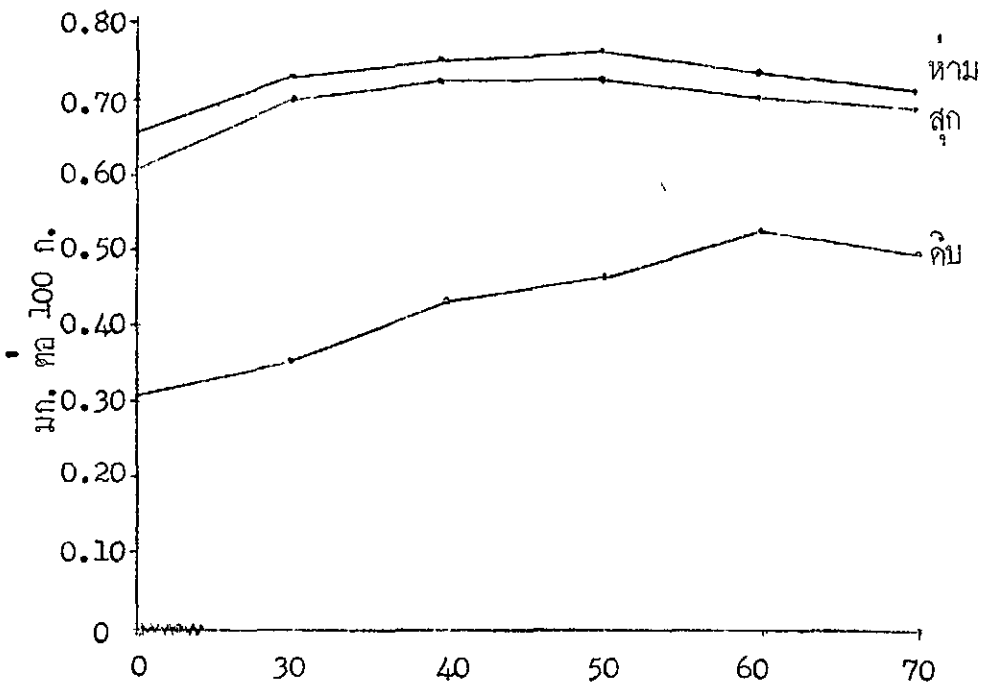
ตารางที่ 1 ปริมาณแกโรทีนในกล้วยไข่ (มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม)*

ขนาดของรังสี (กิโลแรด)	ดิบ	ห่าม	สุก
0	0.309 ± 0.274	0.659 ± 0.153	0.612 ± 0.079
30	0.351 ± 0.265	0.731 ± 0.105	0.700 ± 0.050
40	0.431 ± 0.227	0.753 ± 0.092	0.727 ± 0.056
50	0.465 ± 0.201	0.768 ± 0.133	0.729 ± 0.058
60	0.527 ± 0.122	0.737 ± 0.116	0.702 ± 0.103
70	0.498 ± 0.099	0.707 ± 0.107	0.690 ± 0.079

*ค่ารายเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐานเหล่านี้ ได้จากการทดลองซ้ำกัน 3 การทดลอง และในแต่ละการทดลองมี 3 replicates

เมื่อนำข้อมูลจากตารางที่ 1 ไปเขียนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแกโรทีนกับขนาดของรังสีและความดิบสุกต่าง ๆ จะปรากฏผลตามภาพประกอบที่ 5

ภาพประกอบที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแกโรทีนกับขนาดของรังสีและความคิบสุกต่าง ๆ ของกล้วยไข่



เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์หาปริมาณแกโรทีนในกล้วยไข่มาวิเคราะห์หาความแตกต่างระหว่างปริมาณแกโรทีนในกล้วยที่อาบรังสีขนาดต่าง ๆ และความคิบสุกทุกระยะโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน ปรากฏผลตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแกโรทีนในกล้วยไข่

Source of Variation	SS	df	MS	F	P
Treatments (A)	0.327	5	0.065	3.100	< .05
Levels (L)	2.837	2	1.419	67.207	< .01
A x L	0.148	10	0.015	0.702	-
(Cells)	(3.313)	(17)	-		
Within	3.039	144	0.021		
Total	6.353	161			

$F_{.05}(5,144) = 2.27$

$F_{.01}(2,144) = 4.75$

จากตารางที่ 2 แสดงว่าปริมาณแกโรทีนในกล้วยไข่ที่อาบรังสีขนาดต่าง ๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และความคิบสุกของกล้วยมีผลทำให้ปริมาณแกโรทีนในกล้วยไข่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ดังนั้นจึงแยกเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างปริมาณแกโรทีนในกล้วยที่อาบรังสีขนาดต่าง ๆ และความคิบสุก แต่ละระยะโดยใช้ t - test ต่อไป

ตารางที่ 3 ค่า t แสดงความแตกต่างระหว่างปริมาณแกโรทีนในกล้วยไข่ที่อาบรังสีขนาดต่าง ๆ

ขนาดของรังสี (กิโลแรด)	0	30	40	50	60	70
0	-	- 1.040	- 1.840	- 2.182*	- 2.431*	- 2.019*
30		-	- 0.717	- 1.026	- 1.157	- 0.720
40			-	- 0.312	- 0.380	0.122
50				-	- 0.030	0.511
60					-	0.636
70						-

*มีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ($t_{.05} = 2.01$)

จากตารางที่ 3 แสดงว่าปริมาณแกโรทีนในกล้วยไข่ที่อาบรังสีขนาดตั้งแต่ 50 - 70 กิโลแรด มีมากกว่ากล้วยไข่ที่มิได้อาบรังสี (Control) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 แต่ปริมาณแกโรทีนในกล้วยไข่ที่อาบรังสีขนาดตั้งแต่ 30 - 70 กิโลแรด แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4 ค่า t แสดงความแตกต่างระหว่างปริมาณแกโรทีนในกล้วยไข่ที่มีความสุกต่าง ๆ

ความสุก	ดิบ	ห่าม	สุก
ดิบ	-	- 8.927**	- 8.770**
ห่าม		-	- 1.873
สุก			-

**มีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ($t_{.01} = 2.63$)

จากตารางที่ 4 แสดงว่าปริมาณแกโรทีนในกล้วยไข่ห่ามและสุก มีมากกว่ากล้วยไข่ดิบอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับ .01 แต่ปริมาณแกโรทีนในกล้วยไข่ห่าม แตกต่างจากกล้วยไข่สุก อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

2. <u>ผลการวิเคราะห์หาปริมาณวิตะมินซีในกล้วยไข่</u>

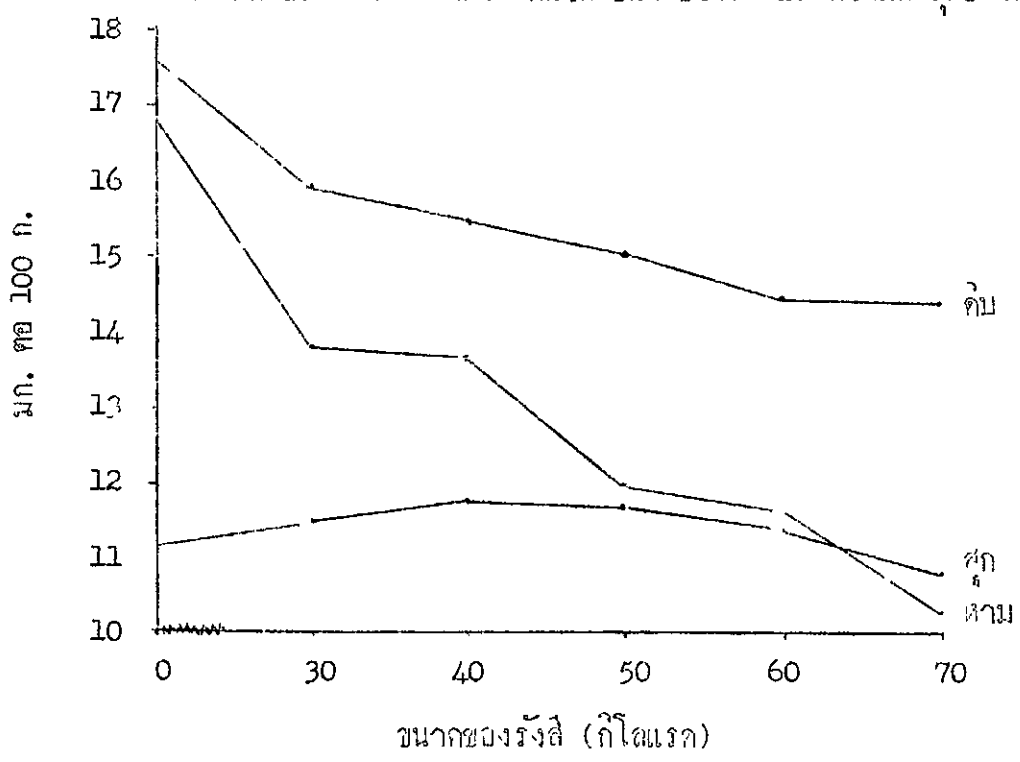
ตารางที่ 5 ปริมาณวิตะมินซีในกล้วยไข่ (มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม)*

ขนาดของรังสี (กิโลแรด)	ดิบ	ห่าม	สุก
0	17.695 ± 0.946	16.996 ± 1.141	11.181 ± 0.771
30	15.946 ± 0.907	13.830 ± 1.145	11.506 ± 0.423
40	15.500 ± 0.635	13.653 ± 1.115	11.736 ± 0.412
50	15.058 ± 0.358	11.986 ± 0.638	11.655 ± 0.853
60	14.465 ± 0.275	11.537 ± 0.708	11.366 ± 0.815
70	14.222 ± 0.385	10.279 ± 0.497	10.777 ± 1.266

*การรายงานค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเหล่านี้ได้จากการทดลองซ้ำกัน 3 การทดลอง และในแต่ละการทดลองมี 3 replicates

เมื่อนำข้อมูลจากตารางที่ 5 ไปเขียนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวิตะมินซีกับขนาดของรังสีและความดิบสุกของกล้วยไข่ จะปรากฏผลตามภาพประกอบที่ 6

ภาพประกอบที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวิตะมินซีกับขนาดของรังสีและความคงสุกของกล้วยไข่



ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณวิตะมินซีในกล้วยไข่

Source of Variation	SS	df	MS	F	P
Treatments (A)	202.018	5	40.404	63.656	<.01
Levels (L)	460.035	2	230.017	362.392	<.01
A x L	122.156	10	12.216	19.246	<.01
(Cells)	(784.209)	(17)	-		
Within	91.400	144	0.635		
Total	875.609	161			

F .01 (5,144) = 3.14 F .01 (2,144) = 4.75 F .01 (10,144) = 2.44

จากตารางที่ 6 แสดงว่าปริมาณวิตะมินซีในกล้วยไข่ที่อาบรังสีขนาดตั้งแต่ 0 - 70 กิโลเรา แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ความเข้มสูงของกล้วยมีผลทำให้ปริมาณวิตะมินซีในกล้วยแ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และ Interaction ระหว่างขนาดของรังสีกับความเข้มสูง ก็มีผลทำให้ปริมาณวิตะมินซีในกล้วยไข่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ด้วย ดังนั้นจึงทดสอบ ความแตกต่างของปริมาณวิตะมินซีในกล้วยไข่โดยใช้ t - test ต่อไป

ตารางที่ 7 ค่า t แสดงความแตกต่างระหว่างปริมาณวิตะมินซีในกล้วยไข่ที่อาบรังสีขนาดต่าง ๆ

ขนาดของรังสี (กิโลเรด)	0	30	40	50	60	70
0	-	2.125*	2.407*	3.555**	4.210**	4.985**
30		-	0.254	1.746	2.637**	3.692**
40			-	1.625	2.603**	3.723**
50				-	1.039	2.371
60					-	1.444
70						-

*มีนัยสำคัญที่ระดับ .05 (t .05 = 2.01)

**มีนัยสำคัญที่ระดับ .01 (t .01 = 2.68)

จากตารางที่ 7 แสดงว่ากล้วยไข่ที่อาบรังสีขนาด 30 และ 40 กิโลเรด มีวิตะมินซีมากกว่ากล้วยไข่ที่มิได้อาบรังสี อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และกล้วยไข่ที่อาบรังสีขนาด 50, 60 และ 70 กิโลเรด มีวิตะมินซีมากกว่ากล้วยไข่ที่มิได้อาบรังสี อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 นอกจากนี้ปริมาณวิตะมินซีในกล้วยไข่ที่อาบรังสีขนาดต่าง ๆ ยังแตกต่างกันอีกด้วย เช่น กล้วยไข่ที่อาบรังสี

ขนาด 70 กิโลแรก จะมีวิตะมินซีน้อยกว่ากล้วยไข่ที่อาบรังสีขนาด 30 และ 40 กิโลแรก เป็นต้น

ตารางที่ 8 ค่า t แสดงความแตกต่างระหว่างปริมาณวิตะมินซีในกล้วยไข่ที่มีความคิบสุกต่าง ๆ

ความคิบสุก	คิบ	ห่าม	สุก
คิบ	-	6.630**	19.528**
ห่าม		-	4.972**
สุก			

** มีนัยสำคัญที่ระดับ .01 (t .01 = 2.63)

จากตารางที่ 8 แสดงว่าปริมาณวิตะมินซีในกล้วยไข่ คิบ ห่าม และสุก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 กล่าวคือ กล้วยไข่คิบ มีวิตะมินซีมากกว่า กล้วยไข่ห่ามและสุก และกล้วยไข่ห่าม มีวิตะมินซีมากกว่ากล้วยไข่สุกด้วย

ด้วยเหตุที่ Interaction ระหว่างขนาดของรังสีและความคิบสุกมีผลต่อวิตะมินซีในกล้วยไข่ จึงแสดงความแตกต่างของปริมาณวิตะมินซีในกล้วย คิบ ห่าม และสุก โดยใช้วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Simple - Randomized Design โดยใช้สูตรของ ลินด์ควิสต์ (Lindquist, 1956 : 47 - 101) ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณวิตะมินซีในกล้วยไข่ดิบ ซึ่งอาบรังสีขนาดต่าง ๆ

Source of Variation	SS	df	MS	F	P
Treatments	69.822	5	13.964	33.880	<.01
Within	19.784	48	0.412		
Total	89.606	53			

F .01 (5,48) = 3.45

จากตารางที่ 9 เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างของปริมาณวิตะมินซีในกล้วยไข่ดิบที่อาบรังสีขนาดต่าง ๆ โดยใช้ t - test พบว่าปริมาณวิตะมินซีในกล้วยไข่ที่อาบรังสีขนาดตั้งแต่ 30 - 70 กิโลแรด มีน้อยกว่า ปริมาณวิตะมินซีในกล้วยไข่ที่มิได้อาบรังสีอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณวิตะมินซีในกล้วยไข่ห่ามซึ่งอาบรังสีขนาดตาง ๆ

Source of Variation	SS	df	MS	F	P
Treatments	248.757	5	49.751	59.536	<.01
Within	40.111	48	0.836		
Total	288.868	53			

F .01 (5,48) = 3.45

จากตารางที่ 10 เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างของปริมาณวิตะมินซีในกล้วยไข่ที่อาบรังสีขนาดต่าง ๆ โดยใช้ t - test พบว่าปริมาณวิตะมินซีในกล้วยไข่ที่อาบรังสีขนาดตั้งแต่ 30 - 70 กิโลแรก กับปริมาณวิตะมินซีในกล้วยไข่ที่มิได้อาบรังสี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 กล่าวคือ กล้วยไข่ที่อาบรังสีมีวิตะมินซีน้อยกว่ากล้วยไข่ที่มิได้อาบรังสี

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณวิตะมินซีในกล้วยไข่สุก ซึ่งอาบรังสีขนาดต่าง ๆ

Source of Variation	SS	df	MS	F	P
Treatments	5.595	5	1.119	1.705	—
Within	31.504	48	0.656		
Total	37.099	53			

$F_{.05}(5,48) = 2.42$

จากตารางที่ 11 แสดงว่าปริมาณวิตะมินซีในกล้วยไข่ที่อาบรังสีขนาดต่าง ๆ ซึ่งทำการวิเคราะห์ตะกล้วยสุกมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น หรืออาจกล่าวได้ว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3. ผลการวิเคราะห์หาปริมาณแคโรทีนในกล้วยน้ำว้า

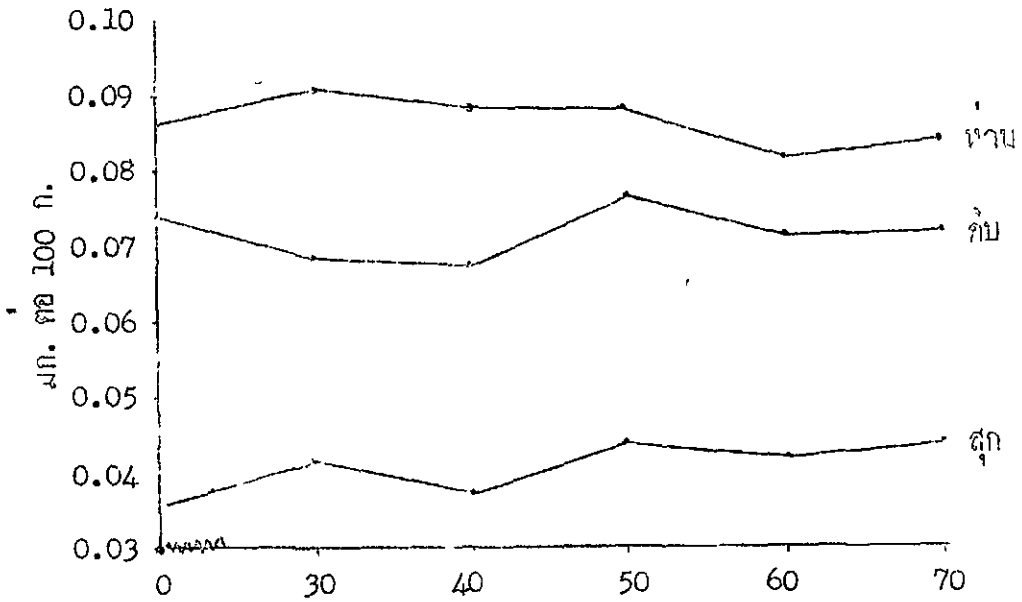
ตารางที่ 12 ปริมาณแคโรทีนในกล้วยน้ำว้า (มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม)*

ขนาดของรังสี (กิโลเรด)	ดิบ	ห่าม	สุก
0	0.074 ± 0.015	0.086 ± 0.010	0.036 ± 0.020
30	0.068 ± 0.016	0.091 ± 0.014	0.041 ± 0.011
40	0.067 ± 0.011	0.087 ± 0.006	0.037 ± 0.009
50	0.076 ± 0.012	0.087 ± 0.010	0.044 ± 0.006
60	0.071 ± 0.011	0.081 ± 0.018	0.042 ± 0.007
70	0.072 ± 0.012	0.084 ± 0.016	0.044 ± 0.007

* การรายเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐานเหล่านี้ ได้จากการทดลองซ้ำกัน 3 การทดลอง และในแต่ละการทดลองมี 3 replicates

เมื่อนำข้อมูลจากตารางที่ 12 ไปเขียนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคโรทีนกับขนาดของรังสีและความดิบสุกของกล้วยน้ำว้า จะปรากฏผลตามภาพประกอบที่ 7

ภาพประกอบที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคโรทีน กับขนาดของรังสีและความคงสุกของกล้วยน้ำว้า



ขนาดของรังสี (กิโลแรด)

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์หาปริมาณแคโรทีนในกล้วยน้ำว้ามาวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างปริมาณแคโรทีนในกล้วยน้ำว้าที่อาบรังสีขนาดต่าง ๆ และความคงสุกทุกระยะโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน ปรากฏผลตามตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเกโรทีนในกล้วยน้ำว้า

Source of Variation	SS	df	MS	F	P
Treatments (A)	0.0005	5	0.0001	0.761	—
Levels (L)	0.058	2	0.029	210.036	<.01
A x L	0.001	10	0.0001	0.819	—
(Cells)	(0.060)	(17)			
Within	0.020	144	0.0001		
Total	0.080	161			

F .01 (2,144) = 4.75

จากตารางที่ 13 แสดงว่าปริมาณเกโรทีนในกล้วยน้ำว้าที่มีความดิบสุกต่าง ๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ส่วนการอาบรังสีขนาดต่าง ๆ ไม่มีผลต่อเกโรทีนในกล้วยน้ำว้า จึงทดสอบความแตกต่างระหว่างปริมาณเกโรทีนในกล้วยน้ำว้าที่มีความดิบสุกต่าง ๆ โดยใช้ t - test ต่อไป

ตารางที่ 14 ค่า t แสดงความแตกต่างระหว่างปริมาณแคโรทีนในกล้วยน้ำว้าที่มีกาบกล้วยสุกต่าง ๆ

กาบกล้วยสุก	ดิบ	ห่าม	สุก
ดิบ	-	- 6.043**	15.300**
ห่าม		-	22.700**
สุก			-

** มีนัยสำคัญที่ระดับ .01 (t.01 = 2.63)

จากตารางที่ 14 แสดงว่าปริมาณแคโรทีนในกล้วยน้ำว้าดิบ ห่าม และสุก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 กล่าวคือ ปริมาณแคโรทีนในกล้วยน้ำว้าห่ามมีมากกว่า กล้วยน้ำว้าดิบหรือสุก และปริมาณแคโรทีนในกล้วยน้ำว้าดิบ มีมากกว่า กล้วยน้ำว้าสุกด้วย

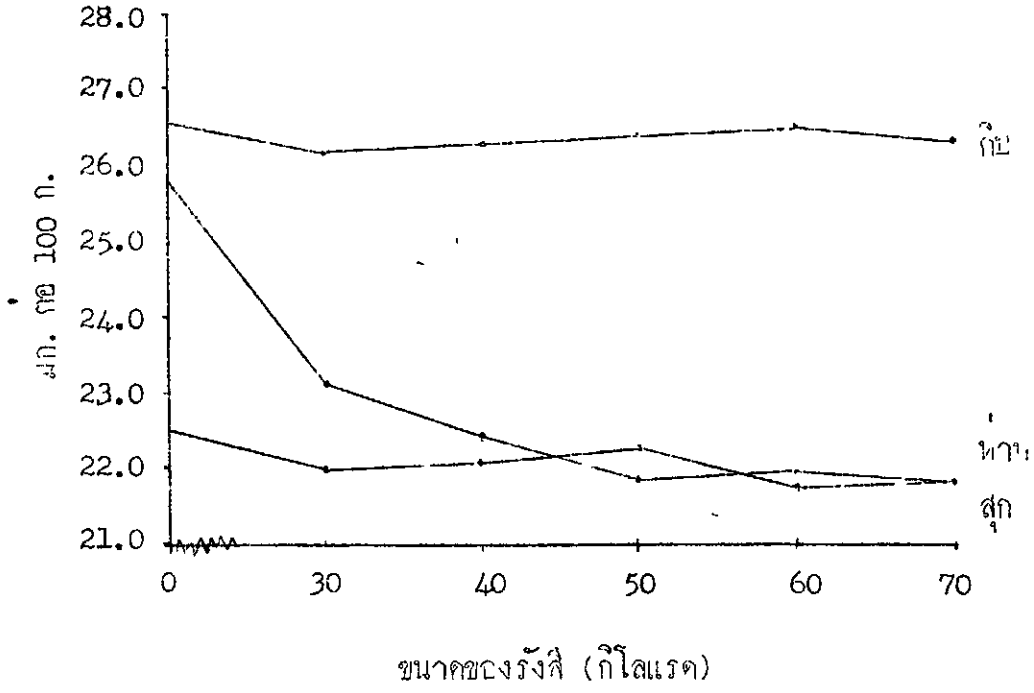
4. ผลการวิเคราะห์หาปริมาณวิตะมินซีในกล้วยน้ำว้า

ตารางที่ 15 ปริมาณวิตะมินซีในกล้วยน้ำว้า (มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม)*

ขนาดของรังสี (กิโลแรด)	ดิบ	ห่าม	สุก
0	26.581 ± 0.710	25.887 ± 0.946	22.526 ± 0.742
30	26.176 ± 0.623	23.088 ± 0.616	21.999 ± 0.705
40	26.299 ± 0.851	22.465 ± 1.115	22.091 ± 1.034
50	26.418 ± 0.970	21.838 ± 1.637	22.261 ± 1.221
60	26.500 ± 0.914	21.919 ± 1.595	21.761 ± 1.513
70	26.297 ± 1.035	21.799 ± 1.818	21.799 ± 1.589

* การรายเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐานเหล่านี้ได้จากการทดลองซ้ำกัน 3 การทดลอง และในแต่ละการทดลองมี 3 replicates

ภาพประกอบที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวิตะมินซีกับขนาดของรังสีและความยืดสุกของกล้วยน้ำว้า



ตารางที่ 16 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณวิตะมินซีในกล้วยน้ำว้า

Source of Variation	SS	df	MS	F	P
Treatments (A)	53.066	5	10.613	7.982	<.01
Levels (L)	570.480	2	285.240	214.523	<.01
A x L	63.533	10	6.353	4.778	<.01
(Cells)	(687.080)	(17)			
Within	191.469	144	1.330		
Total	878.549	161			

F .01 (5,144) = 3.14 F .01 (2,144) = 4.75 F .01 (10,144) = 2.44

จากตารางที่ 16 แสดงว่าปริมาณวิตะมินซีในกล้วยน้ำว้าที่อาบรังสีขนาดต่าง ๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ความคิบสุกของกล้วยก็มีผลทำให้ปริมาณวิตะมินซีในกล้วยน้ำว้าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 นอกจากนี้ Interaction ระหว่างขนาดของรังสีกับความคิบสุกยังมีผลทำให้ปริมาณวิตะมินซีในกล้วยน้ำว้าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 เช่นเดียวกัน ดังนั้นจึงทดสอบความแตกต่างของปริมาณวิตะมินซีในกล้วยน้ำว้าโดยใช้ t - test ต่อไป

ตารางที่ 17 ค่า t แสดงความแตกต่างระหว่างปริมาณวิตะมินซีในกล้วยน้ำว้าที่อาบรังสีขนาดต่าง ๆ

ขนาดของรังสี (กิโลแรด)	0	30	40	50	60	70
0	-	2.362*	2.453*	2.469*	2.560*	2.707**
30		-	0.244	0.415	0.582	0.733
40			-	0.179	0.346	0.491
50				-	0.164	0.301
60					-	0.134
70						-

* มีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ($t_{.05} = 2.01$)

** มีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ($t_{.01} = 2.68$)

จากตารางที่ 17 แสดงว่าปริมาณวิตะมินซีในกล้วยน้ำว้าที่อาบรังสีขนาดตั้งแต่ 30 - 60 กิโลแรด กับปริมาณวิตะมินซีในกล้วยน้ำว้าที่ไม่ได้อาบรังสี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และปริมาณวิตะมินซีในกล้วยน้ำว้าที่อาบรังสีขนาด 70 กิโลแรด กับในกล้วยที่ไม่ได้อาบรังสี

มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 กล่าวคือ กล้วยน้ำว้าที่ถ่ายรังสีทุกขนาดมีวิตะมินซีน้อยกว่ากล้วยน้ำว้าที่ไม่ถ่ายรังสี ส่วนปริมาณวิตะมินซีในกล้วยน้ำว้าที่ถ่ายรังสีขนาดต่าง ๆ กัน ตั้งแต่ 30 - 70 กิโลแรด แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 18 ค่า t แสดงความแตกต่างระหว่างปริมาณวิตะมินซีในกล้วยน้ำว้าที่มีความคิบสุกต่าง ๆ

ความคิบสุก	คิบ	ห่าม	สุก
คิบ	-	12.333**	21.176**
ห่าม		-	1.820
สุก			-

** มีนัยสำคัญที่ระดับ .01 (t .01 = 2.63)

จากตารางที่ 18 แสดงว่ากล้วยน้ำว้าคิบมีวิตะมินซีมากกว่ากล้วยน้ำว้าห่ามและสุกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ส่วนปริมาณวิตะมินซีในกล้วยน้ำว้าห่ามแตกต่างกับกล้วยน้ำว้าสุกอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ด้วยเหตุที่ Interaction ระหว่างขนาดของรังสีและความคิบสุก มีผลต่อวิตะมินซีในกล้วยน้ำว้า จึงทดสอบความแตกต่างของปริมาณวิตะมินซีในกล้วยคิบ ห่าม และสุก โดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Simple - Randomized Design ดังนี้

ตารางที่ 19. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณวิตะมินซี ในกล้วยน้ำว้าดิบ ซึ่งอาบรังสีขนาดต่าง ๆ

Source of Variation	SS	df	MS	F	P
Treatments	1.001	5	0.200	0.270	—
Within	35.703	48	0.744		
Total	36.704	53			

F .05 (5,48) = 2.42

จากตารางที่ 19 แสดงว่าปริมาณวิตะมินซีในกล้วยน้ำว้าดิบที่อาบรังสีขนาดต่าง ๆ ตั้งแต่ 0 - 70 กิโลแรด แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณวิตะมินซี ในกล้วยน้ำว้าห่าม ซึ่งอาบรังสีขนาดต่าง ๆ

Source of Variation	SS	df	MS	F	P
Treatments	111.829	5	22.366	12.148	< .01
Within	88.374	48	1.841	-	
Total	200.203	53			

F .01 (5,48) = 3.45

จากตารางที่ 20 แสดงว่าปริมาณวิตะมินซีในกล้วยน้ำว้าห่ามที่อาบรังสีขนาดต่าง ๆ ตั้งแต่ 0 - 70 กิโลแรด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 จึงทำการทดสอบความแตกต่างของปริมาณวิตะมินซีในกล้วยน้ำว้าห่ามโดยใช้ t - test พบว่า ปริมาณวิตะมินซีในกล้วยน้ำว้าที่อาบรังสีขนาดตั้งแต่ 30 - 70 กิโลแรด เกรงกว่า กล้วยน้ำว้าที่ไม่ได้อาบรังสีอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

ตารางที่ 21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณวิตะมินซีในกล้วยน้ำว้าสุก ซึ่งอาบรังสีขนาดต่าง ๆ

Source of Variation	SS	df	MS	F	P
Treatments	3.769	5	0.754	0.537	-
Within	67.392	48	1.404		
Total	71.161	53	-		

F .05 (5,48) = 2.42

จากตารางที่ 21 แสดงว่าปริมาณวิตะมินซีในกล้วยน้ำว้าสุกที่อาบรังสีขนาดต่าง ๆ ตั้งแต่ 0 - 70 กิโลแรด แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

บทที่ 5

สรุป และอภิปรายผลการทดลอง

ความมุ่งหมายในการศึกษาค้นคว้า

เพื่อศึกษาผลของรังสีแกมม่าที่มีต่อแกโรทีนและวิตะมินซีในกล้วยไข่และกล้วยน้ำว้าที่มีความกับสุกต่างกัน

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

1. สุ่มตัวอย่างกล้วยดิบที่ยังเขียวสดอยู่และตัดออกจากต้นนานไม่เกินสองวัน แล้วนำไปอาบรังสีขนาดต่าง ๆ คือ 0, 30, 40, 50, 60, และ 70 กิโลแรด

2. เก็บกล้วยที่อาบรังสีทุกขนาดไว้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อทำการวิเคราะห์หาปริมาณแกโรทีนและวิตะมินซีในกล้วยที่มีความกับสุก 3 ระยะ คือ ดิบ ห่าม และสุก

3. การวิเคราะห์หาปริมาณสารอาหารข้างต้นในกล้วยไข่ และกล้วยน้ำว้าที่อาบรังสีแต่ละขนาด และมีความกับสุกต่างกัน ทำ 3 การทดลองซ้ำกัน และในแต่ละการทดลองทำ 3 replicates

4. วิธีการทางเคมีและที่สีกสที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณสารอาหารบังดังนี้

4.1 การวิเคราะห์หาปริมาณแกโรทีน ใช้วิธีการดังต่อไปนี้ คือ การสกัดด้วยตัวทำละลาย (Solvent Extraction) Column chromatography และ Spectrophotometry

4.2 การวิเคราะห์หาปริมาณวิตะมินซี ใช้วิธีการดังต่อไปนี้ คือ การสกัดด้วยตัวทำละลาย และ Titration โดยอาศัยปฏิกิริยา Oxidation - Reduction ระหว่างวิตะมินซีกับ 2, 6 - Dichlorobenzenenoneindophenol

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์หาปริมาณแกโรทีนและวิตะมินซีในกล้วยไข่และกล้วยน้ำว้าไปหาค่าเฉลี่ย (Mean) ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และเปรียบเทียบ

ความแตกต่างทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) แบบ Treatments x Levels Design

สรุปผลการศึกษาค้นคว้า

1. ผลการวิเคราะห์หาปริมาณแกโรทีนในกล้วยไข่

1.1 ขนาดของรังสีมีผลต่อปริมาณแกโรทีนในกล้วยไข่

กล้วยไข่ที่อาบรังสีขนาด 50, 60 และ 70 กิโลแรด มีแกโรทีนมากกว่ากล้วยไข่ที่ไม่ได้อาบรังสีอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ส่วนกล้วยไข่ที่อาบรังสีขนาด 30 และ 40 กิโลแรด มีแกโรทีนไม่แตกต่างกับกล้วยไข่ที่ไม่ได้อาบรังสี

1.2 ความคงสุกมีผลต่อปริมาณแกโรทีนในกล้วยไข่

กล้วยไข่ห่ามและสุกมีแกโรทีนมากกว่ากล้วยไข่ดิบอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ส่วนกล้วยไข่ห่ามกับสุกมีแกโรทีนไม่แตกต่างกัน

Interaction ระหว่างขนาดของรังสีกับความคงสุกไม่มีผลต่อแกโรทีนในกล้วยไข่

2. ผลการวิเคราะห์หาปริมาณวิตะมินซีในกล้วยไข่

2.1 ขนาดของรังสีมีผลต่อปริมาณวิตะมินซีในกล้วยไข่

2.1.1 กล้วยไข่ที่อาบรังสีขนาด 30 และ 40 กิโลแรด มีวิตะมินซีมากกว่ากล้วยไข่ที่ไม่ได้อาบรังสีอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

2.1.2 กล้วยไข่ที่อาบรังสีขนาด 50, 60 และ 70 กิโลแรด มีวิตะมินซีน้อยกว่ากล้วยไข่ที่ไม่ได้อาบรังสีอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

วิตะมินซีในกล้วยไข่จะได้รับผลจากรังสีมากหรือน้อยขึ้นโดยตรงกับขนาดของรังสีที่ใช้ฉายกรอง เช่น กล้วยไข่ที่อาบรังสีขนาด 70 กิโลแรด มีวิตะมินซีน้อยกว่ากล้วยไข่ที่อาบรังสีขนาด 40 กิโลแรด เป็นต้น

2.2 ความคงสุกมีผลต่อปริมาณวิตะมินซีในกล้วยไข่

กล้วยไข่ดิบมีวิตะมินซีมากกว่ากล้วยไข่ห่ามและสุก และกล้วยไข่ห่ามมีวิตะมินซีมากกว่ากล้วยไข่สุกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

2.3 Interaction ระหว่างขนาดของรังสีกับความคงสุกที่ผลต่อปริมาณวิตะมินซี ในกล้วยไข่ ดังต่อไปนี้

2.3.1 ผลของรังสีที่มีต่อปริมาณวิตะมินซีในกล้วยไข่ดิบ ผลการทดลองแสดงว่ากล้วยไข่ดิบที่อาบรังสีขนาดตั้งแต่ 30 - 70 กิโลแรด มีวิตะมินซีน้อยกว่ากล้วยไข่ดิบที่มิได้อาบรังสีอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

2.3.2 ผลของรังสีที่มีต่อปริมาณวิตะมินซีในกล้วยไข่ห่าม ผลการทดลองแสดงว่ากล้วยไข่ห่ามที่อาบรังสี (ขณะดิบ) ขนาดตั้งแต่ 30 - 70 กิโลแรด มีวิตะมินซีน้อยกว่ากล้วยไข่ห่ามที่มิได้อาบรังสีอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

2.3.3 ผลของรังสีที่มีต่อปริมาณวิตะมินซีในกล้วยไข่สุก ผลการทดลองแสดงว่ากล้วยไข่สุกที่อาบรังสี (ขณะดิบ) ขนาดตั้งแต่ 30 - 70 กิโลแรด มีวิตะมินซีไม่แตกต่างไปจากกล้วยไข่สุกที่มิได้อาบรังสี ดังนั้นแสดงว่ารังสีไม่มีผลต่อปริมาณวิตะมินซีในกล้วยไข่สุก

3. <u>ผลการวิเคราะห์หาปริมาณแคโรทีนในกล้วยน้ำว้า</u>

3.1 ผลของรังสีที่มีต่อปริมาณแคโรทีนในกล้วยน้ำว้า

กล้วยน้ำว้าที่อาบรังสีขนาดตั้งแต่ 30 - 70 กิโลแรด มีแคโรทีนไม่แตกต่างกับกล้วยน้ำว้าที่มิได้อาบรังสี ดังนั้นแสดงว่า รังสีทุกขนาดไม่มีผลต่อแคโรทีนในกล้วยน้ำว้า

3.2 ความคงสุกมีผลต่อปริมาณแคโรทีนในกล้วยน้ำว้า

กล้วยน้ำว้าห่ามมีแคโรทีนมากกว่า กล้วยน้ำว้าดิบและสุก กล้วยน้ำว้าดิบมีแคโรทีนมากกว่ากล้วยน้ำว้าสุกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

Interaction ระหว่าง ขนาดของรังสีกับความคงสุกไม่มีผลต่อปริมาณแคโรทีนในกล้วยน้ำว้า

4. <u>ผลการวิเคราะห์หาปริมาณวิตะมินซีในกล้วยน้ำว้า</u>

4.1 ผลของรังสีที่มีต่อปริมาณวิตะมินซีในกล้วยน้ำว้า

4.1.1 กล้วยน้ำว้าที่อาบรังสีขนาด 30, 40, 50 และ 60 กิโลแรด มีวิตะมินซีน้อยกว่ากล้วยน้ำว้าที่มิได้อาบรังสีอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

4.1.2 กล้วยน้ำว้าที่อาบรังสีขนาด 70 กิโลเรด มีวิตะมินซีน้อยกว่ากล้วยน้ำว้าที่ไม่ได้อาบรังสีอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

4.1.3 กล้วยน้ำว้าที่อาบรังสีขนาดตั้งแต่ 30 - 70 กิโลเรด มีวิตะมินซีไม่แตกต่างกัน

4.2 ความคิบสุกมีผลต่อปริมาณวิตะมินซีในกล้วยน้ำว้า

กล้วยน้ำว้าดิบมีวิตะมินซีมากกว่ากล้วยน้ำว้าห่ามและสุกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 แต่กล้วยน้ำว้าห่ามกับสุกมีวิตะมินซีไม่แตกต่างกัน

4.3 Interaction ระหว่างขนาดของรังสีกับความคิบสุกที่มีผลต่อปริมาณวิตะมินซีในกล้วยน้ำว้า ดังต่อไปนี้

4.3.1 ผลของรังสีที่มีต่อวิตะมินซีในกล้วยน้ำว้าดิบ ผลการทดลองพบว่ากล้วยน้ำว้าดิบที่อาบรังสีทุกขนาด คือตั้งแต่ 30 - 70 กิโลเรด มีวิตะมินซีไม่แตกต่างกับกล้วยน้ำว้าดิบที่มิได้อาบรังสี

4.3.2 ผลของรังสีที่มีต่อวิตะมินซีในกล้วยน้ำว้าห่าม ผลการทดลองพบว่ากล้วยน้ำว้าห่ามที่อาบรังสี (ขณะดิบ) ทุกขนาดมีวิตะมินซีน้อยกว่ากล้วยน้ำว้าห่ามที่มิได้อาบรังสีอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

4.3.3 ผลของรังสีที่มีต่อวิตะมินซีในกล้วยน้ำว้าสุก ผลการทดลองพบว่ากล้วยน้ำว้าสุกที่อาบรังสี (ขณะดิบ) ทุกขนาดมีวิตะมินซีไม่แตกต่างกับกล้วยน้ำว้าสุกที่มิได้อาบรังสี

จากการศึกษาค้นคว้าข้างต้นสรุปได้ว่า กล้วยไข่กับกล้วยน้ำว้ามีปริมาณแกโรทีนและวิตะมินซีแตกต่างกันมาก กล่าวคือ กล้วยไข่มีแกโรทีนมากกว่ากล้วยน้ำว้า แต่มีวิตะมินซีน้อยกว่ากล้วยน้ำว้า

<u>อภิปรายผลการทดลอง</u>

การศึกษาค้นคว้าเรื่องนี้มีความมุ่งหมายเพื่อจะศึกษาผลของรังสีแกมม่าที่มีต่อการรวมตัวกันเสียได้ง่ายเป็นต้นว่าสารอาหารพวกวิตะมินต่าง ๆ ที่มีอยู่ในกล้วยไข่และกล้วยน้ำว้าที่มีความคิบสุกต่างกัน ผู้วิจัยได้เลือกแกโรทีนเป็นตัวแทนของวิตะมินพวกที่ละลายในตัวทำละลายไขมัน กับวิตะมินซีเป็นตัวแทนของวิตะมินพวกที่ละลายในน้ำ หลังจากการอาบรังสีกล้วยไข่และกล้วยน้ำว้าขณะยังคิบอยู่

ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณแกโรทีนและวิตะมินซีในกล้วยดังกล่าวที่ถ่ายดิบสุก 3 ระยะ คือ ดิบ ห่าง และสุก ผลการทดลองปรากฏว่า รังสีมีผลต่อแกโรทีนและวิตะมินซีในกล้วยไข่ ส่วนในกล้วยน้ำว้านั้นรังสีมีผลต่อวิตะมินซีแต่ไม่มีผลต่อแกโรทีน และนอกจากนี้ยังพบว่าถ่วงดิบสุกมีผลต่อแกโรทีนและวิตะมินซีในกล้วยทั้งสองชนิดด้วย

กล้วยไข่ที่อาบรังสีขนาด 50, 60 และ 70 กิโลแรด มีแกโรทีนมากกว่ากล้วยไข่ที่ไม่ได้อาบรังสีหรืออาบรังสีขนาดต่ำกว่านี้ แต่รังสีขนาด 30 - 70 กิโลแรด ไม่มีผลต่อแกโรทีนในกล้วยน้ำว้า กล้วยทั้งสองชนิดที่ห่ามมีแคโรทีนมากกว่ากล้วยดิบและสุก เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแกโรทีนที่มีอยู่ในกล้วยทั้งสองชนิดนี้ พบว่ากล้วยไข่มีแกโรทีนมากกว่ากล้วยน้ำว้ามากไม่ว่าจะเปรียบเทียบที่ความดิบสุกระยะใดก็ตาม

รังสีทุกขนาดทำให้ปริมาณวิตะมินซีในกล้วยไข่ และกล้วยน้ำว้าลดลงจากปกติ ปริมาณวิตะมินซีที่ลดลงนี้จะมากหรือน้อยขึ้นโดยตรงกับขนาดของรังสี กล้วยไข่และกล้วยน้ำว้าดิบมีวิตะมินซีมากที่สุด และรองลงมาคือห่าม และสุก เมื่อเปรียบเทียบปริมาณวิตะมินซีในกล้วยทั้งสองชนิดนี้ พบว่ากล้วยน้ำว้ามีวิตะมินซีมากกว่ากล้วยไข่มากไม่ว่าจะเปรียบเทียบที่ความดิบสุกระยะใดก็ตาม

Interaction ระหว่างขนาดของรังสีกับความดิบสุกมีผลต่อวิตะมินซีในกล้วยทั้งสองชนิดนี้ด้วย กล่าวคือ กล้วยไข่ดิบและห่ามมีวิตะมินซีน้อยลงเมื่ออาบรังสี ส่วนกล้วยน้ำว้าห่ามเท่านี้ที่มีวิตะมินซีน้อยลงเมื่ออาบรังสี

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า รังสีมีผลต่อปริมาณแกโรทีนและวิตะมินซีในกล้วยไข่และกล้วยน้ำว้าแตกต่างกัน เป็นต้นว่า กล้วยไข่ที่อาบรังสีขนาดตั้งแต่ 50 - 70 กิโลแรด มีแกโรทีนเพิ่มขึ้น แต่กล้วยน้ำว้าที่อาบรังสีขนาดดังกล่าวนี้กลับมีปริมาณแกโรทีนลดลงเสีย กล้วยไข่ดิบที่อาบรังสีทุกขนาดมีวิตะมินซีน้อยกว่ากล้วยไข่ดิบที่ไม่ได้อาบรังสี ส่วนกล้วยน้ำว้าดิบที่อาบรังสีและไม่ได้อาบรังสีมีปริมาณวิตะมินซีใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ยังมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพอื่น ๆ ที่แตกต่างกันเป็นไปอีกด้วย เช่น กล้วยไข่ที่อาบรังสีขนาด 40, 50, 60 และ 70 กิโลแรด มีเปลือกสีคล้ำขึ้นกว่าเดิมและเก็บรักษา ส่วนกล้วยน้ำว้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ข้อแตกต่างที่เกิดขึ้นอาจเนื่องมาจากปริมาณน้ำที่มีอยู่แตกต่างกันในกล้วยทั้งสองชนิด กล้วยไข่ประกอบด้วยน้ำถึงร้อยละ 70.66 แต่กล้วยน้ำว้ามีน้ำอยู่ร้อยละ 69.02 (ชูวิทย์ สมบัติพานิช, 2503 : 16) การที่กล้วยไข่

ที่นำอยู่มากกว่านี้อาจทำให้ได้รับผลจากรังสีมากกว่ากล้วยน้ำว้าไก้ (Ministry of Health, 1964 : 7) ผลการทดลองดังกล่าวนี้สอดคล้องกับข้อสรุปของ วินเซนท์ (Vincent, 1961 : 25075) ที่ได้เคยทำการทดลองฉายรังสีอาหารชนิดต่าง ๆ แล้วได้สรุปผลการทดลองไว้ว่า ผลของรังสีที่มีต่อวิตะมินต่าง ๆ ในอาหารจะมีมากน้อยขึ้นโดยตรงกับปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในอาหารนั้นด้วย

ในการฉายรังสีกล้วยไข่และกล้วยน้ำว้าเพื่อยืดระยะเวลาการเก็บรักษาโดยการเก็บกล้วยฉายรังสีไว้ที่อุณหภูมิห้องนั้น ผู้วิจัยเห็นว่า ไม่อาจนำมาใช้เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพได้ เพราะระยะเวลาการสุกของกล้วยที่ฉายรังสีขนาดต่าง ๆ กับกล้วยที่มิได้ฉายรังสีไม่แตกต่างกัน และที่สำคัญที่สุดก็คือ ถึงแม้ว่าการฉายรังสีอาจมีส่วนทำให้กล้วยไข่มีปริมาณแคโรทีนเพิ่มขึ้นได้ แต่กล้วยทั้งสองกลับมีวิตะมินซีลดลงมาก และสีเปลือกของกล้วยไข่เปลี่ยนแปลงไปเป็นสีน้ำตาลดำไม่น่ารับประทาน ผลการทดลองฉายรังสีเพื่อยืดระยะเวลาการเก็บรักษากล้วยไข่และกล้วยน้ำว้าดังกล่าวนี้ได้ผลใกล้เคียงกับการฉายรังสีกล้วยหอมของ เชาวน์ วงษ์พานิช (เชาวน์ วงษ์พานิช, 1971 : 30) ซึ่งสามารถยืดระยะเวลาการเก็บรักษาได้เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น การศึกษาในครั้งนี้ผู้วิจัยไม่สามารถจะทราบได้ว่ากล้วยดิบที่สุ่มตัวอย่างมาใช้ในการทดลองนั้นมีอายุเท่าใด ถึงแม้ว่าจะเป็นกล้วยดิบที่ยังมีสีเขียวสดอยู่ แต่ก็มักจะเป็นกล้วยดิบที่แก่จัดเนื่องจากกล้วยดิบที่ขายส่งในท้องตลาดนั้นจะไม่มีใครตัดกล้วยที่ยังอ่อนอยู่ซึ่งช่วยในการบ่มให้สุกได้เร็วขึ้น ดังนั้นถ้าสามารถทราบอายุของกล้วยและเลือกกล้วยดิบที่ยังไม่ถึงระยะแก่เต็มที่มาใช้ในการทดลองได้ ก็จะทำให้ได้ข้อมูลที่มีประโยชน์ยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. กล้วยที่ใช้ในการทดลองควรเป็นกล้วยที่ทราบอายุ และเป็นกล้วยที่ยังไม่แก่เกินที่จะรอให้สุกตามปกติประมาณ 3 - 5 วัน

2. ในการทดลองฉายรังสีเพื่อยืดระยะเวลาการเก็บรักษากล้วย ควรทดลองเก็บกล้วยฉายรังสีไว้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ด้วย

3. ควรศึกษาผลของรังสีที่มีต่อวิตะมินต่าง ๆ ในผลไม้และเมล็ดพืชผักอื่น ๆ เช่น เบอร์คถั่ว เมล็ดงา ฯลฯ.

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ชูจิตร สาบศิพานิช การวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของกล้วยบางชนิด ปริญญานิพนธ์ กส.บ. กสพะกสิกรรมและสัตวบาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2503, 63 หน้า.

เอาวน์ จวงพานิช "การศึกษาเกี่ยวกับการเก็บรักษากล้วยหอมโดยบรรจุถุงโพลีเอทธีลีน (Polyethylene)" Thai. AEC - 44 สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ประเทศไทย 1971, 33 หน้า.

ปารีส ยูโรเปียน โพรดักติวิตี้ เอเจนซี่ ออฟ โออีซีดี, 1958, การประยุกต์วิทยาศาสตร์รังสีในการเกษตรและอาหาร อรุณ ทรงมณี แปล สภาวิจัยแห่งชาติจัดแปลและพิมพ์ โรงพิมพ์สำนักทำเนียบนายกรัฐมนตรี 2509, 139 หน้า.

พลังงานปรมาณูเพื่อสันติ, สำนักงาน พระราชบัญญัติและกฎกระทรวงเกี่ยวกับพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ เอกสารฉบับที่ 1 โรงพิมพ์สำนักทำเนียบนายกรัฐมนตรี 2505, 21 หน้า.

สิปปนนท์ เกตุทัต "เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยเครื่องแรกของไทย" วิทยาศาสตร์ 3 : 238 พฤษภาคม 2506.

สุภัท สากรมงกล "เศษโลหะร่างกายจึงต้องการวิตะมิน" วิทยาศาสตร์สำหรับประชาชนครั้งที่ 6 กระจายเสียงทางสถานีวิทยุกระจายเสียงแห่งประเทศไทย 5 เมษายน 2502, เวลา 7.35 - 7.50 น. 4 หน้า.

กุสุมารี เลี่ยวสกุล "การถนอมอาหารโดยวิธีฉายด้วยรังสี" วิทยาศาสตร์ 5 : 8 - 13 พฤษภาคม 2504.

AOAC, Official Methods of Analysis of the AOAC, 11th Edition, P.O. Box 540 Benjamin Franklin Station, Washington D.C., 20044, 1970, pp. 777 - 778.

Bogert, L. J., Briggs, G. M., and Calloway, D. H., Nutrition and Physical Fitness, 8th Edition, W. B. Saunders Co., Philadelphia, 1966, 614 pp.

Cantarow, A., and Schepartz, B., Biochemistry, 3rd Edition, W. B. Saunders Co., Philadelphia, 1962, 938 pp.

Dennison, R. A., "Effects of Low - Level Irradiation upon the Preservation of Food Product," Nuclear Science Abstract, 23 : 1857, May, 1969.

Dharkar, S. D., and others, "Radiation - Induced Delay Ripening of Alphonso Mangoes," Journal of Food Science, 31 : 863 - 869, 1966.

Ferguson, W. E. and others, "The Effects of Gamma Radiation on Bananas," Food Technology, 20 : 105 - 107, February, 1966.

Goldblith, Samuel A., "The Wholesomeness of Irradiated Foods : Past History, Present Status, International Aspects, and Future Outlook," Food Technology, 20 : 93 - 98, February, 1966.

Jacobs, M. B., The Chemical Analysis of Foods and Food Products, D. Van Nostrand Co., Inc., N. J., 1959, 970 pp.

Johnson, B. C., Methods of Vitamin Determination, Burgess Publishing Co., Minnesota, 1949, 109 pp.

Joslyn, Maynard A., Methods in Food Analysis, 2nd Edition, Academic Press, N. Y., 1970, 845 pp.

Knapp, F. W., and Tappel, A. L., "Comparison of the Radiosensitivities of the Fat - Soluble Vitamins by Gamma Radiation," Journal of Agricultural and Food Chemistry, 9 : 430 - 433, November - December, 1961.

Koval'skaya, L. P., and Vasil'eva, K. V., "Effect of Gamma Ray on the Synthesis of Carotenoids in Tomatoes," Chemical Abstracts, 59 : 13088g, November, 1963.

Lindquist, E. F., Design and Analysis of Experiments in Psychology and Education, Hougton Miffin Co., Boston, 1956, 393 pp.

Loaharanu, Paisan, "Recent Research on the Influence of Irradiation of Certain Tropical Fruits in Thailand," Thai. AEC - 42, Office of Atomic Energy for Peace, Bangkok, 1971, 16 pp.

Maxie, Edward C., and Abdel - Kader, Adel, "Food Irradiation - Physiology of Fruits as Related to Feasibility of the Technology," Advances in Food Research, 15 : 105 - 138, 1966.

Maxie, Edward C., Sommer, N. F., and Eaks, I. L., "Effect of Gamma Radiation on Citrus Fruits," Chemical Abstracts, 72 : 118240t, June, 1970.

Ministry of Health Committee on Medical and Nutritional Aspects of Food Policy, Report of the Working Party on Irradiation of Food, Her Majesty's Stationery Office, London, 1964, 85 pp.

Obara, T., Shimazu, F., and Watanabe, W., "Influence of Gamma Ray Irradiation on Vitamin C Contained in Citrus Juice under Various Conditions," Chemical Abstracts, 53 : 22594f , November, 1959.

Ogata, K., Yamanafa, H., and Chachin, K., "Effect of Gamma Radiation on the Ripening and the Keeping Quality of Astringent Persimmon," Food Science and Technology Abstracts, 3 : 615, April, 1971.

Rhodes, D. N., "Food Preservation," Thai. AEC - 9, Office of Atomic Energy for Peace, Bangkok, 1966, p. 1.

Richardson, L. R., Luther, R., Martin, J. R., and Hart, S., "The Activity of Certain Water - Soluble Vitamins after Exposure to Gamma Radiations in Dry Mixtures and in Solutions," The Journal of Nutrition, 65 : 409 - 418, July, 1958.

Tengumnuay, Chongchit, "Radiation Preservation of Limes and Mangoes," Thai. AEC - 9, Office of Atomic Energy for Peace, Bangkok, 1966, pp.1 - 4.

Tengumnuay, Chongchit, and others, "Fruits Irradiation," Thai. AEC - 33, Office of Atomic Energy for Peace, Bangkok, 1970, pp.1 - 4.

The Association of Vitamin Chemists. Methods of Vitamin Assay, 3rd Edition, Interscience Publishers, Inc., N. Y., 1966, 424 pp.

Udomponsanon, Pranee, "Botanical Study on Some Bananas of Thailand," Thai Journal of Agricultural Science, 2 . 53 - 64, July, 1969.

Vincent, Oldrich, "Effect of Ionizing Gamma Radiation on Ascorbic Acid and Thiamin in Foods," Chemical Abstracts, 55 : 25075, November, 1961.

Welcher, Frank J., Standard Method of Chemical Analysis, Vol. 2 Part B. 6th Edition, Van Nostrand Reinhold Co., N. Y., 1963, pp.2385 - 2386.

Willard, Hobart H., Merritt, Lynne L., and Dean, John A., Instrumental Methods of Analysis, 4th Edition, D. Van Nostrand Co., Inc., N. J., 1969, 784 pp.

ภาคผนวก ก.

ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

ตารางที่22 ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์หาปริมาณแคโรทีนในกล้วยไข่ (มก. / 100 ก.)

ความดิบ–สุก	การทดลองที่	ครั้งที่	ขนาดของรังสี, กิโลแรด					
			0	30	40	50	60	70
ดิบ	1	1	0.170	0.133	0.247	0.380	0.437	0.447
		2	0.177	0.187	0.273	0.330	0.373	0.413
		3	0.160	0.200	0.263	0.340	0.400	0.333
	2	1	0.073	0.203	0.433	0.353	0.417	0.573
		2	0.053	0.160	0.203	0.273	0.657	0.487
		3	0.137	0.173	0.307	0.320	0.553	0.540
	3	1	0.677	0.660	0.640	0.753	0.687	0.447
		2	0.640	0.774	0.773	0.693	0.573	0.607
		3	0.694	0.666	0.743	0.743	0.647	0.640
ห่าม	1	1	0.480	0.587	0.600	0.667	0.657	0.573
		2	0.417	0.677	0.617	0.537	0.603	0.580
		3	0.507	0.603	0.713	0.614	0.567	0.574
	2	1	0.720	0.720	0.800	0.870	0.834	0.820
		2	0.787	0.820	0.743	0.760	0.720	0.677
		3	0.713	0.787	0.810	0.810	0.800	0.800
	3	1	0.853	0.920	0.833	0.900	0.713	0.773
		2	0.677	0.753	0.820	0.907	0.920	0.753
		3	0.773	0.713	0.843	0.843	0.820	0.810

ตารางที่22 (ต่อ)

ความดิบ–สุก	การทดลองที่	ครั้งที่	ขนาดของรังสี, กิโลแรด					
			0	30	40	50	60	70
สุก	1	1	0.540	0.657	0.667	0.680	0.600	0.587
		2	0.553	0.694	0.647	0.657	0.677	0.667
		3	0.517	0.617	0.693	0.647	0.560	0.573
	2	1	0.586	0.647	0.753	0.727	0.693	0.727
		2	0.603	0.720	0.693	0.753	0.693	0.640
		3	0.580	0.713	0.743	0.727	0.720	0.700
	3	1	0.720	0.753	0.753	0.773	0.933	0.800
		2	0.727	0.743	0.820	0.787	0.720	0.753
		3	0.687	0.760	0.773	0.810	0.720	0.760

ตารางที่23 ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์หาปริมาณวิตะมินซีในกล้วยไข่ (มก. / 100 ก.)

ความดิบ–สุก	การทดลองที่	ครั้งที่	ขนาดของรังสี, กิโลแรด					
			0	30	40	50	60	70
	1	1	16.794	14.604	14.604	14.969	14.604	13.509
		2	16.429	14.969	14.969	14.604	14.239	13.874
		3	16.429	14.969	14.604	14.604	14.239	14.239

ตารางที่23 (ต่อ)

ความดิบ–สุก	การทดลองที่	ครั้งที่	ขนาดของรังสี, กิโลแรด					
			0	30	40	50	60	70
ดิบ	2	1	18.787	16.577	16.216	15.135	14.775	14.775
		2	18.559	17.297	15.856	14.775	14.775	14.505
		3	18.787	16.577	16.216	15.135	14.775	14.505
	3	1	17.778	16.296	15.556	15.556	14.074	14.444
		2	17.593	15.929	15.556	15.556	14.444	14.074
		3	17.778	16.926	15.926	15.185	14.259	14.074
ห่าม	1	1	16.339	13.043	12.681	12.613	12.319	9.782
		2	16.339	12.681	13.043	12.252	12.319	9.420
		3	15.976	13.043	12.681	12.252	12.198	9.782
	2	1	18.249	15.270	14.897	12.663	10.801	10.428
		2	18.622	15.270	14.897	12.291	10.801	10.428
		3	18.622	15.456	15.270	12.291	10.428	10.615
	3	1	16.030	13.115	12.523	10.929	11.657	10.564
		2	16.393	13.115	13.996	11.293	11.657	10.929
		3	16.393	13.479	12.891	11.293	11.657	10.564
	1	1	10.929	10.927	10.929	10.565	10.565	9.107
		2	10.929	11.293	12.204	10.929	10.383	9.463
		3	11.293	10.929	11.293	10.929	10.565	9.107

ตารางที่23 (ต่อ)

ความคิบ–สุก	การทดลองที่	ครั้งที่	ขนาดของรังสี, กิโลแรด					
			0	30	40	50	60	70
สุก	2	1	11.996	11.632	12.056	11.632	11.269	11.269
		2	12.177	11.632	11.632	11.451	11.269	11.269
		3	11.049	11.632	11.813	11.269	11.451	11.632
	3	1	10.313	12.317	11.657	12.891	12.386	11.594
		2	9.945	11.594	12.022	12.523	11.657	10.869
		3	11.996	11.594	12.022	12.707	12.750	12.681

ตารางที่24 ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์หาปริมาณแคโรทีนในกล้วยน้ำว้า (มก. / 100 ก.)

ความคิบ–สุก	การทดลองที่	ครั้งที่	ขนาดของรังสี, กิโลแรด					
			0	30	40	50	60	70
คิบ	1	1	0.058	0.053	0.060	0.097	0.073	0.080
		2	0.080	0.058	0.053	0.067	0.053	0.058
		3	0.067	0.058	0.058	0.058	0.060	0.073
	2	1	0.067	0.067	0.070	0.073	0.073	0.073
		2	0.066	0.058	0.067	0.072	0.070	0.072
		3	0.058	0.073	0.058	0.073	0.070	0.070
	3	1	0.106	0.106	0.090	0.080	0.072	0.050
		2	0.080	0.066	0.072	0.094	0.072	0.094
		3	0.080	0.072	0.072	0.072	0.094	0.080

ตารางที่24 (ต่อ)

ความดิบ–สุก	การทดลองที่	ครั้งที่	ขนาดของรังสี, กิโลแรด					
			0	30	40	50	60	70
ห่าม	1	1	0.080	0.090	0.090	0.080	0.058	0.077
		2	0.073	0.080	0.090	0.087	0.053	0.053
		3	0.070	0.077	0.080	0.090	0.067	0.093
	2	1	0.090	0.077	0.087	0.077	0.094	0.080
		2	0.090	0.090	0.080	0.090	0.090	0.072
		3	0.080	0.093	0.080	0.097	0.080	0.087
	3	1	0.100	0.120	0.090	0.097	0.100	0.100
		2	0.097	0.100	0.087	0.067	0.097	0.100
		3	0.090	0.097	0.097	0.097	0.093	0.097
สุก	1	1	0.053	0.047	0.036	0.053	0.047	0.040
		2	0.047	0.053	0.047	0.040	0.047	0.040
		3	0.036	0.040	0.047	0.047	0.040	0.053
	2	1	0.023	0.040	0.033	0.047	0.033	0.040
		2	0.033	0.026	0.026	0.047	0.036	0.040
		3	0.026	0.029	0.036	0.036	0.033	0.033
	3	1	0.026	0.058	0.026	0.036	0.053	0.053
		2	0.026	0.045	0.053	0.047	0.045	0.053
		3	0.047	0.033	0.033	0.045	0.045	0.040

ตารางที่ 25 ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์หาปริมาณวิตะมินซีในกล้วยน้ำว้า (มก. / 100 ก.)

ความดิบ–สุก	การทดลองที่	ครั้งที่	ขนาดของรังสี, กิโลแรด					
			0	30	40	50	60	70
ดิบ	1	1	26.594	26.230	25.501	25.865	26.958	26.230
		2	26.230	25.865	25.501	26.958	25.865	25.865
		3	26.950	25.501	26.230	26.230	26.594	25.501
	2	1	27.473	26.373	27.473	27.839	27.473	27.839
		2	27.106	26.739	27.473	27.473	27.106	27.839
		3	27.473	27.473	27.106	27.106	27.839	27.106
	3	1	25.556	25.925	26.296	25.925	25.185	25.556
		2	25.925	25.925	25.556	25.185	25.556	25.185
		3	25.925	25.556	25.556	25.185	25.925	25.556
ห่าม	1	1	24.908	23.820	23.820	24.174	23.820	24.174
		2	25.641	23.454	23.454	23.820	23.454	23.820
		3	25.274	23.454	23.820	23.820	24.174	24.174
	2	1	26.704	22.222	21.845	20.339	20.339	21.469
		2	27.872	23.729	21.845	20.715	19.962	19.962
		3	26.296	23.333	22.592	20.715	20.339	20.000
	3	1	25.926	22.592	20.370	20.741	22.222	21.852
		2	25.185	22.963	22.222	20.370	21.481	20.741
		3	25.185	22.222	22.222	21.852	21.481	20.000

ตารางที่25 (ต่อ)

ความดิบ–สุก	การทดลองที่	ครั้งที่	ขนาดของรังสี, กิโลแรด					
			0	30	40	50	60	70
สุก	1	1	23.572	22.344	23.076	23.204	23.486	24.309
		2	23.572	22.344	23.443	24.309	23.445	23.572
		3	22.467	22.711	23.443	23.572	23.445	23.572
	2	1	22.646	21.846	21.348	22.599	19.586	20.716
		2	22.460	22.222	20.976	21.481	20.339	20.339
		3	22.460	20.596	21.348	21.481	21.481	21.092
	3	1	21.111	21.111	21.111	20.741	20.741	20.000
		2	22.222	22.222	21.481	21.111	21.852	21.111
		3	22.222	22.592	22.592	21.852	21.111	21.481

ตารางที่26 ค่า Absorbance และ % Transmittance ของสารละลายแคโรทีนมาตรฐานที่ Wavelength 450 mμ

สารละลาย	ความเข้มข้น μg/ml	การทดลองที่1		การทดลองที่2		การทดลองที่3		ค่าเฉลี่ย	
		%T	A	%T	A	%T	A	%T	A
ก	4.0	9.5	1.022	12.5	0.903	12.0	0.921	11.3	0.947
ข	2.0	31.5	0.502	36.0	0.444	34.5	0.462	34.0	0.468
ก	1.6	39.0	0.409	43.5	0.361	42.5	0.372	41.6	0.381
ง	1.2	50.0	0.297	54.0	0.268	53.0	0.276	52.3	0.282
จ	0.8	63.0	0.201	65.0	0.187	66.5	0.177	64.8	0.188
ฉ	0.4	79.0	0.102	79.5	0.099	81.5	0.089	80.0	0.097
ช	0.2	88.0	0.056	89.5	0.048	90.0	0.046	89.2	0.050

สูตรทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การหาค่ารายเฉลี่ย (Mean) ใช้สูตร

$$\text{Mean} = \frac{\Sigma X}{N}$$

2. การหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ใช้สูตร

$$\text{S.D.} = \sqrt{\frac{N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2}{N(N-1)}}$$

3. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) แบบ Treatments x Levels Design ใช้สูตร

Source of Variation	df	SS	MS
Treatments(A)	$a - 1$	$SS_A = \sum_J^a \frac{T_J^2}{n_J} - \frac{T^2}{N}$	$SS_A/(a-1)$
Levels(L)	$\ell - 1$	$SS_L = \sum_1^\ell \frac{T_1^2}{n_1} - \frac{T^2}{N}$	$SS_L/(\ell - 1)$
(Cells)	$(a\ell - 1)$	$(SS_{Cells} = \sum_1^\ell \sum_J^a \frac{T_{1J}^2}{n_{1J}} - \frac{T^2}{N})$	
Treatments x Levels (AL)	$(a-1)(\ell-1)$	$SS_{AL} = SS_{Cells} - SS_A - SS_L$	$SS_{AL}/(a-1)(\ell-1)$
Within Subgroups (W)	$N - a\ell$	$SS_W = SS_T - SS_{Cells}$	$SS_W/(N - a\ell)$
Total	$N - 1$	$SS_T = \sum_1^\ell \sum_J^a \sum^{n_{1J}} X^2 - \frac{T^2}{N}$	

4. การหาความแตกต่างของค่ารายเฉลี่ย ใช้สูตร

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

$$df = n_1 + n_2 - 2$$

5. การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Simple - Randomized Design เมื่อมี Interaction

Source of Variation	df	SS	MS
Treatments (A)	a - 1	$SS_A = \sum_{J=1}^{a} T_J^2/n_J - T^2/N$	$MS_A = SS_A/a - 1$
Within - groups(w)	N - a	$SS_W = SS_T - SS_A$	$MS_W = SS_W/N - a$
Total	N - 1	$SS_T = \sum_{J=1}^{a} \sum^{n_J} X^2 - T^2/N$	

6. สัญญลักษณ์ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

N แทน จำนวน replicate ในกลุ่ม

X แทน ปริมาณสารอาหารที่วิเคราะห์ได้ในแต่ละ replicate

$\bar{X}$ แทน ค่ารายเฉลี่ย (Mean)

S^2 แทน ความแปรปรวน (Variance)

Treatment หรือ A แทน ขนาดของรังสีที่ใช้ทดลอง

Level หรือ L แทน ความคิบสุกของกล้วย

A x L แทน Interaction ระหว่างขนาดของรังสีกับความคิบสุก

a แทน จานวนขนาดของรังสีที่ใช้ทดลอง

f แทน จานวนระยะของความคิบสุกที่ทาการวิเคราะห์ส่วนอาหาร

SS แทน Sun Square

MS แทน Mean Square

F แทน F - test

t แทน t - test

T แทน ผลรวมทั้งหมดของปริมาณสารอาหารทุก replicate ที่วิเคราะห์