



การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านกัมมันต์จากขี้ข้าวโพดโดยใช้
เกลือแกงเป็นตัวกระตุ้น

FEASIBILITY STUDY ON ACTIVATED CARBON PRODUCTION FROM CORNCOBS BY USING ACTIVATED KITCHEN SALT



อินทนิลทวาร

ច្បាប់

ឯកឧត្តម ហ៊ុន សែន

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

พ.ศ. 2539

mw

401879

१५३१

Copyright by Mahidol University

38994

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านกัมมันต์จากขี้ข้าวโพดโดยใช้เกลือแกงเป็นตัวกระตุ้น



พงศ์ศักดิ์ โอชารส

ผู้วิจัย



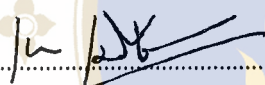
สมพงษ์ รงไชย , ว.ท.ม.

ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์



สุทธินันท์ นันทจิต , ว.ท.ม.

กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์



เทพนม เมืองแมน ,B.A.,M.D.,M.P.H.,Dr.P.H.

กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์



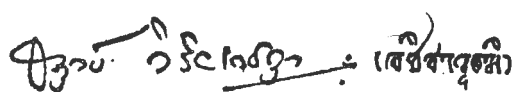
เกษม กุลประดิษฐ์ , ว.ท.ม.

กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์



พัฒนา มุลพุกษ์ , ว.ศ.ม.

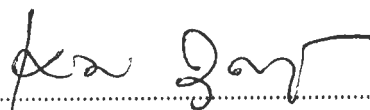
กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์



อดุลย์ วีริยเวชกุล ราชบัณฑิต , พ.บ , น.บ , F.R.C.P.

คณบดี

บัณฑิตวิทยาลัย



เกษม กุลประดิษฐ์ , ว.ท.ม.

ประธานคณะกรรมการประจำหลักสูตร

สาขาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อ

การพัฒนาทรัพยากร

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านกัมมันต์จากขี้ข้าวโพดโดยใช้เกลือแกงเป็นตัวกระตุ้น

ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร

28 พฤษภาคม 2539



พงศ์ศักดิ์ โอชารส

ผู้วิจัย



รุ่งจรัส หุดะเจริญ, ว.ท.ม.

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



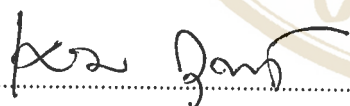
สุทธินันท์ นันทจิต, ว.ท.ม.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



สมพงษ์ ธงไชย, ว.ท.ม.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



เกษม กุลประดิษฐ์, ว.ท.ม.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



พัฒนา มุลพุกษ์, ว.ศ.ม.

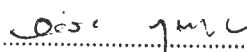
กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



อดุลย์ วิริยเวชกุล ราชบัณฑิต, พ.บ., น.บ., F.R.C.P.

คณบดี

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล



รุ่งจรัส หุดะเจริญ, ว.ท.ม.

คณบดี

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์

มหาวิทยาลัยมหิดล

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ

นายพงศ์ศักดิ์ โอชาரச

วัน เดือน ปีเกิด

22 พฤษภาคม พ.ศ. 2513

ประวัติการศึกษา

มหาวิทยาลัยมหิดล, พ.ศ. 2532-2536

วิทยาศาสตรบัณฑิต (สุขาภิบาล)

มหาวิทยาลัยมหิดล, พ.ศ. 2536-2539

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์)

สาขาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะสำเร็จลงมิได้ ถ้าไม่ได้รับความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษาทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำและแก้ไขข้อผิดพลาดต่างๆ และที่สำคัญอย่างยิ่งขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และพี่ชาย ที่ให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ท่านและเจ้าหน้าที่ห้องสมุดของคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือในกรณีค้นหาข้อมูลประกอบการศึกษา

ขอขอบคุณ นางสาวกรรติ ศรีรังสิต ที่ช่วยในการแก้ไขและจัดทำรูปเล่มให้สมบูรณ์มากขึ้น และที่สำคัญที่สุดคือ นางสาวพรรณี เพชรภักดี ที่เป็นกำลังใจตลอดการศึกษาและช่วยในการแก้ไขปรับปรุงวิทยานิพนธ์

ท้ายที่สุดนี้ขอขอบคุณความอุตสาหะและความตั้งใจในการทำวิทยานิพนธ์ของข้าพเจ้าจนทำให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

พงศ์ศักดิ์ โอชารส

ชื่อวิทยานิพนธ์ การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านกัมมันต์จากขี้ข้าวโพดโดยใช้เกลือแกง
เป็นตัวกระตุ้น
ผู้วิจัย พงศ์ศักดิ์ โอซารส
ปริญญา วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร)
คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

สมพงษ์ ธงไชย , ว.ท.ม.

เทพนม เมืองแมน , Dr.P.H

สุทธินันท์ นันทจิต , ว.ท.ม.

เกษม กุลประดิษฐ์ , ว.ท.ม.

พัฒนา มุลพฤษ , ว.ศ.ม.

วันที่สำเร็จการศึกษา 28 พฤษภาคม พ.ศ. 2539

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาถึงคุณสมบัติของขี้ข้าวโพดและเกลือแกงเพื่อใช้ในการผลิตถ่านกัมมันต์และความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านกัมมันต์ ทำการทดลองโดยทำการเผาขี้ข้าวโพดให้เป็นถ่านและทำการกระตุ้นด้วยเกลือแกงเพื่อให้เป็นถ่านกัมมันต์ไปพร้อม ๆ กัน กำหนดสภาวะการทดลอง ด้วย ตัวแปรต้น 3 ตัวแปร ดังนี้คือ 1.อัตราส่วนของขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกง 6 ระดับ คือ ตัวควบคุม (1:0) , 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 และ 1:5 2. อุณหภูมิ 4 ระดับคือ 600 , 700 , 800 และ 900 องศาเซลเซียส 3. เวลาในการเผานาน 4 ระดับ คือ 30 , 60 , 90 และ 120 นาที ตามลำดับ โดยใช้ ไอโอดีนัมเบอร์เป็นตัวชี้วัดการเป็นถ่านกัมมันต์

จากผลการทดลองโดยพิจารณาถึงต้นทุนการผลิตและค่าไอโอดีนัมเบอร์ของถ่านกัมมันต์แล้วสามารถสรุปผลได้ว่า ที่ระดับอุณหภูมิ 600 และ 700 องศาเซลเซียสเวลาการเผานานเท่าไรก็ตามเกลือแกงไม่สามารถกระตุ้นให้เป็นถ่านกัมมันต์ได้ ส่วนที่อุณหภูมิ 800 และ 900 องศาเซลเซียสเกลือแกงมีคุณสมบัติในการเป็นตัวกระตุ้นได้เมื่อใช้เวลาในการเผานานขึ้นจาก 30 ถึง 90 นาที โดยใช้ อัตราส่วน 1:2 และที่อัตราส่วน 1:2 อุณหภูมิในการเผา 800 และ 900 องศาเซลเซียส ค่าไอโอดีนัมเบอร์แตกต่างกันไม่มากนักจึงควรใช้ ที่ระดับอุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียสซึ่งค่าไอโอดีนัมเบอร์เท่ากับ 621.37 มิลลิกรัมต่อกรัม เมื่อใช้ เวลาเผานาน 60 นาที สรุปได้ว่า ขี้ข้าวโพดและเกลือแกงสามารถใช้ผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ได้ โดยใช้ขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกงเท่ากับ 1:2 อุณหภูมิในการเผา 800 องศาเซลเซียส เวลาเผานาน 60 นาที

ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้จากการผสมอัตราส่วนของขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกงเท่ากับ 1:2 อุณหภูมิในการเผา 800 องศาเซลเซียสเวลานาน 60 นาที มีลักษณะทางกายภาพใกล้เคียงกับข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (ม.อ.ก 900-2532)

ดังนี้ ไอโอดีนนมเบอร์ 621.37 มิลลิกรัมต่อกรัม (ข้อกำหนดไม่น้อยกว่า 600 มิลลิกรัมต่อกรัม) ความชื้นร้อยละ 3.38 (ข้อกำหนดน้อยกว่าร้อยละ 8) ความแข็ง ร้อยละ 68 (ข้อกำหนดไม่น้อยกว่าร้อยละ 70) แต่ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้นี้เมื่อเปรียบเทียบกับถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากวัตถุดิบและสารกระตุ้นชนิดอื่นยังมีคุณภาพด้อยกว่าอยู่มาก เนื่องจากถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้นี้ยังมีปริมาณของสารระเหยได้อยู่เป็นปริมาณมากทำให้มีความสามารถในการดูดซับต่ำ

ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้จากเชื้อเพลิงดังกล่าวข้างต้นมีต้นทุนการผลิตต่อกิโลกรัมเท่ากับ 91.97 บาทต่อกิโลกรัม ทั้งนี้ไม่รวมค่าแรงงานและอุปกรณ์ในการผลิต



Thesis Title Feasibility Study on Activated Carbon Production from Corn Cobs with Activated Kitchen Salt

Name Pongsak Ocharosh

Degree Master of Science (Appropriate Technology for Development Resource)

Thesis Supervisory Committee

Sompong Thongchai ,M.Sc.

Dheebhanom Muangman ,Dr.P.H.

Suttinant Nantachit ,M.S.

Pattana Mulphruk ,M.Eng.

Kasem Kulpradit ,M.Sc.

Date of Graduation 28 MAY B.E. 2539 (1996)

ABSTRACT

The objective of this study is to study a feasibility of activated carbon Production from corn cobs by using activated kitchen salt. The experimental studies have three main factors. First factor , the ratio of corn cobs per salt were six various ratio : control (1:0), 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 and 1:5. The second, the temperature were four levels : 600, 700, 800 and 900 ° C The last, the retention time were four levels : 30,60, 90 and 120 minutes. After production, the products were tested for Iodine number that was as an index of activated carbon quality.

At a results, the conditons of production were the 1:2 ratio of corn cobs per salt, at 800 ° C and for 60 minutes. According to the testing, most of the physical properties of the activated carbon under the effective condition passed the standardized tests: Iodine number 621.37 milligram per gram , Moisture content 3.30 percent, Hardness 68 percent and apparent density 0.35 gram per milliliter. The cost of the activated carbon production was approximately 91.97 baht per kilogram (not including wage and equipment cost)

However, a comparative test between the product and the industrial grade of the Activated carbon was lower adsorption. As the product contained a large number of the volatile matter

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญแผนภูมิ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 กรอบแนวคิดในการศึกษา	4
1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	6
1.4 สมมุติฐานการศึกษา	6
1.5 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา	6
1.6 ขอบเขตของการศึกษา	6
1.7 คำนิยามที่ใช้ในการศึกษา	7
1.8 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	8
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	9
2.1 ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon)	9
2.1.1 วัตถุดิบ	9
2.1.2 ชนิดของถ่านกัมมันต์	11
2.1.3 ประโยชน์ของถ่านกัมมันต์	14
2.1.4 ขั้นตอนการผลิตถ่านกัมมันต์	14
2.1.5 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของถ่านกัมมันต์	20
2.1.6 การวัดคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์	24
2.2 ทฤษฎีการดูดซับ	25
2.2.1 กลไกการดูดซับ	25
2.2.2 สมดุลการดูดซับ	27
2.2.3 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการดูดซับ	29
2.3 เกลือ	30
2.4 ชั่งข้าวโพด	32

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 3 การดำเนินการศึกษา	34
3.1 รูปแบบการดำเนินการศึกษา	34
3.2 เครื่องมือและสารเคมีที่ใช้ในการศึกษา	34
3.3 การวางแผนการศึกษา	42
3.4 วิธีการดำเนินการศึกษา	42
3.5 วิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลอง	44
บทที่ 4 ผลการศึกษาและอภิปรายผลการศึกษา	45
4.1 ผลการศึกษา	45
4.1.1 ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา	45
4.1.2 ต้นทุนการผลิตถ่านกัมมันต์	81
4.1.3 ลักษณะทางกายภาพ	83
4.2 อภิปรายผลการศึกษา	85
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	86
5.1 สรุปผลการศึกษา	86
5.2 ข้อเสนอแนะ	87
บรรณานุกรม	89
ภาคผนวก ก ขั้นตอนการผลิตถ่านกัมมันต์จากขี้ข้าวโพดโดยใช้เกลือแกงเป็นตัวกระตุ้น	92
ภาคผนวก ข ตารางแสดงผลการทดลอง	96
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	101
ภาคผนวก ง มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก 900 - 2536)	152

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แสดงปริมาณการนำเข้าและมูลค่าการนำเข้าถ่านกัมมันต์ของประเทศไทย	2
1.2 แสดงผลผลิตข้าวโพดทั้งประเทศ และปริมาณซังข้าวโพด	3
1.3 แสดงลักษณะทางเคมีของซังข้าวโพด	3
2.1 วัตถุดิบต่าง ๆ ที่ได้มีการศึกษาใช้ในการผลิตถ่านกัมมันต์	10
2.2 แสดงการแบ่งกลุ่มของรูพรุน(pore)	12
2.3 แสดงภาวะสำหรับการทำให้เป็นถ่านและกระตุ้นสำหรับวัตถุดิบบางชนิด	17
2.4 ค่าเฉลี่ยของผลการวิเคราะห์เกลือชนิดละ 10 ตัวอย่าง	31
3.1 Correction factor สำหรับค่า Iodine number	37
4.1.1 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้เวลาในการเผา 30 นาที	45
4.1.2 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้เวลาในการเผา 60 นาที	48
4.1.3 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้เวลาในการเผา 90 นาที	51
4.1.4 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้เวลาในการเผา 120 นาที	54
4.1.5 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้อัตราส่วน 1:1 ที่ อุณหภูมิ 4 ระดับ และเวลา 4 ระดับ	59
4.1.6 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้อัตราส่วน 1:2 ที่ อุณหภูมิ 4 ระดับ และเวลา 4 ระดับ	61
4.1.7 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้อัตราส่วน 1:3 ที่ อุณหภูมิ 4 ระดับ และเวลา 4 ระดับ	64
4.1.8 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้อัตราส่วน 1:4 ที่ อุณหภูมิ 4 ระดับ และเวลา 4 ระดับ	66
4.1.9 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้อัตราส่วน 1:5 ที่ อุณหภูมิ 4 ระดับ และเวลา 4 ระดับ	69
4.1.10 แสดงต้นทุนของปัจจัยการผลิตที่มีค่าไอโอดีนนับเบอ์สูงกว่า 600 มิลลิกรัมต่อกรัม	81
4.1.11 แสดงลักษณะทางกายภาพของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้จากการทดลอง	84

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่	หน้า
1.1 แสดงกรอบแนวคิดในการศึกษา	5
2.1 แสดงการกระจายของปริมาตรช่องว่างของถ่านกัมมันต์ชนิดต่างๆ	12
2.2 แสดงกลไกการดูดซับสารของถ่านกัมมันต์ (Activated carbon)	25
2.3 แสดงการดูดซับสารของถ่านกัมมันต์ในลักษณะต่างๆกันด้วยแรงทางกายภาพ	26
2.4 แสดงลักษณะของ langmuir adsorption isotherm ในรูปแบบของกราฟเส้นตรง	28
2.5 กราฟหาค่าคงที่ K_f และ n ของ Freundlich Equation	28
3.1 แสดงแผนภูมิการทดลอง	43
4.1.1 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ระยะเวลาเผา 30 นาที	47
4.1.2 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ระยะเวลาเผา 60 นาที	50
4.1.3 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ระยะเวลาเผา 90 นาที	53
4.1.4 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ระยะเวลาเผา 120 นาที	56
4.1.5 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ใช้อัตราส่วนขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:1	60
4.1.6 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ใช้อัตราส่วนขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:2	62
4.1.7 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ใช้อัตราส่วนขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:3	65
4.1.8 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ใช้อัตราส่วนขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:4	67
4.1.9 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ใช้อัตราส่วนขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:5	70
4.1.10 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ใช้อัตราส่วนขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:1 เวลาเผา 4 ระดับ	72
4.1.11 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ใช้อัตราส่วนขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:1 เวลาเผา 4 ระดับ	74
4.1.12 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ใช้อัตราส่วนขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:2 เวลาเผา 4 ระดับ	75
4.1.13 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ใช้อัตราส่วนขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:3 เวลาเผา 4 ระดับ	77
4.1.14 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ใช้อัตราส่วนขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:4 เวลาเผา 4 ระดับ	79
4.1.15 กราฟแสดงต้นทุนของปัจจัยการผลิตที่มีค่าไอโอดีนนมเบอร์สูงกว่า 600 มิลลิกรัมต่อกรัม	82

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

น้ำเป็นสิ่งแวดล้อมที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ และ สิ่งมีชีวิตทุกชนิด นอกจากนี้ยังเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศในด้านการเกษตร, การประมง และ การพัฒนาอุตสาหกรรม แต่ในปัจจุบันสถานะของสิ่งแวดล้อมได้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำ (Water pollution) ซึ่งเป็นปัญหาใหญ่ของนานาประเทศ อันเนื่องมาจากการพัฒนาทางด้านการเกษตร, อุตสาหกรรม และ จำนวนประชากรที่เพิ่มมากขึ้น น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และ แหล่งชุมชนที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติทำให้คุณภาพของแหล่งน้ำนั้น ๆ เสื่อมลงซึ่งเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ และ ก่อให้เกิดความเสียหายเดือดร้อนรำคาญ ให้แก่ประชาชนที่อยู่ใกล้เคียงอีกด้วย

น้ำทิ้งทำให้คุณภาพของแหล่งน้ำเสื่อมลง และ ยังเกิดผลต่อเนื่องในเรื่องของการปรับปรุงคุณภาพน้ำเพื่อการทำน้ำใช้ (Water supply) ใช้ในอุตสาหกรรม หรือใช้สำหรับชุมชนทำให้สิ้นเปลืองสารเคมีต่าง ๆ ในระบบประปาทั้งยังเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่าย (cost) ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำเพิ่มมากขึ้น (12) ปัจจุบันวิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำได้พัฒนาก้าวหน้าไปมาก มีการคิดค้น และ นำเอาเทคโนโลยีต่าง ๆ มาใช้เกี่ยวกับการปรับปรุงคุณภาพของน้ำมากขึ้น เช่น การแลกเปลี่ยนไอออนในน้ำด้วยเรซิน การดูดซับสารมลทินด้วยถ่านกัมมันต์ เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพปัจจุบันที่เป็นอยู่ คือ คุณภาพน้ำและปริมาณที่ลดน้อยลง

ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติในการดูดซับสารต่าง ๆ ได้ดี สัณฐานที่ขึ้นมาเป็นพิเศษเพื่อให้มีพื้นที่ผิวมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ทำให้มีคุณสมบัติสามารถดูดกลืน, สกัด หรือสารปนเปื้อนอื่น ซึ่งชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตมีผลต่อคุณสมบัติในการดูดซับของถ่านกัมมันต์ ในปัจจุบันพบว่าการนำถ่านกัมมันต์มาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ มากมาย ในกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำดื่ม-น้ำใช้ ใช้ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) เพื่อกำจัดความขุ่น, สี, กลิ่น และ รส ทำให้น้ำมีความบริสุทธิ์มากขึ้น ส่วนในระบบการบำบัดน้ำเสีย (Wastewater Treatment Process) จะใช้เพื่อกำจัดสิ่งสกปรกที่ละลายน้ำ ทั้งที่เป็นสารอินทรีย์ และ อนินทรีย์ เช่น ซีโอดี, บีโอดี, ซี, และ กลิ่น ในกระบวนการบำบัดขั้นที่สาม (Tertiary treatment) (27) ใช้เป็นตัวกรองอากาศเสียในหน้ากากป้องกันกาฬพิษ ใช้เป็นกั้นกรองของบูรี ใช้ในการดูดซับไอออนของโลหะ และสารประกอบเชิงซ้อนได้หลายชนิด รวมทั้งตะกั่วด้วย (24) ดังนั้นปริมาณความต้องการใช้ถ่านกัมมันต์จึงมีมากแต่เนื่องด้วยการผลิตภายในประเทศของไทยยังมีน้อย ทำให้ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศจำนวนมากดังจะเห็นได้จากสถิติการนำเข้า

ถ่านกัมมันต์ของกรมศุลกากร ดังแสดงในตารางที่ 1.1 ทำให้ถ่านกัมมันต์มีราคาแพง ต้นทุนในการบำบัด และปรับปรุงคุณภาพของน้ำจึงมีราคาสูง

ตารางที่ 1.1 แสดงปริมาณการนำเข้าและมูลค่าการนำเข้าถ่านกัมมันต์ของประเทศไทย

พ.ศ.	ปริมาณการนำเข้า (ตัน)	มูลค่าการนำเข้า (ล้านบาท)	ราคาเฉลี่ย (บาทต่อก.ก.)
2534	2,642	77.95	29.50
2535	2,688	100.98	37.55
2536	2,908	98.31	33.80
2537	2,816	103.19	36.63

ที่มา : รายงานประจำปีกรมศุลกากร (3)

ถ่านกัมมันต์สามารถผลิตจากวัตถุดิบได้หลายชนิด ส่วนมากที่นำเข้าจากต่างประเทศจะผลิตมาจาก ถ่านหิน และ ถ่านโค้ก (14) ซึ่งเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่นับวันจะหาได้ยาก และมีราคาแพง ในประเทศไทยมีการผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรชนิดหนึ่งโดยใช้ ซิงค์คลอไรด์ ($ZnCl_2$) เป็นตัวกระตุ้น แต่พบว่ากะลามะพร้าวยังมีการนำไปใช้ประโยชน์อื่นๆ อีกมาก เช่น ใช้เป็นเชื้อเพลิงเนื่องจากมีค่าความร้อนสูง (4,830 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม) (9) ทดแทนการใช้ฟืน ส่วน ซิงค์คลอไรด์ที่ใช้กระตุ้นเป็นสารเคมีที่มีราคาแพง มีสมบัติในการกักความร้อนสูงดังนั้นภาชนะที่ใช้ในการผลิต ต้องมีความคงทนเป็นพิเศษ ทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงขึ้น แนวทางหนึ่งที่สำคัญคือการหาวัตถุดิบชนิดอื่นที่เป็นของเหลือทิ้งทางการเกษตร (Agricultural waste) ที่ไม่มีการนำมาใช้ประโยชน์หรือใช้เพียงเล็กน้อยและสามารถหาทดแทนได้ตลอดเวลา รวมทั้งใช้ตัวกระตุ้นที่มีราคาถูกหาซื้อได้ง่ายและมีสมบัติในการกักความร้อนน้อยกว่าซิงค์คลอไรด์

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ซังข้าวโพดเป็นวัตถุดิบ และ เกลือแกงเป็นตัวกระตุ้น เพราะซังข้าวโพดเป็นของเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีปริมาณมากในแต่ละปี ซังข้าวโพดเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทยที่มีความสำคัญชนิดหนึ่ง ในแต่ละปีมีการผลิตได้ในปริมาณมากทำให้มีปริมาณซังข้าวโพดเหลือทิ้งจำนวนมากเช่นกัน ปีพ.ศ.2536 มีปริมาณซังข้าวโพดทั้งประเทศประมาณเจ็ดแสนสามหมื่นสี่พันตัน (16) แต่มีรายงานการใช้ประโยชน์จากซังข้าวโพดเพียงจำนวนน้อยในรูปของ เชื้อเพลิง และ อาหารสัตว์ (15) ซึ่งไม่เหมาะสมในการใช้ เนื่องจากมีค่าความร้อนเพียง 4,540 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม (9) และมีคุณค่าทางอาหารต่ำ (7) ดังนั้นในแต่ละปีจึงมีซังข้าวโพดที่ถูกเผาทิ้งไปอย่างไร้ประโยชน์จำนวนมาก ซังข้าวโพดเป็นสารอินทรีย์ประเภทหนึ่ง มีถ่านคงตัว (Fixed Carbon) ประมาณร้อยละ 21.8 มีค่าใกล้เคียงกับ

ถ่านคองตัวที่มีในกะลามะพร้าว (ร้อยละ 25.5) (9) จากคุณสมบัติดังกล่าวนี้สามารถนำซังข้าวโพดไปผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ได้ทั้งยังเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายราคาถูก

ตารางที่ 1.2 แสดงผลผลิตซังข้าวโพดทั้งประเทศ และปริมาณซังข้าวโพด

ปีการเพาะปลูก	พื้นที่เพาะปลูก (ล้านไร่)	ผลผลิต (ล้านตัน)	ซังข้าวโพด (ล้านตัน)*
2531/32	11.471	4.675	0.935
2532/33	11.165	4.393	0.875
2533/34	10.910	3.722	0.744
2534/35	9.213	3.793	0.759
2535/36	8.446	3.675	0.734

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (16)

* หมายเหตุ คำนวณได้จากปริมาณร้อยละ 20 ของผลผลิต

ตารางที่ 1.3 แสดงลักษณะทางเคมีของซังข้าวโพด

ชนิด	ปริมาณ (ร้อยละ)
สารระเหย	71.1
ถ่านคองตัว	21.8
เถ้า	2.1
กำมะถัน	-

ที่มา: นารา (8)

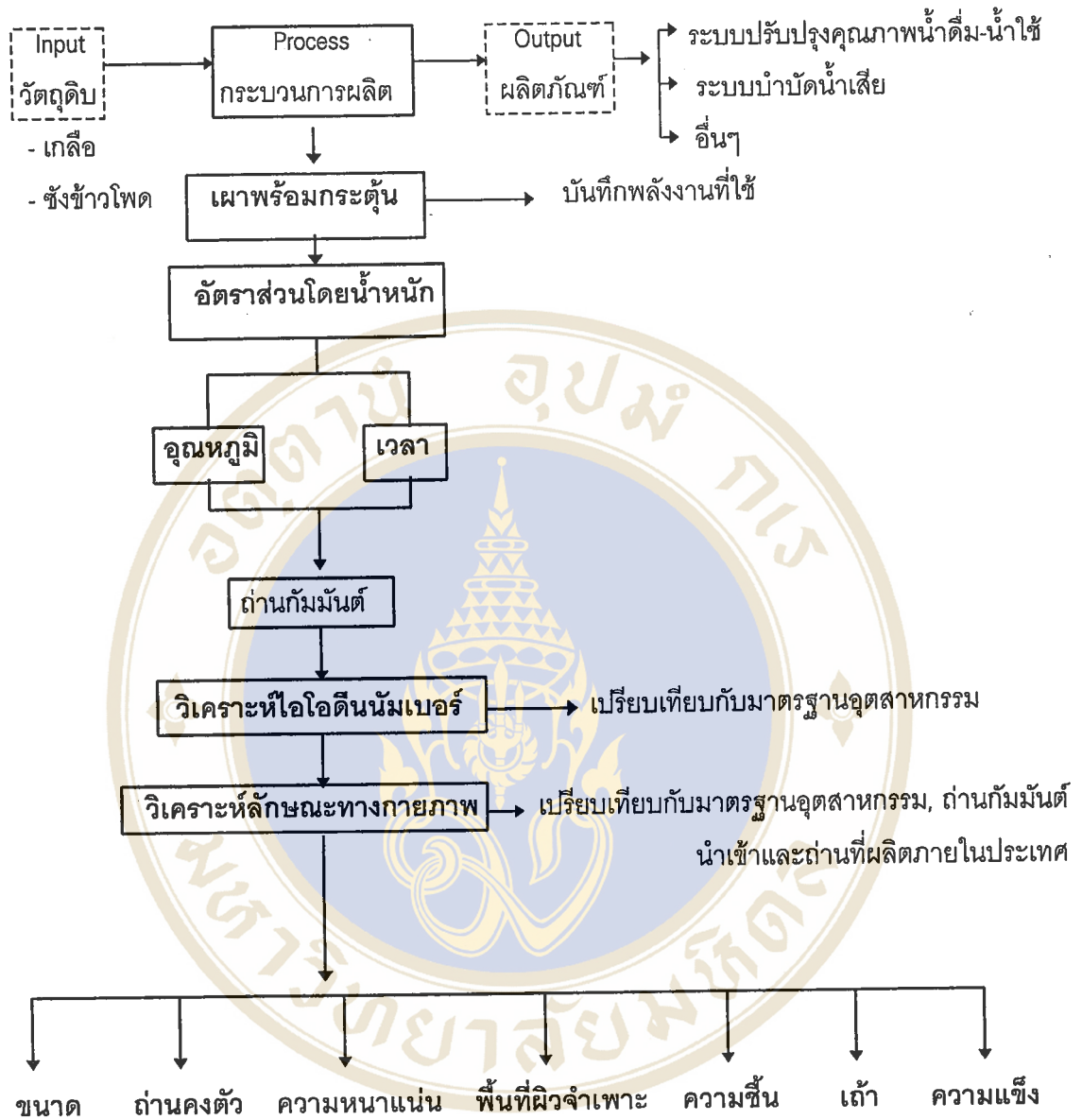
เกลือแกง มีส่วนประกอบทางเคมีที่สามารถใช้เป็นตัวกระตุ้นได้ ที่สำคัญคือ โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) มีประมาณร้อยละ 88.86 และสารประกอบอื่นๆ คือ แมกนีเซียมคลอไรด์ ($MgCl_2$) ร้อยละ 0.79, แคลเซียมซัลเฟต ($CaSO_4$) ร้อยละ 0.45 และ แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4$) ร้อยละ 0.47 (2) และที่สำคัญคือเกลือแกงมีราคาถูกกว่าสารเคมีชนิดอื่น ๆ ไม่ต้องกังวลถึงความปลอดภัยเมื่อนำไปใช้งานเนื่องจากความเป็นพิษของสารเคมีที่เป็นตัวกระตุ้นที่อาจเหลือตกค้างหลังการล้างเอาตัวกระตุ้นออก

ซึ่งจากที่กล่าวมาทั้งหมดจึงมีความเป็นไปได้ในการนำเอาเกลือแกงมาเป็นตัวกระตุ้นซังข้าวโพดให้เป็นถ่านกัมมันต์โดยใช้ต้นทุนที่ถูกลงและเป็นการใช้ประโยชน์จากของเหลือทิ้ง (Waste utilization)

1.2 กรอบแนวคิดในการศึกษา

ในการศึกษาเรื่องการผลิตถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดโดยใช้เกลือแกงเป็นตัวกระตุ้นครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำซังข้าวโพดซึ่งเป็นของเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีเป็นจำนวนมาก โดยใช้ซังข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 1 ซึ่งมีการเพาะปลูกมากที่สุดของประเทศเป็นตัวแทนของซังข้าวโพดทั้งหมด มาทำการทดลอง โดยการเผาพร้อมกระตุ้นด้วยเกลือแกงซึ่งใช้เกลือสมุทรทั้งนี้เพราะสามารถหาได้ง่าย ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้ศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านกัมมันต์ และ สภาวะที่เหมาะสมในการผลิต ทั้งนี้เพื่อเป็นการใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าให้กับของเหลือทิ้งรวมทั้งเกลือแกงอีกทั้งเพื่อลดต้นทุนในการผลิตถ่านกัมมันต์

การผลิตถ่านกัมมันต์สามารถทำได้ 2 วิธีการ คือ การเผาให้เป็นถ่าน (Carbonization) ก่อน และทำการกระตุ้นให้เป็นถ่านกัมมันต์ (Activation) และอีกวิธีการคือ ทำการเผาพร้อมกระตุ้น ในการศึกษานี้ได้ทำการทดลองผลิตโดยใช้วิธีการเผาพร้อมกระตุ้นทั้งนี้เพราะวิธีการนี้จะให้ผลผลิตมากกว่าการผลิตทีละขั้นตอน ทำการทดลองหาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อคุณภาพของถ่านกัมมันต์ คือ อัตราส่วนโดยน้ำหนักของซังข้าวโพดต่อเกลือแกง เผาที่ระดับอุณหภูมิและเวลาต่างกัน การหาปัจจัยต่าง ๆ ที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตจะพิจารณาจากค่าไอโอดีนนัมเบอร์ซึ่งเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพของถ่านกัมมันต์ที่ได้ จากนั้นนำเอาถ่านกัมมันต์ที่มีค่าไอโอดีนนัมเบอร์สูงกว่ามาตรฐานอุตสาหกรรมมาทำการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและเปรียบเทียบถ่านกัมมันต์กับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ภายในประเทศ และ ถ่านกัมมันต์นำเข้า รวมทั้งวิเคราะห์พลังงานที่ใช้ในการผลิต และ บันทึกปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ เพื่อหาดัชนีต้นทุนในการผลิตถ่านกัมมันต์ ทั้งนี้เพื่อนำไปใช้ในการผลิตในระดับอุตสาหกรรมต่อไป



รูปที่ 1.1 แสดงกรอบแนวคิดในการศึกษา

1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. ศึกษาคุณสมบัติทั่วไปของซังข้าวโพดและเกลือกแวงเพื่อใช้ในการผลิตถ่านกัมมันต์
2. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดโดยใช้เกลือกแวงเป็นตัวกระตุ้น

1.4 สมมติฐานของการศึกษา

1. สามารถผลิตถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดโดยใช้เกลือกแวงเป็นตัวกระตุ้นได้
2. อัตราส่วนโดยน้ำหนักของเกลือกแวงต่อซังข้าวโพด, อุณหภูมิ และ เวลา มีผลต่อคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์
3. ถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดที่ใช้เกลือกแวงเป็นตัวกระตุ้น มีคุณสมบัติไม่ต่างจากที่ กำหนดไว้ในมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก. 900-2532)

1.5 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา

ตัวแปรอิสระ (X)

1. อัตราส่วนโดยน้ำหนักของซังข้าวโพดต่อเกลือกแวง
2. อุณหภูมิ
3. เวลา

ตัวแปรตาม (Y)

ไอโอดีนนัมเบอร์ (Iodine Number)

1.6 ขอบเขตของงานศึกษา

1. การทดลอง เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ
2. ซังข้าวโพดเป็นซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พันธุ์สุวรรณ 1 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีการเพาะปลูกมากที่สุด
3. เกลือกแวง ที่ใช้ในการทดลองเป็นเกลือกสมุทรชนิดเม็ด สำหรับบริโภคหรือใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร
4. เตาที่ใช้ในการเผาเป็นเตาเผาชนิดอัดอากาศ ปรับอุณหภูมิได้สูง $1,200 \pm 5$ องศาเซลเซียส
5. ซังข้าวโพดก่อนทำการเผาอบด้วยเครื่องอบไฟฟ้าได้ขนาด 4 mesh (4.75 มิลลิเมตร)
6. คาซึ่งไฟฟ้าชนิดทศนิยม 3 ตำแหน่ง

7. ทำการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสม คือ อัตราส่วนโดยน้ำหนักของเกลือแกงต่อซังข้าวโพด , อุณหภูมิ และ เวลา ในการผลิตถ่านกัมมันต์

1.7 คำนิยามที่ใช้ในการศึกษา

1. ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon)

หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำวัตถุดิบธรรมชาติที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลักมาผ่านกรรมวิธีเผาในที่อ็อกซิเจนและการกระตุ้นจนได้ผลิตภัณฑ์สีดำ มีโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นรูพรุน มีพื้นที่ผิวสูง มีสมบัติในการดูดซับสารต่างๆ ได้เป็นอย่างดี

2. การกระตุ้น (Activation)

หมายถึง กระบวนการเพิ่มพื้นที่ผิวให้กับคาร์บอนด้วยเกลือแกงเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการดูดซับสารต่าง ๆ ได้ดี

3. เเผพร้อมกระตุ้น

หมายถึง กระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์ ที่มีขั้นตอนเดียว โดยเผาวัตถุดิบให้เป็น คาร์บอน และทำการกระตุ้นเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวไปพร้อมกัน

4. คุณภาพ (Quality)

หมายถึง ความสามารถในการดูดซับสารชนิดต่างๆ ของถ่านกัมมันต์ โดยใช้ค่าไอโอดีนนัมเบอร์เป็นตัวบ่งชี้ ถ่านกัมมันต์ที่มีค่าไอโอดีนนัมเบอร์สูงจะมีประสิทธิภาพในการดูดซับสารต่าง ๆ ได้ดีกว่าถ่านกัมมันต์ที่มีค่าไอโอดีนนัมเบอร์ต่ำ

5. ไอโอดีนนัมเบอร์ (Iodine number)

หมายถึง จำนวนมิลลิกรัมของไอโอดีน (Iodine) ที่ถูกดูดซับไว้โดยคาร์บอน 1 กรัม ณ จุดที่มีความเข้มข้นของไอโอดีน เป็น 0.02 นอร์มัล (normal; N) จาก 100 มิลลิลิตรของ 0.1 นอร์มัล ของสารละลายไอโอดีน มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อกรัม (mg / g)

6. ซังข้าวโพด (Corncobs)

หมายถึง ฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ผ่านการแกะเอาเมล็ดออกแล้ว

7. เกลือแกง (Salt)

หมายถึง เกลือสมุทรชนิดเม็ด ที่ใช้ในการบริโภคหรืออุตสาหกรรมอาหารโดยไม่ผ่านกรรมวิธีในการทำให้เป็นโซเดียมคลอไรด์บริสุทธิ์

8. ต้นทุนการผลิต

หมายถึง ค่าวัตถุดิบ (ซังข้าวโพด และ เกลือแกง) + ค่าพลังงาน

1.8 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถผลิตถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดโดยใช้เกลือแกงเป็นตัวกระตุ้นได้
2. ประหยัดพลังงาน และ ลดระยะเวลาในการผลิต
3. สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับของเหลือทิ้งทางการเกษตร
4. เป็นทางเลือกอย่างหนึ่งในการลดปัญหาทางการค้าจากการนำเข้าถ่านกัมมันต์



บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

การดูดซับ (Adsorption) เป็นความสามารถของสารบางชนิดในการดึงโมเลกุลหรือคอลลอยด์ ซึ่งอยู่ในของเหลวหรือก๊าซ ให้มาจับ และ ติดบนผิวของมัน ปรากฏการณ์เช่นนี้จัดเป็นการถ่ายเทมวลสาร (Mass Transfer) จากของเหลวหรือก๊าซมายังผิวของแข็ง โมเลกุลหรือคอลลอยด์เรียกว่า Adsorbate ส่วนของแข็งที่มีผิวเป็นที่เกาะจับของ Adsorbate เรียกว่า Adsorbent ตัวอย่างการดูดติดผิวได้แก่ การดูดซับของโมเลกุลสีใน ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon)

✓ 2.1 ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon)

ถ่านกัมมันต์เป็นรูปอสัณฐานของถ่านคือมีรูปร่างไม่แน่นอน ถูกสังเคราะห์ขึ้นมาเป็นพิเศษเพื่อให้มีพื้นที่ผิวให้มากที่สุดโดยการทำให้มีรูพรุนหรือโพรงในเนื้อคาร์บอนมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ / พื้นที่ผิวมีอยู่ระหว่าง 500 - 2,000 ตารางเมตรต่อกรัม รูพรุนหรือโพรงมีขนาดตั้งแต่ $20^0 \text{ \AA}$ - $20,000^0 \text{ \AA}$ ใช้สำหรับดูดกลืนดูดสีหรือสารปนเปื้อนอื่น ๆ ความพรุนของถ่านกัมมันต์ที่เพิ่มขึ้นเป็นผลเนื่องจากการ กระตุ้นด้วยสารเคมีหรือกระตุ้นทางกายภาพทำให้เกิดช่องว่างระหว่างผลึก (elementary crystallites) เพิ่มขึ้น การกระตุ้นที่เหมาะสมจะได้รูพรุนจำนวนมากทำให้ถ่านมีพื้นที่ภายใน (Internal surface area) เพิ่มขึ้นสามารถดูดซับกลิ่นและสีได้มากกว่าถ่านธรรมดา ถ่านกัมมันต์ไม่ใช่คาร์บอนบริสุทธิ์แต่เป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่ไม่สามารถเขียนเป็นสูตรเคมีได้

2.1.1 วัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้สังเคราะห์มีหลายชนิดเช่น ชานอ้อย (Bagases), เมล็ดพืช (Cereals) และ เลือด (Blood) เป็นต้น (ชนิดของวัตถุดิบที่มีการศึกษาเพื่อใช้ในผลิตถ่านกัมมันต์ แสดงในตารางที่ 2.1)

ตารางที่ 2.1 วัตถุดิบต่าง ๆ ที่ได้มีการศึกษาใช้ในการผลิตถ่านกัมมันต์

ชานอ้อย (Bagases)	วัชพืชทะเล (Kelp and Seaweed)
กากของบีท (Beet-sugar sludges)	เขม่า (Lampblack)
เลือด (Blood)	กากหนัง (Leather waste)
กระดูก (Bones)	ลิกนิน (Lignin)
สารจำพวกแป้ง (Carbohydrates)	ถ่านลิกไนท์ (Lignite)
เมล็ดพืช (Cereals)	กากน้ำตาล (Molasses)
ถ่านหิน (Coal)	เปลือกลูกนัท (Nut shell)
กะลามะพร้าว (Coconut shells)	หิมน้ำมัน (Oil shell)
เมล็ดกาแฟ (Coffee beans)	ถ่านหินชนิดร่วน (Peat)
ซังข้าวโพด (Corncobs and corn stalks)	กากกรดปิโตรเลียม (petroleum acid sludge)
เปลือกเมล็ดฝ้าย (cottonseed hull)	ถ่านหินน้ำมัน (petroleum coak)
ของเสียโรงกลั่นสุรา (Distillery waste)	ของเสียจากเยื่อกระดาษ (Pulp - mill waste)
ปลา (Fish)	กากโปตัสเซียมเฟอร์โรไซยาไนด์ (Potassium ferrocyanide residue)
ฝุ่นจากปล่องไฟ (Flue dust)	ของเสียจากยาง (Rubber waste)
เมล็ดผลไม้ (Fruit pits)	ขี้เลื่อย (Sawdust)
แกรไฟต์ (Graphyte)	
ไม้ (Wood)	

ที่มา: Faust D.S. and Aly M.O. (23)

จากการศึกษาพบว่า การผลิตถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) สามารถเริ่มจากวัตถุดิบโดยตรง หรือเริ่มจากวัตถุดิบที่เป็นถ่านแล้วก็ได้ วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตถ่านกัมมันต์จะพิจารณาจากอินทรีย์วัตถุ (วัตถุที่มี คาร์บอน ไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบ)

เกศรา นุตาลัย และ คณะ (5) ได้รายงานไว้ว่าอินทรีย์วัตถุที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตถ่านกัมมันต์ สามารถแบ่งเป็นชนิดต่างๆ ได้ดังนี้

1. พวกเซลลูโลสที่มาจากพืช เช่น แกลบ, กะลามะพร้าว, ขี้เลื่อย, ชานอ้อย, ซังข้าวโพด
2. พวกถ่านหิน เช่น ลิกไนท์, พีท (Peat), บิทูมินัส (Bituminous)
3. วัตถุดิบที่มาจากสัตว์ เช่น กระดูก, เลือด

สำหรับวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตถ่านกัมมันต์ในรูปของ ถ่าน นั้นพบว่าส่วนมากมักใช้ถ่านที่ได้จากการเผาอินทรีย์วัตถุ ซึ่งเรียกกันว่า "ถ่านสังเคราะห์" (artificial char) เป็นส่วนใหญ่ อาจใช้ถ่านที่มีอยู่ในธรรมชาติ เช่น แกรไฟต์, แอนทราไซด์

ถ่านที่ได้จากอินทรียวัตถุ (artificial char) แบ่งออกตามอินทรียวัตถุที่นำมาใช้ได้ 2 ประเภท (ถ่านหรือวัตถุอินทรียวัตถุเหล่านี้ยังไม่มีคุณสมบัติที่ดีในการดูดซับ) คือ

1. Hard artificial char (ถ่านแข็ง) เช่น ถ่านน้ำตาล, ถ่านที่ได้จากเมล็ดผลไม้ (fruit pit char), ถ่านไม้เผาที่ความดันสูง (high-pressure wood charcoal)

2. Soft artificial char (ถ่านอ่อน) เช่น ถ่านไม้, ถ่านชานอ้อย, ถ่านแกลบ, ถ่านหินน้ำมัน (oil shale char), ถ่านกากน้ำตาล (molasses char)

โดยทฤษฎีแล้วอินทรียวัตถุทุกชนิดสามารถนำมาทำถ่านกัมมันต์ได้ แต่ทว่าคุณสมบัติในการดูดซับ หรือ ดูดกลืนจะแตกต่างกันนอกจากนี้แล้ว อุณหภูมิ และ เวลา ในการทำการคาร์บอนไนเซชัน (Carbonization) และ กระบวนการกระตุ้น (Activation) มีอิทธิพลอย่างมากต่อคุณสมบัติการดูดกลืน และ ดูดซับของถ่านกัมมันต์ได้ ด้วยเหตุนี้ถ่านกัมมันต์จึงมีมากมายหลายชนิด โดยส่วนใหญ่จะแบ่งแยกตามคุณสมบัติการดูดซับสารต่าง ๆ เช่น กะลามะพร้าว เมื่อเผาจะให้ถ่านที่มีคุณสมบัติเหมาะสมต่อการดูดกลืนเพราะมีรูพรุนขนาดเล็ก (22), กระดูกเมื่อเผาจะให้ถ่านที่มีคุณสมบัติเหมาะสมต่อการดูดซับเป็นต้น ถ่านกัมมันต์ที่นิยมใช้ในกระบวนการบำบัดน้ำเสียส่วนใหญ่ใช้ถ่านที่ทำมาจาก ถ่านหิน หรือ ถ่านเคีอกชนิดต่าง ๆ (14)

2.1.2 ชนิดของถ่านกัมมันต์

การแบ่งชนิดของ ถ่านกัมมันต์ นั้นขึ้นอยู่กับ คุณสมบัติที่น่าสนใจซึ่งจะพิจารณาแบ่งชนิดจากคุณสมบัติดังนี้

1. ลักษณะของการดูดซับ (Adsorption Characteristic)
2. ลักษณะทางกายภาพ (Physical Form)

1. ลักษณะของการดูดซับ

ถ่านกัมมันต์สามารถดูดซับได้ และ กลืนได้ในสภาพของแข็ง และ ก๊าซ ดังนั้นสามารถแบ่งตามลักษณะการดูดซับได้ 2 ชนิดดังนี้

- Gas - Adsorbent Activated Carbon

ถ่านกัมมันต์ชนิดนี้โดยมากมักใช้ในการทำก๊าซให้บริสุทธิ์

- Liquid - Adsorbent Activated Carbon

ใช้ในการฟอกสีหรือทำให้ของเหลวบริสุทธิ์ และ มีลักษณะเหลว

ข้อแตกต่างของ gas-adsorbing และ liquid-adsorbing คือการกระจายขนาดของรู (poresize) ซึ่งดูได้จากรูปที่ 2.1 จากรูปแสดงให้เห็นว่า gas-adsorbing carbon มีมากที่สุดในรูปแบบ micropore คือมีรัศมีอยู่ในช่วง $3 - 50 \text{ \AA}$ นอกจากนี้ยังอาจอยู่ในรูปแบบ macropore คือมีรัศมีอยู่ในช่วง $1,000 - 50,000 \text{ \AA}$ แต่มีในปริมาณไม่มากนัก สำหรับ liquid-adsorbing carbon จะมีขนาดของรูอยู่ในช่วง transition

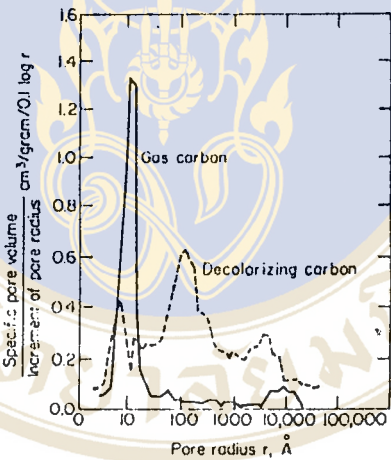
โดยทั่วไปแล้ว liquid-adsorbing carbon จะมีพื้นที่ผิวพอ ๆ กับ gas-adsorbing carbon แต่จะมีปริมาณของช่องว่างทั้งหมดใหญ่กว่า

ตารางที่ 2.2 แสดงการแบ่งกลุ่มของ pore

Class of pore	Radius of pore (Å)
Micropore	3 - 50
Transitional	50 - 1,000
Macropore	1,000 - 50,000

ที่มา: Simek M.and Cerny S. (31)

รูปที่ 2.1 แสดงการกระจายของปริมาตรช่องว่างของถ่านกัมมันต์ชนิดต่างๆ



ที่มา: Schweitzer P.A. (30)

2. ลักษณะทางกายภาพ

ถ่านกัมมันต์ สามารถแบ่งตามลักษณะทางกายภาพออกเป็น 2 ประเภทคือ

- 1. ถ่านกัมมันต์ชนิดผง (Powder Activated Carbon หรือ PAC)
- 2. ถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ด (Granular Activated Carbon หรือ GAC)

1. ถ่านกัมมันต์ชนิดผง (PAC)

PAC มักจะผลิตจากวัตถุดิบจำพวกเศษไม้ หรือเศษถ่าน หรือการผสมซีลีเยกับ สารละลายซิงค์ คลอไรด์ ($ZnCl_2$) วิธีการบดถ่านกัมมันต์มีผลต่อความสามารถในการดูดซับด้วย เช่น การบดถ่านกัมมันต์ด้วยเครื่องบดแบบลูกหิน (Ballmill) ได้ผลในลักษณะเม็ดเล็ก ๆ ทั่วไป ความสามารถในการดูดซับน้อยกว่าถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการบดด้วยเครื่องบดแบบคราด (pulverizer) ซึ่งได้ผลเป็นแบบเม็ดยาวเรียว PAC มีขนาดประมาณ 10 - 50 ไมครอนหรือน้อยกว่า ลักษณะเช่นนี้ทำให้คาร์บอนผงคล้ายกับสารเคมีอื่นๆ ที่ใช้ในการผลิตน้ำประปา การเติมคาร์บอนผงอาจกระทำพร้อมกับการเติมโคแอกกูแลนท์ (สารที่ใช้ในการตกตะกอน) ก็ได้ คาร์บอนที่ใช้แล้วจะรวมอยู่กับตะกอนแขวนลอยในน้ำกลายเป็นฟล็อกซึ่งสามารถแยกออกจากน้ำได้โดยการตกตะกอน หรือการกรอง ด้วยเหตุนี้ PAC จึงนิยมเติมก่อนกระบวนการตกตะกอน หรือ กระบวนการกรองน้ำ นอกจากนี้ PAC ยังอาจใช้เป็น Precoat ของเครื่องกรองแบบแท่งที่เรียกว่า Candle Filter สำหรับผลิตน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูงมากเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์หรืออื่น ๆ

ข้อดีและข้อเสียของ PAC (17)

ข้อดีของ PAC

1. PAC มีราคาถูกกว่าแบบ GAC ประมาณ 2 - 3 เท่า
2. การเพิ่ม หรือ ลดปริมาณคาร์บอนสามารถกระทำได้ทันทีและสะดวกทั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องกับความแปรปรวนของคุณภาพน้ำดิบ
3. ไม่ต้องมีการลงทุนเบื้องต้นเป็นเงินมากมาย ทั้งนี้เพราะการใช้ PAC เหมือนการใช้สารเคมีอื่นๆ และ มีสิ่งที่ต้องการเพียงอย่างเดียวคือ เครื่องป้อน PAC
4. การดูดซับเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เพราะเนื่องจากโมเลกุล หรือคอลลอยด์ สามารถสัมผัสกับผิวของคาร์บอนได้ง่าย

ข้อเสียของ PAC

1. การฟื้นฟูอำนาจ (Regeneration) ให้กับ PAC ที่เสื่อมสภาพแล้ว มักไม่คุ้มค่างั้นการใช้ PAC จึงเป็นแบบใช้แล้วทิ้ง
2. แม้ว่า PAC สามารถกำจัดมลทินให้เหลือน้อยได้ แต่ถ้าต้องการกำจัดมลทินให้หมด ต้องใช้คาร์บอนปริมาณมาก ซึ่งไม่คุ้มค่า โดยปกติไม่ควรใช้ PAC เกินกว่า 25 - 50 มิลลิกรัมต่อลิตร

2. ถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ด (GAC)

GAC มักจะผลิตจากถ่านที่ผลิตจากวัตถุดิบจำพวกถ่านโค้ก กะลามะพร้าว เมล็ดผลไม้เป็นต้น ลักษณะเม็ดที่ได้อาจจะได้จากการบดวัสดุขนาดใหญ่ หรือการอัดเศษถ่านกัมมันต์ผ่านแม่แบบออกมา

เป็นแท่งแล้วตัดเป็นท่อนทรงกระบอกเท่า ๆ กัน GAC มีขนาดใกล้เคียงกับขนาดของเม็ดทรายกรองน้ำ แข็งแต่เปราะและเบากว่าทราย

GAC ที่ใช้และเสื่อมสภาพแล้ว สามารถนำไปทำการ ฟิ้นอำนาจ (Regeneration) และ นำกลับมาใช้ใหม่ได้ ซึ่งจัดเป็นข้อดีอีกประการของ GAC แต่อย่างไรก็ตามการฟิ้นสภาพทุกครั้งต้องมีคาร์บอนสูญเสียไปประมาณร้อยละ 5 ทั้งนี้เพราะการฟิ้นอำนาจต้องเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูงมากทำให้คาร์บอนบางส่วนปนกลายเป็นผงละเอียดจนใช้การไม่ได้ (17)

2.1.3 ประโยชน์ของถ่านกัมมันต์

โมเลกุลของสารอินทรีย์ส่วนใหญ่เกาะติดผิวคาร์บอนได้เป็นอย่างดีแต่ ถ่านกัมมันต์ไม่สามารถดูดจับคอลลอยด์ หรือโมเลกุลบางชนิดให้มาติดที่ผิวได้ เช่น โมเลกุลขนาดเล็ก (โมเลกุลที่มีคาร์บอนน้อยกว่า 3 อะตอม และโมเลกุลแบบโพลาร์ (Polar Molecule)) ตัวอย่างของโมเลกุลที่คาร์บอนไม่จับได้แก่ แอลกอฮอล์ธรรมดา , กรดอินทรีย์โมเลกุลเล็กและน้ำตาล โมเลกุลที่คาร์บอนจับไม่ได้มักเป็นโมเลกุลที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้ง่ายแต่ในทางตรงกันข้ามโมเลกุลที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้ยากมักสามารถเกาะติดผิวคาร์บอนได้ สำหรับในระบบผลิตน้ำประปา ถ่านกัมมันต์ มีประโยชน์ดังนี้ (17)

1. กำจัดสี, กลิ่น และรสซึ่งเกิดจากสารอินทรีย์ เช่น กรดฮิวมิก (Humic acid) และกรดฟัลวิก (Fulvic Acid)
2. กำจัดคลอรีนส่วนเกินในน้ำ
3. กำจัดโลหะหนักต่างๆ เช่น ถังคาร์บอนแบบเม็ดสามารถกำจัดปรอท และเงินได้หมด และสามารถลดความเข้มข้นของโลหะอื่นๆเช่น ตะกั่ว ทองแดง ฯลฯ จนเหลือถึงระดับที่ยอมให้มีได้ในน้ำดื่ม
4. กำจัดยาฆ่าแมลง (Pesticides) โดยปกติ กรรมวิธีทำความสะอาดน้ำแบบธรรมดา ซึ่งได้แก่ การตกตะกอน (Coagulation) และ การกรอง (Filtration) มักไม่สามารถกำจัดยาฆ่าแมลงได้ ยกเว้นดีดที่ซึ่งอาจถูกกำจัดได้บางส่วน ถ่านกัมมันต์ทั้งสองแบบสามารถกำจัดยาฆ่าแมลงชนิดต่าง ๆ ได้ดี
5. กำจัดผงซักฟอก
6. กำจัดฟีนอล และ สารประกอบฟีนอล
7. กำจัดสารไฮโดรคาร์บอน คาร์บอนเหมาะสำหรับกำจัด ไฮโดรคาร์บอนแบบลูกโซ่อิ่มตัว (Saturated Chain Hydrocarbon)

2.1.4 ขั้นตอนการผลิตถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon)

การผลิตถ่านกัมมันต์แบ่งออกเป็นสองขั้นตอนคือ

1. การทำให้เป็นถ่านคาร์บอน (Carbonization)
2. การกระตุ้น (Activation)

1. การทำให้เป็นถ่านคาร์บอน (Carbonization)

ขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการนำวัตถุดิบมาเผาในสภาวะที่มีออกซิเจนอยู่น้อย (Pyrolysis) (22) ทำให้เกิดการแตกตัวทางเคมี สารที่ไม่ใช่คาร์บอน เช่น ไฮโดรเจนและออกซิเจนจะถูกไล่ออกมาในรูปของก๊าซ คาร์บอนอิสระที่มีอยู่จะรวมตัวกันเป็น ผลึก (microcrystalline) ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ในรูปของถ่าน ขนาดของผลึกขึ้นกับอุณหภูมิของการเผา, องค์ประกอบ และ โครงสร้างของวัตถุดิบ

วัตถุดิบที่มีเซลลูโลส ($C_6H_{10}O_5$) เป็นส่วนประกอบเมื่อถูกเผาในกระบวนการ Pyrolysis จะ เกิดปฏิกิริยาดังสมการ (21)



ถ่านที่ได้จากกระบวนการดังกล่าวควรมีลักษณะดังนี้ มีสีดำตลอด เมื่อหักดูส่วนที่หักจะมีผิวมันเงา ปลายที่หักจะแหลมคม ปราศจากผงฝุ่นและขี้เถ้า

ในทางการค้าผู้ผลิตถ่านจากกะลามะพร้าว มักจะพิจารณาค่าดังต่อไปนี้

- น้ำหนักของคาร์บอนคงตัว (Fixed carbon)
- ปริมาณความชื้น
- สารที่ระเหยได้ (Volatile matter)
- ปริมาณขี้เถ้า (Ash)

การที่มีคาร์บอนคงตัวอยู่มากจะทำให้ได้ถ่านที่ดี และต้องมีปริมาณความชื้นกับปริมาณขี้เถ้า น้อย ถ่านที่ได้จากขั้นตอนนี้จะมีความสามารถในการดูดซับต่ำมาก เพราะว่าการทำให้เป็นถ่านใช้อุณหภูมิ 400 - 600 องศาเซลเซียส จึงยังคงมีน้ำมันดิน (tar) ตกค้างอยู่ภายในรูพรุน (pore) หรือเกาะอยู่ตามผิวจึงจำเป็นต้องนำถ่านนี้ไปผ่านกระบวนการกระตุ้น (Activation) เพื่อเพิ่มความสามารถในการดูดซับ

2. การกระตุ้น (Activation)

การกระตุ้นเป็นขั้นตอนที่ทำให้ความพรุนเพิ่ม และทำให้เพิ่มพื้นที่ผิวจำเพาะขึ้นเป็นจำนวนมาก โดยการกำจัดน้ำมันดินให้หลุดออกมา จึงทำให้ผิวที่ได้มีอะตอมคาร์บอนที่มีโอเล็คตรอนอิสระอยู่ด้วยทำให้ถ่านกัมมันต์ที่ได้มีความสามารถในการดูดซับสูงขึ้น กระบวนการที่นำมาใช้ในการกระตุ้นมีสองวิธีคือ

2.1 กระบวนการกระตุ้นด้วยวิธีทางกายภาพ (Physical Activation)

2.2 กระบวนการกระตุ้นด้วยวิธีทางเคมี (Chemical Activation)

2.1 กระบวนการกระตุ้นด้วยวิธีทางกายภาพ (Physical Activation)

กระบวนการนี้ใช้ก๊าซที่เป็นตัวออกซิไดซ์ (oxidizing gas) เช่น ไอน้ำ, อากาศ หรือ คาร์บอนไดออกไซด์ ไปทำการออกซิไดซ์น้ำมันดิน และ อะตอมของคาร์บอนบางตัวในโครงสร้างผลึกในสถานะที่ควบคุมไว้ทำให้ รูพรุน (pore) กว้างมากขึ้นและทำให้พื้นที่ผิวเพิ่มขึ้น

2.1.1 การกระตุ้นด้วยไอน้ำ (Activation with steam)

ปฏิกิริยานี้ใช้ไอน้ำเป็น ตัวออกซิไดส์คาร์บอนปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็น ปฏิกิริยาดูดความร้อน (Endothermic) ดังนั้นจึงต้องทำที่อุณหภูมิสูงประมาณ 760 - 950 องศาเซลเซียส ดังสมการ



อัตราการออกซิไดส์เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วแต่ไม่ควรให้อุณหภูมิสูงเกิน 1,000 องศาเซลเซียส เพราะปฏิกิริยาจะกลายเป็น diffusion controlled rate ซึ่งอะตอมของคาร์บอนที่อยู่ชั้นนอก จำนวนมาก จะถูกเผาไหม้ ทำให้ขนาดและความพรุนของอนุภาคเล็กลง

2.1.2 การกระตุ้นด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ (Activation with carbondioxide)

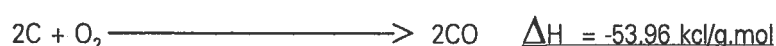
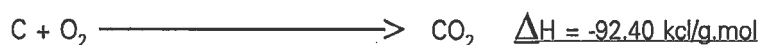
ปฏิกิริยานี้ใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวออกซิไดส์ซึ่งเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อนเช่นกันดังสมการ



จากค่า H จะเห็นว่าปฏิกิริยานี้ต้องการพลังงานความร้อนมากกว่าวิธีการกระตุ้นด้วยไอน้ำ จึงต้องใช้อุณหภูมิสูงกว่าโดยใช้อุณหภูมิประมาณ 850 - 1100 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่ใช้จะขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ด้วยในทางเทคนิคการปฏิบัติแล้วจะใช้ก๊าซเชื้อเพลิงเผาไหม้ซึ่งจะให้ทั้งไอน้ำคาร์บอนไดออกไซด์ และอาจจะมีออกซิเจนส่วนเกินบ้างเล็กน้อย หรือ อาจจะมีการเติมไอน้ำเข้าไปด้วยเพื่อเป็นการกระตุ้นโดยใช้ทั้งสองวิธีร่วมกัน

2.1.3 การกระตุ้นด้วยอากาศ (Activation with air)

ปฏิกิริยานี้อาศัยออกซิเจนในอากาศเป็นตัวออกซิไดส์คาร์บอนทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน ดังสมการ



การใช้อากาศเพื่อทำการกระตุ้นมีการใช้กันน้อยมากทั้งนี้เพราะว่า การควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในสถานะที่ต้องการทำได้ลำบากกว่าปฏิกิริยาชนิดดูดความร้อน อีกทั้งออกซิเจนจะทำให้ผิวของถ่านไหม้ไปทำให้เกิดการสูญเสียอย่างมาก

สำหรับการกระตุ้นทางกายภาพนี้ มีข้อดีคือ หลังจากกระตุ้นแล้ว สามารถนำไปใช้ได้ทันทีไม่ต้องมีปัญหาในการล้างสารที่อาจเป็นอันตราย ส่วนข้อเสียคือ ต้องใช้อุณหภูมิในการเผาสูงกว่าวิธีทางเคมีสำหรับรพูนของถ่านกัมมันต์ที่ได้จะเล็กกว่าชนิดที่ผลิตด้วยวิธีการทางเคมี รพูนมีขนาดประมาณ micropore ซึ่งเหมาะสำหรับดูดกลืน ไอ หรือกาซพิษ

ตารางที่ 2.3 แสดงภาวะสำหรับการทำให้เป็นถ่านและกระตุ้นสำหรับวัตถุดิบบางชนิด

วัตถุดิบ	อุณหภูมิและเวลาของการทำให้เป็นถ่าน	อุณหภูมิและเวลาของการกระตุ้น	สารที่ใช้กระตุ้น
กากน้ำตาล	110 - 120 °C	800 - 1000 °C	Ca(OH) ₂ , Ca(PO ₄) ₃
ลิกไนท์	700 °C, 1 ชม.	800 °C, 1 ชม.	ไอน้ำ
ถ่านหิน	400 - 900 °C	700 - 900 °C	ไอน้ำ
ไม้	400 - 600 °C, 2 ชม.	700 °C, 1 ชม.	ไอน้ำ
กากปิโตรเลียม	100 - 400 °C	900 - 920 °C 1-2 ชม. 900 - 950 °C 3-4 ชม.	ไอน้ำ
ขานอ้อย	480 - 500 °C, 4 ชม.	800 - 950 °C	ไอน้ำ
กะลามะพร้าว	300 - 700 °C	700 - 1050 °C 0.5-1 ชม.	ไอน้ำ

ที่มา: Hassler, J.W. (25)

2.2 กระบวนการกระตุ้นด้วยวิธีทางเคมี (Chemical Activation)

วิธีการกระตุ้นด้วยเคมีนี้จะทำควบคู่ไปกับการทำให้วัตถุดิบเป็นถ่าน โดยการเติม สารเคมีที่เป็น ตัวกระตุ้น (Activation agent) ลงไปคลุกเคล้าผสมกับวัตถุดิบ สารเคมีที่เติมมีส่วนช่วยในกระบวนการทำให้เป็นถ่าน คือทำให้เกิดน้ำมันดินน้อย Mcgarry.M.G. (28) ได้กล่าวว่า ข้อดีของการใช้วิธีการทางเคมี คือใช้อุณหภูมิที่ต่ำ และ ได้ผลผลิตมากกว่าวิธีทางกายภาพ ส่วนข้อเสียคือจำเป็นต้องล้างสารเคมีออกจากถ่านกัมมันต์ก่อนใช้งาน สารเคมีที่ใช้เป็นตัวกระตุ้นได้แก่

กรดบอริก (H₃BO₃)

เกลือแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl₂)

แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (CaOH)

แคลเซียมฟอสเฟต (Ca (PO₃)₂)

ไซยาไนด์ (CN⁻)

ปูนโดโลไมต์ (CaMg (CO₃)₂)

โปตัสเซียมโรโอไฮยาเนต (K₂S₂O₃)

เกลือแมงกานีสคลอไรด์ (MnCl₂)

แมงกานีสซัลเฟต (MnSO₃)

กรดไนตริก (HNO₃)

โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

โซเดียมซัลเฟต (NaSO₄)

เฟอร์ริกคลอไรด์ (FeCl_2)

กรดซัลฟูริก (H_2SO_4)

กรดฟอสฟอริก (H_3PO_4)

/ซิงค์คลอไรด์ (ZnCl_2)

โพแทสเซียมซัลไฟด์ (K_2S)

การกระตุ้นเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวโดยทำให้สารมีรูพรุนมากขึ้นและเป็นการเพิ่มความสามารถในการดูดซับของถ่านกัมมันต์ อย่างไรก็ตามปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในระหว่างการกระตุ้นไม่เป็นที่ทราบแน่ชัดสาเหตุหนึ่งก็เนื่องมาจากว่าวิธีการกระตุ้นมีหลายวิธี นอกจากนี้ประสิทธิภาพของการกระตุ้นยังขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบรวมถึงวิธีการอื่นๆ ก่อนการกระตุ้นด้วย ส่วน Berl E. (20) ได้แบ่งวิธีการกระตุ้นเพื่อผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ไว้ดังนี้

1. กระตุ้นด้วยสารประกอบของโพตัสเซียม (K) หรือโซเดียม (Na)
2. กระตุ้นด้วยก๊าซออกซิไดส์ (oxidizing gas)
3. กระตุ้นโดยใช้สารดูดน้ำ (dehydrating agent)

1. กระตุ้นด้วยสารประกอบของโพตัสเซียม (K) หรือโซเดียม (Na)

เมื่อให้ความร้อนแก่วัตถุดิบที่ต้องการทำเป็นถ่านกัมมันต์ซึ่งผสมสารละลายที่มีไอออนโพแทสเซียมหรือ ไอออนโซเดียม (K^+ หรือ Na^+) ไอออนเหล่านี้ จะแทรกเข้าไปอยู่ระหว่างชั้นของผลึกแกรไฟต์เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 700 องศาเซลเซียส โมเลกุลของ H_2O , CO_2 และ O_2 จะหลุดออก ทำให้ได้ถ่านกัมมันต์ตามต้องการ จากการศึกษาพบว่าการใช้สารประกอบโพแทสเซียมเป็นตัวกระตุ้น จะให้ถ่านที่มีคุณภาพดีกว่าการใช้สารประกอบของโซเดียมเป็นตัวกระตุ้น และ พบว่าโพแทสเซียมซัลไฟด์ (K_2S) เป็นตัวกระตุ้นที่ดีที่สุดในกลุ่มตัวกระตุ้นชนิดนี้ และ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์มีดังนี้



$\text{X} = \text{K}^+$ หรือ Na^+

กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมมีการนำสารประกอบเหล่านี้มาใช้บ้างได้แก่

สารประกอบคาร์บอเนต เช่นโพแทสเซียมคาร์บอเนต (K_2CO_3) หรือ โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) สารประกอบประเภทนี้นิยมใช้ใน อุตสาหกรรมผลิตถ่านกัมมันต์จากเลือด วิธีผลิตทำได้โดยนำเลือดแห้งมา 8 ส่วนผสมกับสารกระตุ้น 1 ส่วนจากนั้นนำไปเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียสในที่ปิดอากาศทั้งนี้การใช้ปริมาณสารกระตุ้นจะเปลี่ยนไปตามวัตถุที่ใช้

ต่าง caustic เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) หรือ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ในอุตสาหกรรมไม่นิยมใช้สารประเภทนี้ เพราะว่าปฏิกิริยาที่ค่อนข้างรุนแรงรวมทั้งมีผลทำลายภาชนะที่ใช้ด้วย

ซัลไฟด์ (S^{++}) และ ไฮโดรซัลไฟด์ ($(S_2O_3)^{++}$) การใช้สารประกอบประเภทนี้เป็นการประยุกต์จากการใช้สารจำพวกต่างโดยทำให้ปฏิกิริยามีความรุนแรงน้อยลง ตัวอย่างการใช้สารประกอบนี้ได้แก่ การผลิตถ่านกัมมันต์จากซีล้อย สามารถทำได้โดยผสมซีล้อยกับสารละลายโพแทสเซียมไฮโดรซัลไฟด์เข้มข้นร้อยละ 35 จากนั้นนำไปเผาที่อุณหภูมิ 300 - 350 องศาเซลเซียส ในที่อัดอากาศ แล้วเผาต่อให้อุณหภูมิสูงถึง 800 องศาเซลเซียส ในบางครั้งถ้าต้องการเพิ่มความรุนแรงของปฏิกิริยา สามารถทำได้โดยใช้สารจำพวกต่างมาช่วย เช่น ใช้ถ่าน 100 ส่วน ผสมกับ K_2S 15 ส่วน และ KOH 30 ส่วน ทำให้แห้งแล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส

2. กระตุ้นด้วยก๊าซออกซิไดส์ (oxidizing gas)

ก๊าซหรือไอที่ใช้ได้แก่ O_2 , CO_2 , ไอน้ำ, SO_2 , Cl_2 และ ไอกำมะถัน (สามชนิดหลังไม่นิยมใช้)

3. กระตุ้นโดยใช้สารดูดน้ำ (dehydrating agent)

สารดูดน้ำที่ใช้ส่วนมากเป็นเกลือโลหะคลอไรด์ เช่น แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$), แมกนีเซียมคลอไรด์ ($MgCl_2$) ซิงค์คลอไรด์ ($ZnCl_2$) นอกจากนี้ยังพบว่ามีการใช้กรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) และ กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) ด้วย วิธีการนี้นิยมใช้กับวัตถุดิบที่มีโครงสร้างที่ละเอียด เช่น ถ่านดินพุด, เปลือกถั่ว และ ซีล้อย เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (ประมาณ 500 องศาเซลเซียส สำหรับซิงค์คลอไรด์ และ 1,000 องศาเซลเซียส สำหรับ กรดฟอสฟอริก) โมเลกุลของน้ำจะหลุดออกจากเซลล์ลูลิส และ ลิกนิน ซึ่งเป็นส่วนประกอบอยู่ในวัตถุดิบ ถ้าการกระตุ้นด้วย ซิงค์คลอไรด์ ใช้อุณหภูมิไม่สูงนักจะทำให้อนุภาคคาร์บอนไม่สามารถรวมตัวกันเป็นผลึกขนาดใหญ่ขึ้นได้ ที่อุณหภูมิที่เหมาะสมถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์จะมีรูปพูนมากเพราะที่อุณหภูมินั้นซิงค์คลอไรด์จะละลายน้ำมันดิบ (bituminous) ซึ่งถ่านกัมมันต์ดูดซับอยู่ออกไป และ ถ่านที่ได้จัดเป็น acid carbon สำหรับการ กระตุ้นด้วยสารดูดน้ำนี้ส่วนมากนิยมใช้ ซิงค์คลอไรด์ และกรดฟอสฟอริก

- การผลิตถ่านกัมมันต์โดยใช้ซิงค์คลอไรด์ ($ZnCl_2$) เป็นตัวกระตุ้น (25)

ซิงค์คลอไรด์ เป็นสารเคมีที่มีความสามารถในการกัดกร่อนโลหะได้ดีมีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 136.28 เป็นของแข็งสีขาว ความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.91 จุดหลอมเหลวเท่ากับ 275 องศาเซลเซียส จุดเดือดเท่ากับ 756 องศาเซลเซียส ซิงค์คลอไรด์ที่ใช้อยู่ในรูปของสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงอัตราส่วนที่ใช้คือสารละลายซิงค์คลอไรด์เข้มข้นประมาณ 0.5 ถึง 4 ส่วน ต่อน้ำหนักของวัตถุดิบแห้ง 1 ส่วน บางครั้งอาจมี การเติมกรดเกลือ (HCl) หรือ กรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) ลงไปเล็กน้อยจากนั้นนำไปเผาในที่อัดอากาศซึ่งมีอุณหภูมิสูงประมาณ 600 ถึง 700 องศาเซลเซียส แต่ก็เคยมีผู้ใช้อุณหภูมิเพียง 400 องศาเซลเซียส และอาจสูงถึง 900 องศาเซลเซียส ถ่านกัมมันต์ที่ได้จำเป็นต้องนำไปล้างด้วยน้ำ และกรดเกลือ

กรดเกลือเพื่อเอาซิงค์คลอไรด์ที่เหลือออก จากการศึกษาพบว่าการใช้ปริมาณซิงค์คลอไรด์เพิ่มขึ้น จะช่วยเพิ่มคุณภาพของถ่านกัมมันต์

ขั้นตอนการผลิตถ่านกัมมันต์ด้วย ซิงค์คลอไรด์ มีดังนี้

1. ผสมวัตถุดิบที่แห้งกับสารละลาย ซิงค์คลอไรด์ เข้มข้นด้วยปริมาณที่เหมาะสม
2. นำไปอบที่ 110 องศาเซลเซียสเพื่อทำให้ของผสมแห้ง
3. นำไปเผาที่อุณหภูมิสูงและอัดอากาศ
4. นำถ่านที่ได้ไปล้างด้วยน้ำร้อนและกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก
5. นำถ่านที่ได้ไปอบให้แห้ง

อุปกรณ์ที่มีปัญหาในการผลิตคือภาชนะที่ใช้ทำปฏิกิริยาเพราะจะต้องใช้ภาชนะที่ทนความร้อนได้สูง และต้องทนต่อการกัดกร่อนของ ซิงค์คลอไรด์ได้ดี

- การผลิตถ่านกัมมันต์โดยใช้กรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) เป็นตัวกระตุ้น (25)

กระบวนการนี้อาจใช้กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) แทนได้แต่คุณภาพที่ได้จะด้อยกว่า ตัวอย่าง การผลิตถ่านกัมมันต์ด้วยวิธีนี้ เช่นการผลิตถ่านกัมมันต์จากดินพรุหรือขี้เลื่อย วิธีคือ ผสมดินพรุ หรือ ขี้เลื่อยด้วยสารละลายกรด H_3PO_4 แล้วนำเอาสารผสมไปอบให้แห้ง และ เผาที่อุณหภูมิ 400 - 600 องศาเซลเซียส ในเตาเผาแบบหมุน กระบวนการกระตุ้นเกิดจากการดูดน้ำของกรด H_3PO_4 คล้ายกับกระบวนการกระตุ้นโดยใช้ ซิงค์คลอไรด์ ถ่านกัมมันต์ที่ได้ควรนำไปเผาที่ อุณหภูมิ 800 - 1,000 องศาเซลเซียส อีกประมาณ 2 - 8 ชม. ซึ่งจะเกิดการออกซิไดซ์คาร์บอน กรด H_3PO_4 สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก นอกจากนี้กรด H_3PO_4 ยังใช้เป็นสารช่วยในการกระตุ้นได้อีกด้วย เช่น หลังจากการผลิตถ่านกัมมันต์โดยการกระตุ้นด้วยไอน้ำจะนำถ่านที่ได้ไปแช่กรด H_3PO_4 เข้มข้นร้อยละ 2 -25 เพื่อช่วยให้ถ่านกัมมันต์มีคุณภาพดีขึ้น

2.1.5 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของถ่านกัมมันต์ด้วยวิธีทางเคมี

1. ชนิดของวัตถุดิบ

การผลิตถ่านกัมมันต์สามารถผลิตได้จากวัตถุดิบหลายชนิด ซึ่งถ่านกัมมันต์ที่ได้จะมีคุณภาพที่แตกต่างกันไป ซึ่งจะขึ้นอยู่กับโครงสร้างของวัตถุดิบในแต่ละชนิด เช่น กะลามะพร้าวจะให้ถ่านกัมมันต์ที่มีลักษณะรูพรุนขนาดเล็ก (22)

2. วิธีการในการกระตุ้น

Mcgarry.M.C.(28) กล่าวว่า ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของถ่านกัมมันต์ในกระบวนการผลิต ด้วยวิธีการทางเคมีมีดังนี้

2.1 ชนิดและปริมาณของสารกระตุ้น

2.2 อุณหภูมิในการกระตุ้น

2.3 เวลาในการกระตุ้น

2.1 ชนิดและปริมาณของสารกระตุ้น

การเลือกใช้สารเคมีเป็นตัวกระตุ้นมีผลต่อขนาด และ โครงสร้างของรูพรุน ถ่านกัมมันต์ที่ใช้ซิงค์ คลอไรด์ ($ZnCl_2$) เป็นตัวกระตุ้น ให้ถ่านกัมมันต์ที่ดีที่สุดในกลุ่มของสารดูดน้ำที่ใช้เป็นตัวกระตุ้น ได้ขนาด ของรูพรุนที่ใหญ่ และ ปริมาณของสารกระตุ้นมีผลต่อปริมาตรรูพรุนของถ่านกัมมันต์

ผลการศึกษาของ นราพร หาญจนวนศ์ และ คณะ (8) ในการทำถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดโดย การเผาซังข้าวโพดให้เป็นถ่านที่อุณหภูมิ 300 และ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 และ 3 ชั่วโมง แล้วทำ การกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ ผสมอัตราส่วนโดยน้ำหนักซิงค์คลอไรด์ต่อถ่านซังข้าวโพด 4 ค่าคือ 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 จากนั้นทำการเผาที่ อุณหภูมิ 700 - 800 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 , 3 และ 4 ชั่วโมง พบว่า อัตราส่วนโดยน้ำหนักของซิงค์คลอไรด์ต่อซังข้าวโพดที่เหมาะสมที่สุดเท่ากับ 2.0

ดำรงค์ ขุนมงคล และ อภิสหิรี เจริญกุล (6) ได้ทำการผลิตถ่านกัมมันต์โดยใช้โซเดียมคลอไรด์ ($NaCl$) เป็นตัวกระตุ้น โดยใช้วัตถุดิบคือ ชี้เลื่อย กะลามะพร้าว และ ถ่านกะลามะพร้าว ผสมกับ โซเดียมคลอไรด์ในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 1:1,1:2,1:3,1:4 และ 1:5 ทำการเผาที่อุณหภูมิ 500 - 1,100 องศาเซลเซียสโดยใช้เวลาในเผา 10 - 100 นาที พบว่าอัตราส่วนโดยน้ำหนักของเกลือต่อกะลามะพร้าวที่ เหมาะสมมีค่าประมาณ 3 และอัตราส่วนโดยน้ำหนักของเกลือต่อชี้เลื่อยที่เหมาะสมมีค่ามากกว่า 5 ส่วน ถ่านกะลามะพร้าวมีค่าไอโอดีนัมเบอร์เพิ่มขึ้นน้อยมากเมื่ออัตราส่วนเพิ่มขึ้น

อนุชิต กิจสวัสดิ์ (18) ศึกษาเรื่องการทำถ่านแกลบให้มีคุณสมบัติในการฟอกสี โดยใช้แกลบขนาด 40 mesh ผสมกับซิงค์คลอไรด์ด้วยอัตราส่วนระหว่างแกลบและซิงค์คลอไรด์ 1:2,1:2.5,1:3 และ 1:4 เผาที่ อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมงพบว่า อัตราส่วน 1:2.5 เป็นอัตราส่วนที่ใช้ซิงค์คลอไรด์ น้อยที่สุดที่จะกระตุ้นแกลบให้มีคุณสมบัติในการฟอกสีได้ดี

2.2 อุณหภูมิในการกระตุ้น

อุณหภูมิกระตุ้นมีผลต่อ โครงสร้างของรูพรุน อาจมีผลทางบวก หรือ ลบต่อคุณภาพของถ่าน ขึ้นอยู่กับขนาดของอุณหภูมิ

จากผลการศึกษาของ ดำรงค์ ขุนมงคล และ อภิสิทธิ์ เจริญกุล (5) เรื่องการผลิตถ่านกัมมันต์โดยใช้ เกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เป็นตัวกระตุ้นพบว่าถ่านกัมมันต์ที่ได้จากถ่านกะลามะพร้าวมีค่าไอโอดีนัมเบอร์เพิ่มมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนจาก 600 เป็น 800 องศาเซลเซียส และเริ่มลดลงเมื่ออุณหภูมิมากกว่า 800 องศาเซลเซียส สรุปได้ว่าการกระตุ้นถ่านจากกะลามะพร้าวด้วยโซเดียมคลอไรด์ควรอยู่ในช่วง 700-900 องศาเซลเซียส ส่วนถ่านกัมมันต์ที่ได้จากขี้เลื่อยค่าไอโอดีนัมเบอร์เพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มมากขึ้น อุณหภูมิที่เหมาะสมในการกระตุ้นอยู่ในช่วง 600-800 องศาเซลเซียส และ กล่าวว่าการกระตุ้นด้วยเกลือแกลจะให้ผลดีก็ต่อเมื่ออุณหภูมิกระตุ้นมีค่าที่สูงในระดับใกล้เคียงกับการใช้ไอน้ำหรือก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ (CO₂) เป็นตัวกระตุ้น

นราพร หาญจนวนศ์ และคณะ (8) ได้นำผลึกถ่านจากขี้ข้าวโพดมาทำการกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ ที่อุณหภูมิ 700 - 1,000 องศาเซลเซียสและใช้เวลา 2 - 4 ชั่วโมง พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิเป็น 900 และ 1,000 องศาเซลเซียสเวลา 2 และ 4 ชั่วโมงจะให้ค่าของไอโอดีนัมเบอร์เพิ่มขึ้นมากกว่าการกระตุ้นที่ 800 องศาเซลเซียส เวลา 2 และ 4 ชั่วโมง ไม่มากนัก และ ค่าไอโอดีนัมเบอร์ของการกระตุ้นที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส เวลา 2 ชั่วโมง มีค่าใกล้เคียงกับการกระตุ้นที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เวลา 4 ชั่วโมง ดังนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการกระตุ้น คือที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียสเวลา 2 ชั่วโมง เพราะใช้เวลา ในการกระตุ้นน้อยกว่า ซึ่งเป็นการประหยัดพลังงาน ได้มากกว่า

2.3 เวลาในการกระตุ้น

นราพร หาญจนวนศ์ และคณะ (8) ได้กล่าวว่า การกระตุ้นผลึกถ่านให้เป็นถ่านกัมมันต์ยังใช้เวลา นานในการกระตุ้นโอกาสที่อะตอมของถ่านจะหลุดจากผลึกของถ่านยิ่งมากขึ้นซึ่งจะมีผลให้ปริมาณของ อิเล็กตรอนอิสระจะอยู่ตามรูพรุนมากยิ่งขึ้น แต่ถ้าใช้เวลานานจนถึงจุดหนึ่ง แล้ว จำนวนอิเล็กตรอนอิสระ จะไม่เกิดขึ้นอีก ดังนั้นจึงไม่มีประโยชน์ที่จะทำการกระตุ้นอีกต่อไป

ดำรงค์ ขุนมงคล และ อภิสิทธิ์ เจริญกุล (6) ได้ทำการวิจัยเรื่องการผลิตถ่านกัมมันต์โดยใช้เกลือ (NaCl) เป็นตัวกระตุ้นใช้วัตถุดิบ 3 ชนิด คือ กะลามะพร้าว, ขี้เลื่อย และ ถ่านกะลามะพร้าว ในการ ทดลองใช้อัตราส่วนโดยน้ำหนักของ วัตถุดิบ ต่อNaCl เท่ากับ 1 : 3 และ อุณหภูมิเท่ากับ 700 องศาเซลเซียส ผลที่ได้จากการทดลองชี้ให้เห็นว่าเวลามีส่วนที่จะทำให้อุณหภูมิของถ่านกัมมันต์เปลี่ยนแปลง ไปเมื่อเริ่มทำการกระตุ้น ค่าไอโอดีนัมเบอร์ของถ่านกัมมันต์ที่ได้จากวัตถุดิบทั้งสามจะต่ำและค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเมื่อเวลากระตุ้นเพิ่มขึ้นและจะลดลงเมื่อเวลากระตุ้นมากกว่าค่า ๆ หนึ่ง เวลาที่เหมาะสมในการ

กระตุ้นกะลามะพร้าว และ ซีลี้อย เท่ากับ 60 นาที ส่วนถ่านกัมมันต์ที่ได้จากถ่านกะลามะพร้าว มีค่าไอโอดีนเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย เมื่อใช้เวลาในการกระตุ้นนานขึ้น

การที่ค่าไอโอดีนนมเบอร์ของถ่านกัมมันต์ที่ได้จากกะลามะพร้าว และ ซีลี้อย เพิ่มขึ้นเมื่อเริ่มทำการกระตุ้นเข้าใจว่า เกิดจากการเปลี่ยนสภาพของวัตถุดิบไปเป็นถ่านในช่วง 30 นาทีแรกเป็นช่วงที่ไอน้ำและ สารระเหยถูกขับออกจากกะลามะพร้าว และ ซีลี้อย ในช่วงนี้ขณะที่ กะลามะพร้าว และ ซีลี้อยเปลี่ยนสภาพไปเป็นถ่าน NaCl จะแพร่เข้าไปตามรูพรุนของถ่าน ซึ่งรูพรุนเหล่านี้เคยเป็นที่อยู่ของสารอินทรีย์ และถูกขับออกไปด้วยความร้อน เมื่อปล่อยให้ถ่านเย็นตัวลง ถ่านจะหดตัวได้อย่างจำกัดเพราะมีสารกระตุ้นอยู่ในรูพรุน ก่อนที่จะนำเอาถ่านกัมมันต์ที่ได้ไปใช้ต้องล้างสารกระตุ้นออกให้หมดเพื่อให้เกิดรูพรุนในถ่านขึ้น (จำนวนรูพรุนเป็นตัวชี้คุณภาพของถ่านกัมมันต์) ปริมาณสารกระตุ้นสามารถแทรกซึมเข้าไปตามรูพรุนขึ้นกับเวลา ในช่วงแรกของการกระตุ้นถ่านกัมมันต์ที่ได้มีค่าไอโอดีนนมเบอร์เพิ่มขึ้น แสดงว่าสารอินทรีย์ถูกขับออกมามากขึ้น และ สารกระตุ้นสามารถแทรกซึมเข้าไปแทนที่มากขึ้น เมื่อทำการกระตุ้นไปได้ระยะเวลาหนึ่งสารอินทรีย์จะเหลือน้อยลง และ สารกระตุ้นเข้าไปแทนที่ได้น้อยลงด้วย ทำให้ค่าไอโอดีนนมเบอร์เพิ่มน้อยมาก แต่ถ้าทำการกระตุ้นนานเกินไปถ่านกัมมันต์จะมีคุณภาพต่ำลง เข้าใจว่าการที่ค่าไอโอดีนนมเบอร์ของถ่านกัมมันต์ลดลงเกิดขึ้นจากผิวของถ่านกัมมันต์เริ่มสลายตัวทำให้พื้นที่ผิวลดลง

ผลการทดลองของ นราพร หาญจนวนศ์และคณะ (8) เรื่องการผลิตถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพด โดยการเผาให้เป็นถ่านก่อนและทำการกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ ได้สรุปว่าที่อัตราส่วนของถ่านซังข้าวโพดต่อซิงค์คลอไรด์เท่ากับ 1:2 กระตุ้นที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียสจะต้องใช้เวลากระตุ้นนาน 4 ชั่วโมง และกระตุ้นที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียสใช้เวลา 2 ชั่วโมงซึ่งถ่านกัมมันต์ที่ได้จะให้ค่าไอโอดีนนมเบอร์สูงใกล้เคียงกัน และ ถ้าใช้เวลาในการกระตุ้นนานขึ้นค่าไอโอดีนนมเบอร์จะเพิ่มเพียงเล็กน้อย

จากผลการทดลองของ อนุชิต กิจสวัสดิ์ (18) ในการทำถ่านแกลบให้มีคุณสมบัติในการฟอกสี โดยใช้แกลบขนาด 40 mesh ผสมด้วยซิงค์คลอไรด์อัตราส่วน 1:2.5 เผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส ทดลองใช้เวลาในการเผา 15, 30, 60, 90, 120, 150 และ 180 นาที พบว่า ควรใช้เวลาในการเผาประมาณ 60 นาที เพราะถ่านที่ได้มีอำนาจในการฟอกสี ดีเทียบเท่ากับการเผาที่ระยะเวลาที่นานกว่านี้ ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องใช้เวลาในการเผามากกว่านี้

2.1.6 การวัดคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์

การวัดคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ ทำได้โดยการวัดความสามารถในการดูดติดผิวคาร์บอน (Adsorptive Capacity) ซึ่งได้มีการทดลองใช้ adsorbate ที่มีความเข้มข้นชนิดต่าง ๆ ได้แก่ Phenol, Tannin, Iodine และ Molasses การดูดซับสาร Phenol ใช้เป็นดัชนีชี้วัด ความสามารถของคาร์บอนในการกำจัดรส และ กลิ่นทางเคมี (Chemical taste and odor) ส่วนการดูดซับสาร Tannin ใช้เป็นดัชนีชี้วัด ความสามารถในการดูดซับสารประกอบอินทรีย์ในน้ำที่เกิดจากการเน่าเปื่อยของพืชผัก การดูดซับ Iodine และ Molasses ใช้แสดงได้ว่าคาร์บอนนี้เป็นแอคติเวตเต็ดคาร์บอนได้ (19)

พื้นที่ผิวเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดสมรรถนะของคาร์บอนคาร์บอนที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะสูง (มีหน่วยเป็นตารางเมตร/กรัม)สูงจะมีอำนาจหรือขีดความสามารถในการดูดติดผิว (Adsorptive Capacity) สูงตามไปด้วย การวัดพื้นที่ผิวจำเพาะของคาร์บอนทำได้โดยการหาปริมาณไนโตรเจนที่ถูกคาร์บอนดูดเก็บไว้ วิธีวัดสมรรถนะของคาร์บอนอาจจะกระทำได้โดยการวัด Iodine Number (ค่าการดูดซับ Iodine) หรือ Molass Number (ค่าการดูดซับ Molass) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับพื้นที่ผิวของคาร์บอน

Iodine Number แสดงถึงสมรรถนะของคาร์บอนในการกำจัดสารที่มีโมเลกุลเล็ก (ขนาดใหญ่กว่า 10 Å)

Molass Number แสดงถึงสมรรถนะของคาร์บอนในการกำจัดสารที่มีโมเลกุลใหญ่ (ขนาดใหญ่กว่า 28 Å)

ในระบบประปานิยมใช้ Iodine Number มากกว่า Molass Number หรือพารามิเตอร์ตัวอื่น ๆ ทั้งนี้ เพราะน้ำดิบมักมีสารโมเลกุลเล็กมากกว่าโมเลกุลใหญ่ (17)

2.2 ทฤษฎีการดูดซับ (Adsorption)

2.2.1 กลไกการดูดซับ (Mechanism of Adsorption) (23)

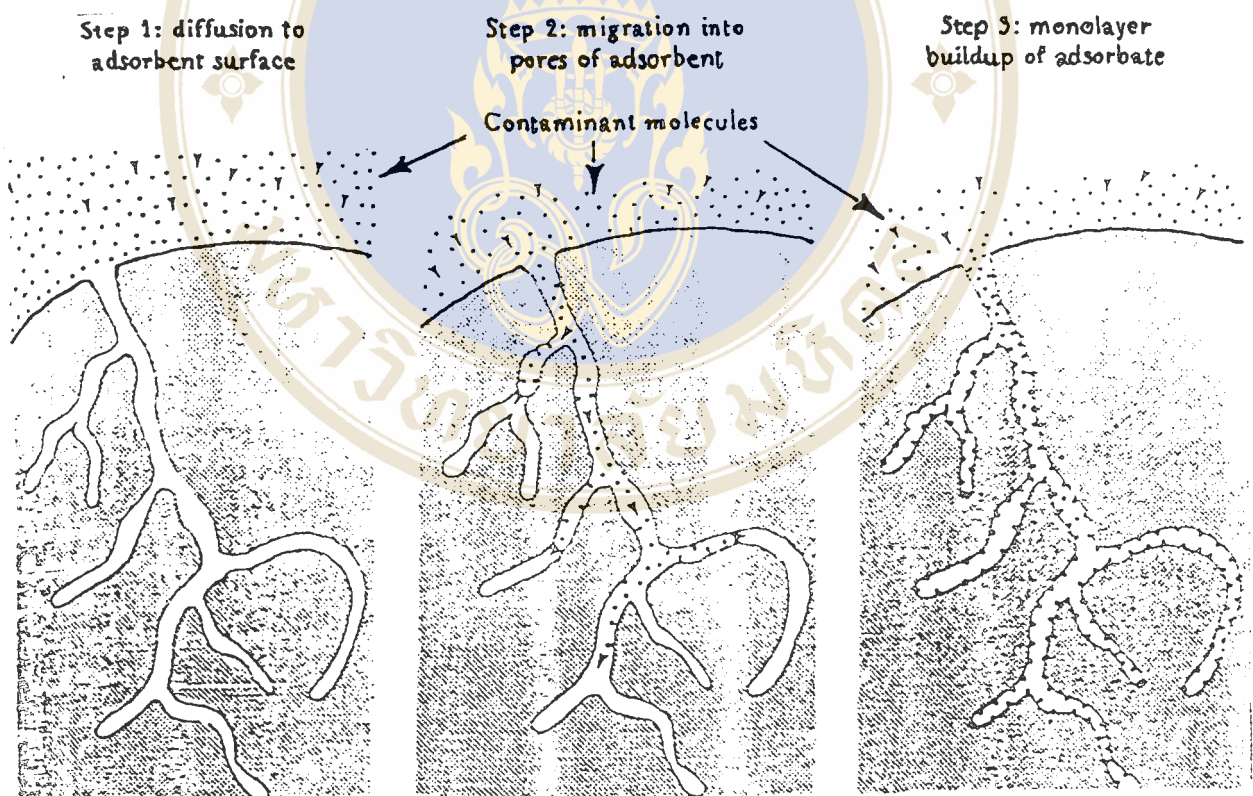
เนื่องจากการดูดซับเป็นการถ่ายเทมวลสาร (mass transfer) จากก๊าซ หรือ ของเหลวมายังของแข็ง หรือของเหลว การดูดซับเกิดขึ้นเป็น 3 ระยะติดต่อกัน ดังรูปที่ 2.2

ระยะที่ 1 โมเลกุลของสิ่งสกปรก (Adsorbate) ในน้ำเคลื่อนที่ไปเกาะอยู่รอบนอกของเม็ดถ่าน

ระยะที่ 2 โมเลกุลของสิ่งสกปรกจะฟุ้งกระจาย (diffusion) เข้าไปในรูพรุนของเม็ดถ่าน

ระยะที่ 3 เกิดการดูดซับในรูพรุนนี้ระหว่างสิ่งสกปรกและพื้นที่ผิวของเม็ดถ่านซึ่งอาจจะดูดซับด้วยแรงทางฟิสิกส์ หรือเคมี หรือทั้งสองอย่างร่วมกัน

รูปที่ 2.2 แสดงถึงกลไกการดูดซับสารของถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon)



ที่มา: Control of Gaseous Emissions Student Mannual, EPA. (23)

ปรากฏการณ์การดูดซับของถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) แบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ

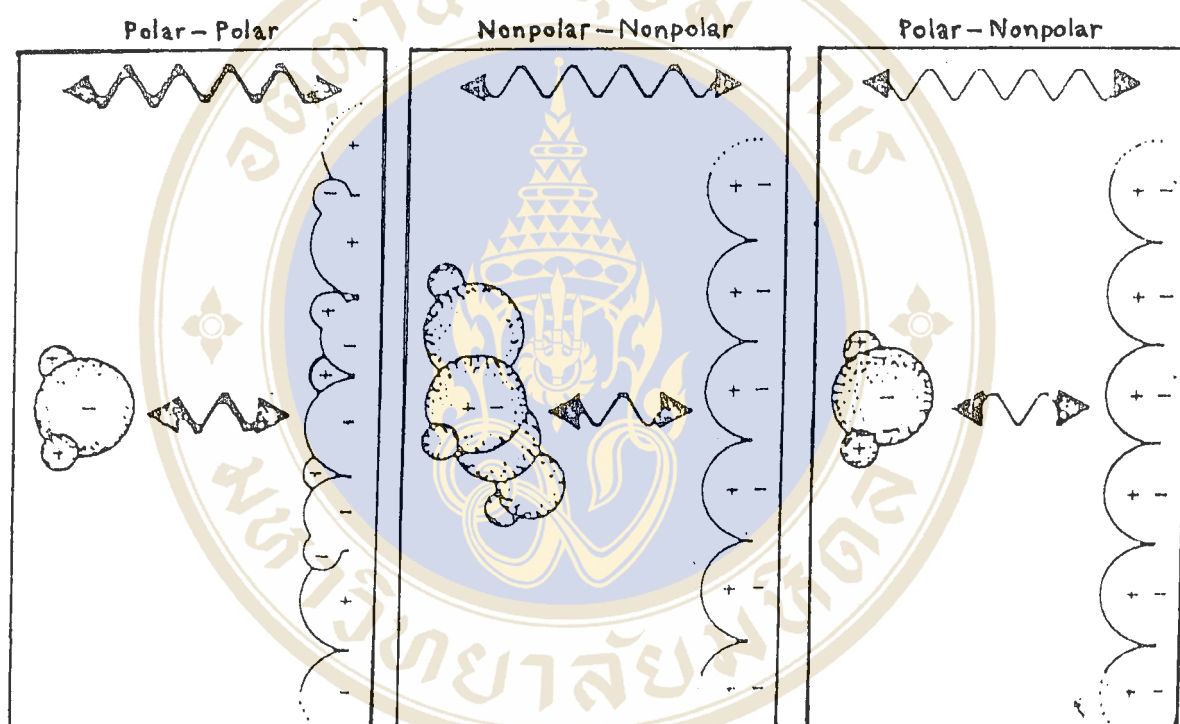
1. การดูดซับทางกายภาพ (Physical adsorption)
2. การดูดซับทางเคมี (Chemical adsorption)

1. การดูดซับทางกายภาพ (Physical Adsorption)

การดูดซับทางกายภาพมีลักษณะดังนี้

1.1 เป็นแรงดึงดูดกันทางไฟฟ้าสถิตย เกิดระหว่างโมเลกุลที่เป็นโพลาร์กับโพลาร์ คือ โมเลกุลของ Adsorbate เป็นชนิดโพลาร์และของ Adsorbent ต้องเป็นโพลาร์ด้วย ชนิดนอนโพลาร์กับนอนโพลาร์ และ โพลาร์กับนอนโพลาร์ การเกาะจับของโมเลกุลชนิดต่าง ๆ เหล่านี้เกิดขึ้นจากผล 3 อย่างดังรูปที่ 2.3

รูปที่ 2.3 แสดงถึงการดูดซับสารของถ่านกัมมันต์ในลักษณะต่าง ๆ กันด้วยแรงทางกายภาพ



ที่มา: Control of Gaseous Emissions Student Manual, EPA(23)

1.1.1 โพลาร์กับโพลาร์โมเลกุลเกิดจาก Orientation effect คือแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลที่มีประจุตรงข้าม

1.1.2 นอนโพลาร์กับนอนโพลาร์โมเลกุล เกิดจาก Dispersion effect ซึ่งเป็นผลมาจากการอาศัยหลักการตรงที่ว่า นอนโพลาร์โมเลกุลสามารถเปลี่ยนเป็นไดโพลโมเลกุลได้ ถ้าอิเล็กตรอนเคลื่อนที่มาก่ออยู่ที่ด้านใดด้านหนึ่งมากจะทำให้เป็นไดโพลโมเลกุลได้และเมื่อมีนอนโพลาร์ที่มีลักษณะเดียวกันเข้ามาจะเกิดแรงดึงดูดกัน มักเป็นแรงที่อ่อน (เช่น สารอินทรีย์และถ่านกัมมันต์ เพราะสารอินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นนอนโพลาร์โมเลกุล)

1.1.3 โพลาร์และนอนโพลาร์โมเลกุลเกิดจาก Induce effect ซึ่งเกิดจากการเหนี่ยวนำของ โพลาร์โมเลกุลเข้ามาใกล้กับนอนโพลาร์โมเลกุล เหนี่ยวนำให้เกิดประจุตรงข้ามแล้วดึงดูดกัน

1.2 การเกาะจับเป็นแรงอย่างอ่อน ๆ ซึ่งเรียกว่า Van der Waals' force เนื่องจากเป็นแรงอ่อน จึงสามารถเปลี่ยนกลับไปกลับมาได้

2. การดูดซับทางเคมี (Chemical Adsorption หรือ Chemisorption)

การดูดซับทางเคมีมีลักษณะดังนี้

2.1 เป็นชนิดพันธะเคมี (Chemical bond) เกิดจากการใช้อิเล็คตรอนร่วมกันหรือให้อิเล็คตรอนไปเลยหรือเกิดจากการแลกเปลี่ยนอิเล็คตรอนมีผลทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวแรงกว่าแรงฟิสิกส์

2.2 ไม่สามารถเปลี่ยนกลับไปกลับมาได้ เพราะยึดเหนี่ยวด้วยแรงที่มาก มีการจับกันเป็นสารประกอบเคมี (Chemical Compound)

2.2.2 สมดุลของการดูดซับ

สมดุลจะเกิดเมื่อ Adsorbate เคลื่อนย้ายจากน้ำมายัง Adsorbent จนกระทั่งความเข้มข้นของ Adsorbate ในน้ำเท่ากับความเข้มข้นใน Adsorbent ที่อุณหภูมิหนึ่ง ๆ นั้นเราใช้ Adsorption Isotherm เป็นตัวแทนในการอธิบายความสมดุลที่เกิดขึ้นนั้น

Adsorption Isotherm คือความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารที่ถูกดูดซับไป ต่อ หน่วยน้ำหนักของ Adsorbent และความเข้มข้นของสารนั้นที่ยังเหลืออยู่ในน้ำ แล้วนำไปพลอตกราฟลอการิทึมโดยให้ความเข้มข้นของสารที่เหลือในน้ำเป็นแกนนอนและปริมาณที่ดูดซับไปต่อน้ำหนัก Adsorbent เป็นแกนตั้ง เส้นโค้งที่เกิดจากการลากผ่านจุดที่ได้จากการทดลองทั้งหมดเรียกว่า Adsorption Isotherm ซึ่งมีประโยชน์มากในการหาความสามารถในการดูดซับของสิ่งสกปรกในน้ำเปรียบเทียบกับชนิด Adsorbent ที่ดีที่สุด

Adsorption Isotherm มีหลายชนิด เนื่องจากมีหลายทฤษฎีได้นำมาอธิบาย เกี่ยวกับสมดุลของการดูดซับที่เกิดขึ้น แต่ที่นิยมใช้งานมากที่สุด คือ Langmuir Adsorption Isotherm และของ Freundlich Adsorption Isotherm

Langmuir Adsorption Isotherm

ได้ตั้งทฤษฎีจากสมมติฐานต่างๆ ขึ้นมาแล้วเขียนเป็นสมการเรียกว่า Langmuir Equation

$$q = \frac{q_m K_A C}{1 + K_A C} \quad 1$$

$$\frac{C}{q} = \frac{1}{K_A q_m} + \frac{C}{q_m} \quad 2$$

$$\frac{1}{q} = \frac{1}{q_m} + \frac{1}{K_A q_m} \times \frac{1}{C} \quad 3$$

โดย

$$q = \frac{\text{mass solute adsorbed}}{\text{mass adsorbent}}$$

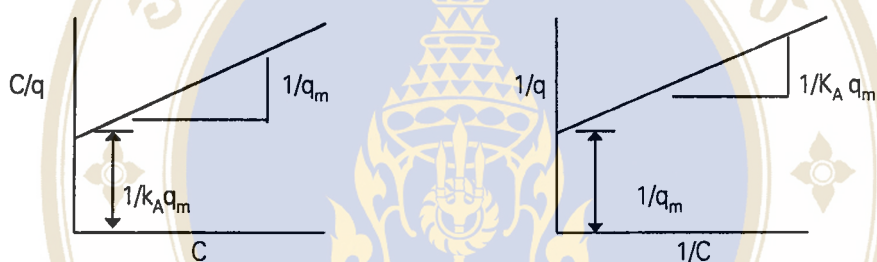
$$q_m = \frac{\text{mass solute adsorbed}}{\text{mass adsorbent for a complete monolayer}}$$

C = concentration of solute in solution , mass / volume

K_A = constant relate to enthalpy of adsorption

นำสมการที่ 2 และสมการที่ 3 ไปพลอตกราฟ ดังรูปที่ 2.4 ซึ่ง k_s และ q_m สามารถหาได้จาก ความชัน (slope) และ intercept

รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะของ langmuir adsorption isotherm ในรูปแบบของกราฟเส้นตรง



Freundlich Adsorption Isotherm

ได้ตั้งสมการจากการสังเกตและทดลองการดูดซับได้สมการดังนี้ คือ

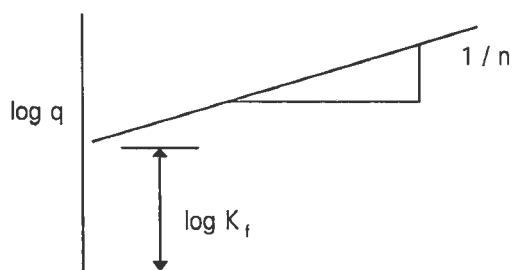
$$q = K_f C^{1/n}$$

หรือ $\log q = \log K_f + [(1/n) \log C]$

เมื่อ K_f และ $1/n$ เป็นตัวคงที่

นำ $\log q$ และ $\log C$ ไปพลอตกราฟธรรมดาจะได้ดังรูปที่ 2.5 มีความชัน $1/n$

รูปที่ 2.5 กราฟหาค่าคงที่ K_f และ n ของ Freundlich Equation



2.2.3 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อ การดูดซับ (Effects on Adsorption) (17)

ในระหว่างที่มีการดูดซับเกิดขึ้น โมเลกุลของตัวถูกละลายจะถูกกำจัดออกจากน้ำและไปเกาะติดอยู่บนถ่านกัมมันต์ หรือ สารดูดติดผิว (Adsorbent) อื่น ๆ โมเลกุลส่วนใหญ่จะเกาะจับอยู่ในโพรงของคาร์บอน และมีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่เกาะอยู่ที่ผิวภายนอก การถ่ายเทโมเลกุลจากน้ำไปหาคาร์บอนเกิดขึ้นได้จนถึงสมดุล จึงหยุด ณ สมดุลนั้น ความเข้มข้นของโมเลกุลในน้ำจะเหลือน้อยมาก เพราะโมเลกุลส่วนใหญ่เคลื่อนที่ไปจับอยู่บนคาร์บอน

อัตราเร็วและขีดความสามารถของการดูดติดผิวของคาร์บอนขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

1. ขนาดและพื้นที่ผิวของคาร์บอน

คุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญของคาร์บอนคือ ขนาด และ พื้นที่ผิว ขนาดของคาร์บอนมีอิทธิพลต่ออัตราเร็วของการดูดติดผิวในทางลบ กล่าวคือ อัตราดูดติดผิวเป็นสัดส่วนผกผันกับขนาดคาร์บอน ดังนั้นคาร์บอนผงจึงมีอัตราเร็วในการดูดติดผิวสูงกว่าคาร์บอนเม็ด ส่วนพื้นที่ผิวของคาร์บอนนั้นมีความสัมพันธ์โดยตรงกับขีดความสามารถในการดูดติดผิว (Adsorptive Capacity) นั่นคือ คาร์บอนที่มีพื้นที่ผิวมากย่อมดูดโมเลกุลได้มากกว่าคาร์บอนที่มีพื้นที่ผิวน้อย อนึ่ง เนื่องจากพื้นที่ผิวส่วนใหญ่ของคาร์บอนได้มาจากช่องว่างหรือโพรงภายใน ขนาดของคาร์บอนจึงมีบทบาทน้อยในการกำหนดพื้นที่ผิว คาร์บอนทั้งแบบผงและแบบเม็ดจึงมีพื้นที่ผิวต่อหน่วยน้ำหนักใกล้เคียงกันซึ่งหมายถึงการมีความสามารถในการดูดติดผิวใกล้เคียงกัน (แต่อัตราไม่เท่ากัน)

2. ความสามารถในการละลายน้ำของสารที่ถูกดูดติดบนผิวคาร์บอน

เมื่อมีการดูดติดผิวเกิดขึ้น โมเลกุลจะถูกดึงออกจากน้ำ และไปเกาะติดบนผิวของของแข็งสารที่ละลายน้ำได้ (หรือแตกตัวเป็นไอออน) ย่อมมีแรงยึดเหนี่ยวกับน้ำได้อย่างเหนียวแน่น จึงเป็นสารที่ยากต่อการดูดติดผิว สารที่ไม่ละลายน้ำหรือละลายได้น้อยมักสามารถเกาะติดบนผิวคาร์บอนได้ดี อย่างไรก็ตาม เกณฑ์ที่กล่าวมานี้ก็ไม่ได้เป็นจริงเสมอไปทั้งนี้เพราะสารที่ละลายน้ำได้น้อยหลายชนิดเกาะติดผิวคาร์บอนได้ยากแต่ในทางตรงกันข้าม การดูดติดผิวอาจเกิดขึ้นได้ง่ายกับสารที่ละลายน้ำได้ดีด้วยเหตุนี้จึงไม่อาจกล่าวได้อย่างเต็มที่มีความสัมพันธ์อย่างแน่นอนในเชิงปริมาณระหว่างความสามารถในการดูดติดผิว และความสามารถในการละลายน้ำ

3. ขนาดของสารที่ถูกดูดติดบนผิวของคาร์บอน

ขนาดของสารหรือโมเลกุลมีความสำคัญมากต่อการดูดติดผิวซึ่งส่วนใหญ่เกิดขึ้นในโพรง (porous) ของคาร์บอน จากการวิจัยพบว่าการดูดติดผิวจะเกิดขึ้นได้ดีที่สุดเมื่อมีสารขนาดเล็กกว่าโพรง

เล็กน้อย (พอดีเข้าไปในโพรงได้) ทั้งนี้เพราะว่าแรงดึงดูดระหว่างสารและคาร์บอนจะมีค่ามากที่สุด โมเลกุลขนาดเล็กจะถูกดูดเข้าไปในโพรงก่อน จากนั้นโมเลกุลขนาดใหญ่กว่าจึงถูกดูดเข้าไป

4. ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

ถ้าค่าพีเอชลดลงอัตราการดูดซับจะเร็วและมาก เพราะพีเอชมีอิทธิพลต่อการแตกตัวเป็นไอออน และการละลายน้ำของสารต่าง ๆ ดังนั้นจึงมีผลกระทบต่อการดูดติดผิวด้วย นอกจากนี้ไฮโดรเจนไอออน (H^+) ที่เพิ่มมากขึ้นยังสามารถเกาะติดผิวคาร์บอนได้ดีทำให้คาร์บอนมีสภาพเป็นกลาง (neutralized) เสมอเนื่องจากคาร์บอนเป็นนอนโพลาร์ค่อนข้างจะลบเล็กน้อย จึงทำให้โมเลกุลนอนโพลาร์ของสารในน้ำมาเกาะที่ผิวของคาร์บอนได้ดีขึ้น

5. อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิเพิ่มขึ้น อัตราเร็วในการดูดซับจะเพิ่มขึ้น แต่ความสามารถในการดูดซับติดผิวจะลดลง เนื่องจากกระบวนการดูดซับเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน (exothermic)

2.3 เกลือ

เมื่อกล่าวถึงเกลือ ส่วนใหญ่จะหมายถึงเกลือธรรมชาติหรือเกลือแกง (1) ซึ่งมีชื่อทางเคมีว่า โซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride) จัดเป็นสารประกอบที่มีประโยชน์มากไม่ว่าในชีวิตประจำวัน หรือในอุตสาหกรรมเคมีและอุตสาหกรรมอาหารซึ่งส่วนใหญ่จะใช้เกลือแกงเพื่อจุดประสงค์ 3 ประการคือ

1. ช่วยในการเก็บรักษาอาหาร
2. ช่วยในกระบวนการผลิต
3. ช่วยในการปรุงรสอาหาร

โดยทั่วไปถ้าแบ่งประเภทของเกลือตามแหล่งที่มาของการผลิตจะแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. เกลือทะเล หรือ เกลือสมุทร

เป็นเกลือที่ผลิตจากน้ำทะเล (2) โดยวิธีการทำนาเกลือ ซึ่งทำได้เฉพาะในท้องที่บริเวณชายทะเล พื้นที่เป็นดินเหนียว สามารถเก็บกักน้ำได้ดี มีน้ำทะเลขึ้นลงในระดับที่เหมาะสมในการทำนาเกลือ ชาวนาเกลือได้ปล่อยหรือสูบน้ำทะเลให้ไหลเข้าแปลงนาเกลือ เพื่อตากแดดให้น้ำเกลืออึดตัวจนกระทั่งตกผลึกลงที่พื้นนาเกลือ แล้วใช้เครื่องมือที่เรียกว่า " คทา " ขอยผลึกของเกลือที่จับกันเป็นแผ่นให้แตกออกจากกันเป็นเม็ดแล้วใส่ หรือลากเม็ดเกลือให้รวมกันเป็นกอง ๆ ซึ่งเรียกว่า " ทำกระตอม " แล้วก็ระบายน้ำเกลือที่เหลือออกจากรานาเกลือจนหมดแล้วทิ้งเกลือตากแดดไว้ 2 - 3 วันจนแห้งจึงขนเข้าเก็บในยุ้งฉาง

2. เกลือสินเธาว์

เป็นเกลือที่ได้มาจากเกลือที่มีอยู่ในดิน หรือ ดินปนมากันทราย (1) ผลิตร่วมกันในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีลักษณะเป็นเม็ดเล็ก ๆ สีขาวเหมือนเกลือป่นแต่ส่วนมากมักมีสีเทาผลิตได้ด้วยการต้ม หรือ ตากแดดน้ำเกลือจาก 3 แหล่ง (1) ดังนี้

2.1 บ่อน้ำเกลือน้ำผิวดิน เช่น น้ำฝนไหลซึมลงสู่ใต้พื้นดินเมื่อผ่านชั้นหินเกลือ (rock salt) ละลายเกลือนั้นไปส่วนหนึ่ง สารละลายเกลือที่เกิดขึ้นไหลไปสู่พื้นที่ระดับต่ำแล้วซึมขึ้นบนผิวดินบ้าง หรือ ผุดขึ้นตามแอ่งบ้างจนกลายเป็นบ่อน้ำเกลือ

2.2 คราบเกลือบนผิวดิน หรือ พื้นบ่อตื้น ๆ ที่แห้งแล้ว น้ำเกลือที่เกิดขึ้นจาก 2.1 เกิดแห้งลง เกลือจึงตกค้างเป็นคราบอยู่บนผิวดิน และพื้นบ่อ เมื่อนำดินจากผิวดิน หรือ พื้นบ่อมาสกัดด้วยน้ำ ก็จะได้ น้ำเกลือ

2.3 น้ำเกลือใต้ดิน โดยการขุดเจาะพื้นดินลงไปจนพบน้ำเกลือที่เค็มจัดแล้ว ใช้ถัง ชักรอก หรือ สูบน้ำเกลือขึ้นมา

สมพล (11) กล่าวว่าเกลือทั้งสองชนิดเป็นเกลืออย่างเดียวกัน คือเป็นเกลือที่ประกอบด้วย โซเดียม (Na) และคลอไรด์ (Cl) ต่างกันแต่ธาตุอื่น ๆ ซึ่งติดมากับเกลือเท่านั้นที่มีปริมาณแตกต่างกัน

ตารางที่ 2.4 ค่าเฉลี่ยของผลการวิเคราะห์ เกลือ ชนิดละ 10 ตัวอย่าง

เกลือ	สิ่งไม่ละลายน้ำ (ร้อยละ)	ความชื้น (ร้อยละ)	CaO (ร้อยละ)	MgO (ร้อยละ)	SO ₃ (ร้อยละ)	NaCl (ร้อยละ)
สมุทร	0.52	9.74	0.79	0.79	0.89	84.65
สินเธาว์	0.94	4.24	0.35	0.03	0.59	90.96

ที่มา : ประดิษฐ์ เชี่ยวสกุล (10)

เกลือมีคุณสมบัติในการละลายน้ำได้ประมาณร้อยละ 26.395 โดยน้ำหนักที่ 20 องศาเซลเซียส ถึงแม้ว่าการละลายบางครั้งในอุณหภูมิที่สูงจะละลายได้มากกว่านี้บ้างแต่เมื่อเย็นลงเกลือบางส่วนจะตกผลึก และ เกลือเกลือที่ละลายอยู่ในสารละลายอิ่มตัวเพียงประมาณร้อยละ 22.6 โดยน้ำหนัก (4)

การทำให้เกลือบริสุทธิ์ (Refinery) (4)

วิธีทำให้เกลือบริสุทธิ์ (Refinery) นั้นมีหลายวิธีแต่ทุกวิธีมีหลักการอยู่อย่างเดียวกันคือ

1. นำเกลือมาละลายกับน้ำสะอาดใหม่
2. ใช้สารเคมีเพื่อตกตะกอน หรือ แยกอนุผลของสิ่งเจือปน เช่น พวกแคลเซียม, แมกนีเซียม, เฟอรัส, เฟอริก และซัลเฟอรรอกเสียก่อน

3. ตกผลึกเกลือใหม่อีกครั้งโดยใช้ความร้อนที่ควบคุมได้ ซึ่งโดยมากใช้ Vacuum pan.

2.4 ช้างข้าวโพด (Corncobs) (7)

ข้าวโพดต้นหนึ่ง ๆ อาจมีฝักมากกว่า 1 ฝัก (ear) ส่วนแกนกลางของฝักเรียกว่า ช้าง (cob) ช้างข้าวโพด ประกอบไปด้วย เซลลูโลส และสารประกอบเพนโตซาน (pentosans) ซึ่งเป็นสารประกอบของแป้ง และ น้ำตาลเป็นส่วนใหญ่

ข้าวโพดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยมีการเพาะปลูกเป็นปริมาณมาก ข้าวโพดมีชื่อสามัญว่า คอรัน (Corn) ส่วนชื่อทางพฤกษศาสตร์เรียกว่า ซีเมย์ส (Zeamays) (11) ข้าวโพดเป็นพืชตระกูลเดียวกับหญ้า ข้าวโพดมีด้วยกันหลายชนิด (7) เช่น

1. ข้าวโพดไร่ชนิดหัวแข็ง (flint corn) ปลูกกันมากที่สุดเพราะเป็นข้าวโพดที่มีน้ำหนักดี อายุสั้น ไม่ค่อยดูความชื้นเมื่อแห้งจัด เหมาะสำหรับปลูกในที่ความชื้นสูง พันธุ์ที่นิยมปลูกคือ สุวรรณ 1, ไทย ดี เอ็ม อาร์ 6 (Thai DMR 6), ไทย ดี เอ็ม อาร์ 2002 (Thai DMR 2002) และปากช่อง 1602

2. ข้าวโพดไร่หัวบุบ (dent corn) นิยมปลูกกันมากในสหรัฐอเมริกา เมื่อก่อนในประเทศไทยนิยมปลูกกันมาก เช่น พันธุ์นิโคลสันเยลโลเดนท (Nicolson yellow dent) เม็กซิกันจูน (Mexican) และ พันธุ์ปากช่อง แต่เนื่องจากมีปริมาณแป้งมาก รับความชื้นได้ง่าย แผลง และ มอดชอบทำลาย ในปัจจุบันจึงไม่เป็นที่นิยม

3. ข้าวโพดหวาน (sweet corn) เมล็ดเมื่ออ่อนจะมีลักษณะใส เนื่องจากน้ำตาลบางชนิดในเมล็ดไม่สามารถเปลี่ยนเป็นแป้งได้ พันธุ์ที่ปลูกได้แก่ Super sweet และ Hawaiian sugar

ส่วนพันธุ์ข้าวโพดได้แก่ พันธุ์สุวรรณ 1, พันธุ์สังเคราะห์ (Kasetsart Synthetic หรือ KS) เช่น พันธุ์สุวรรณ 3 (KS 4), พันธุ์ KS 5 และ KS 6, พันธุ์ลูกผสม 3 ทาง (KTX) เช่น KTX 2602, KTX 2901, KYX 2903, KDX 2903

ช้างข้าวโพดเป็นเศษวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในวงการอุตสาหกรรม (11,15) ดังนี้

1. สารเฟอร์ฟูรัล (ferfural) ซึ่งสกัดจากช้างข้าวโพด ใช้เป็นสารพื้นฐาน หรือเป็นส่วนผสมในการผลิตสารต่าง ๆ ต่อไปนี้หลายชนิด

2. ใช้เป็นส่วนผสมในอุตสาหกรรมการทำไม้ประเภทไม้อัด

3. ใช้เป็นส่วนผสมในการผลิต คอนกรีตเบา (light weigh concrete)

4. ใช้ช้างข้าวโพดเป็นวัสดุในการเพาะเห็ด

5. ใช้เป็นตัวขจัดน้ำมัน หรือไขมันต่าง ๆ จากผิวหน้าของน้ำ และ ผิวดิน เพราะช้างข้าวโพดมีความสามารถในการดูดซึม

6. ใช้เป็นสารประกอบในไส้กรอง ช่วยกรองไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์เพราะช้างข้าวโพดประกอบด้วยเซลที่มีลักษณะเป็นโพรง สามารถดูดซึมของเหลวและก๊าซได้ดี



7. ใช้เป็นส่วนประกอบในการทำแป้งฝุ่นโรยตัว
8. ใช้เป็นองค์ประกอบในการผลิตยา
9. ใช้สังข้าวโพดมาหมัก เพื่อนำมาเป็นอาหารของยีสต์
10. ใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตพลาสติก
11. ใช้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ประเภทไขมัน (oil-wax)
12. ผสมเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง
13. ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตสารไซลิตอล (xylitol) ให้ความหวานสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน
14. ใช้ทำเชื้อเพลิงอัดแข็ง



10300345

บทที่ 3

การดำเนินการศึกษา

3.1 รูปแบบการดำเนินการศึกษา

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงการทดลอง (Experimental Research) ทำการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ (Laboratory scale)

3.2 เครื่องมือและสารเคมีที่ใช้ในการศึกษา

1. เครื่องมือและสารเคมีที่ใช้ในการผลิตถ่านกัมมันต์จากขี้ข้าวโพด

1.1 เครื่องมือ

1.1.1 เตาอบ (Hot air oven)

1.1.2 เตาเผา (Carbolite Furnace) ปรับอุณหภูมิได้ถึง 1,000 องศาเซลเซียส

1.1.3 เครื่องบดไฟฟ้า (Blender)

1.2 สารเคมี

1.2.1 เกลือแกง

2. เครื่องมือ และ สารเคมีที่ใช้ในการหาค่าไอโอดีนัมเบอร์ (Iodine Number) (วิธีการของ American Society for Testing and Material , ASTM D 4607)

2.1 เครื่องมือ

2.1.1 เตาอบ อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส

2.1.2 ขวดแก้ว (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร

2.1.3 กระดาษกรองเบอร์ 42 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตร

2.1.4 กรวยกรอง

2.1.5 ปิเปต (Pipet) ขนาด 10 และ 50 มิลลิลิตร

2.1.6 ปีกเกอร์ (Beaker)

2.1.7 บิวเรตต์ (Burette)

2.1.8 เครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า (Electric stirrer)

2.1.9 โถดูดความชื้น (Desiccator)

2.2 สารเคมี และ วิธีเตรียม

2.2.1 สารละลายกรดเกลือ (กรดไฮโดรคลอริก, HCl) ร้อยละ 5 โดยปริมาตร

ผสมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น ความหนาแน่น 1.19 กรัมต่อมิลลิลิตรในน้ำ 95 มิลลิลิตร

2.2.2 สารละลายมาตรฐานไอโอดีน 0.1 นอร์มัล (normal ; N)

ละลายไอโอดีน 12.7 กรัมและโพตัสเซียมไอโอไดน์ 19.1 กรัม ในน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร ทำให้เจือจางด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร สารละลายที่ได้นี้เก็บในที่มืดหรือในขวดสีชา ตรวจสอบความเข้มข้นกับสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต 0.1 N

การตรวจสอบความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีน

ใช้ปิเปตดูดสารละลายไอโอดีน 25 มิลลิลิตร ใส่ในขวดแก้วคอกว้าง และไทเทรต (Titrate) ทันทีด้วย 0.1 N ของสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต หยดน้ำแบ่ง 2 - 3 หยด เมื่อใกล้ถึงจุด endpoint แล้วไทเทรตต่อจนสารละลายไม่มีสี บันทึกปริมาตรของโซเดียมไฮโอซัลเฟตที่ใช้

$$\text{Normality of iodine solution} = \frac{\text{Volume of Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ (ml.) } \times \text{Normality of Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}{25}$$

2.2.3 สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮโอซัลเฟต 0.1 นอร์มัล (normal ; N)

ละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 2 กรัม ลงในน้ำกลั่นที่เพิ่งต้มให้เดือดจำนวน 1 ลิตร เติม chloroform 2 - 3 หยด จากนั้นนำไปปรับมาตรฐาน (Standardize) กับสารละลายโพตัสเซียมไบไนโอเดต 0.1 N

2.2.4 น้ำแบ่ง

ละลายแป้ง (Starch) 2.5 กรัม ในน้ำกลั่นที่เพิ่งต้มเดือด 1 ลิตร คนและทิ้งให้ตกตะกอน ใช้เฉพาะน้ำใส

การตรวจสอบความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต

ผสมน้ำกลั่น 80 มิลลิลิตร , 1 มิลลิลิตรกรดซัลฟูริกเข้มข้น (H_2SO_4 conc .), 10 มิลลิลิตรของ 0.1 N ของโพตัสเซียมไบไนโอเดต ($\text{KH}(\text{IO}_3)_2$) และ 1 กรัม ของ โพตัสเซียมไอโอไดน์ (KI) ไทเทรตทันทีด้วยโซเดียมไฮโอซัลเฟตเติมน้ำแบ่ง 2 - 3 หยดเมื่อไอโอดีนเป็นสีเหลืองอ่อน ไทเทรตต่อจนไม่มีสี

$$\text{Normality of Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \frac{1}{\text{Volume of Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ (ml.)}}$$

2.2.5 โปตัสเซียมไปโอไอเดต ($\text{KH}(\text{IO}_3)_2$) 0.1 นอร์มัล (normal ; N)

อบโปตัสเซียมไปโอไอเดตให้แห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส 18 - 24 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่ง 3.249 กรัม เติมน้ำกลั่นให้ได้ 1 ลิตร เก็บในขวดที่มีจุกแก้วปิด

2.3 วิธีวิเคราะห์

บดถ่านกัมมันต์ในเครื่องบดจนกระทั่งประมาณ ร้อยละ 95 สามารถลอดผ่านตะแกรงเบอร์ 325 เมช อบตัวอย่างถ่านกัมมันต์ที่ 110 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชม. ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่ง 1 กรัม ใส่ลงในขวดแก้วคอกว้างขนาด 250 มิลลิลิตร เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น จำนวน 10 มิลลิลิตร แก้วขวดแก้วจนกระทั่งตัวอย่างเปียกทั่ว ต้มให้เดือด และ ทิ้งให้เดือด 30 วินาที ทิ้งให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง จากนั้นเติมน้ำสารละลายมาตรฐานไอโอดีน จำนวน 100 มิลลิลิตร คนด้วยเครื่องคนแม่เหล็กไฟฟ้า นาน 15 นาที กรองสารละลายผ่านกรวยกรองโดยใช้กระดาษกรองวัดแมน เบอร์ 42 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 150 มม. ทิ้งสารละลายที่กรองได้ 20 - 30 มิลลิลิตรแรก ส่วนสารละลายที่กรองได้ในช่วงหลัง ให้คนจนเข้ากันแล้วใช้ปิเปตดูดมา 50 มิลลิลิตร นำไปไตเตรตหาปริมาณไอโอดีนที่มากเกินไปกับ สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮโอซัลเฟตโดยคนตลอดเวลาด้วยเครื่องคนแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่อสารละลายเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอ่อน เติมน้ำสารละลายแป้ง ประมาณ 1-2 มิลลิลิตร เพื่อเป็นอินดิเคเตอร์ แล้วไตเตรตต่อโดยหยดสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮโอซัลเฟตอย่างช้า ๆ ทีละหยดจนกระทั่งสีน้ำเงินหายไป บันทึกปริมาณสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮโอซัลเฟต ที่ใช้เป็น มิลลิลิตร

2.4 วิธีการคำนวณ

$$\text{Iodine number (mg/g)} = \frac{X}{m} \cdot D$$

$$\text{โดย } \frac{X}{m} = \frac{A - (2.2B \times \text{ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮโอซัลเฟต})}{\text{น้ำหนักของตัวอย่างถ่านกัมมันต์}}$$

$$C = \frac{N_2 \times \text{ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮโอซัลเฟต}}{50}$$

$$\frac{X}{m} = \text{มิลลิกรัมที่ถูกดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์}$$

N_1 = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไอโอดีน เป็นนอร์มัล

N_2 = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮโอซัลเฟต เป็นนอร์มัล

$$A = N_1 \times 12693.0$$

$$B = N_2 \times 126.93$$

C = ความเข้มข้นของสารละลายหลังการดูดซับ (residual filtrate)

D = ค่าแก้ (Correction factor) ตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 Correction factor สำหรับค่า Iodine number

Residual filtrate normality C	0.0000	0.0001	0.0002	0.0003	0.0004	0.0005	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009
0.0080	1.1625	1.1613	1.1600	1.1575	1.1550	1.1538	1.1513	1.1500	1.1475	1.1463
0.0090	1.1438	1.1425	1.1400	1.1375	1.1363	1.1350	1.1325	1.1300	1.1288	1.1275
0.0100	1.1250	1.1238	1.1225	1.1213	1.1200	1.1175	1.1163	1.1150	1.1138	1.1113
0.0110	1.1100	1.1088	1.1075	1.1063	1.1038	1.1025	1.1000	1.0988	1.0975	1.0963
0.0120	1.0950	1.0938	1.0925	1.0900	1.0888	1.0875	1.0863	1.0850	1.0838	1.0825
0.0130	1.0800	1.0788	1.0775	1.0763	1.0750	1.0738	1.0725	1.0713	1.0700	1.0688
0.0140	1.0675	1.0663	1.0650	1.0625	1.0613	1.0600	1.0588	1.0575	1.0563	1.0550
0.0150	1.0538	1.0525	1.0513	1.0500	1.0488	1.0475	1.0463	1.0450	1.0438	1.0425
0.0160	1.0413	1.0400	1.0388	1.0375	1.0375	1.0363	1.0350	1.0333	1.0325	1.0313
0.0170	1.0300	1.0288	1.0275	1.0263	1.0250	1.0245	1.0238	1.0225	1.0208	1.0200
0.0180	1.0200	1.0188	1.0175	1.0163	1.0150	1.0144	1.0138	1.0125	1.0125	1.0113
0.0190	1.0100	1.0088	1.0075	1.0075	1.0063	1.0050	1.0050	1.0038	1.0025	1.0025
0.0200	1.0013	1.0000	1.0000	0.9988	0.9975	0.9975	0.9963	0.9950	0.9950	0.9938
0.0210	0.9938	0.9925	0.9925	0.9913	0.9900	0.9900	0.9888	0.9875	0.9875	0.9863
0.0220	0.9863	0.9850	0.9850	0.9838	0.9825	0.9825	0.9813	0.9813	0.9800	0.9788
0.0230	0.9788	0.9775	0.9775	0.9763	0.9763	0.9750	0.9750	0.9738	0.9738	0.9725
0.0240	0.9725	0.9708	0.9700	0.9700	0.9688	0.9688	0.9675	0.9675	0.9663	0.9663
0.0250	0.9650	0.9650	0.9638	0.9638	0.9625	0.9625	0.9613	0.9613	0.9606	0.9600
0.0260	0.9600	0.9588	0.9588	0.9575	0.9575	0.9563	0.9563	0.9550	0.9550	0.9538
0.0270	0.9538	0.9525	0.9525	0.9519	0.9513	0.9513	0.9506	0.9500	0.9500	0.9488
0.0280	0.9488	0.9475	0.9475	0.9463	0.9463	0.9463	0.9450	0.9450	0.9438	0.9438
0.0290	0.9425	0.9425	0.9425	0.9413	0.9413	0.9400	0.9400	0.9394	0.9388	0.9388
0.0300	0.9375	0.9375	0.9375	0.9363	0.9363	0.9363	0.9363	0.9350	0.9350	0.9346
0.0310	0.9333	0.9333	0.9325	0.9325	0.9325	0.9319	0.9313	0.9313	0.9300	0.9300
0.0320	0.9300	0.9294	0.9288	0.9288	0.9280	0.9275	0.9275	0.9275	0.9270	0.9270
0.0330	0.9263	0.9263	0.9257	0.9250	0.9250					

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของถ่านกัมมันต์

3.1 ขนาดของถ่านกัมมันต์ (วิธีของ American Water Work Associate ค.ศ.1974 , AWWA B600,604)

3.1.1 เครื่องมือ

1. แรง 150 ไมโครเมตร
2. ภูเขาหิน
3. เครื่องเขย่า ที่มีอัตราการเขย่า 285 ± 5 รอบต่อนาที

3.1.2 วิธีทดสอบ ถ่านกัมมันต์ผง

นำตัวอย่างประมาณ 25 กรัม ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียสประมาณ 2 ชั่วโมง จนได้น้ำหนักคงที่ปล่อยให้เย็นในเดซิเคเตอร์ จากนั้นให้รีบชั่งให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนถึง 0.001 กรัม เทตัวอย่างใส่ในบีกเกอร์ เติมน้ำ 600 ถึง 700 ลูกบาศก์เซนติเมตร คนให้เข้ากัน ทำแรงให้เบียดก่อนแล้ว เทตัวอย่างช้า ๆ ผ่านร่ง ในขณะที่เทให้คนตัวอย่างเป็นครั้งคราว ล้างตัวอย่างที่ติดอยู่ในบีกเกอร์ ออกให้หมด เมื่อเทตัวอย่างทั้งหมดลงบนร่งแล้วใช้น้ำล้างตัวอย่างอีกจนกระทั่งไม่มีตัวอย่างผ่านร่งอีก ถ่ายตัวอย่างที่ค้างบนร่ง โดยใช้ถ้วยใส่ลงในบีกเกอร์แล้วกรองผ่านกระดาษฟิลเตอร์ซึ่งทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว นำกระดาษฟิลเตอร์ไปอบที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ประมาณ 2 ชั่วโมงจนได้น้ำหนักคงที่ปล่อยให้เย็นในเดซิเคเตอร์แล้วรีบชั่งทันที

วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณที่ผ่านร่ง (ร้อยละโดยน้ำหนัก)} = \frac{1 - m_1}{m_0} \times 100$$

เมื่อ m_0 = น้ำหนักตัวอย่าง หลังจากอบแห้งครั้งแรกเป็น กรัม

m_1 = น้ำหนักตัวอย่าง หลังจากอบแห้งครั้งที่ 2 เป็น กรัม

3.1.3 วิธีทดสอบ ถ่านกัมมันต์เม็ด

ชั่งตัวอย่างประมาณ 100 กรัม ให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนถึง 0.1 กรัม ใส่ในร่งเขย่าด้วย เครื่องเขย่านาน 3 นาที ถ่ายส่วนที่ค้างบนร่งทั้งหมดลงในภาชนะที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้วชั่งและ คำนวณส่วนที่ค้างบนร่งเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก

3.2 ปริมาณความชื้น (วิธีของ AWWA B604)

3.2.1 เครื่องมือ

1. ตู้อบ (Hot air oven)
2. โถดูดความชื้น (Desiccator)
3. ถ้วยทนไฟ (Crucible)

3.2.2 วิธีการวิเคราะห์

ชั่งตัวอย่างถ่านกัมมันต์ให้ได้น้ำหนักแน่นอนถึง 2 กรัม ทำให้แห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง หรือ 110 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักทันที

วิธีการคำนวณ

$$\frac{\text{น้ำหนักที่สูญเสีย}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100 = \text{ร้อยละของความชื้น}$$

3.3 ปริมาณเถ้า (Ash) (วิธีของ ASTM. D 2826-83)

3.3.1 เครื่องมือ

1. เตาเผา (Electric Muffle Furnace)
2. โถดูดความชื้น (Desiccator)
3. ถ้วยทนไฟ (Crucible)
4. ตาชั่ง (Analytical Balance)
5. โถดูดความชื้น (Desiccator)

3.3.2 วิธีการทดสอบ

เผาถ้วยทนไฟในเตาเผาที่อุณหภูมิ 650 ± 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักของถ้วย ละเอียด ถึง 0.1 มิลลิกรัม

อบถ่านกัมมันต์ ที่อุณหภูมิ 150 ± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

ชั่งถ่าน ละเอียดถึง 0.1 มิลลิกรัม ใส่ในถ้วยทนไฟ นำไปเผาที่อุณหภูมิ 650 ± 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ถึง 16 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักของถ่านที่เหลืออยู่

3.3.3 วิธีการคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)} = [(D - B) / (C - B)] \times 100$$

B = น้ำหนักของ ถ้วยทนไฟ , กรัม

C = น้ำหนักของ ถ้วยทนไฟก่อนเผา , กรัม

D = น้ำหนักของ ถ้วยทนไฟที่มีเถ้าอยู่ , กรัม

3.4 ถ่านคงตัว (Fixed Carbon) (วิธีของ ASTM. D 2826-83)

3.4.1 เครื่องมือ

1. ตู้อบ (Hot air oven)
2. โถดูดความชื้น (Desiccator)
3. ถ้วยทนไฟ (Crucible)
4. เตาเผา (Electric Muffle Furnace)
5. เตาเผา (Vertical Electric Tube Furnace)

3.4.2 วิธีการทดสอบ

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณคาร์บอนคงตัว (ร้อยละ)} &= 100 - [\text{ความชื้น (ร้อยละ)} + \text{ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)} \\ &+ \text{ปริมาณสารระเหย (ร้อยละ)}] \end{aligned}$$

3.5 ความหนาแน่น (Apparent Density) (วิธีของ AWWA B604)

3.5.1 เครื่องมือ

1. Reservoir Funnel
2. Feed Funnel
3. Metal Vibrator
4. Cylinder
5. ตาชั่ง (Balance Pan)

3.5.2 วิธีการทดสอบ

นำถ่านกัมมันต์ใส่ใน reservoir funnel เขย่าให้ตัวอย่างค่อย ๆ ร่วงลงสู่ กระบอกตวงด้วย ครึ่งละ 0.75 ถึง 1.0 มิลลิลิตรต่อวินาที จนได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร จากนั้นชั่งน้ำหนักถ่านที่ได้ด้วย balance pan ชั่งน้ำหนักแน่นจนถึง 0.1 กรัม

3.5.3 วิธีการคำนวณ

$$\text{ความหนาแน่น (กรัม/มิลลิลิตร)} = \frac{(\text{น้ำหนักถ่าน}) \times (100 - \text{ร้อยละของความชื้น})}{10,000}$$

3.6 พื้นที่ผิวจำเพาะ (Specific Surface Area) (วิธีของ ASTM C699, Nitrogen BET Surface Area Test)

3.6.1 เครื่องมือ

1. เตาอบอุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส
2. เครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ Specific Surface Area ของของแข็ง โดยกระบวนการดูดซับไนโตรเจน area meter II ของ Strohl Instruments ประเทศเยอรมนี พร้อมอุปกรณ์ประกอบการวิเคราะห์ตามคำแนะนำในคู่มือการใช้เครื่องมือนี้

3.6.2 หลักการวิเคราะห์

ของแข็งมีคุณสมบัติในการดูดซับโมเลกุลก๊าซที่บริเวณพื้นที่ผิวปริมาณของแก๊สที่ถูกดูดซับจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของความกดดันซึ่งสามารถวัดได้และนำไปคำนวณค่า Specific Surface Area ได้โดยใช้ Nomogram.วิธีการคือใช้ adsorption vessels แก้ว 2 ใบที่มีปริมาตรเท่ากัน โดยใบหนึ่งบรรจุตัวอย่างและอีกใบหนึ่งเป็นภาชนะเปล่า ผ่านก๊าซไนโตรเจนธรรมดาเข้าไปในภาชนะทั้งสองภายใต้ความกดดันปกติที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งอาจควบคุมได้โดยแช่ภาชนะไว้ใน water bath หลังจากนั้นทำให้ภาชนะทั้งสองเย็นจัดใน cool bath ที่บรรจุไนโตรเจนเหลวไว้ การดูดซับก๊าซไนโตรเจนบนพื้นที่ผิวของตัวอย่างจะทำให้เกิด pressure differential ระหว่างภาชนะทั้งสองซึ่งวัดได้โดยใช้ differential manometer

3.6.3 วิธีเตรียมตัวอย่าง

อบถ่านกัมมันต์ที่ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชม. ปลอ่ยให้เย็นในเดสิคเคเตอร์ แล้วชั่ง 0.02 - 0.05 กรัม ใส่ลงใน adsorption vessel วาง adsorption vessel ที่บรรจุตัวอย่างไว้ใน heating thermostat อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ในขณะที่ผ่านก๊าซไนโตรเจนธรรมดาที่ความกดดัน 760 mm เป็นเวลาประมาณ 45 นาที เพื่อขจัดโมเลกุลของแก๊สไนโตรเจน

3.6.4 วิธีวิเคราะห์

ติด adsorption vessels 2 ใบ เข้ากับเครื่องวัด pressure difference ที่มี differential manometer ประกอบอยู่ โดยภาชนะใบหนึ่งบรรจุตัวอย่าง(ข้อ 4.3) และอีกใบเป็นภาชนะเปล่า ภาชนะทั้งสองแช่ไว้ใน water bath เพื่อควบคุมอุณหภูมิ ผ่านก๊าซธรรมดาเข้าไปในภาชนะทั้งสองภายใต้ ความกดดัน 760 mm เป็นเวลา 15 นาที หลังจากนั้นทำให้ภาชนะทั้งสองเย็นจัดใน cool bath ที่บรรจุไนโตรเจนเหลวไว้ รอจน pressure difference ซึ่งอ่านได้จาก differential manometer มีค่าคงที่ (ประมาณ 10 นาที) ซึ่งอยู่ในช่วง 50 - 300 mm จึงอ่านค่าที่ได้ แล้วนำไปคำนวณ specific surface area ต่อไป

3.6.5 วิธีการคำนวณ

$$S_g = \frac{A \Delta h}{m}$$

S_g = Specific Surface Area (m^2/g)

A = Coefficient จาก Nomogram

Δh = Pressure Difference Manometer (mm)

m = น้ำหนักของถ่านกัมมันต์ (กรัม)

3.7 ความแข็ง (วิธีการของ ASTM D3802 - 79 Ball pan hardness)

3.7.1 เครื่องมือ

1. เครื่องเขย่า (Mechanical Sieve Shaker) อัตราการเขย่า 280 ถึง 320 รอบต่อนาที
2. Bottom Receiver Pan และ Top Sieve
3. ตาชั่ง (Balance)
4. ลูกกลมโลหะ (Steel Balls) ขนาด 12.7 ± 0.1 มิลลิเมตร และ 9.5 ± 0.1 มิลลิเมตร
5. Soft Brass - Wire Brush

3.7.2 วิธีการทดสอบ

ใส่ hardness pan บน Bottom Receiver Pan เติมตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร ในภาตพร้อมทั้ง บอลโลหะเขย่าเป็นเวลา 30 ± 0.5 นาที จากนั้น นำภาตออกจากเครื่องเขย่า นำบอลโลหะออกจาก hardness pan ใส่ hardness test sieve บน top receiver sieve และนำตัวอย่างใส่ใน hardness test sieve เขย่าเป็นเวลา 10 นาที ± 10 วินาที ซึ่งน้ำหนักตัวอย่างที่เหลือค้างอยู่บน hardness test sieve

3.7.3 วิธีการคำนวณ

$$H = 100 B/A$$

H = ball - pan hardness number

B = น้ำหนักตัวอย่างที่เหลือค้างอยู่บน hardness test sieve

A = น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น

3.3 การวางแผนการศึกษา

วางแผนการศึกษาแบบ Three Factorial โดยแบ่งการทดลองทั้งหมด $5 \times 4 \times 4 = 80$ สภาวะการทดลอง (80 Treatment) ในแต่ละสภาวะการทดลอง จะทำการทดลอง 3 ซ้ำ (3 Replication) รวมเป็นหน่วยการทดลองทั้งหมด $= 80 \times 3 = 240$ หน่วยการทดลอง

3.4 วิธีการดำเนินการศึกษา

3.4.1 การเตรียมวัตถุดิบ

ในการศึกษานี้ผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยใช้ ช้างข้าวโพดที่เหลือจากการสีข้าวโพด (นำเมล็ดข้าวโพดออกจากฝักไปแล้ว) มาทำการตากแดดเป็นเวลา 1 วัน บดด้วยเครื่องบดไฟฟ้าจนได้ขนาด 4 mesh นำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 ชั่วโมง

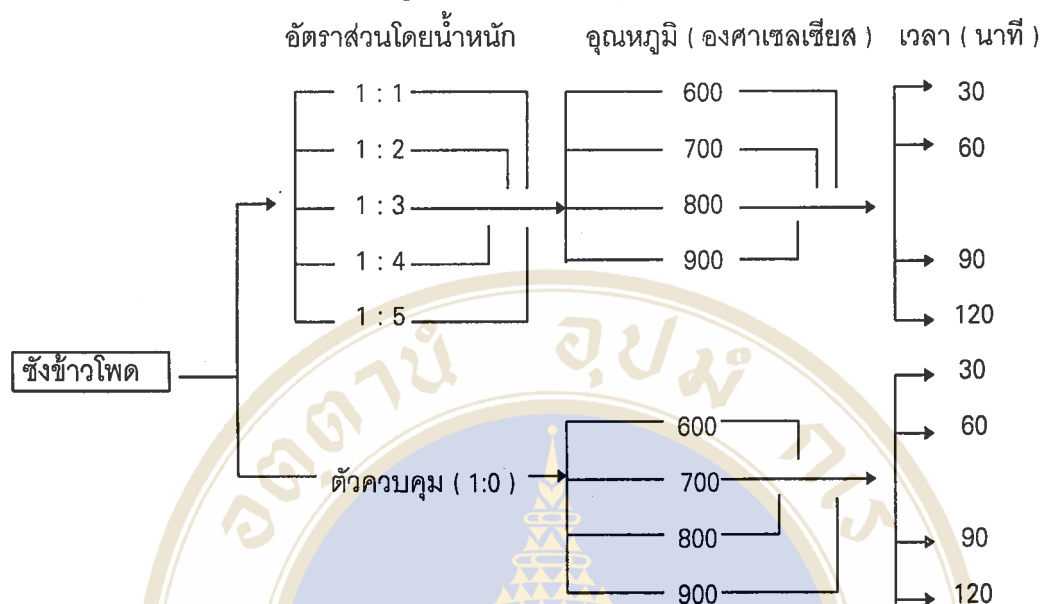
3.4.2 นำเอาช้างข้าวโพดที่จากการเตรียมวัตถุดิบปริมาณ 200 กรัมต่อหนึ่งสภาวะการทดลองผสมกับเกลือแกงที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักของช้างข้าวโพด ต่อน้ำหนักของเกลือแกง 5 อัตราส่วนดังนี้

1. อัตราส่วน 1 : 1
2. อัตราส่วน 1 : 2
3. อัตราส่วน 1 : 3
4. อัตราส่วน 1 : 4
5. อัตราส่วน 1 : 5

3.4.3 จากนั้นนำเอาช้างข้าวโพดที่ผสมกับเกลือแกงในแต่ละอัตราส่วน เมาในเตาเผาอบอากาศ ทำการเผาที่อุณหภูมิ และเวลาดังนี้

1. อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เวลา 30, 60, 90 และ 120 นาที
2. อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เวลา 30, 60, 90 และ 120 นาที
3. อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส เวลา 30, 60, 90 และ 120 นาที
4. อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เวลา 30, 60, 90 และ 120 นาที

รูปที่ 3.1 แสดงแผนภูมิการทดลอง



3.4.4 บดถ่านกัมมันต์ที่ได้ด้วยโม่ร่อนมีขนาดเฉลี่ยร้อยละ 95 ลอดผ่านตะแกรงขนาด 325 mesh

3.4.5 นำถ่านกัมมันต์ที่บดแล้วไปวิเคราะห์หาค่าไอโอดีนัมเบอร์ (Iodine Number) โดยวิธีการของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.900-2532) และ หาปริมาณของผลผลิต (yield) ที่ได้

3.4.6 นำถ่านกัมมันต์ที่ให้ค่าไอโอดีนัมเบอร์ (Iodine Number) สูงกว่าที่กำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.900-2532) มาทำการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพตามวิธีการของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม โดยเปรียบเทียบกับที่กำหนดไว้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม , ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตในประเทศ และ ถ่านกัมมันต์นำเข้า ดังนี้

1. ขนาดของถ่านกัมมันต์
2. ถ่านคงตัว (Fixed Carbon)
3. ความหนาแน่น (Apparent Density)
4. พื้นที่ผิวจำเพาะ (Specific Surface Area)
5. ความชื้น (Moisture)
6. ปริมาณเถ้า (Ash)
7. ความแข็ง

3.4.7 การวิเคราะห์ด้านการเงิน (Financial Analysis)

ต้นทุนในการผลิต (cost) คำนวณได้ดังนี้

$$\text{ต้นทุนในการผลิต (บาท / กิโลกรัม)} = \text{ปริมาณผลผลิต} / \text{ค่าใช้จ่าย}$$

โดย

$$\text{ค่าใช้จ่าย (บาท)} = \text{ค่าพลังงานที่ใช้ผลิต} + \text{ราคาขี้ข้าวโพด} + \text{ราคาเกลือแกง}$$

จากนั้นนำผลการวิเคราะห์ด้านการเงินมาคำนวณหาสมการ เพื่อใช้ในการผลิตในระดับ

อุตสาหกรรมต่อไป

3.5 วิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลอง

3.5.1 เปรียบเทียบค่าไอโอดีนนัมเบอร์ (Iodine number) ของถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการเผาที่อัตราส่วนต่าง ๆ โดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) และ ทดสอบค่าเฉลี่ยด้วย Least Significance Different (LSD) เพื่อหาค่าเฉลี่ยคู่ที่แตกต่างกันจริง

3.5.2 เปรียบเทียบค่าไอโอดีนนัมเบอร์ (Iodine number) ของถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการเผาที่อุณหภูมิต่าง ๆ โดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) และ ทดสอบค่าเฉลี่ยด้วย Least Significance Different (LSD) เพื่อหาค่าเฉลี่ยคู่ที่แตกต่างกันจริง

3.5.3 เปรียบเทียบค่าไอโอดีนนัมเบอร์ (Iodine number) ของถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการเผาที่เวลาต่าง ๆ โดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) และ ทดสอบค่าเฉลี่ยด้วย Least Significance Different (LSD) เพื่อหาค่าเฉลี่ยคู่ที่แตกต่างกันจริง

3.5.4 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ใช้ในการทดลองต่อค่าไอโอดีนนัมเบอร์ (Iodine number) ของถ่านกัมมันต์โดยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis)

บทที่ 4

ผลการศึกษา และ อภิปรายผลการศึกษา

4.1 ผลการศึกษา

ผลการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านกัมมันต์จากขี้ข้าวโพดโดยใช้เกลือแกงเป็นตัวกระตุ้น เพื่อหาปัจจัยต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตได้แก่ อัตราส่วนของขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกง , อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการผลิต รวมถึงต้นทุนทางการเงิน ซึ่งได้แบ่งผลการศึกษาออกเป็นขั้นตอนดังนี้

4.1.1 ปัจจัยที่ใช้ในการผลิต

1. อัตราส่วนของขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกง

จากการทดลองหาอัตราส่วนของขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกงที่เหมาะสมแสดงผลตามตารางที่ 4.1.1 ถึง 4.1.4 และ แผนภูมิที่ 4.1.1 ถึง 4.1.4

ตารางที่ 4.1.1 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้เวลาในการเผา 30 นาที

อัตราส่วน ขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ไฮโดรเจนแนมเบอร์ (มิลลิกรัมต่อกรัม)			
			ซ้ำที่ 1	2	3	เฉลี่ย
C (1:0)	600	30	242.50	193.60	233.00	223.03
	700		252.50	254.50	256.90	254.63
	800		390.30	390.00	391.20	390.50
	900		387.80	364.00	369.20	373.67
1:1	600	30	235.70	193.10	240.60	223.13
	700		269.50	260.00	268.60	266.03
	800		478.80	426.90	469.00	458.23
	900		487.50	557.80	460.30	501.87

ตารางที่ 4.1.1 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้เวลาในการเผา 30 นาที (ต่อ)

อัตราส่วน ขี้ขี้วโพดต่อเกลือแกง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ไอโอดีนนมเบอร์ (มิลลิกรัมต่อกรัม)			
			ซ้ำที่ 1	2	3	เฉลี่ย
1:2	600	30	299.00	276.00	268.00	281.00
	700		267.00	265.10	269.20	267.10
	800		392.10	391.70	379.10	387.63
	900		583.30	516.60	559.30	553.07
1:3	600	30	266.10	258.40	269.10	264.53
	700		288.00	239.40	269.70	265.70
	800		443.40	380.40	408.20	410.67
	900		482.60	471.70	491.10	481.80
1:4	600	30	265.50	284.60	278.10	276.07
	700		261.80	259.60	264.80	262.07
	800		399.40	405.20	410.20	404.93
	900		461.10	494.40	455.20	470.23
1:5	600	30	280.80	221.40	278.10	260.10
	700		221.40	300.00	290.00	270.47
	800		393.60	384.20	395.10	390.97
	900		486.00	501.00	495.10	494.03

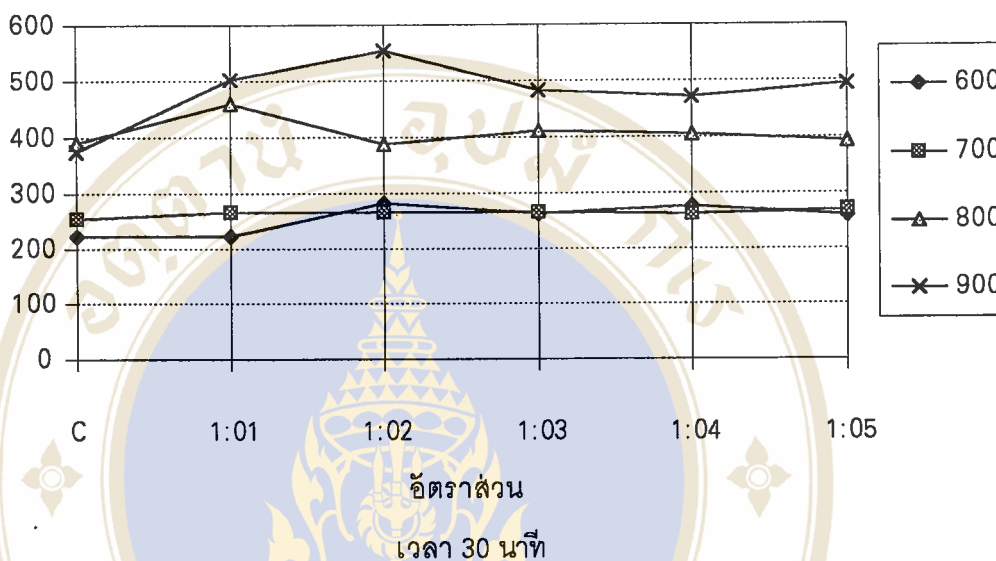
แผนภูมิที่ 4.1.1 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ระยะเวลาเผา 30 นาที

ไอโอดีนนมเบอร์

(มิลลิกรัม/กรัม)

อุณหภูมิ

(องศาเซลเซียส)



ผลของอัตราส่วนของขังข้าวโพดต่อเกลือแกงที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อใช้ อุณหภูมิในการเผาที่ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราส่วนจาก 1:1 เป็น 1:2 และเมื่อเพิ่มอัตราส่วนเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ค่าไอโอดีนนมเบอร์ที่ได้มีแนวโน้มคงที่ เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี ANOVA หาค่าความแปรปรวน พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างน้อยหนึ่งคู่ และวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 อัตราส่วน 1:0 1:1 1:5 และกลุ่มที่ 2 อัตราส่วน 1:5 1:3 1:4 1:2 (เรียงตามลำดับค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์จากน้อยไปมาก)

ผลของอัตราส่วนของขังข้าวโพดต่อเกลือแกงที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อใช้ อุณหภูมิในการเผาที่ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าไม่แตกต่างกันมากนักในแต่ละอัตราส่วน และมีค่าใกล้เคียงกับตัวควบคุมด้วย เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวน พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลของอัตราส่วนของขังข้าวโพดต่อเกลือแกงที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อใช้ อุณหภูมิในการเผาที่ 800 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราส่วนเป็น 1:1 และลดลง

เมื่อเพิ่มอัตราส่วนเป็น 1:2 และเมื่อเพิ่มอัตราส่วนเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ค่าไอโอดีนนมเบอร์ที่ได้มีแนวโน้มไม่ต่างกัน เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างน้อยหนึ่งคู่ และวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 อัตราส่วน 1:2 1:0 1:5 1:4 1:3 และกลุ่มที่ 2 อัตราส่วน 1:1

ผลของอัตราส่วนของซังข้าวโพดต่อเกลือแกงที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อใช้ อุณหภูมิในการเผา ที่ 900 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ค่าไอโอดีนนมเบอร์มีค่าเพิ่มมากขึ้นตั้งแต่ อัตราส่วน 1:1 ถึง 1:3 จากนั้นจะมีค่าลดลงและมีค่าใกล้เคียงกันเมื่ออัตราส่วนเพิ่มมากขึ้น เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหา ค่าความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างน้อยหนึ่งคู่และวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 อัตราส่วน 1:0 กลุ่มที่ 2 อัตราส่วน 1:4 1:3 1:5 1:1 และกลุ่มที่ 3 อัตราส่วน 1:2

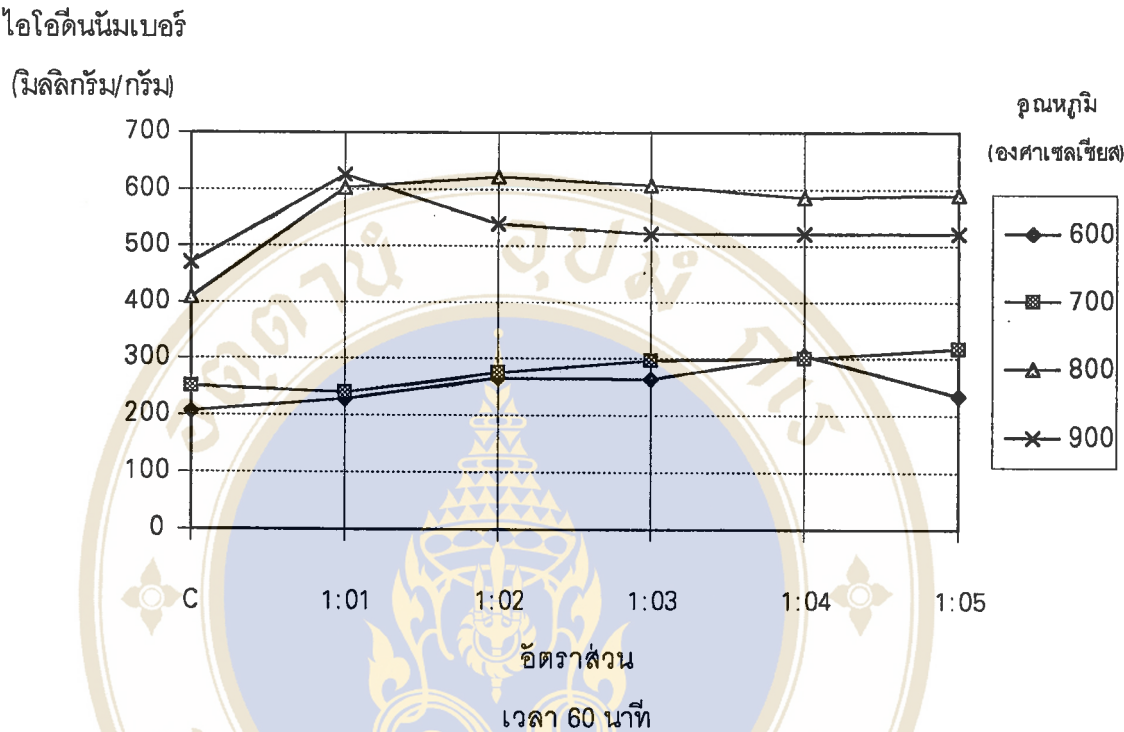
ตารางที่ 4.1.2 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้เวลาในการเผา 60 นาที

อัตราส่วน ซังข้าวโพดต่อเกลือแกง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ไอโอดีนนมเบอร์ (มิลลิกรัมต่อกรัม)			
			ซ้ำที่ 1	2	3	เฉลี่ย
C (1:0)	600	60	199.60	214.50	205.90	206.67
	700		237.60	267.40	248.20	251.07
	800		428.20	395.00	401.00	408.07
	900		529.20	434.30	448.60	470.70
1:1	600	60	228.40	229.10	228.00	228.50
	700		264.40	182.80	269.50	238.90
	800		612.80	596.20	600.90	603.30
	900		614.40	640.20	623.10	625.90
1:2	600	60	271.70	260.30	269.10	267.03
	700		277.20	275.50	277.00	276.57
	800		623.00	621.00	620.10	621.37
	900		542.20	532.00	539.60	537.93

ตารางที่ 4.1.2 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้เวลาในการเผา 60 นาที (ต่อ)

อัตราส่วน ขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ไอโอดีนนมเบอร์ (มิลลิกรัมต่อกรัม)			
			ซ้ำที่ 1	2	3	เฉลี่ย
1:3	600	60	267.10	272.50	254.90	264.83
	700		328.90	262.80	295.70	295.80
	800		628.40	600.20	594.60	607.73
	900		520.30	534.20	510.00	521.50
1:4	600	60	304.00	306.40	306.00	305.47
	700		348.30	211.40	339.80	299.83
	800		595.40	573.20	587.10	585.23
	900		531.10	500.90	530.10	520.70
1:5	600	60	266.50	164.80	269.60	233.63
	700		343.00	254.90	358.00	318.63
	800		589.60	597.90	580.60	589.37
	900		561.00	489.50	510.30	520.27

แผนภูมิที่ 4.1.2 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ระยะเวลาเผา 60 นาที



ผลของอัตราส่วนของขังข้าวโพดต่อเกลือแกงที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อใช้ อุณหภูมิในการเผาที่ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราส่วนจาก 1:1 ถึง 1:4 แต่เมื่อเพิ่มเป็น 1:5 ไอโอดีนนมเบอร์มีค่าลดลง เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนพบว่า ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ไอโอดีนนมเบอร์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างน้อยหนึ่งคู่ และ วิเคราะห์ด้วยวิธี LSD เพื่อหาค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่แตกต่างกันนั้น พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 อัตราส่วน 1:0 1:1 1:5 กลุ่มที่ 2 คือ 1:1 1:5 1:3 1:2 และ กลุ่มที่ 3 คือ 1:3 1:2 1:4

ผลของอัตราส่วนของขังข้าวโพดต่อเกลือแกงที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์เมื่อใช้ อุณหภูมิในการเผาที่ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ค่าไอโอดีนนมเบอร์มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราส่วนจาก 1:1 ถึง 1:5 มีแนวโน้มลดลง เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลของอัตราส่วนของซังข้าวโพดต่อเกลือแกงที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อใช้ อุณหภูมิในการเผาที่ 800 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ค่าไอโอดีนนมเบอร์มีเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราส่วนเป็น 1:1 และเมื่อเพิ่มอัตราส่วนมากขึ้นค่าไอโอดีนนมเบอร์ที่ได้ใกล้เคียงกันมีแนวโน้มลดลง เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างน้อยหนึ่งคู่ และวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 4 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 อัตราส่วน 1:0 และกลุ่มที่ 2 อัตราส่วน 1:4 1:5 1:1 กลุ่มที่ 3 อัตราส่วน 1:5 1:1 1:3 กลุ่มที่ 4 อัตราส่วน 1:1 1:3 1:2

ผลของอัตราส่วนของซังข้าวโพดต่อเกลือแกงที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อใช้ อุณหภูมิในการเผาที่ 900 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ค่าไอโอดีนนมเบอร์มีเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราส่วนเป็น 1:1 จากนั้นเมื่อเพิ่มอัตราส่วนมากขึ้นค่าไอโอดีนนมเบอร์มีค่าลดลงและใกล้เคียงกันตั้งแต่อัตราส่วน 1:2 ถึง 1:5 เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างน้อยหนึ่งคู่ และวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 อัตราส่วน 1:0 กลุ่มที่ 2 อัตราส่วน 1:5 1:4 1:3 1:2 และกลุ่มที่ 3 อัตราส่วน 1:1 (เรียงตามลำดับจากน้อยไปมาก)

ตารางที่ 4.1.3 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้เวลาในการเผา 90 นาที

อัตราส่วน ซังข้าวโพดต่อเกลือแกง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ไอโอดีนนมเบอร์ (มิลลิกรัมต่อกรัม)			
			ซ้ำที่ 1	2	3	เฉลี่ย
C (1:0)	600	60	212.00	203.80	210.90	208.90
	700		245.50	254.30	248.30	249.37
	800		404.30	421.20	426.00	417.17
	900		429.02	405.70	408.20	414.31
1:1	600	60	306.50	200.80	299.90	269.07
	700		416.70	325.40	398.00	380.03
	800		657.10	527.50	650.50	611.70
	900		738.30	660.00	630.00	676.10
1:2	600	60	262.70	245.00	260.60	256.10
	700		376.90	375.50	385.10	379.17

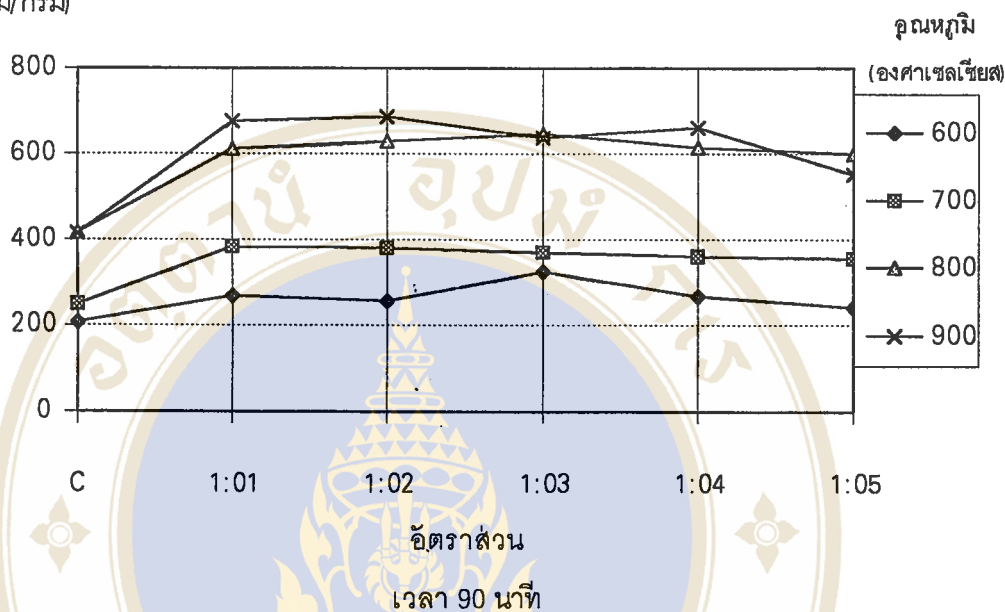
ตารางที่ 4.1.3 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้เวลาในการเผา 90 นาที (ต่อ)

อัตราส่วน ขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ไอโอดีนนมเบอร์ (มิลลิกรัมต่อกรัม)			
			ซ้ำที่ 1	2	3	เฉลี่ย
1:2	800	60	638.70	630.00	622.30	630.33
	900		745.30	663.00	650.90	686.40
1:3	600	90	338.30	322.20	312.90	324.47
	700		375.60	364.10	368.20	369.30
	800		614.40	670.00	660.00	648.13
	900		600.20	661.10	652.10	637.80
1:4	600	90	268.60	272.20	254.60	265.13
	700		359.90	358.90	357.10	358.63
	800		601.70	633.80	610.30	615.27
	900		657.10	667.50	660.40	661.67
1:5	600	90	258.40	259.10	249.10	255.53
	700		348.20	360.00	353.30	353.83
	800		576.70	633.80	590.20	600.23
	900		535.00	568.50	549.50	551.00

แผนภูมิที่ 4.1.3 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ระยะเวลาเผา 90 นาที

ไอโอดีนนมเบอร์

(มิลลิกรัม/กรัม)



ผลของอัตราส่วนของขั้วข้าวโพดต่อเกลือแกงที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อใช้ อุณหภูมิในการเผาที่ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที ค่าไอโอดีนนมเบอร์มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราส่วนจาก 1:1 เป็น 1:3 แต่เมื่อเพิ่มอัตราส่วนมากขึ้นค่าไอโอดีนนมเบอร์ลดลง เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติค่าความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างน้อยหนึ่งคู่ และวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD เพื่อหาค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่แตกต่างกันนั้น พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 4 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 อัตราส่วน 1:0 กลุ่มที่ 2 อัตราส่วน 1:5 1:2 1:4 กลุ่มที่ 3 อัตราส่วน 1:3 และกลุ่มที่ 4 อัตราส่วน 1:1

ผลของอัตราส่วนของขั้วข้าวโพดต่อเกลือแกงที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อใช้ อุณหภูมิในการเผาที่ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที ค่าไอโอดีนนมเบอร์มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราส่วนเป็น 1:1และมีค่าไอโอดีนนมเบอร์ใกล้เคียงกับที่อัตราส่วนอื่น ๆ เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติค่าความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างน้อยหนึ่งคู่ และวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD เพื่อหาค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่แตกต่างกันนั้น พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 อัตราส่วน 1:0 กลุ่มที่ 2 อัตราส่วน 1:5 1:4 1:3 1:2 1:1

ผลของอัตราส่วนของขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกงที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อใช้ อุณหภูมิในการเผาที่ 800 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที มีแนวโน้มเช่นเดียวกับที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส แต่มีค่าไอโอดีนนมเบอร์สูงกว่าในทุกอัตราส่วน เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างน้อยหนึ่งคู่ และวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD เพื่อหาค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่แตกต่างกันนั้น พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 อัตราส่วน 1:0 กลุ่มที่ 2 อัตราส่วน 1:5 1:1 1:4 1:2 1:3

ผลของอัตราส่วนของขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกงที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อใช้ อุณหภูมิในการเผาที่ 900 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที ค่าไอโอดีนนมเบอร์มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราส่วนเป็น 1:1 และมีค่าไอโอดีนนมเบอร์ใกล้เคียงกันในอัตราส่วน 1:1 ถึง 1:4 จากนั้นจะลดลงเล็กน้อยเมื่อเพิ่มอัตราส่วนเป็น 1:5 เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างน้อยหนึ่งคู่ และวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 อัตราส่วน 1:0 กลุ่มที่ 2 อัตราส่วน 1:5 และกลุ่มที่ 3 อัตราส่วน 1:3 1:4 1:1 1:2

ตารางที่ 4.14 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้เวลาในการเผา 120 นาที

อัตราส่วน ขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ไอโอดีนนมเบอร์ (มิลลิกรัมต่อกรัม)			
			ซ้ำที่ 1	2	3	เฉลี่ย
C (1:0)	600	120	233.50	224.30	230.50	229.43
	700		248.40	230.80	245.00	241.40
	800		339.30	330.00	338.20	335.83
	900		342.45	339.50	351.30	344.42
1:1	600	120	266.10	203.40	256.90	242.13
	700		223.70	212.90	225.00	220.53
	800		535.40	504.40	513.60	517.80
	900		460.00	403.40	482.90	448.77
1:2	600	120	281.20	213.40	260.30	251.63
	700		280.00	274.20	279.40	277.87
	800		631.20	631.10	601.50	621.27
	900		423.20	450.60	439.50	437.77

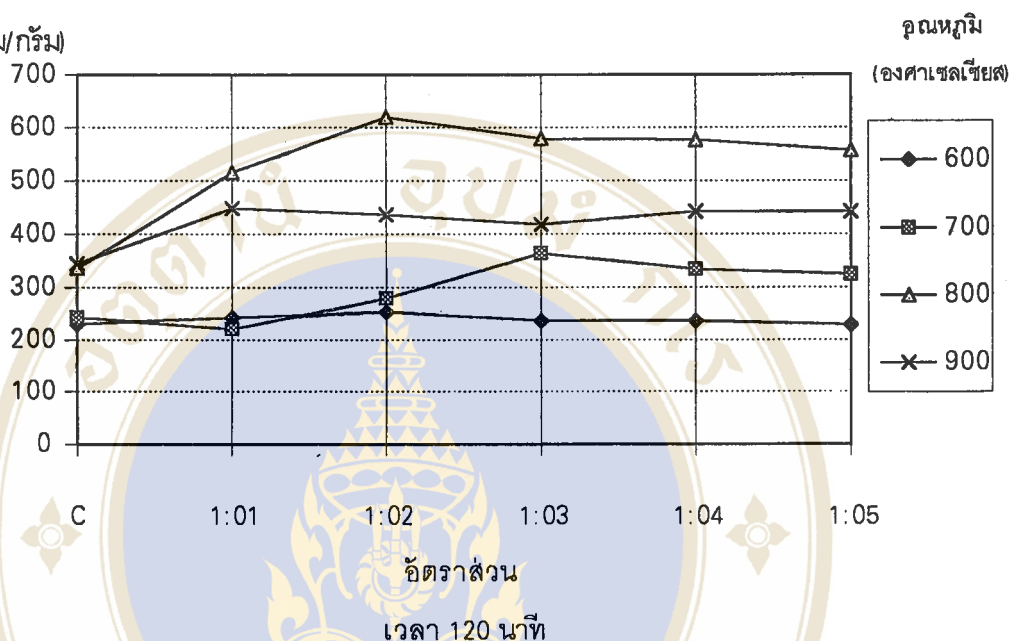
ตารางที่ 4.1.4 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้เวลาในการเผา 120 นาที (ต่อ)

อัตราส่วน ซึ่งข้าวโพดต่อเกลือแกง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ไอโอดีนนมเบอร์ (มิลลิกรัมต่อกรัม)			
			ซ้ำที่ 1	2	3	เฉลี่ย
1:3	600	120	235.90	236.70	233.80	235.47
	700		366.00	364.00	365.40	365.13
	800		580.00	589.00	571.10	580.03
	900		309.30	480.00	470.90	420.07
1:4	600	120	225.60	242.00	240.90	236.17
	700		333.90	345.10	319.50	332.83
	800		608.00	524.10	598.90	577.00
	900		465.20	435.00	432.60	444.27
1:5	600	120	223.00	230.20	231.20	228.13
	700		325.40	320.90	322.10	322.80
	800		584.90	524.10	565.00	558.00
	900		455.30	440.00	435.90	443.73

แผนภูมิที่ 4.1.4 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ระยะเวลาเผา 120 นาที

ไอโอดีนนมเบอร์

(มิลลิกรัม/กรัม)



ผลของอัตราส่วนของขังข้าวโพดต่อเกลือแกงที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อใช้อุณหภูมิในการเผาที่ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที ค่าไอโอดีนนมเบอร์มีค่าใกล้เคียงกับตัวควบคุมทุกอัตราส่วน เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าไม่แตกต่างกันและวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD เพื่อหาค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่แตกต่างกันนั้น พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 อัตราส่วน 1:5 1:0 1:3 1:4 1:1 กลุ่มที่ 2 อัตราส่วน 1:2

ผลของอัตราส่วนของขังข้าวโพดต่อเกลือแกงที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อใช้อุณหภูมิในการเผาที่ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที ค่าไอโอดีนนมเบอร์มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราส่วนเป็น 1:3 และเมื่อเพิ่มอัตราส่วนมากขึ้นค่าไอโอดีนนมเบอร์มีแนวโน้มใกล้เคียงกัน เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวน พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างน้อยหนึ่งคู่ และวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD เพื่อหาค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่แตกต่างกันนั้น พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 5 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 อัตราส่วน 1:1 กลุ่มที่ 2 อัตราส่วน 1:0 กลุ่มที่ 3 อัตราส่วน 1:2 กลุ่มที่ 4 อัตราส่วน 1:5 1:4 และกลุ่มที่ 5 อัตราส่วน 1:3

ผลของอัตราส่วนของซังข้าวโพดต่อเกลือกแกที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อใช้อุณหภูมิในการเผาที่ 800 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที ค่าไอโอดีนนมเบอร์มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราส่วนเป็น 1:1 จากนั้นมีแนวโน้มใกล้เคียงกันเมื่อเพิ่มอัตราส่วนมากขึ้น เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างน้อยหนึ่งคู่ และวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD เพื่อหาค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่แตกต่างกันนั้น พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 4 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 อัตราส่วน 1:0 กลุ่มที่ 2 อัตราส่วน 1:1 1:5 กลุ่มที่ 3 อัตราส่วน 1:5 1:4 1:3 กลุ่มที่ 4 อัตราส่วน 1:4 1:3 1:2

ผลของอัตราส่วนของซังข้าวโพดต่อเกลือกแกที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อใช้ อุณหภูมิในการเผาที่ 900 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที ค่าไอโอดีนนมเบอร์มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราส่วนจาก 1:1 เป็น 1:2 แต่เมื่อเพิ่มอัตราส่วนค่า ไอโอดีนนมเบอร์ลดลงและใกล้เคียงกันตั้งแต่อัตราส่วน 1:3 ถึง 1:5 เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 อัตราส่วน 1:0 1:3 และกลุ่มที่ 2 อัตราส่วน 1:2 1:5 1:4 1:1

อัตราส่วนของซังข้าวโพดต่อเกลือกแก มีผลต่อค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ไอโอดีนนมเบอร์ โดยที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เมื่อเพิ่มอัตราส่วน ค่าไอโอดีนนมเบอร์เพิ่มเพียงเล็กน้อย โดยไม่สามารถเห็นถึงการเปลี่ยนแปลงได้ ในทุกระยะเวลาในการเผา แสดงว่า ณ อุณหภูมินี้ เกลือกแกไม่มีผลต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ นั่นคือ ไม่สามารถกระตุ้นให้ซังข้าวโพด เกิดเป็นถ่านกัมมันต์

อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เมื่อเพิ่มอัตราส่วน ค่าไอโอดีนนมเบอร์เพิ่มมากขึ้น เมื่อใช้ระยะเวลาในการเผานาน 90 และ 120 นาที โดยที่ เวลา 90 นาที ค่าไอโอดีนนมเบอร์ มากขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราส่วนเป็น 1:1 แต่เมื่อเพิ่มอัตราส่วนมากขึ้น ค่าไอโอดีนนมเบอร์ไม่แตกต่างกัน แสดงว่า ณ อุณหภูมินี้ เกลือกแกสามารถกระตุ้นให้ซังข้าวโพดเกิดเป็นถ่านกัมมันต์ได้ โดยใช้เกลือกแกเป็นตัวกระตุ้นในระดับอัตราส่วนของซังข้าวโพดต่อเกลือกแก 1:1

เวลา 120 นาที ค่าไอโอดีนนมเบอร์มากขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราส่วนเป็น 1:3 แต่เมื่อเพิ่มอัตราส่วนมากขึ้น ค่าไอโอดีนนมเบอร์ไม่แตกต่างกัน สรุปได้ว่า เกลือกแกมีผลกระตุ้นให้เกิดเป็นถ่านกัมมันต์ ที่อัตราส่วน 1:3 แต่อย่างไรก็ตามค่าไอโอดีนนมเบอร์ยังต่ำกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (ไอโอดีนนมเบอร์ไม่น้อยกว่า 600 มิลลิกรัมต่อกรัม) ทั้ง เวลา 90 และ 120 นาที

อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาในการเผานาน 30 นาที เมื่อเพิ่มอัตราส่วนค่าไอโอดีนน้ำมันเบอร์เพิ่มเพียงเล็กน้อย โดยไม่สามารถเห็นถึงการเปลี่ยนแปลงได้ชัด

ระยะเวลาในการเผานาน 60 , 90 และ 120 นาที ค่าไอโอดีนน้ำมันเบอร์เพิ่มมากขึ้น เมื่อใช้อัตราส่วนของซังข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:1 และมีค่าแตกต่างกับ อัตราส่วนที่มากขึ้นอย่างไม่ชัดเจน สรุปได้ว่า ณ.อุณหภูมิและเวลานี้ เกลือแกงสามารถกระตุ้นให้ซังข้าวโพดเกิดเป็นถ่านกัมมันต์ได้โดยใช้เกลือแกงเป็นตัวกระตุ้นในระดับอัตราส่วน 1:1

อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาในการเผานาน 30 นาที ค่าไอโอดีนน้ำมันเบอร์เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราส่วนมากขึ้นเป็น 1:2 แต่ค่าไอโอดีนน้ำมันเบอร์มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ระยะเวลาในการเผานาน 60 นาที ค่าไอโอดีนน้ำมันเบอร์เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราส่วนมากขึ้นเป็น 1:1 แต่ค่าไอโอดีนน้ำมันเบอร์มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เช่นเดียวกับ เวลา 30 นาที

ระยะเวลาในการเผานาน 90 นาที ค่าไอโอดีนน้ำมันเบอร์เพิ่มมากขึ้น เมื่อใช้อัตราส่วน 1:1 และมีค่าแตกต่างกับอัตราส่วนที่มากขึ้นอย่างไม่ชัดเจน สรุปได้ว่า ณ อุณหภูมิและเวลานี้เกลือแกงสามารถกระตุ้นให้ซังข้าวโพดเกิดเป็นถ่านกัมมันต์ได้ โดยใช้เกลือแกงเป็นตัวกระตุ้นในระดับอัตราส่วน 1:1

ระยะเวลาในการเผานาน 120 นาที เมื่อเพิ่มอัตราส่วน ค่าไอโอดีนน้ำมันเบอร์เพิ่มเพียงเล็กน้อย โดยไม่สามารถเห็นถึงการเปลี่ยนแปลงได้

2.อุณหภูมิ

จากผลการทดลองหาอุณหภูมิที่เหมาะสมแสดงด้วย ตารางที่ 4.1.5 - 4.1.9 และแผนภูมิที่

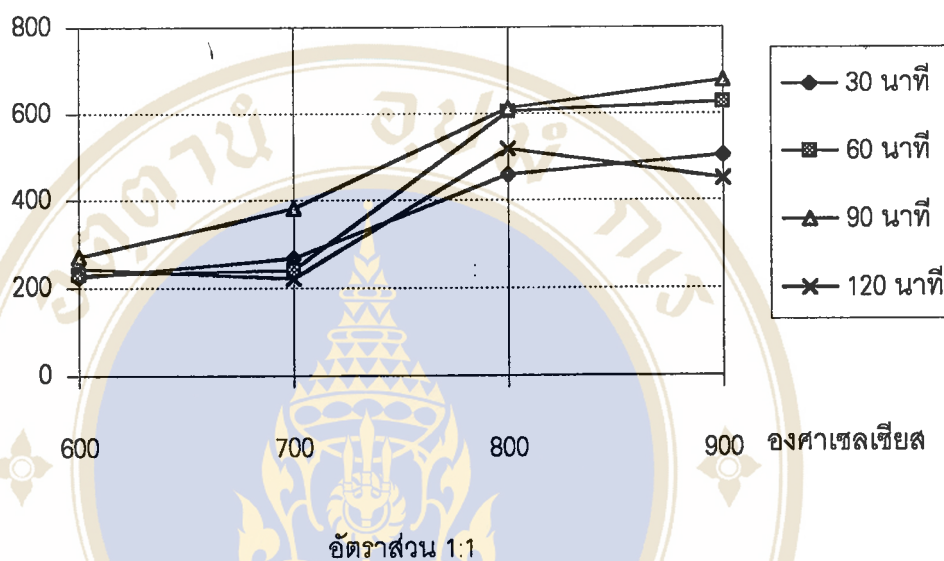
4.1.5 - 4.1.9

ตารางที่ 4.1.5 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้อัตราส่วน 1:1 ที่ อุณหภูมิ 4 ระดับ และ เวลา 4 ระดับ

อัตราส่วน ขี้วัวโพดต่อเกลือแกง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ไอโอดีนนมเบอร์ (มิลลิกรัมต่อกรัม)			
			ซ้ำที่ 1	2	3	เฉลี่ย
1:1	600	30	235.70	193.10	240.60	223.13
	700		269.50	260.00	268.60	266.03
	800		478.80	426.90	469.00	458.23
	900		487.50	557.80	460.30	501.87
	600	60	228.40	229.10	228.00	228.50
	700		264.40	182.80	269.50	238.90
	800		612.80	596.20	600.90	603.30
	900		614.40	640.20	623.10	625.90
	600	90	306.50	200.80	299.90	269.07
	700		416.70	325.40	398.00	380.03
	800		657.10	527.50	650.50	611.70
	900		738.30	660.00	630.00	676.10
	600	120	266.10	203.40	256.90	242.13
	700		223.70	212.90	225.00	220.53
	800		535.40	504.40	513.60	517.80
	900		460.00	403.40	482.90	448.77

แผนภูมิที่ 4.1.5 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ใช้อัตราส่วนขังข้าวโพดต่อเกลือแกงเท่ากับ 1:1

ไอโอดีนนมเบอร์
(มิลลิกรัม/กรัม)



ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อใช้อัตราส่วนของขังข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:1 ใช้เวลาในการเผา 30 นาที ค่าไอโอดีนนมเบอร์เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 600 เป็น 700 องศาเซลเซียสและเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 700 องศาเซลเซียสจนถึงอุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียสค่าไอโอดีนนมเบอร์เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดแต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิเป็น 900 องศาเซลเซียสค่าไอโอดีนนมเบอร์จะเพิ่มเพียงเล็กน้อยเมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 อุณหภูมิ 600 , 700 องศาเซลเซียส และกลุ่มที่ 2 อุณหภูมิ 800 , 900 องศาเซลเซียส

ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์เมื่อใช้ อัตราส่วนของขังข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:1 ใช้เวลาในการเผา 60 นาที ค่าไอโอดีนนมเบอร์เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 600 เป็น 700 องศาเซลเซียสและเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 700 องศาเซลเซียสจนถึงอุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส ค่าไอโอดีนนมเบอร์เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดแต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิเป็น 900 องศาเซลเซียสค่าไอโอดีนนมเบอร์จะเพิ่มเพียงเล็กน้อยเมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มี

ค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 อุณหภูมิ 600 , 700 องศาเซลเซียส และกลุ่มที่ 2 อุณหภูมิ 800 , 900 องศาเซลเซียส

ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์เมื่อใช้ อัตราส่วนของขังข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:1 ใช้เวลาในการเผา 90 นาที ค่าไอโอดีนนมเบอร์เพิ่มขึ้นตลอดเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 600 เป็น 700 องศาเซลเซียส และเพิ่มอุณหภูมิจาก 700 องศาเซลเซียสจนถึงอุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียสค่าไอโอดีนนมเบอร์เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิเป็น 900 องศาเซลเซียส ค่าไอโอดีนนมเบอร์จะเพิ่มเพียงเล็กน้อย เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 อุณหภูมิ 600 , 700 องศาเซลเซียสและกลุ่มที่ 2 อุณหภูมิ 800 , 900 องศาเซลเซียส

ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์เมื่อใช้ อัตราส่วนของขังข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:1 ใช้เวลาในการเผา 120 นาที ค่าไอโอดีนนมเบอร์เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 600 เป็น 700 องศาเซลเซียสและเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 700 องศาเซลเซียส จนถึงอุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียสค่าไอโอดีนนมเบอร์เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดแต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ เป็น 900 องศาเซลเซียสค่าไอโอดีนนมเบอร์ลดลงเล็กน้อย เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 อุณหภูมิ 700 , 600 องศาเซลเซียส กลุ่มที่ 2 อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส และกลุ่มที่ 3 900 องศาเซลเซียส

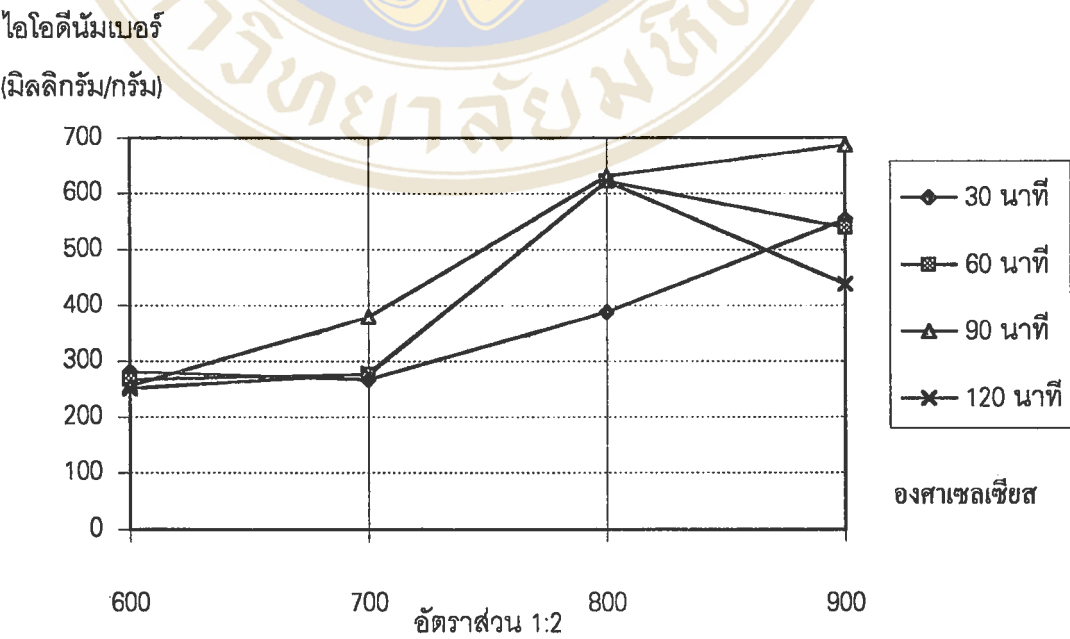
ตารางที่ 4.1.6 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้อัตราส่วน 1:2 ที่ อุณหภูมิ 4 ระดับ และ เวลา 4 ระดับ

อัตราส่วน ขังข้าวโพดต่อเกลือแกง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ไอโอดีนนมเบอร์ (มิลลิกรัมต่อกรัม)			
			ซ้ำที่ 1	2	3	เฉลี่ย
1:2	600	30	299	276	268	281.00
	700		267	265.1	269.2	267.10
	800		392.1	391.7	379.1	387.63
	900		583.3	516.6	559.3	553.07
	600		271.7	260.3	269.1	267.03

ตารางที่ 4.1.6 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้อัตราส่วน 1:2 ที่ อุณหภูมิ 4 ระดับ และ เวลา 4 ระดับ

อัตราส่วน ซึ่งข้าวโพดต่อเกลือแกง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ไอโอดีนนมเบอร์ (มิลลิกรัมต่อกรัม)			
			ซ้ำที่ 1	2	3	เฉลี่ย
1:2	700	60	277.2	275.5	277	276.57
	800		623	621	620.1	621.37
	900		542.2	532	539.6	537.93
	600	90	262.7	245	260.6	256.10
	700		376.9	375.5	385.1	379.17
	800		638.7	630	622.3	630.33
	900	120	745.3	663	650.9	686.40
	600		281.2	213.4	260.3	251.63
	700		280	274.2	279.4	277.87
	800	120	631.2	631.1	601.5	621.27
	900		423.2	450.6	439.5	437.77

แผนภูมิที่ 4.1.6 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ใช้อัตราส่วนซึ่งข้าวโพดต่อเกลือแกงเท่ากับ 1:2





ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์เมื่อใช้ อัตราส่วนของขี้ข้าวโพดต่อเกลือ
แกง 1:2 ให้เวลาในการเผา 120 นาที ค่าไอโอดีนนมเบอร์เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 600 เป็น
 700 องศาเซลเซียสและเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 700 องศาเซลเซียส จนถึงอุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียสค่า
 ไอโอดีนนมเบอร์เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดแต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ เป็น 900 องศาเซลเซียส ค่าไอโอดีนนมเบอร์
 จะลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวน พบว่าค่าเฉลี่ย

ไอโอดีนนมเบอรรีมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอรรีที่ต่างกันแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 อุณหภูมิ 600 , 700 องศาเซลเซียส กลุ่มที่ 2 อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส และกลุ่มที่ 3 อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส

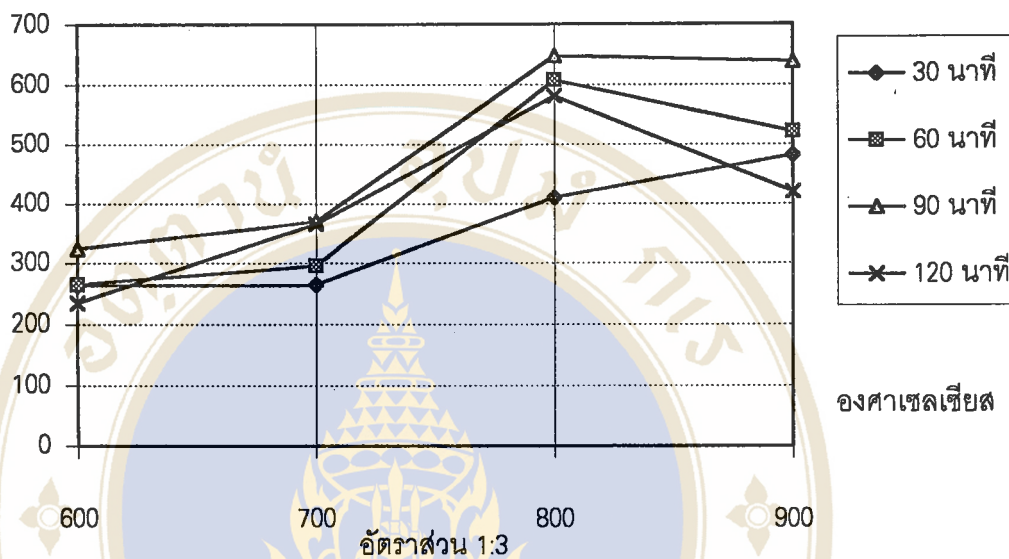
ตารางที่ 4.1.7 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้อัตราส่วน 1:3 ที่ อุณหภูมิ 4 ระดับ และ เวลา 4 ระดับ

อัตราส่วน ขังข้าวโพดต่อเกลือแกง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ไอโอดีนนมเบอรรี(มิลลิกรัมต่อกรัม)			
			ซ้ำที่ 1	2	3	เฉลี่ย
1:3	600	30	266.1	258.4	269.1	264.53
	700		288	239.4	269.7	265.70
	800		443.4	380.4	408.2	410.67
	900		482.6	471.7	491.1	481.8
	600	60	267.1	272.5	254.9	264.83
	700		328.9	262.8	295.7	295.80
	800		628.4	600.2	594.6	607.73
	900		531.1	500.9	530.1	520.7
	600	90	338.3	322.2	312.9	324.47
	700		375.6	364.1	368.2	369.3
	800		614.4	670	660	648.13
	900		600.2	661.1	652.1	637.8
	600	120	235.9	236.7	233.8	235.47
	700		366	364	365.4	365.13
	800		580	589	571.1	580.03
	900		309.3	480	470.9	420.07

แผนภูมิที่ 4.1.7 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่อัตราส่วนขังข้าวโพดต่อเกลือแกงเท่ากับ 1:3

ไอโอดีนนมเบอร์

(มิลลิกรัม/กรัม)



ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์เมื่อใช้ อัตราส่วนของขังข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:3 ใช้เวลาในการเผา 30 นาที ค่าไอโอดีนนมเบอร์มีค่าใกล้เคียงกันเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 600 เป็น 700 องศาเซลเซียสและเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 700 องศาเซลเซียสจนถึงอุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส ค่าไอโอดีนนมเบอร์เพิ่มขึ้นตลอดเวลา เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 อุณหภูมิ 600 , 700 องศาเซลเซียส กลุ่มที่ 2 อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส และกลุ่มที่ 3 อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส

ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์เมื่อใช้ อัตราส่วนของขังข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:3 ใช้เวลาในการเผา 60 นาที ค่าไอโอดีนนมเบอร์เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 600 เป็น 700 องศาเซลเซียสและเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 700 องศาเซลเซียส จนถึงอุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียสค่าไอโอดีนนมเบอร์เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ เป็น 900 องศาเซลเซียสค่าไอโอดีนนมเบอร์จะลดลงเล็กน้อย เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 อุณหภูมิ 600 , 700 องศาเซลเซียส กลุ่มที่ 2 อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส และกลุ่มที่ 3 อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส

ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อใช้ อัตราส่วนของซังข้าวโพดต่อเกลือกแ่ง 1:3 ใช้เวลาในการเผา 90 นาที ค่าไอโอดีนนมเบอร์เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 600 เป็น 700 องศาเซลเซียสและเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 700 องศาเซลเซียส จนถึงอุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียสค่าไอโอดีนนมเบอร์เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ เป็น 900 องศาเซลเซียส ค่าไอโอดีนนมเบอร์มีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส กลุ่มที่ 2 อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส กลุ่มที่ 3 อุณหภูมิ 900 , 800 องศาเซลเซียส

ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อใช้ อัตราส่วนของซังข้าวโพดต่อเกลือกแ่ง 1:3 ใช้เวลาในการเผา 120 นาที ค่าไอโอดีนนมเบอร์เพิ่มตลอดเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 600 เป็น 800 องศาเซลเซียสและเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ เป็น 900 องศาเซลเซียส ค่าไอโอดีนนมเบอร์จะลดลงอย่างเห็นได้ชัด เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 4 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส กลุ่มที่ 2 อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส กลุ่มที่ 3 อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส และกลุ่มที่ 4 อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.1.8 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้อัตราส่วน 1:4 ที่ อุณหภูมิ 4 ระดับ และ เวลา 4 ระดับ

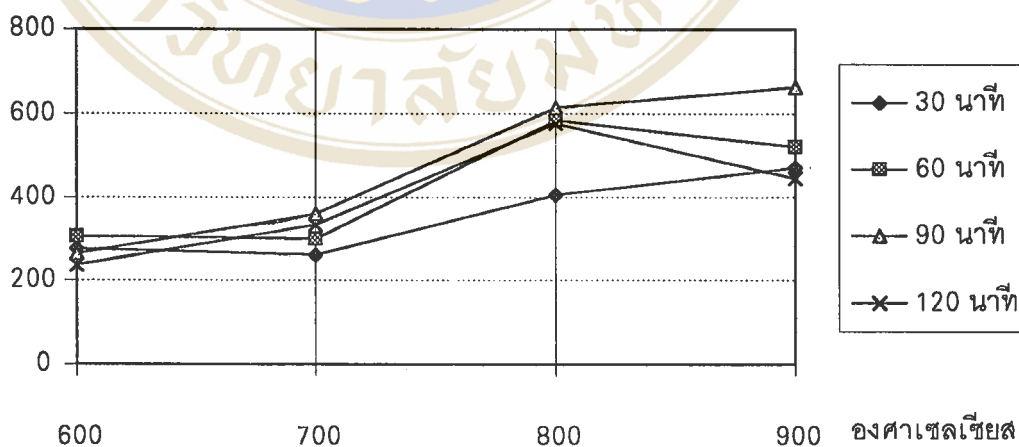
อัตราส่วน ซังข้าวโพดต่อเกลือกแ่ง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ไอโอดีนนมเบอร์ (มิลลิกรัมต่อกรัม)			
			ซ้ำที่ 1	2	3	เฉลี่ย
1:4	600	30	265.5	284.6	278.1	276.07
	700		261.8	259.6	264.8	262.07
	800		399.4	405.2	410.2	404.93
	900		461.1	494.4	455.2	470.23
	600	60	304	306.4	306	305.47
	700		348.3	211.4	339.8	299.83
	800		595.4	573.2	587.1	585.23
	900		531.1	500.9	530.1	520.70

ตารางที่ 4.1.8 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้อัตราส่วน 1:4 ที่ อุณหภูมิ 4 ระดับ และ เวลา 4 ระดับ (ต่อ)

อัตราส่วน	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ไอโอดีนนมเบอร์ (มิลลิกรัมต่อกรัม)			
			ซ้ำที่ 1	2	3	เฉลี่ย
1:4	600	90	268.6	272.2	254.6	265.13
	700		359.9	358.9	357.1	358.63
	800		601.7	633.8	610.3	615.27
	900		657.1	667.5	660.4	661.67
	600	120	225.6	242	240.9	236.17
	700		333.9	345.1	319.5	332.83
	800		608	524.1	598.9	577.00
	900		465.2	435	432.6	444.27

แผนภูมิที่ 4.1.8 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ที่อัตราส่วนซึ่งข้าวโพดต่อเกลือแกงเท่ากับ 1:4

ไอโอดีนนมเบอร์
(มิลลิกรัม/กรัม)



อัตราส่วน 1:4

ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อใช้ อัตราส่วนของขี้ข้าวโพดต่อเกลือกแวง 1:4 ใช้เวลาในการเผา 30 นาที ค่าไอโอดีนนมเบอร์มีค่าใกล้เคียงกันเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 600 เป็น 700 องศาเซลเซียสและเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 700 องศาเซลเซียสจนถึงอุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส ค่าไอโอดีนนมเบอร์เพิ่มขึ้น ตลอดเวลา เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 อุณหภูมิ 700 , 600 องศาเซลเซียส.กลุ่มที่ 2 อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส และกลุ่มที่ 3 อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส

ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อใช้ อัตราส่วนของขังข้าวโพดต่อเกลือแกลบ 1:4 ใช้เวลาในการเผา 60 นาที ค่าไอโอดีนนมเบอร์มีค่าใกล้เคียงกันเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 600 เป็น 700 องศาเซลเซียสและเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 700 องศาเซลเซียสจนถึงอุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส ค่าไอโอดีนนมเบอร์เพิ่มขึ้น อย่างเห็นได้ชัด แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ เป็น 900 องศาเซลเซียส ค่าไอโอดีนนมเบอร์จะลดลงเล็กน้อยเมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 อุณหภูมิ 700 , 600 องศาเซลเซียส กลุ่มที่ 2 อุณหภูมิ 900 , 800 องศาเซลเซียส

ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อใช้ อัตราส่วนของทั้งข้าวโพดต่อ
เกล็ดแอง 1:4 ใช้เวลาในการเผา 90 นาที ค่าไอโอดีนนมเบอร์เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 600 เป็น 700
องศาเซลเซียสและเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 700 องศาเซลเซียส จนถึงอุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียสค่า
ไอโอดีนนมเบอร์เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ เป็น 900 องศาเซลเซียสค่าไอโอดีนนมเบอร์
เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์
มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่
ต่างกันแบ่งเป็น 4 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส กลุ่มที่ 2 อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส
กลุ่มที่ 3 อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส และกลุ่มที่ 4 อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส

ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาที่มีต่อค่าไอโอดีนในนมเบอร์ เมื่อใช้ อัตราส่วนของขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:4 ใช้เวลาในการเผา 120 นาที ค่าไอโอดีนในนมเบอร์เพิ่มตลอดเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 600 เป็น 800 องศาเซลเซียสและเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ เป็น 900 องศาเซลเซียส ค่าไอโอดีนในนมเบอร์จะลดลงอย่างเห็นได้ชัด เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนในนมเบอร์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนในนมเบอร์ที่ต่างกัน

แบ่งเป็น 4 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส กลุ่มที่ 2 อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส กลุ่มที่ 3 อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส และกลุ่มที่ 4 อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส

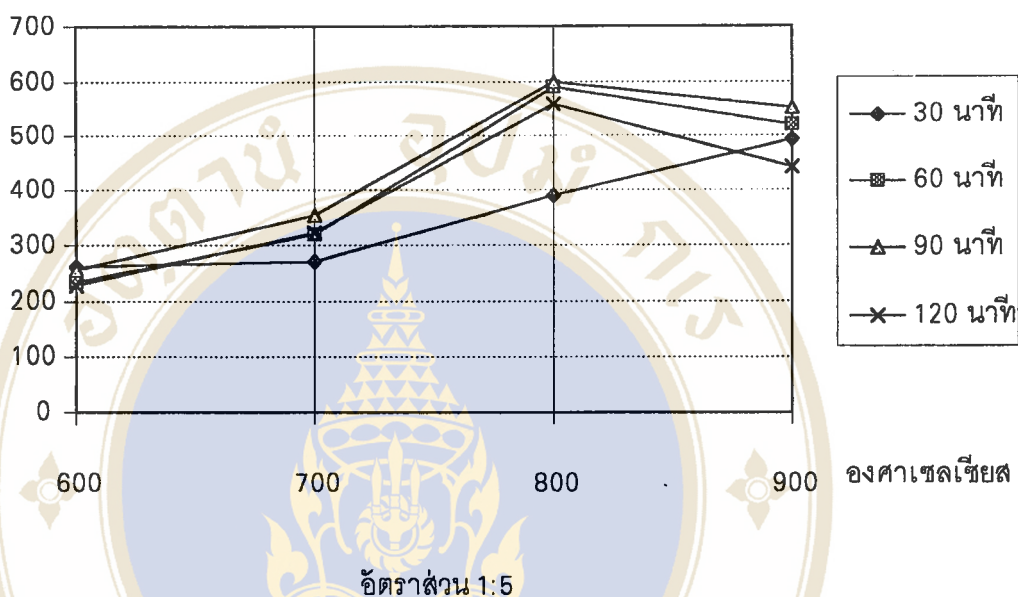
ตารางที่ 4.1.9 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้อัตราส่วน 1:5 ที่ อุณหภูมิ 4 ระดับ และ เวลา 4 ระดับ

อัตราส่วน ซังข้าวโพดต่อเกลือแกง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ไอโอดีนนมเบอรั(มิลลิกรัมต่อกรัม)			
			ซ้ำที่ 1	2	3	เฉลี่ย
1:5	600	30	280.8	221.4	278.1	260.10
	700		221.4	300	290	270.47
	800		393.6	384.2	395.1	390.97
	900		486	501	495.1	494.03
	600	60	266.5	164.8	269.6	233.63
	700		343	254.9	358	318.63
	800		589.6	597.9	580.6	589.37
	900		561	489.5	510.3	520.27
	600	90	258.4	259.1	249.1	255.53
	700		348.2	360	353.3	353.83
	800		576.7	633.8	590.2	600.23
	900		535	568.5	549.5	551.00
	600	120	223	230.2	231.2	228.13
	700		325.4	320.9	322.1	322.80
	800		584.9	524.1	565	558.00
	900		455.3	440	435.9	443.73

แผนภูมิที่ 4.1.9 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ที่อัตราส่วนขังข้าวโพดต่อเกลือแกงเท่ากับ 1:5

ไอโอดีนนมเบอร์

(มิลลิกรัม/กรัม)



ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อใช้ อัตราส่วนของขังข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:5 ใช้เวลาในการเผา 30 นาที ค่าไอโอดีนนมเบอร์มีค่าใกล้เคียงกันเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 600 เป็น 700 องศาเซลเซียสและเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 700 องศาเซลเซียส จนถึงอุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียสค่าไอโอดีนนมเบอร์เพิ่มขึ้นตลอดเวลา เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 อุณหภูมิ 600 , 700 องศาเซลเซียส กลุ่มที่ 2 อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส และกลุ่มที่ 3 อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส

ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อใช้ อัตราส่วนของขังข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:5 ใช้เวลาในการเผา 60 นาที ค่าไอโอดีนนมเบอร์เพิ่มตลอดเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 600 เป็น 800 องศาเซลเซียสและเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ เป็น 900 องศาเซลเซียส ค่าไอโอดีนนมเบอร์จะลดลงเรื่อย ๆ เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส กลุ่มที่ 2 อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส กลุ่มที่ 3 อุณหภูมิ 900, 800 องศาเซลเซียส

ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อใช้ อัตราส่วนของขังข้าวโพดต่อเกลือแอง 1:5 ใช้เวลาในการเผา 90 นาที ค่าไอโอดีนนมเบอร์เพิ่มตลอดเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 600 เป็น 800 องศาเซลเซียสและเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ เป็น 900 องศาเซลเซียส ค่าไอโอดีนนมเบอร์จะลดลงเรื่อย ๆ เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส กลุ่มที่ 2 อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส กลุ่มที่ 3 อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส และกลุ่มที่ 4 อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส

ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อใช้ อัตราส่วนของขังข้าวโพดต่อเกลือแอง 1:5 ใช้เวลาในการเผา 120 นาที ค่าไอโอดีนนมเบอร์เพิ่มตลอดเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 600 เป็น 800 องศาเซลเซียสและเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ เป็น 900 องศาเซลเซียส ค่าไอโอดีนนมเบอร์จะลดลงอย่างเห็นได้ชัด เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 4 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส กลุ่มที่ 2 อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส กลุ่มที่ 3 อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส และกลุ่มที่ 4 อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ มีผลต่อไอโอดีนนมเบอร์เช่นเดียวกันในทุกอัตราส่วนของขังข้าวโพดต่อเกลือแอง โดยที่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิมากขึ้นค่าไอโอดีนนมเบอร์เพิ่มมากขึ้นด้วย โดยจะเห็นความเปลี่ยนแปลงได้ชัดใน ช่วงเปลี่ยนจากอุณหภูมิ 700 เป็น 800 องศาเซลเซียส ค่าไอโอดีนนมเบอร์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนเมื่อเพิ่มอุณหภูมิเป็น 900 จะเห็นความเปลี่ยนแปลงได้ไม่ชัดเจนมากนัก

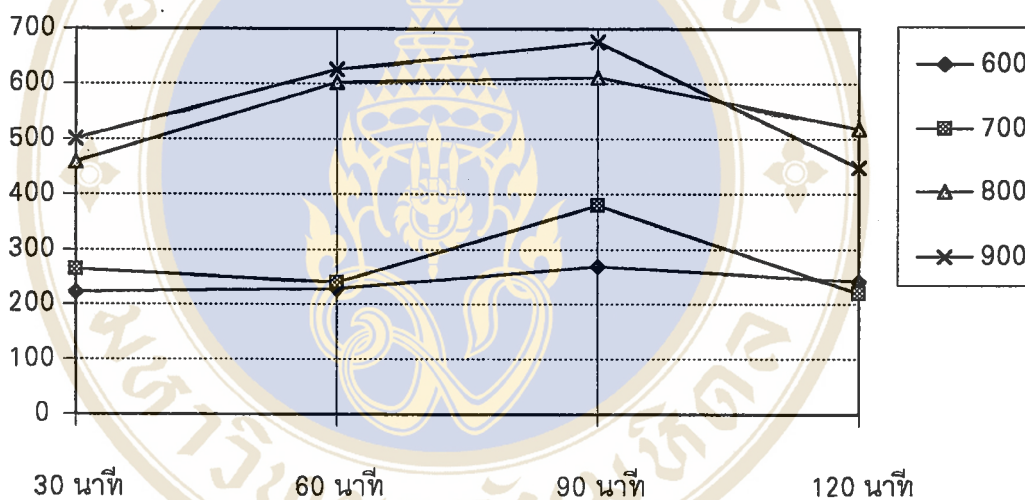
3. เวลา

จากผลการทดลองหาระยะเวลาในการเผาที่เหมาะสมแสดงผลดังตารางที่ 4.1.5 - 4.1.9 และแผนภูมิที่ 4.1.10 - 4.1.14

แผนภูมิที่ 4.1.10 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์เมื่อใช้อัตราส่วนของขังข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:1 เวลาเผา 4 ระดับ

ไอโอดีนนมเบอร์
(มิลลิกรัม/กรัม)

อุณหภูมิ
(องศาเซลเซียส)



อัตราส่วน 1:1

จากตารางที่ 4.1.5 และแผนภูมิที่ 4.1.10

ผลของ เวลาในการเผาที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสม อัตราส่วนของขังข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:1 และใช้อุณหภูมิในการเผา 600 องศาเซลเซียส ค่าไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันไม่มากเมื่อใช้เวลาในการเผานานขึ้น เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลของ เวลาในการเผาที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสม อัตราส่วนของขังข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:1 และใช้อุณหภูมิในการเผา 700 องศาเซลเซียส ค่าไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันไม่มากเมื่อใช้เวลาในการเผา 30 นาที และ 60 นาทินานขึ้น และจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อเผาเป็นระยะเวลา 90 นาที จากนั้นค่า

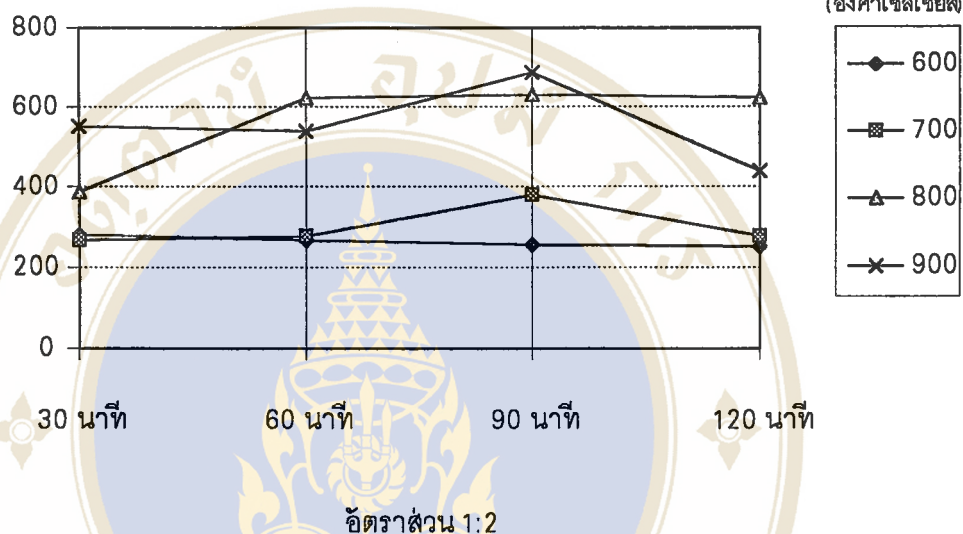
ไอโอดีนนมเบอร์จะลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเผาเป็นเวลา 120 นาที เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 เวลา 120 , 60 , 30 นาที และกลุ่มที่ 2 เวลา 90 นาที

ผลของ เวลาในการเผาที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสม อัตราส่วนของขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:1 และใช้อุณหภูมิในการเผา 800 องศาเซลเซียส ค่าไอโอดีนนมเบอร์ มีค่าสูงขึ้น เมื่อเพิ่มระยะเวลาการเผาจาก 30 นาทีเป็น 60 นาที จากนั้นค่าไอโอดีนนมเบอร์มีค่าแตกต่างกันไม่มากนักเมื่อใช้เวลาในการเผานาน 90 นาที แต่เมื่อเพิ่มเวลามากขึ้นเป็น 120 นาที ค่าไอโอดีนนมเบอร์มีแนวโน้มลดลง เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 เวลา 30 , 120 นาที และกลุ่มที่ 2 เวลา 60 , 90 นาที

ผลของ เวลาในการเผาที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสม อัตราส่วนของขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:1 และใช้อุณหภูมิในการเผา 900 องศาเซลเซียส ค่าไอโอดีนนมเบอร์เพิ่มมากขึ้น เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการเผา จาก 30 นาที เป็น 60 นาที และ 90 นาทีตามลำดับ จากนั้นค่าไอโอดีนนมเบอร์ จะลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อใช้เวลาในการเผาที่ 120 นาทีเมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 เวลา 120 , 30 นาที และกลุ่มที่ 2 เวลา 60 , 90 นาที

แผนภูมิที่ 4.1.11 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์เมื่อใช้อัตราส่วนของขังข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:2
เวลาเผา 4 ระดับ

ไอโอดีนนมเบอร์
(มิลลิกรัม/กรัม)



จากตารางที่ 4.1.6 และแผนภูมิที่ 4.1.11

ผลของ เวลาในการเผาที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสม อัตราส่วนของขังข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:2 และใช้อุณหภูมิในการเผา 600 องศาเซลเซียส ค่าไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันไม่มากเมื่อใช้เวลาในการเผานานขึ้น เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลของ เวลาในการเผาที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสม อัตราส่วนของขังข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:2 และใช้อุณหภูมิในการเผา 700 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการเผาที่ 30 นาที และ 60 นาที มีค่าไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันไม่มาก ค่าไอโอดีนนมเบอร์สูงขึ้นเมื่อใช้เวลาในการเผาที่ 90 นาที จากนั้นจะลดลงเมื่อใช้เวลาในการเผานาน 120 นาที เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ วิเคราะห์ด้วยวิธี LSD พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 เวลา 30 นาที กลุ่มที่ 2 เวลา 60 , 120 นาที และกลุ่มที่ 3 เวลา 90 นาที

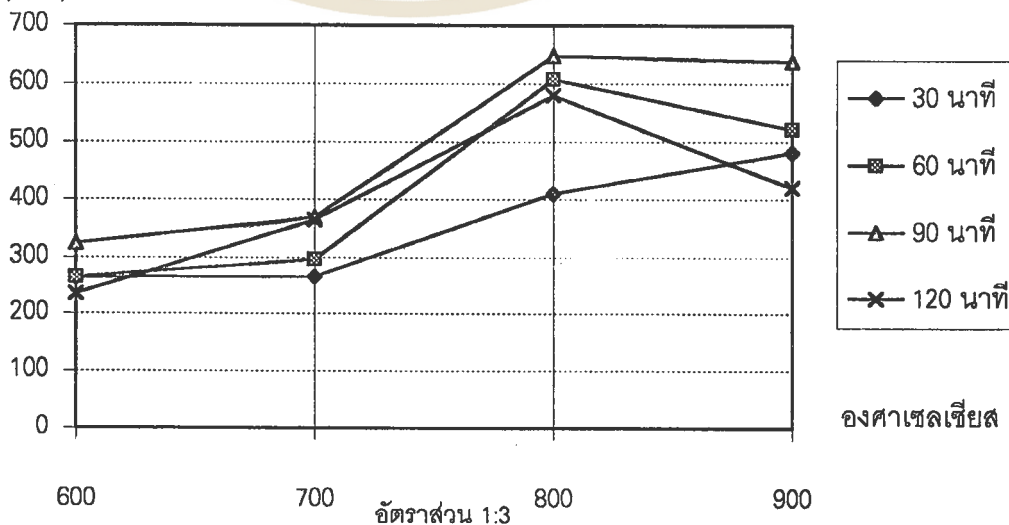
ผลของ เวลาในการเผาที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสม อัตราส่วนของขังข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:2 และใช้อุณหภูมิในการเผา 800 องศาเซลเซียส ค่าไอโอดีนนมเบอร์สูงขึ้นเมื่อใช้ระยะเวลาในการเผา จาก 30 นาทีเป็น 60 นาทีและเมื่อเพิ่มเวลาในการเผานานขึ้น เป็น 90 และ 120 นาที ค่าไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างจากที่เผา 60 นาทีไม่มาก เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 เวลา 30 นาที และกลุ่มที่ 2 เวลา 120 , 60 และ 90 นาที

ผลของ เวลาในการเผาที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสม อัตราส่วนของขังข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:2 และใช้อุณหภูมิในการเผา 900 องศาเซลเซียส ค่าไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันไม่มากเมื่อใช้เวลาในการเผานาน 30 นาที และ 60 นาที จากนั้นค่าไอโอดีนนมเบอร์จะสูงขึ้นเมื่อใช้เวลาในการเผาที่ 90 นาที และมีค่าต่างกับที่เวลาในการเผา 120 นาที ไม่มากนัก เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 เวลา 120 นาที กลุ่มที่ 2 เวลา 60 , 30 นาที และกลุ่มที่ 3 เวลา 90 นาที

แผนภูมิที่ 4.1.12 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์เมื่อใช้อัตราส่วนของขังข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:3 เวลาเผา 4 ระดับ

ไอโอดีนนมเบอร์

(มิลลิกรัม/กรัม)



จากตารางที่ 4.1.7 และแผนภูมิที่ 4.1.12

ผลของ เวลาในการเผาที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสม อัตราส่วนของขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:3 และใช้อุณหภูมิในการเผา 600 องศาเซลเซียส ค่าไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันไม่มากในระยะเวลาเผานาน 30 และ 60 นาทีจากนั้นค่าไอโอดีนนมเบอร์จะเพิ่มมากขึ้น เมื่อใช้ระยะเวลาในการเผานาน 90 นาที และเริ่มมีค่าลดลงเมื่อเผานาน 120 นาที เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 เวลา 120 นาที กลุ่มที่ 2 เวลา 30 , 60 นาที และกลุ่มที่ 3 เวลา 90 นาที

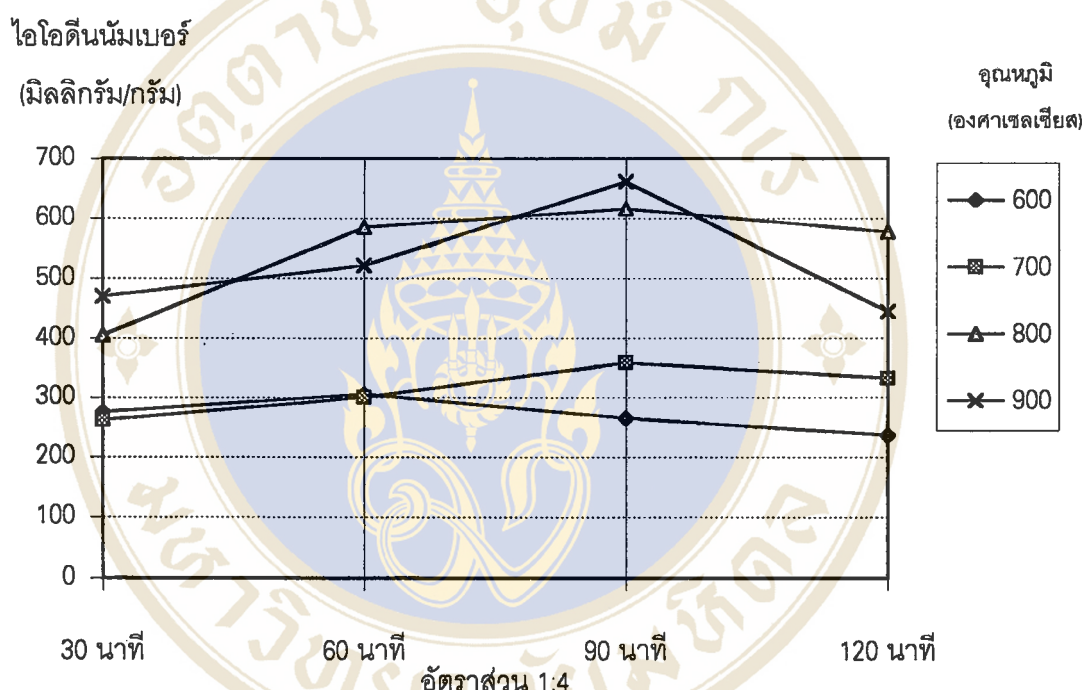
ผลของ เวลาในการเผาที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสม อัตราส่วนของขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:3 และใช้อุณหภูมิในการเผา 700 องศาเซลเซียส ค่าไอโอดีนนมเบอร์สูงขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการเผา จาก 30 เป็น 60 และ 90 นาทีตามลำดับ จากนั้นเมื่อเพิ่มระยะเวลาขึ้นไปอีก เป็น 120 นาที ค่าไอโอดีนนมเบอร์มีแนวโน้มที่จะคงที่ เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 เวลา 30 , 60 นาที และกลุ่มที่ 2 เวลา 120 , 90 นาที

ผลของ เวลาในการเผาที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสม อัตราส่วนของขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:3 และใช้อุณหภูมิในการเผา 800 องศาเซลเซียส ค่าไอโอดีนนมเบอร์เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการเผานาน 30 นาที เป็น 60 นาที จากนั้นค่าไอโอดีนนมเบอร์จะสูงขึ้นเล็กน้อยเมื่อใช้ระยะเวลาในการเผาที่ 90 นาที และเริ่มลดลงเมื่อใช้ระยะเวลาในการเผานานขึ้นเป็นเวลา 120 นาที เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 เวลา 30 นาที กลุ่มที่ 2 เวลา 120 , 60 นาที และกลุ่มที่ 3 เวลา 60 , 90 นาที

ผลของ เวลาในการเผาที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสม อัตราส่วนของขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:3 และใช้อุณหภูมิในการเผา 900 องศาเซลเซียส ค่าไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันไม่มากนักเมื่อใช้ระยะเวลาในการเผาจาก 30 นาทีเป็น 60 นาที และเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการเผานานขึ้น เป็น 90 นาที ค่าไอโอดีนนมเบอร์เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ หลังจากนั้นเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการเผาเป็น 120 นาที ค่าไอโอดีนนมเบอร์ จะลดลงอย่างเห็นได้ชัด เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวน พบว่าค่าเฉลี่ย

ไอโอดีนนัมเบอร์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนัมเบอร์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 เวลา 120 , 30 นาที กลุ่มที่ 2 เวลา 30 , 60 นาที และกลุ่มที่ 3 เวลา 90 นาที

แผนภูมิที่ 4.1.13 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยไอโอดีนนัมเบอร์เมื่อใช้อัตราส่วนของขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:4 เวลาเผา 4 ระดับ



จากตารางที่ 4.1.8 และแผนภูมิที่ 4.1.13

ผลของ เวลาในการเผาที่มีต่อค่าไอโอดีนนัมเบอร์ เมื่อผสม อัตราส่วนของขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:4 และใช้อุณหภูมิในการเผา 600 องศาเซลเซียส ค่าไอโอดีนนัมเบอร์แตกต่างกันไม่มากเมื่อใช้เวลาในการเผานานขึ้น จาก 30 เป็น 60 นาที จากนั้นเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการเผานานขึ้น เป็น 90 และ 120 นาที ค่าไอโอดีนนัมเบอร์ มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวน พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนัมเบอร์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนัมเบอร์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 เวลา 120 นาที กลุ่มที่ 2 เวลา 60 , 30 นาที และกลุ่มที่ 3 เวลา 90 นาที

ผลของ เวลาในการเผาที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสม อัตราส่วนของขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:4 และใช้อุณหภูมิในการเผา 700 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการเผาที่ 30 , 60 และ 90 นาที ตามลำดับมีค่าไอโอดีนนมเบอร์เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ หลังจากนั้นเมื่อเพิ่มระยะเวลานานเป็น 120 นาทีค่าไอโอดีนนมเบอร์มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 เวลา 30 , 60 , 120 นาที กลุ่มที่ 2 เวลา 60 , 120 และ 90 นาที โดยที่ ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ของเวลา 90 และ 30 นาทีแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

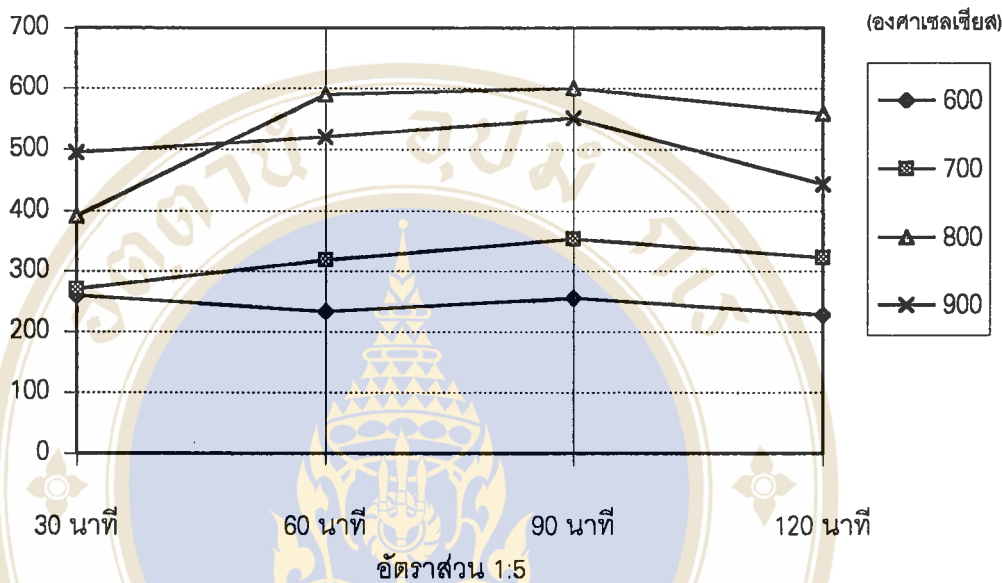
ผลของ เวลาในการเผาที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสม อัตราส่วนของขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:4 และใช้อุณหภูมิในการเผา 800 องศาเซลเซียส ค่าไอโอดีนนมเบอร์สูงขึ้นเมื่อใช้ระยะเวลาในการเผาจาก 30 นาที เป็น 60 นาที และเมื่อเพิ่มเวลาในการเผานานขึ้น เป็น 90 ค่าไอโอดีนนมเบอร์เพิ่มขึ้นเล็กน้อย จากนั้นเมื่อเพิ่มระยะเวลาเป็น 120 นาที ค่าไอโอดีนนมเบอร์มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 เวลา 30 นาที กลุ่มที่ 2 เวลา 120, 60 และ 90 นาที

ผลของ เวลาในการเผาที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสม อัตราส่วนของขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:4 และใช้อุณหภูมิในการเผา 900 องศาเซลเซียส ค่าไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันไม่มากเมื่อใช้เวลาในการเผานาน 30 นาที และ 60 นาที จากนั้นค่าไอโอดีนนมเบอร์จะสูงขึ้นเมื่อใช้เวลาในการเผาที่ 90 นาที จากนั้น เมื่อเพิ่มระยะเวลาเป็น 120 นาที ค่าไอโอดีนนมเบอร์มีแนวโน้มลดลงอย่างเห็นได้ชัด เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 เวลา 120 , 30 นาที กลุ่มที่ 2 เวลา 60 นาที และกลุ่มที่ 3 เวลา 90 นาที

แผนภูมิที่ 4.1.14 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์เมื่อใช้อัตราส่วนของขังข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:5 เวลาเผา 4 ระดับ

ไอโอดีนนมเบอร์

(มิลลิกรัม/กรัม)



จากตารางที่ 4.1.9 และแผนภูมิที่ 4.1.14

ผลของ เวลาในการเผาที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสม อัตราส่วนของขังข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:5 และใช้อุณหภูมิในการเผา 600 องศาเซลเซียส ค่าไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันไม่มากเมื่อใช้เวลาในการเผานานขึ้นจาก 30 , 60 , 90 และ 120 นาที ตามลำดับ เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลของ เวลาในการเผาที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสม อัตราส่วนของขังข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:5 และใช้อุณหภูมิในการเผา 700 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการเผาที่ 30 , 60 และ 90 นาที ตามลำดับ มีค่าไอโอดีนนมเบอร์เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ หลังจากนั้นเมื่อเพิ่มระยะเวลานานเป็น 120 นาที ค่าไอโอดีนนมเบอร์มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 เวลา 30 , 60 และ 120 นาที กลุ่มที่ 2 เวลา 60 , 120 และ 90 นาที โดยที่ ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เวลา 30 และ 90 นาทีแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลของ เวลาในการเผาที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสม อัตราส่วนของขังข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:5 และใช้อุณหภูมิในการเผา 800 องศาเซลเซียส ค่าไอโอดีนนมเบอร์สูงขึ้นเมื่อใช้ระยะเวลาในการเผา จาก 30 นาที เป็น 60 นาที และเมื่อเพิ่มเวลาในการเผานานขึ้น เป็น 90 ค่าไอโอดีนนมเบอร์ต่างจาก เวลา 60 นาทีเล็กน้อย จากนั้น เมื่อเพิ่มระยะเวลาเป็น 120 นาที ค่าไอโอดีนนมเบอร์มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มีค่าแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 เวลา 30 นาที กลุ่มที่ 2 เวลา 120 , 60 นาที และกลุ่มที่ 3 เวลา 60 , 90 นาที

ผลของ เวลาในการเผาที่มีต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสม อัตราส่วนของขังข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:5 และใช้อุณหภูมิในการเผา 900 องศาเซลเซียส ค่าไอโอดีนนมเบอร์สูงขึ้นเมื่อใช้เวลาในการเผานาน 30 , 60 และ 90 นาที ตามลำดับ จากนั้นเพิ่มระยะเวลาเป็น 120 นาที ค่าไอโอดีนนมเบอร์มีแนวโน้มลดลงอย่างเห็นได้ชัด เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนพบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์มี ค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD พบว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ ต่างกันแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 เวลา 120 นาที กลุ่มที่ 2 เวลา 30 , 60 นาที และกลุ่มที่ 3 เวลา 60, 90 นาที

ระยะเวลาในการเผา มีผลต่อค่าไอโอดีนนมเบอร์ เช่นเดียวกันในทุกอัตราส่วนของขังข้าวโพดต่อเกลือแกง โดยที่ อุณหภูมิ 600 และ 700 องศาเซลเซียส ค่าไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันไม่มากนักเมื่อใช้ ระยะเวลาในการเผานานมากขึ้นและมีไอโอดีนนมเบอร์ต่ำกว่าที่กำหนดไว้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ส่วนที่ใช้อุณหภูมิ 800 และ 900 องศาเซลเซียส ค่าไอโอดีนนมเบอร์เพิ่มมากขึ้น เมื่อใช้ ระยะเวลาเผานานขึ้น แต่ที่ระยะเวลา 120 นาที ค่าไอโอดีนนมเบอร์ต่ำกว่าที่ระยะเวลา 90 นาที

จากการทดลอง ตัวแปรต้นทั้ง 3 ตัวแปร มีความสัมพันธ์ กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ ความเชื่อมั่น 95 % โดยสามารถเขียนเป็นสมการถดถอยได้ดังนี้

$$\hat{Y} = 87.345079 + 10.265375 X_1 + 12.730565 X_2 + 100.243486 X_3$$

โดย

$$\hat{Y} = \text{ไอโอดีนนมเบอร์}$$

$$X_1 = \text{อุณหภูมิ}$$

$$X_2 = \text{อัตราส่วน}$$

$$X_3 = \text{เวลา}$$

4.1.2 ต้นทุนการผลิตถ่านกัมมันต์

ต้นทุนการผลิตในการวิจัยครั้งนี้ไม่ได้รวม ราคาอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตและค่าแรงงาน การวิจัยเป็นในระดับห้องปฏิบัติการ ไม่อาจนำไปเปรียบกับการผลิตในระดับอุตสาหกรรมได้

การศึกษาต้นทุนในการผลิตได้นำเอาปัจจัยการผลิตต่างๆ ที่ให้ค่าไอโอดีนนมเบอร์สูงเกินกว่าข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (ไม่น้อยกว่า 600 มิลลิกรัมต่อกรัม) ดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ 4.2 และแผนภูมิที่ 4.2

ตารางที่ 4.1.10 แสดงต้นทุนของปัจจัยการผลิตที่มีค่าไอโอดีนนมเบอร์สูงกว่า 600 มิลลิกรัมต่อกรัม

อัตราส่วน (ซึ่งข้าวโพดต่อ เกลือแกง)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาทื)	ไอโอดีนนมเบอร์ (มิลลิกรัมต่อกรัม)	ผลผลิต (กรัม)	ต้นทุนการผลิต				
					ค่า ซึ่งข้าว โพด	ค่า เกลือ บาท)	ค่าไฟ (บาท)	รวม (บาท)	ต้นทุนรวม (บาทต่อ กิโลกรัม)
1:1	800	60	603.30	163	0	1.5	11.44	12.94	79.39
		90	611.70	151	0	1.5	17.16	18.66	123.58
	900	60	625.90	135	0	1.5	13.2	14.7	108.89
		90	676.10	127	0	1.5	19.8	21.3	167.72
1:2	800	60	621.37	157	0	3	11.44	14.44	91.97
		90	630.33	129	0	3	17.16	20.16	156.28
		120	621.27	154	0	3	22.88	25.88	168.05
	900	90	686.40	144	0	3	19.8	22.8	158.33
1:3	800	60	607.73	152	0	4.5	11.44	15.94	104.87
		90	648.13	148	0	4.5	17.16	21.66	146.35
	900	90	637.80	155	0	4.5	19.8	24.3	156.77
1:4	800	90	615.27	153	0	6	17.16	23.16	151.37
	900	90	661.67	150	0	6	19.8	25.8	172.00
1:5	800	90	600.23	174	0	7.5	17.16	24.66	141.72

*หมายเหตุ

เกลือแกง กิโลกรัมละ 1.50 บาท (ราคาขายปลีกเดือนธันวาคม พ.ศ. 2538)

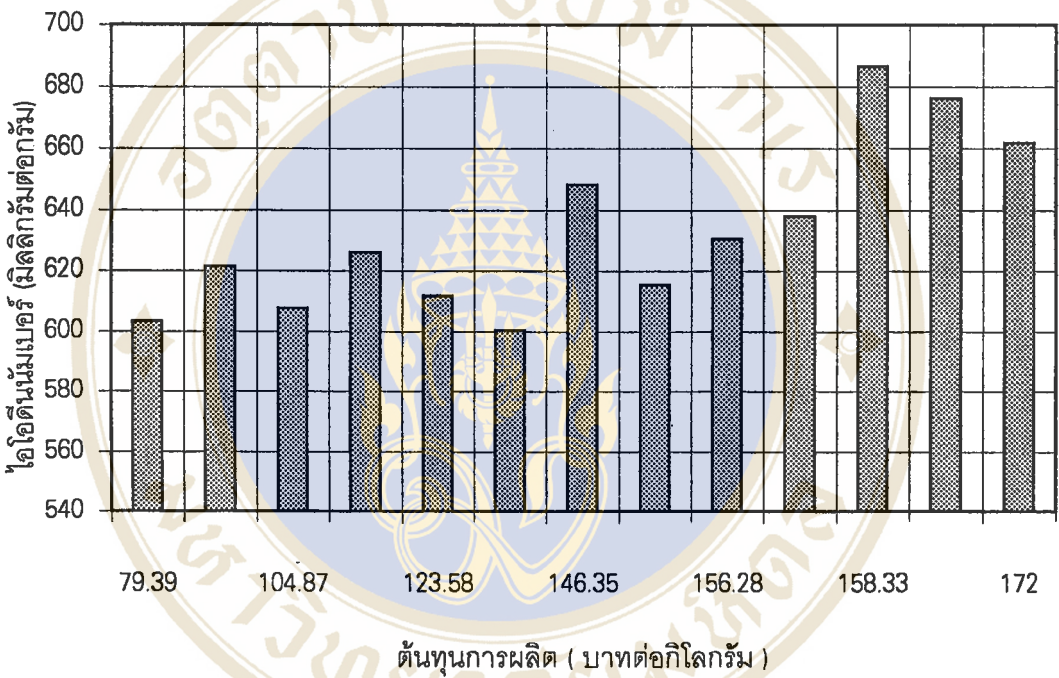
อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส ใช้พลังงานไฟฟ้า 2860 วัตต์

อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส ใช้พลังงานไฟฟ้า 3300 วัตต์

จำนวนยูนิต = (วัตต์ X ชั่วโมง) / 1,000

ราคาพลังงานไฟฟ้า ยูนิตละ 4 บาท

แผนภูมิที่ 4.1.15 กราฟแสดงต้นทุนของปัจจัยการผลิตที่มีค่าไอโอดีนนมเบอร์สูงกว่า 600 มิลลิกรัมต่อกรัม



จากตารางที่ 4.1.10 และแผนภูมิที่ 4.1.15 เมื่อพิจารณาการผลิตที่ใช้ต้นทุนต่ำแต่ให้ค่าไอโอดีนนมเบอร์สูงกว่าข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พบว่าการผลิตผ่านกัมมันต์โดยใช้ขี้ข้าวโพดและเกลือแกงในอัตราส่วน 1:1 เมาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 60 นาที ถึงแม้จะมีต้นทุนต่ำสุด คือ 79.39 บาทต่อกิโลกรัม แต่ค่าไอโอดีนนมเบอร์ที่ได้มีค่าเพียง 603.3 มิลลิกรัมต่อกรัม ซึ่งมีค่าค่อนข้างต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับค่าไอโอดีนนมเบอร์ที่ได้จากชุดการทดลองอื่น ๆ ในขณะเดียวกันเมื่อพิจารณาค่าไอโอดีนนมเบอร์ และต้นทุนการผลิต โดยใช้อัตราส่วนของขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกงเท่ากับ 1:2 เมาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 60 นาที ซึ่งมีค่าเท่ากับ 621.37 มิลลิกรัมต่อกรัม และ 91.97 บาทต่อกิโลกรัมตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วพบว่าต้นทุนในการผลิตเพิ่มขึ้น 11.58 บาทต่อกิโลกรัม ไอโอดีนนมเบอร์ เพิ่มมากขึ้นถึง 18.07 มิลลิกรัมต่อกรัม

เมื่อเปรียบเทียบค่าไอโอดีนนมเบอร์และต้นทุนการผลิตที่ใช้อัตราส่วนของขังข้าวโพดต่อเกลือแกงเท่ากับ 1:2 เมาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 60 นาที กับถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการทดลองอัตราส่วน อุณหภูมิและเวลาในการเผาที่แตกต่างกันที่ให้ค่าไอโอดีนนมเบอร์ใกล้เคียงและสูงกว่าพบว่ามีอัตราส่วนของขังข้าวโพดต่อเกลือแกงเท่ากับ 1:3 เมาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 90 นาที ซึ่งจะให้ค่าไอโอดีนนมเบอร์ 648.13 มิลลิกรัมต่อกรัมโดยเสียต้นทุนการผลิตเท่ากับ 146.35 บาทต่อกิโลกรัม ต้นทุนการผลิตเพิ่มมากขึ้น 54.38 บาท แต่ไอโอดีนนมเบอร์เพิ่มเพียง 26.76 มิลลิกรัมต่อกรัม ในทำนองเดียวกัน การผลิตถ่านกัมมันต์ ที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 90 นาที ในอัตราส่วนของขังข้าวโพดต่อเกลือแกงเท่ากับ 1:2 ถึงแม้ว่าจะให้ค่าไอโอดีนนมเบอร์สูงที่สุดแต่เมื่อพิจารณาต้นทุนการผลิตพบว่าสูงมากถึง 158.33 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วพบว่าต้นทุนเพิ่มมากขึ้นถึง 66.36 บาทในขณะที่ไอโอดีนนมเบอร์เพิ่มเพียง 65.03 มิลลิกรัมต่อกรัม ดังนั้นเมื่อพิจารณาถึงต้นทุนในการผลิตด้วยแล้วควรทำการผลิตโดยใช้อัตราส่วนของขังข้าวโพดต่อเกลือแกงเท่ากับ 1:2 เมาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 60 นาที

4.1.3 ลักษณะทางกายภาพ

จากผลการศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการผลิตซึ่งสรุปได้ว่า ควรทำการผลิต ด้วยอัตราส่วนของขังข้าวโพดต่อเกลือแกงของขังข้าวโพดต่อเกลือแกง 1:1 เมาที่ อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลานาน 90 นาที นำผลผลิตในเงื่อนไขนี้มาทำการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพเปรียบเทียบกับถ่านกัมมันต์อีก 2 บริษัท และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ดังแสดงผลในตารางที่ 4.1.11

ตารางที่ 4.1.11 แสดงลักษณะทางกายภาพของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้จากการทดลอง

ลักษณะทางกายภาพ	ตัวอย่างถ่านกัมมันต์			มอก.900-2532
	Wendt - Chemie	Calgon	ผลิตภัณฑ์จาก การวิจัย	
ไอโอดีนนัมเบอร์ (มิลลิกรัมต่อกรัม)	1200.46	871.97	621.37	ไม่น้อยกว่า 600
ความชื้น (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	5.85	4.06	3.38	น้อยกว่า 8
ความหนาแน่นปรากฏ (กรัมต่อมิลลิลิตร)	0.40	0.48	0.35	ไม่น้อยกว่า 0.36
ความแข็ง (ร้อยละ)	80	73	68	ไม่น้อยกว่า 70
เถ้า (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	7.13	5.05	6.21	-
ถ่านคงตัว (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	65.12	59.68	44.56	-
สารระเหย (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	21.91	31.21	45.85	-
พื้นที่ผิวจำเพาะ (ตารางเมตรต่อกรัม)	339.84	344.38	284.33	-
ปริมาตรรูพรุน (ลูกบาศก์มิลลิลิตรต่อกรัม)	0.2	0.17	0.03	-
ขนาดของรูพรุน (อังสตรอม)	23.66	19.96	37.81	-
ขนาด (มิลลิเมตร)	1.18	1.18	2.36	ใหญ่กว่า 150 ไมโครเมตร

จากผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ ตัวอย่างจากการทดลอง มีปริมาณของคาร์บอนคงตัวเป็นร้อยละมีค่าต่ำกว่า ของอีก 2 บริษัท เป็นเพราะว่ายังมี สารระเหยได้ (Volatile Matter) อยู่อีกมาก นั่นคือ สารกระตุ้นที่ใช้ในการทดลอง (เกลือแกง) มีความสามารถในการไล่สารระเหยได้ไม่ดีพอ ทำให้คุณสมบัติในการดูดซับไอโอดีน , ปริมาตรของรูพรุน (Total Pore Volume) และ พื้นที่ผิวจำเพาะ (Bet Surface Area) มีค่าต่ำไปด้วย

ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ เป็นถ่านชนิดเม็ด มีขนาดของ รูพรุน (Pore) จัดอยู่ในระดับ Micropore เช่นเดียวกับถ่านกัมมันต์ทั้ง 2 บริษัท

จากที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่าถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการวิจัยมีลักษณะใกล้เคียงกับที่กำหนดไว้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 900 - 2532)

4.2 อภิปรายผลการศึกษา

ผลการศึกษามีค่าไอโอดีนนมเบอร์ดำและมีความแปรปรวนมากอาจเนื่องมาจาก

1. คุณสมบัติทางเคมีของเกลือแกงที่ใช้เป็นสารกระตุ้นมีค่าไม่แน่นอนถึงแม้จะมาจากแหล่งผลิตเดียวกัน
2. ชั่งข้าวโพดที่ใช้ในการทดลองมีขนาดใหญ่ (เนื่องจากเครื่องบดมีขีดความสามารถจำกัด) ทำให้ชั่งข้าวโพดที่บดได้มีพื้นที่ผิวน้อยและเกลือแกงที่เป็นตัวกระตุ้นเข้าไปไล่สิ่งอุดตันได้น้อย
3. ในขณะที่เปิดปิดเตาเผาอบอากาศเพื่อนำวัตถุดิบเข้าเตาเผาอุณหภูมิจะลดลงทำให้ระดับอุณหภูมิ และระยะเวลาในการเผาไม่เป็นไปตามแผนการทดลอง รวมทั้งมีอากาศเข้าไปในเตาด้วยทำให้ผลิตภัณฑ์ถูกเผาไหม้แบบสมบูรณ์ (การเผาไหม้แบบใช้ออกซิเจน) ทำให้สูญเสียถ่านกัมมันต์บางส่วน



บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านกัมมันต์จากขี้ข้าวโพดโดยใช้เกลือกแ่งเป็นตัวกระตุ้นสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. สรุปผลการศึกษาถึงปัจจัยที่ใช้ในการผลิต

คุณสมบัติของเกลือกแ่งที่ใช้เป็นสารกระตุ้น จากการทดลองที่อัตราส่วนของขี้ข้าวโพดต่อเกลือกแ่ง 5 ระดับคือ 1:1 , 1:2 , 1:3 , 1:4 , 1:5 และตัวควบคุม (1:0) เกลือกแ่งสามารถกระตุ้นให้ขี้ข้าวโพดมีคุณสมบัติเป็นถ่านกัมมันต์ได้ในทุกอัตราส่วนของขี้ข้าวโพดต่อเกลือกแ่ง ที่อุณหภูมิในการเผาตั้งแต่ 800 องศาเซลเซียสขึ้นไปโดยมีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนัมเบอร์ไอโอดีนนัมเบอร์แตกต่างจากตัวควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % แต่ในทุกอัตราส่วนค่าไอโอดีนนัมเบอร์แตกต่างกันไม่มากนัก ส่วนอุณหภูมิ 600 และ 700 องศาเซลเซียสในทุกอัตราส่วนและระยะเวลาต่างๆ ตามแผนการศึกษา เกลือกแ่งไม่มีคุณสมบัติเป็นตัวกระตุ้น ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนัมเบอร์ไอโอดีนนัมเบอร์ไม่แตกต่างจากตัวควบคุม

อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาในการทดลองใช้อุณหภูมิ 4 ระดับคือ 600 , 700 , 800 , และ 900 องศาเซลเซียส ซึ่งสรุปได้ว่า ที่ระดับอุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนัมเบอร์ไอโอดีนนัมเบอร์แตกต่างจากระดับ 900 องศาเซลเซียส อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติจึงสรุปได้ว่าควรใช้อุณหภูมิในการเผา 800 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาในการเผา ในการทดลองใช้ระยะเวลานาน 4 ระดับคือ 30 , 60 , 90 และ 120 นาที จากผลการทดลอง ที่ระยะเวลานาน 60 และ 90 นาที จะให้ค่าไอโอดีนนัมเบอร์สูงสุด และค่าเฉลี่ยไอโอดีนนัมเบอร์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติแต่แตกต่างจาก ที่เวลา 30 และ 120 นาทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สรุปได้ว่า ควรทำการเผาที่ระยะเวลานาน 60 ถึง 90 นาที

เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติได้ผลว่าควรผสมอัตราส่วนของขี้ข้าวโพดต่อเกลือกแ่งที่ 1:1 ทำการเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลานาน 60 นาที แต่เมื่อรวมต้นทุนในการผลิตด้วยแล้วควรใช้ปัจจัยการผลิตที่อัตราส่วนของขี้ข้าวโพดต่อเกลือกแ่งที่ 1:2 ทำการเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลานาน 60 นาที

2. สรุปผลการศึกษาถึงต้นทุนการผลิต

ต้นทุนการผลิตคำนวณตามปัจจัยที่ใช้ในการผลิตคือ อัตราส่วนของขังข้าวโพดต่อเกลือแกงที่ 1:2 ทำการเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 นาที มีต้นทุน 91.97 บาทต่อกิโลกรัมให้ไอโอดีนนมเบอร์เท่ากับ 621.37 มิลลิกรัม/กรัม ให้ผลผลิต ร้อยละ 15.7 ของขังข้าวโพด

3. สรุปผลการศึกษาถึงลักษณะทางกายภาพ

ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ในปัจจัยดังกล่าวมาแล้ว มีลักษณะทางกายภาพใกล้เคียงกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แต่เมื่อเปรียบเทียบกับถ่านกัมมันต์ที่มีจำหน่ายในปัจจุบัน ยังด้อยกว่าในทุก ๆ ค่า โดยเฉพาะอย่างยิ่ง พื้นที่ผิวจำเพาะ และ ปริมาณถ่านคงตัวซึ่งมีค่าน้อยกว่ามาก รวมทั้งปริมาณสารระเหยที่มีค่าสูงกว่าด้วย แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติในการเป็นตัวกระตุ้นของเกลือแกงยังมีประสิทธิภาพ ในการไล่สารออกจากรูพรุน หรือ สารอื่นๆ ที่ปนอยู่ในเกลือแกงมีมากเกินไป ทำให้เกิดการอุดตันอยู่ในรูพรุน จนทำให้ค่าไอโอดีนนมเบอร์มีค่าต่ำไปด้วยก็เป็นได้ อย่างไรก็ตามค่าต่างๆ ที่กล่าวมานี้ไม่ได้กำหนดไว้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

จากค่าไอโอดีนนมเบอร์ที่ได้จากการศึกษาที่มีค่าไอโอดีนนมเบอร์สูงกว่าข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สามารถสรุปผลการศึกษาได้ว่า ขังข้าวโพดและเกลือแกงมีคุณสมบัติที่สามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตถ่านกัมมันต์ได้โดยให้คุณภาพของถ่านกัมมันต์ใกล้เคียงกับข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม และสามารถผลิตถ่านกัมมันต์จากขังข้าวโพดโดยใช้เกลือแกงเป็นตัวกระตุ้นได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการศึกษาไปใช้

1. ควรนำเอาปัจจัยการผลิตถ่านกัมมันต์จากขังข้าวโพดโดยใช้เกลือแกงเป็นตัวกระตุ้นต่างๆ ที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้มาเป็นแนวทางในการผลิตระดับอุตสาหกรรม
2. เป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาการผลิตถ่านกัมมันต์จากของเหลือทิ้งอื่นๆ

5.2.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

1. ในการศึกษาครั้งต่อไป ควรทำการทดลองโดยใช้เกลือสินเธาว์เป็นสารกระตุ้น แทนเกลือแกง เพราะว่า เกลือสินเธาว์ มีปริมาณของสารกระตุ้นคือ โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) มากกว่า และมีสารปนเปื้อนน้อยกว่า ซึ่งอาจจะทำให้ถ่านกัมมันต์จากชังข้าวโพดมีคุณสมบัติที่ดีกว่าได้
2. ในการศึกษาครั้งนี้มีการกำหนดตัวแปรที่มีช่วงกว้างมาก การศึกษาครั้งต่อไปควรกำหนด ให้แคบกว่านี้ เช่น ตัวแปรอุณหภูมิ กำหนดให้เป็น 800 , 820 , 840 , 860 , 880 และ 900 องศาเซลเซียส เพื่อให้เห็นความเปลี่ยนแปลงชัดเจนขึ้น
3. ศึกษาถึงชนิดของ เต้าเผาที่เหมาะสมในการผลิตที่ใช้เกลือเป็นตัวกระตุ้น
4. ศึกษาถึงวัสดุที่เหมาะสมในการบรรจุก่อนทำการเผารวมทั้งอายุการใช้งาน
5. ศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการผลิตระดับอุตสาหกรรมในแง่ของการลงทุน



บรรณานุกรม

1. กรมวิทยาศาสตร์ กระทรวงอุตสาหกรรม. สภาวะเกลือสินเธาว์ในภาคอีสาน , ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์: 1-5
2. กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์. รายงานผลการศึกษาวิจัยเกลือทะเล ฉบับโรเนียว , ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์:1-4
3. กรมศุลกากร. สถิติการนำเข้าและส่งออก. รายงานประจำปี พ.ศ. 2534-2537
4. กล้าณรงค์ ศรีรอด . เกลือ คุณสมบัติและการใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2 , 2521 :1-5
5. เกศรา นุตาลัย และ คณะ. การผลิตถ่านกัมมันต์จากดินพรุในห้องปฏิบัติการ.วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2532 ; ปีที่ 4 , ฉบับที่ 3: 50-86
6. ดำรงค์ ชุมมงคล และ อภิสิทธิ์ เจริญกุล. การผลิตถ่านกัมมันต์โดยใช้ NaCl เป็นตัวกระตุ้น. เกษตรอุตสาหกรรม. วิศวกรรมสาร 2533 ; ปีที่ 43 , เล่มที่ 6 :96 - 99
7. ทิพย์ฯ สิงห์ลักษณ์. การใช้ขี้ข้าวโพดเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต(เกษตรศาสตร์) สาขาเกษตรศาสตร์. บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2531: 3-6
8. นราพร หาญวงวงศ์ และคณะ. การทำถ่านกัมมันต์จากขี้ข้าวโพด.บทความวิจัยและพัฒนา.วารสาร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์ 2529 ; ปีที่ 5 , ฉบับที่ 3: 291-302
9. นารา พัทธษอรณพ.วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.วารสารการวิจัยและพัฒนา 2531; ปีที่ 3 ,ฉบับที่1 :5
- 10.ประดิษฐ์ เทียวสกุล. เกลือ และ ผลิตภัณฑ์ที่สำคัญของเกลือ. วารสารเคมี 2522 ; ปีที่ 3 , ฉบับที่ 3: 66-69
11. พัชราวิไล พงษ์วิชชุตา. ขี้ข้าวโพด. บรรษัทปริทัศน์ 2526 :12-14

12. วิทยา เพ็ญวิชิตร. เทคโนโลยีการกำจัดน้ำเสีย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์
2525 : 2
13. สมพล สุษะสินธ์. เกลือสินธารว. วารสารวิทยาศาสตร์ 2512 ; ปีที่ 23 , ฉบับที่ 3: 192-195
14. เสริมพล รัตสุข และ ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์.การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและแหล่งชุมชน.
พิมพ์ครั้งที่ 2.กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ,
2524 : 261-265
15. สำนักงานพลังงานแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และการพลังงาน. การศึกษาความ
เหมาะสมการผลิตไฟฟ้าและความร้อนจากวัสดุเหลือใช้การเกษตรในโรงงานอุตสาหกรรม, 2532
: 14 - 18
16. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร . กระทรวงการเกษตรและสหกรณ์ . เป้าหมายการผลิตสินค้าเกษตร
กรรมที่สำคัญ ปี 2537/2538 . เอกสารเศรษฐกิจการเกษตร เลขที่ 40/2537, 2537: 19
17. มั่นสิน ดันทุลเวศม์. วิศวกรรมการประปา เล่ม 2. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ ก.จิ๋ววรรณ,
2527 : 189-219
18. อนุชิต กิจสวัสดิ์. การศึกษาเรื่องการทำถ่านแกลบให้มีคุณสมบัติในการฟอกสี. กองการวิจัย กรม
วิทยาศาสตร์บริการ. ฉบับแก้ไข มิถุนายน 2525: 17 หน้า
19. AWWA. Standard Committee on Activated Carbon., "AWWA. Standard for Granular Activated
Carbon", AWWA J. , Vol.66 , November 1974: 673 -679
20. Berl E. Formation and Properties of Activated Carbon. Trans. Faraday Soc.1938; 16 th.ed,
Vol.34 : 1040-1056
21. Brunner R.C. Hanbook of incinerater system. New York : McGrawhill Inc.,1991: 111-113

22. Control of Gaseous Emissions Student Manual EPA 1981

23. Faust D.S., Aly M.O. Adsorption process for water treatment. U.S.A Butterworth Publisher, 1987:167-168

24. Harrison R.M and Laxen D.P.H. Lead Pollution Cause and Control. London : Champman and Hall Ltd., 1981: 168

25. Hassler J.W. Activated Carbon . London: Leonard Hill, 1987

26. Hassler J.W. Purification with Activated Carbon. New York, N.Y. : Chemical Publishing Co. Inc., 1974: 341-355

27. Martin R.J., Iwugo K.O. Recovery of water from wastewater by the activated carbon process. In Physicochemical method for water and wastewater treatment; Studies in env' science 19. Edit by Powlowski L. New York : Elsevier Scientific Publishing Company, 1982: 265-267

28. McGarry M.G. The reclamation of drinking water. New York : National Technical Information service U.S. : Department of Commerce ,1975: 30-41

29. Rice R.G., Robson C.M. Biological Activated Carbon Enhanced Aerobic Biological Activity in Granular Activated Carbon. New York: Ann Arbor Science Publishers, 1982: 19-29

30. Schweitzer P.A. Handbook of separation techniques for chemical engineers. New York : McGrawhill , 1979 : 40

31. Simek M., Cerny S. Active Carbon Manufacture Properties and Applications. New York . Elsevier Publishing Company, 1979

ภาคผนวก ก

รูปภาพแสดงขั้นตอนการผลิตถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดโดยใช้เกลือแกงเป็นตัวกระตุ้น

รูปภาพที่ ก.1 แสดงลักษณะซังข้าวโพดบดขนาด 4 mesh



รูปภาพที่ ก.2 แสดงลักษณะเกลือแกงเม็ดบดละเอียด



รูปภาพที่ ก.3 แสดงเครื่องบดชนิด hammer mill



รูปภาพที่ ก.4 แสดงเตาเผาอับอากาศ อุณหภูมิสูง $1,200 \pm 5$ องศาเซลเซียส



รูปภาพที่ ก.5 แสดงด้วยท่อนไฟที่ใช้ในการบรรจุขี้ข้าวผสมเกลือแกง



รูปภาพที่ ก.6 แสดงผลิตภัณฑ์ผ่านกัมมันตที่ได้จากการเผา

รูปภาพที่ ก.7 แสดงเครื่องมือที่ใช้ในการบด (โกร่ง) ผ่านกัมมันต์



รูปภาพที่ ก.8 แสดงการร่อนด้วยตะแกรงร่อน (sieve) ขนาด 325 mesh



ภาคผนวก ข

ตารางที่ ข.1 แสดงผลการทดลอง

ตัวแปรต้น (X)			ตัวแปรตาม(Y)				ผลผลิต (ร้อยละ)			
			ไอโอดีนนมเบอร์(มิลลิกรัมต่อกรัม)							
อัตราส่วน	อุณหภูมิ	เวลา	ซ้ำที่ 1	2	3	เฉลี่ย	ซ้ำที่ 1	2	3	เฉลี่ย
ตัวควบคุม (1:0)	600 ° C	30 นาที	242.50	193.60	233.00	223.03	47.0	41.5	48.8	45.8
		60 นาที	199.60	214.50	205.90	206.67	49.5	40.9	38.0	45.8
		90 นาที	212.00	203.80	210.90	208.90	42.5	36.7	39.5	39.6
		120 นาที	233.50	224.30	230.50	229.43	43.8	33.7	40.0	39.2
ตัวควบคุม (1:0)	700 ° C	30 นาที	252.50	254.50	256.90	254.63	21.4	20.1	21.0	20.8
		60 นาที	237.60	267.40	248.20	251.07	19.9	15.8	16.8	17.5
		90 นาที	245.50	254.30	248.30	249.37	15.9	15.7	15.4	15.7
		120 นาที	248.40	230.80	245.00	241.40	15.7	14.9	15.6	15.4
ตัวควบคุม (1:0)	800 ° C	30 นาที	390.30	390.00	391.20	390.50	19.5	18.9	19.0	19.1
		60 นาที	428.20	395.00	401.00	408.07	18.0	17.7	17.9	17.9
		90 นาที	404.30	421.20	426.00	417.17	14.8	12.8	13.6	13.7
		120 นาที	339.30	330.00	338.20	335.83	13.9	13.5	12.9	13.4
ตัวควบคุม (1:0)	900 ° C	30 นาที	387.80	364.00	369.20	373.67	18.0	15.4	17.0	16.8
		60 นาที	529.20	434.30	448.60	470.70	16.5	14.9	16.9	16.1
		90 นาที	429.02	405.70	408.20	414.31	7.6	12.3	11.0	10.3
		120 นาที	342.45	339.50	351.30	344.42	6.7	10.1	10.0	8.9
1:1	600 ° C	30 นาที	235.70	193.10	240.60	223.13	48.2	47.6	43.5	46.4
		60 นาที	228.40	229.10	228.00	228.50	44.7	44.9	43.0	44.2
		90 นาที	306.50	200.80	299.90	269.07	42.5	41.2	40.2	41.3
		120 นาที	266.10	203.40	256.90	242.13	38.8	40.7	36.0	38.5

ตารางที่ ข.1 แสดงผลการทดลอง (ต่อ)

ตัวแปรต้น (X)			ตัวแปรตาม(Y)				ผลผลิต (ร้อยละ)			
อัตราส่วน	อุณหภูมิ	เวลา	ไฮโดรคาร์บอน (มิลลิกรัมต่อกรัม)							
			ซ้ำที่ 1	2	3	เฉลี่ย	ซ้ำที่ 1	2	3	เฉลี่ย
1:1	700 °C	30 นาที	269.50	260.00	268.60	266.03	20.6	23.4	22.1	22.0
		60 นาที	264.40	182.80	269.50	238.90	19.1	23.4	22.1	21.5
		90 นาที	416.70	325.40	398.00	380.03	15.9	21.1	19.5	18.8
		120 นาที	223.70	212.90	225.00	220.53	14.2	15.2	14.9	14.8
1:1	800 °C	30 นาที	478.80	426.90	469.00	458.23	17.2	22.3	19.5	19.7
		60 นาที	612.80	596.20	600.90	603.30	15.8	16.2	17.0	16.3
		90 นาที	657.10	527.50	650.50	611.70	13.2	17.2	14.9	15.1
		120 นาที	535.40	504.40	513.60	517.80	13.3	15.7	15.0	14.7
1:1	900 °C	30 นาที	487.50	557.80	460.30	501.87	17.2	16.4	17.0	16.9
		60 นาที	614.40	640.20	623.10	625.90	13.4	14.2	13.0	13.5
		90 นาที	738.30	660.00	630.00	676.10	12.2	14.0	12.0	12.7
		120 นาที	460.00	403.40	482.90	448.77	7.9	11.0	9.1	9.3
1:2	600 °C	30 นาที	299.00	276.00	268.00	281.00	40.2	35.2	39.0	38.1
		60 นาที	271.70	260.30	269.10	267.03	31.2	26.8	32.9	30.3
		90 นาที	262.70	245.00	260.60	256.10	27.6	21.7	28.5	25.9
		120 นาที	281.20	213.40	260.30	251.63	29.0	21.4	26.0	25.5
1:2	700 °C	30 นาที	267.00	265.10	269.20	267.10	19.6	23.3	20.1	21.0
		60 นาที	277.20	275.50	277.00	276.57	18.6	20.8	19.5	19.6
		90 นาที	376.90	375.50	385.10	379.17	17.8	19.6	18.4	18.6
		120 นาที	280.00	274.20	279.40	277.87	16.9	17.0	17.2	17.0
1:2	800 °C	30 นาที	392.10	391.70	379.10	387.63	18.6	22.4	20.3	20.4
		60 นาที	623.00	621.00	620.10	621.37	15.5	16.2	15.3	15.7
		90 นาที	638.70	630.00	622.30	630.33	13.0	12.4	13.2	12.9
		120 นาที	631.20	631.10	601.50	621.27	14.0	16.6	15.6	15.4

ตารางที่ ข.1 แสดงผลการทดลอง (ต่อ)

ตัวแปรต้น (X)			ตัวแปรตาม(Y)				ผลผลิต (ร้อยละ)			
อัตราส่วน	อุณหภูมิ	เวลา	ไอโอดีนนมเบอร์(มิลลิกรัมต่อกกรัม)							
			ซ้ำที่ 1	2	3	เฉลี่ย	ซ้ำที่ 1	2	3	เฉลี่ย
1:2	900 ° C	30 นาที	583.30	516.60	559.30	553.07	16.8	19.5	18.4	18.2
		60 นาที	542.20	532.00	539.60	537.93	14.8	15.0	13.5	14.4
		90 นาที	745.30	663.00	650.90	686.40	13.0	16.1	14.1	14.4
		120 นาที	423.20	450.60	439.50	437.77	6.8	9.0	7.2	7.7
1:3	600 ° C	30 นาที	266.10	258.40	269.10	264.53	24.0	24.4	23.9	24.1
		60 นาที	267.10	272.50	254.90	264.83	25.7	30.0	27.8	27.8
		90 นาที	338.30	322.20	312.90	324.47	25.8	23.5	24.6	24.6
		120 นาที	235.90	236.70	233.80	235.47	22.8	22.1	22.6	22.5
1:3	700 ° C	30 นาที	288.00	239.40	269.70	265.70	19.3	22.4	21.1	20.9
		60 นาที	328.90	262.80	295.70	295.80	18.6	21.4	18.8	19.6
		90 นาที	375.60	364.10	368.20	369.30	16.1	20.3	14.9	17.1
		120 นาที	366.00	364.00	365.40	365.13	17.8	18.1	15.0	17.0
1:3	800 ° C	30 นาที	443.40	380.40	408.20	410.67	18.2	22.0	19.5	19.9
		60 นาที	628.40	600.20	594.60	607.73	15.6	15.1	14.9	15.2
		90 นาที	614.40	670.00	660.00	648.13	14.5	16.0	14.0	14.8
		120 นาที	580.00	589.00	571.10	580.03	14.7	14.2	13.5	14.1
1:3	900 ° C	30 นาที	482.60	471.70	491.10	481.80	17.0	19.0	18.8	18.3
		60 นาที	520.30	534.20	510.00	521.50	17.0	16.6	16.8	16.8
		90 นาที	600.20	661.10	652.10	637.80	15.7	15.0	15.9	15.5
		120 นาที	309.30	480.00	470.90	420.07	15.8	14.4	14.9	15.0
1:4	600 ° C	30 นาที	265.50	284.60	278.10	276.07	29.5	29.7	28.9	29.4
		60 นาที	304.00	306.40	306.00	305.47	26.8	24.3	27.0	26.0
		90 นาที	268.60	272.20	254.60	265.13	25.0	25.4	25.1	25.2
		120 นาที	225.60	242.00	240.90	236.17	24.6	21.8	23.5	23.3

ตารางที่ ข.1 แสดงผลการทดลอง (ต่อ)

ตัวแปรต้น (X)			ตัวแปรตาม(Y)				ผลผลิต (ร้อยละ)			
			ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์(มิลลิกรัมต่อกรัม)							
อัตราส่วน	อุณหภูมิ	เวลา	ซ้ำที่ 1	2	3	เฉลี่ย	ซ้ำที่ 1	2	3	เฉลี่ย
1:4	700 ° C	30 นาที	261.80	259.60	264.80	262.07	19.3	22.4	20.0	20.6
		60 นาที	348.30	211.40	339.80	299.83	19.2	21.9	20.1	20.4
		90 นาที	359.90	358.90	357.10	358.63	17.9	19.8	18.5	18.7
		120 นาที	333.90	345.10	319.50	332.83	16.2	15.2	14.9	15.4
1:4	800 ° C	30 นาที	399.40	405.20	410.20	404.93	17.6	18.0	18.4	18.0
		60 นาที	595.40	573.20	587.10	585.23	16.7	16.8	15.9	16.5
		90 นาที	601.70	633.80	610.30	615.27	15.3	15.5	15.0	15.3
		120 นาที	608.00	524.10	598.90	577.00	13.6	15.3	14.2	14.4
1:4	900 ° C	30 นาที	461.10	494.40	455.20	470.23	16.6	18.0	16.9	17.2
		60 นาที	531.10	500.90	530.10	520.70	16.2	15.8	16.5	16.2
		90 นาที	657.10	667.50	660.40	661.67	14.5	15.6	14.8	15.0
		120 นาที	465.20	435.00	432.60	444.27	13.8	13.3	14.0	13.7
1:5	600 ° C	30 นาที	280.80	221.40	278.10	260.10	33.6	26.9	28.1	29.5
		60 นาที	266.50	164.80	269.60	233.63	22.8	28.2	25.6	25.5
		90 นาที	258.40	259.10	249.10	255.53	23.0	25.2	23.4	23.9
		120 นาที	223.00	230.20	231.20	228.13	24.8	22.9	22.2	23.3
1:5	700 ° C	30 นาที	221.40	300.00	290.00	270.47	21.0	23.7	22.5	22.4
		60 นาที	343.00	254.90	358.00	318.63	18.7	23.8	23.2	21.9
		90 นาที	348.20	360.00	353.30	353.83	16.9	20.6	18.8	18.8
		120 นาที	325.40	320.90	322.10	322.80	17.9	15.9	16.5	16.8
1:5	800 ° C	30 นาที	393.60	384.20	395.10	390.97	19.5	20.0	19.4	19.6
		60 นาที	589.60	597.90	580.60	589.37	18.2	17.9	18.6	18.2
		90 นาที	576.70	633.80	590.20	600.23	16.0	18.5	17.7	17.4
		120 นาที	584.90	524.10	565.00	558.00	15.8	16.3	15.9	16.0

ตารางที่ ข.1 แสดงผลการทดลอง (ต่อ)

ตัวแปรต้น (X)			ตัวแปรตาม(Y)				ผลผลิต (ร้อยละ)			
			ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์(มิลลิกรัมต่อกรัม)							
อัตราส่วน	อุณหภูมิ	เวลา	ซ้ำที่ 1	2	3	เฉลี่ย	ซ้ำที่ 1	2	3	เฉลี่ย
1:5	900 ° C	30 นาที	486.00	501.00	495.10	494.03	17.1	21.4	19.0	19.2
		60 นาที	561.00	489.50	510.30	520.27	17.0	16.0	15.8	16.3
		90 นาที	535.00	568.50	549.50	551.00	17.1	17.0	14.6	16.2
		120 นาที	455.30	440.00	435.90	443.73	16.7	15.5	13.9	15.4



ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์

ตารางที่ ค.1 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ที่อุณหภูมิในการเผา 600 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 30 นาที ด้วยอัตราส่วนซึ่งข้าวโพดต่อเกลือแกงต่างๆ

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	5	9819.8778	1963.9756	4.1150	0.0208
Within Groups	12	5727.3267	477.2772		
Total	17	15547.2044			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ที่อุณหภูมิในการเผา 600 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 30 นาที ด้วยอัตราส่วนซึ่งข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ

- H_0 : ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ไม่แตกต่างกันสำหรับกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกัน 6 กลุ่ม
- H_1 : ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างน้อย 2 กลุ่ม
- หรือ H_0 : $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_6$
- H_1 : $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \dots \neq \mu_6$

โดย μ_1 = ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ของตัวแปรอัตราส่วนกลุ่มที่ 1
 μ_2 = ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ของตัวแปรอัตราส่วนกลุ่มที่ 2
 μ_6 = ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ของตัวแปรอัตราส่วนกลุ่มที่ 6

ค่า F Prob. มีค่าน้อยกว่า 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 สรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($\alpha = 0.05$) ที่อุณหภูมิในการเผา 600 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 30 นาที ด้วยอัตราส่วนซึ่งข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ

Subset 1			Subset 2			
C	1:1	1:5	1:5	1:3	1:4	1:2
223.0333	223.1333	260.1000	260.1000	264.5333	276.0667	281.0000

ตารางที่ ค.2 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ที่อุณหภูมิในการเผา 600 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 นาที ด้วยอัตราส่วนขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	5	18565.0178	3713.0036	5.9714	.0053
Within Groups	12	7461.6333	621.8028		
Total	17	26026.6511			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ที่อุณหภูมิในการเผา 600 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 นาที ด้วยอัตราส่วนขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับ ตารางที่ ผ.1 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ ที่อุณหภูมิในการเผา 600 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 นาที ด้วยอัตราส่วนขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน แบ่งเป็น 3 กลุ่มดังนี้

Subset 1	C	1:1	1:5			
	206.6667	228.5000	233.6333			
Subset 2		1:1	1:5	1:3	1:2	
		228.5000	233.6333	264.8333	267.0333	
Subset 3				1:3	1:2	1:4
				264.8333	267.0333	305.4667

ตารางที่ ค.3 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ที่อุณหภูมิในการเผา 600 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 90 นาที ด้วยอัตราส่วนซึ่งข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	5	55238.3428	11047.6686	24.3510	.0000
Within Groups	12	5444.2067	453.6839		
Total	17	60682.5494			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ที่อุณหภูมิในการเผา 600 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 90 นาที ด้วยอัตราส่วนซึ่งข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับ ตารางที่ ค.1 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ ที่อุณหภูมิในการเผา 600 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 90 นาที ด้วยอัตราส่วนซึ่งข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยต่างกันแบ่งเป็น 4 กลุ่มคือ

Subset 1	Subset 2			Subset 3	Subset 4
C	1:5	1:2	1:4	1:3	1:1
208.9000	255.5333	256.1000	265.1333	324.4667	380.0333

ตารางที่ ค.4 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ที่อุณหภูมิในการเผา 600 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 120 นาที ด้วยอัตราส่วนซึ่งข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	5	1137.7428	227.5486	.5505	.7356
Within Groups	12	4960.4400	413.3700		
Total	17	6098.1828			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ที่อุณหภูมิในการเผา 600 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 120 นาที ด้วยอัตราส่วนซึ่งข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ โดยตั้งสมมติฐาน เช่นเดียวกับ ตารางที่ ค.1 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P > 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ ที่อุณหภูมิในการเผา 600 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 120 นาที ด้วยอัตราส่วนซึ่งข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยต่างกันเป็น 2 กลุ่ม โดยค่าเฉลี่ยของอัตราส่วน 1:2 แตกต่างกับกับกลุ่มอื่นอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ คือ

Subset 1					Subset 2
1:5	C	1:3	1:4	1:1	1:2
228.1333	229.4333	235.4667	236.1667	242.1333	251.6333

ตารางที่ ค.5 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ที่อุณหภูมิในการเผา 600 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 30 นาที ด้วยอัตราส่วนซึ่งข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	5	447.7733	89.5547	.2170	.9485
Within Groups	12	4953.0467	412.7539		
Total	17	5400.8200			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ที่อุณหภูมิในการเผา 700 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 30 นาที ด้วยอัตราส่วนซึ่งข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P > 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ ที่อุณหภูมิในการเผา 700 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 30 นาที ด้วยอัตราส่วนซึ่งข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ กัน ไม่มีค่าเฉลี่ยคู่ใดที่แตกต่างกัน

C	1:4	1:3	1:1	1:2	1:5
254.6333	262.0667	265.7000	266.0333	267.1000	270.4667

ตารางที่ ค.6 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ที่อุณหภูมิในการเผา 700 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 นาที ด้วยอัตราส่วนขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	5	14020.6933	2804.1387	1.3275	.3170
Within Groups	12	25348.7267	2112.3939		
Total	17	39369.4200			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ที่อุณหภูมิในการเผา 700 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 นาที ด้วยอัตราส่วนขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ โดยตั้งสมมติฐาน เช่นเดียวกับ ตารางที่ ผ.1 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P > 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ ที่อุณหภูมิในการเผา 700 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 นาที ด้วยอัตราส่วนขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ กัน ไม่มีค่าเฉลี่ยคู่ใดที่แตกต่างกัน

1:1	C	1:2	1:3	1:4	1:5
238.9000	251.0667	276.5667	295.8000	299.8333	318.6333

ตารางที่ ค.7 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ที่อุณหภูมิในการเผา 700 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 90 นาที ด้วยอัตราส่วนขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	5	36977.7244	7395.5449	18.1550	.0000
Within Groups	12	4888.2733	407.3561		
Total	17	41865.9978			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ที่อุณหภูมิในการเผา 700 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 90 นาที ด้วยอัตราส่วนขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ โดยตั้งสมมติฐาน เช่นเดียวกับ ตารางที่ ค.1 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($\alpha = 0.05$) ที่อุณหภูมิในการเผา 700 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 90 นาที ด้วยอัตราส่วนขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันเป็น 2 กลุ่มคือ

Subset 1	Subset 2				
C	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1
249.3667	353.8333	358.6333	369.3000	379.1667	380.0333

ตารางที่ ค.8 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ที่อุณหภูมิในการเผา 700 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 120 นาที ด้วยอัตราส่วนขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	5	47459.5494	9491.9099	182.1669	.0000
Within Groups	12	625.2667	52.1056		
Total	17	48084.8161			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ที่อุณหภูมิในการเผา 700 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 120 นาที ด้วยอัตราส่วนขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ โดยตั้งสมมติฐาน เช่นเดียวกับ ตารางที่ ค.1 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ ที่อุณหภูมิในการเผา 700 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 120 นาที ด้วยอัตราส่วนขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันแบ่งเป็น 5 กลุ่ม คือ

Subset 1	Subset 2	Subset 3	Subset 4		Subset 5
1:1	C	1:2	1:5	1:4	1:3
220.5333	241.4000	277.8667	322.8000	332.8333	365.1333

ตารางที่ ค.9 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ที่อุณหภูมิในการเผา 800 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 30 นาที ด้วยอัตราส่วนขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	5	10640.4311	2128.0862	6.8051	.0032
Within Groups	12	3752.6333	312.7194		
Total	17	14393.0644			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ที่อุณหภูมิในการเผา 800 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 30 นาที ด้วยอัตราส่วนขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับ ตารางที่ ค.1 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ ที่อุณหภูมิในการเผา 800 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 30 นาที ด้วยอัตราส่วนขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน เป็น 2 กลุ่มคือ

Subset 1					Subset 2
1:2	C	1:5	1:4	1:3	1:1
387.6333	390.5000	390.9667	404.9333	410.6667	458.2333

ตารางที่ ค.10 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ที่อุณหภูมิในการเผา 800 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 นาที ด้วยอัตราส่วนขี้ข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	5	95990.0978	19198.0196	125.5748	.0000
Within Groups	12	1834.5733	152.8811		
Total	17	97824.6711			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่อุณหภูมิในการเผา 800 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 นาที ด้วยอัตราส่วนขังข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับ ตารางที่ ค.1 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ ที่อุณหภูมิในการเผา 800 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 นาที ด้วยอัตราส่วนขังข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันโดยแบ่งเป็น 4 กลุ่ม คือ

Subset 1	C			
	408.0667			
Subset 2		1:4	1:5	1:1
		85.2333	89.3667	603.3000
Subset 3			1:5	1:1
			589.3667	03.3000
Subset 4				1:3
				607.7333
			1:1	1:3
			03.3000	607.7333
				1:2
				621.3667

ตารางที่ ค.11 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ที่อุณหภูมิในการเผา 800 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 90 นาที ด้วยอัตราส่วนขังข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	5	108127.5694	21625.5139	17.1392	.0000
Within Groups	12	15141.0533	1261.7544		
Total	17	123268.6228			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่อุณหภูมิในการเผา 800 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 90 นาที ด้วยอัตราส่วนขังข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับ ตารางที่ ค.1 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ ที่อุณหภูมิในการเผา 800 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 90 นาที ด้วยอัตราส่วนขังข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันเป็น 2 กลุ่ม คือ

Subset 1	Subset 2				
C	1:5	1:1	1:4	1:2	1:3
417.1667	600.2333	611.7000	615.2667	630.3333	648.1333

ตารางที่ ค.12 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ที่อุณหภูมิในการเผา 800 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 120 นาที ด้วยอัตราส่วนขังข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	5	154977.0844	30995.4169	49.8202	.0000
Within Groups	12	7465.7400	622.1450		
Total	17	162442.8244			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่อุณหภูมิในการเผา 800 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 120 นาทีด้วยอัตราส่วนขังข้าวโพดต่อเกลือแกงต่างๆ โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับตารางที่ ค.1 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ ที่อุณหภูมิในการเผา 800 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 120 นาที ด้วยอัตราส่วนขังข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันเป็น 4 กลุ่มคือ

Subset 1	C				
	335.8333				
Subset 2		1:1	1:5		
		517.8000	558.0000		
Subset 3			1:5	1:4	1:3
			558.0000	577.0000	580.0333
Subset 4				1:4	1:3
				577.0000	580.0333
					1:2
					621.2667

ตารางที่ ค.13 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ที่อุณหภูมิในการเผา 900 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 30 นาที ด้วยอัตราส่วนขังข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	5	52243.4644	10448.6929	14.1591	.0001
Within Groups	12	8855.3933	737.9494		
Total	17	61098.8578			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่อุณหภูมิในการเผา 900 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 30 นาที ด้วยอัตราส่วนขังข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับ ตารางที่ ค.1 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ ที่อุณหภูมิในการเผา 900 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 30 นาที ด้วยอัตราส่วนขังข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ

Subset 1	Subset 2				Subset 3
C	1:4	1:3	1:5	1:1	1:2
373.6667	470.2333	481.8000	494.0333	501.8667	553.0667

ตารางที่ ค.14 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ที่อุณหภูมิในการเผา 900 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 นาที ด้วยอัตราส่วนขังข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	5	38944.6467	7788.9293	10.1319	.0006
Within Groups	12	9225.0533	768.7544		
Total	17	8169.7000			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่อุณหภูมิในการเผา 900 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 นาที ด้วยอัตราส่วนซึ่งข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับ ตารางที่ ค.1 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ ที่อุณหภูมิในการเผา 900 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 นาที ด้วยอัตราส่วนซึ่งข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน เป็น 3 กลุ่มคือ

Subset 1	Subset 2				Subset 3
C	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1
470.7000	520.2667	520.7000	521.5000	537.9333	625.9000

ตารางที่ ค.15 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ที่อุณหภูมิในการเผา 900 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 90 นาที ด้วยอัตราส่วนซึ่งข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	5	165740.4881	33148.0976	27.1701	.0000
Within Groups	12	14640.2549	1220.0212		
Total	17	180380.7430			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่อุณหภูมิในการเผา 900 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 90 นาที ด้วยอัตราส่วนซึ่งข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับ ตารางที่ ค.1 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ ที่อุณหภูมิในการเผา 900 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 90 นาที ด้วยอัตราส่วนซึ่งข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันเป็น 3 กลุ่ม คือ

Subset 1	Subset 2	Subset 3			
C	1:5	1:3	1:4	1:1	1:2
414.3067	551.0000	637.8000	661.6667	676.1000	686.4000

ตารางที่ ค.16 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ที่อุณหภูมิในการเผา 900 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 120 นาที ด้วยอัตราส่วนขังข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	5	23843.6707	4768.7341	2.4752	.0921
Within Groups	12	23119.2750	1926.6062		
Total	17	46962.9457			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่อุณหภูมิในการเผา 900 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 120 นาที ด้วยอัตราส่วนขังข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับ ตารางที่ ค.1 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P > 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($\alpha = 0.05$) ที่อุณหภูมิในการเผา 900 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 120 นาที ด้วยอัตราส่วนขังข้าวโพดต่อเกลือแกงต่าง ๆ ค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน ป็น 2 กลุ่มคือ

Subset 1		Subset 2				
C	1:3	1:3	1:2	1:5	1:4	1:1
344.4167	420.0667	420.0667	437.7667	443.7333	444.2667	448.7667

ตารางที่ ค.17 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ของตัวควบคุม (ไม่ได้ผสมเกลือ) ระยะเวลาในการเผา 30 นาที ด้วยอุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	63484.5692	21161.5231	101.4795	.0000
Within Groups	8	1668.2400	208.5300		
Total	11	65152.8092			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ของตัวควบคุม(ไม่ได้ผสมเกลือ) ด้วยระยะเวลาในการเผานาน 30 นาที ที่อุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ โดยตั้งสมมติฐานดังนี้

H_0 : ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ไม่แตกต่างกันสำหรับกลุ่มตัวอย่างอุณหภูมิแตกต่างกัน 4 กลุ่ม

H_1 : ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างน้อย 2 กลุ่ม

หรือ $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_4$

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \dots \neq \mu_4$

โดย μ_1 = ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ของตัวแปรอุณหภูมิกลุ่มที่ 1

μ_2 = ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ของตัวแปรอุณหภูมิกลุ่มที่ 2

μ_4 = ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ของตัวแปรอุณหภูมิกลุ่มที่ 4

ค่า F Prob. มีค่าน้อยกว่า 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 สรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ ของตัวควบคุม (ไม่ได้ผสมเกลือ) ด้วยระยะเวลาในการเข้านาน 30 นาที ที่อุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน เป็น 3 กลุ่มคือ

Subset 1	Subset 2	Subset 3	
600	700	900	800
223.0333	254.6333	373.6667	390.5000

ตารางที่ ค.18 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:1 ระยะเวลาในการเผา 30 นาที ด้วยอุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	171950.0700	57316.6900	57.2921	.0000
Within Groups	8	8003.4267	1000.4283		
Total	11	179953.4967			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:1 ระยะเวลาในการเข้านาน 30 นาที ที่อุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ กัน โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับตารางที่ ค.17 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ เมื่อผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:1 ด้วยระยะเวลาในการเผานาน 30 นาที ที่อุณหภูมิในการเผา ต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันเป็น 2 กลุ่ม คือ

Subset 1		Subset 2	
600	700	800	900
223.1333	266.0333	458.2333	501.8667

ตารางที่ ค.19 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:2 ระยะเวลาในการเผา 30 นาที ด้วยอุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	156943.1667	52314.3889	143.4031	.0000
Within Groups	8	2918.4533	364.8067		
Total	11	159861.6200			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:2 ระยะเวลาในการเผานาน 30 นาที ที่อุณหภูมิในการเผา ต่าง ๆ กัน โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับตารางที่ ค.17 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ เมื่อผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:2 ด้วยระยะเวลาในการเผานาน 30 นาที ที่อุณหภูมิในการเผา ต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันเป็น 3 กลุ่มคือ

Subset 1		Subset 2	Subset 3
700	600	800	900
267.1000	281.0000	387.6333	553.0667

ตารางที่ ค.19 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:3 ระยะเวลาในการเผา 30 นาที ด้วยอุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	106001.7092	35333.9031	81.9652	.0000
Within Groups	8	3448.6733	431.0842		
Total	11	109450.3825			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:3 ระยะเวลาในการเผานาน 30 นาที ที่อุณหภูมิในการเผา ต่าง ๆ กัน โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับตารางที่ ค.17 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ เมื่อผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:3 ด้วยระยะเวลาในการเผานาน 30 นาที ที่อุณหภูมิในการเผา ต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันเป็น 3 กลุ่ม คือ

Subset 1		Subset 2		Subset 3
600	700	800		900
264.5333	265.7000	410.6667		481.8000

ตารางที่ ค.20 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:4 ระยะเวลาในการเผา 30 นาที ด้วยอุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	91883.7358	30627.9119	212.3056	.0000
Within Groups	8	1154.1067	144.2633		
Total	11	93037.8425			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:4ระยะเวลาในการเข้านาน 30 นาที ที่อุณหภูมิในการเผา ต่าง ๆ กัน โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับตารางที่ ค.17 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ เมื่อผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:4 ด้วยระยะเวลาในการเข้านาน 30 นาที ที่อุณหภูมิในการเผา ต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันเป็น 3 กลุ่ม คือ

Subset 1		Subset 2		Subset 3	
700	600	800		900	
262.0667	276.0667	404.9333		470.2333	

ตารางที่ ค.21 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:5 ระยะเวลาในการเผา 30 นาที ด้วยอุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	110312.5492	36770.8497	48.2597	.0000
Within Groups	8	6095.5000	761.9375		
Total	11	116408.0492			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:5ระยะเวลาในการเข้านาน 30 นาที ที่อุณหภูมิในการเผา ต่าง ๆ กัน โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับตารางที่ ค.17 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ เมื่อผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:5 ด้วยระยะเวลาในการเข้านาน 30 นาที ที่อุณหภูมิในการเผา ต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันเป็น 3 กลุ่มคือ

Subset 1		Subset 2		Subset 3	
600	700	800		900	
260.1000	270.4667	390.9667		494.0333	

ตารางที่ ค.22 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ของตัวควบคุม (ไม่ได้ผสมเกลือ) ระยะเวลาในการเผา 60 นาที ด้วยอุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	141793.2425	47264.4142	58.8060	.0000
Within Groups	8	6429.8800	803.7350		
Total	11	148223.1225			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ของตัวควบคุม (ไม่ได้ผสมเกลือ) ด้วยระยะเวลาในการเผานาน 60 นาที ที่อุณหภูมิในการเผา ต่าง ๆ กัน โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับ ตารางที่ ค.17 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ ของตัวควบคุม (ไม่ได้ผสมเกลือ) ด้วยระยะเวลาในการเผานาน 60 นาที ที่อุณหภูมิในการเผา ต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน เป็น 3 กลุ่มคือ

Subset 1		Subset 2		Subset 3
600	700	800		900
206.6667	251.0667	408.0667		470.7000

ตารางที่ ค.23 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ผสมเกลือแคงด้วย อัตราส่วน 1:1 ระยะเวลาในการเผา 60 นาที ด้วยอุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	436182.8100	145394.2700	222.5945	.0000
Within Groups	8	5225.4400	653.1800		
Total	11	441408.2500			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแคงด้วยอัตรา ส่วน 1:1ระยะเวลาในการเผานาน 60 นาที ที่อุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ กัน โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับ ตารางที่ ค.17 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ เมื่อผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:1 ด้วยระยะเวลาในการเผานาน 60 นาที ที่อุณหภูมิในการเผา ต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน เป็น 2 กลุ่มคือ

Subset 1		Subset 2	
600	700	800	900
228.5000	238.9000	603.3000	625.9000

ตารางที่ ค.24 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:2 ระยะเวลาในการเผา 60 นาที ด้วยอุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	294892.8758	98297.6253	5881.3896	.0000
Within Groups	8	133.7067	16.7133		
Total	11	295026.5825			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:2 ระยะเวลาในการเผานาน 60 นาที ที่อุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ กัน โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับตารางที่ ค.17 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ เมื่อผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:2 ด้วยระยะเวลาในการเผานาน 60 นาที ที่อุณหภูมิในการเผา ต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันจริงในทุกอุณหภูมิ

Subset 1	Subset 2	Subset 3	Subset 4
600	700	900	800
267.0333	276.5667	537.9333	621.3667

ตารางที่ ค.25 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ผสมเกลือแกงด้วย อัตราส่วน 1:3 ระยะเวลาในการเผา 60 นาที ด้วยอุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	255072.1533	85024.0511	206.2106	.0000
Within Groups	8	3298.5333	412.3167		
Total	11	258370.6867			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:3 ระยะเวลาในการเผานาน 60 นาที ที่อุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ กัน โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับตารางที่ ค.17 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ เมื่อผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:3 ด้วยระยะเวลาในการเผานาน 60 นาที ที่อุณหภูมิในการเผา ต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน เป็น 2 กลุ่มคือ

Subset 1		Subset 2	
600	700	900	800
264.8333	295.8000	521.5000	607.7333

ตารางที่ ค.26 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ผสมเกลือแกงด้วย อัตราส่วน 1:4 ระยะเวลาในการเผา 60 นาที ด้วยอุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	194269.7292	64756.5764	41.0816	.0000
Within Groups	8	12610.3200	1576.2900		
Total	11	206880.0492			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:4ระยะเวลาในการเผานาน 60 นาที ที่อุณหภูมิในการเผา ต่าง ๆ กัน โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับตารางที่ ค.17 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha= 0.05$ เมื่อผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:4 ด้วยระยะเวลาในการเผานาน 60 นาที ที่อุณหภูมิในการเผา ต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันเป็น 2 กลุ่มคือ

Subset 1		Subset 2	
700	600	900	800
299.8333	305.4667	520.7000	585.2333

ตารางที่ ค.27 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:5 ระยะเวลาในการเผา 60 นาที ด้วยอุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	250992.9158	83664.3053	41.3870	.0000
Within Groups	8	16172.1067	2021.5133		
Total	11	267165.0225			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:5 ระยะเวลาในการเผานาน 60 นาที ที่อุณหภูมิในการเผา ต่าง ๆ กัน โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับตารางที่ ค.17 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P< 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha= 0.05$ เมื่อผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:5 ด้วยระยะเวลาในการเผานาน 60 นาที ที่อุณหภูมิในการเผา ต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน เป็น 3 กลุ่มคือ

Subset 1	Subset 2	Subset 3	
600	700	900	800
233.6333	318.6333	520.2667	589.3667

ตารางที่ ค.28 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ของตัวควบคุม (ไม่ได้ผสมเกลือ) ระยะเวลาในการเผา 90 นาที ด้วยอุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	106931.0081	35643.6694	427.0355	.0000
Within Groups	8	667.7416	83.4677		
Total	11	107598.7497			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ของตัวควบคุม (ไม่ได้ผสมเกลือ) ด้วยระยะเวลาในการเผานาน 90 นาที ที่อุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ กัน โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับตารางที่ ค.17 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ ของตัวควบคุม (ไม่ได้ผสมเกลือ) ด้วยระยะเวลาในการเผานาน 90 นาที ที่อุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ

Subset 1	Subset 2	Subset 3	
600	700	900	800
208.9000	249.3667	414.3067	417.1667

ตารางที่ ค.29 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:1 ระยะเวลาในการเผา 90 นาที ด้วยอุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	330644.7092	110214.9031	30.8576	.0001
Within Groups	8	28573.8333	3571.7292		
Total	11	359218.5425			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:1 ระยะเวลาในการเขานาน 90 นาที ที่อุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ กัน โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับตารางที่ ค.17 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ เมื่อผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:1 ด้วยระยะเวลาในการเขานาน 90 นาที ที่อุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน เป็น 2 ระดับคือ

Subset 1		Subset 2	
600	700	800	900
269.0667	380.0333	611.7000	676.1000

ตารางที่ ค.30 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:2 ระยะเวลาในการเผา 90 นาที ด้วยอุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	375730.9267	125243.6422	177.2585	.0000
Within Groups	8	5652.4733	706.5592		
Total	11	381383.4000			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:2 ระยะเวลาในการเขานาน 90 นาที ที่อุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ กัน โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับตารางที่ ค.17 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ เมื่อผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:2 ด้วยระยะเวลาในการเขานาน 90 นาที ที่อุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันจริงทุกอุณหภูมิ

Subset 1	Subset 2	Subset 3	Subset 4
600	700	800	900
256.1000	379.1667	630.3333	686.4000

ตารางที่ ค.31 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:3 ระยะเวลาในการเผา 90 นาที ด้วยอุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	266171.2292	88723.7431	164.4451	.0000
Within Groups	8	4316.2733	539.5342		
Total	11	270487.5025			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:3 ระยะเวลาในการเผานาน 90 นาที ที่อุณหภูมิในการเผา ต่าง ๆ กัน โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับตารางที่ ค.17 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ เมื่อผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:3 ด้วยระยะเวลาในการเผานาน 90 นาที ที่อุณหภูมิในการเผา ต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน เป็น 3 กลุ่มคือ

Subset 1	Subset 2	Subset 3	
600	700	900	800
324.4667	369.3000	637.8000	648.1333

ตารางที่ ค.32 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:4 ระยะเวลาในการเผา 90 นาที ด้วยอุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	336312.8358	112104.2786	1141.5527	.0000
Within Groups	8	785.6267	98.2033		
Total	11	337098.4625			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:4ระยะเวลาในการเผานาน 90 นาที ที่อุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ กัน โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับตารางที่ ค.17 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ เมื่อผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:4 ด้วยระยะเวลาในการเผานาน 90 นาที ที่อุณหภูมิในการเผา ต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันจริงทุกอุณหภูมิ

Subset 1	Subset 2	Subset 3	Subset 4
600	700	800	900
265.1333	358.6333	615.2667	661.6667

ตารางที่ ค.33 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าไอโอดีนนมเบอร์ผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:5 ระยะเวลาในการเผา 90 นาที ที่อุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	238344.8300	79448.2767	256.4833	.0000
Within Groups	8	2478.0800	309.7600		
Total	11	240822.9100			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:5ระยะเวลาในการเผานาน 90 นาที ที่อุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ กัน โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับตารางที่ ค.17 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ เมื่อผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:5 ด้วยระยะเวลาในการเผานาน 90 นาที ที่อุณหภูมิในการเผา ต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันจริงทุกอุณหภูมิ

Subset 1	Subset 2	Subset 3	Subset 4
600	700	900	800
255.5333	353.8333	551.0000	600.2333

ตารางที่ ค.34 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ของตัวควบคุม (ไม่ได้ผสมเกลือ) ระยะเวลาในการเผา 120 นาที ด้วยอุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	33216.8173	11072.2724	256.4399	.0000
Within Groups	8	345.4150	43.1769		
Total	11	33562.2323			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ของตัวควบคุม (ไม่ได้ผสมเกลือ) ด้วยระยะเวลาในการเผานาน 120 นาที ที่อุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ กัน โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับตารางที่ ค.17 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ ของตัวควบคุม (ไม่ได้ผสมเกลือ) ด้วยระยะเวลาในการเผานาน 120 นาที ที่อุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน เป็น 2 กลุ่มคือ

Subset 1		Subset 2	
600	700	800	900
229.4333	241.4000	335.8333	344.4167

ตารางที่ ค.35 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ผสมเกลือแกลงด้วยอัตราส่วน 1:1 ระยะเวลาในการเผา 120 นาที ด้วยอุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	198284.6492	66094.8831	84.7732	.0000
Within Groups	8	6237.3400	779.6675		
Total	11	204521.9892			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:1ระยะเวลาในการเผานาน 120 นาที ที่อุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ กันโดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับตารางที่ ค.17 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ เมื่อผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:1 ด้วยระยะเวลาในการเผานาน 120 นาที ที่อุณหภูมิในการเผา ต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันเป็น 3 กลุ่มคือ

Subset 1		Subset 2		Subset 3	
700	600	900	800		
220.5333	242.1333	448.7667	517.8000		

ตารางที่ ค.36 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:2 ระยะเวลาในการเผา 120 นาที ด้วยอุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	261844.8200	87281.6067	205.5252	.0000
Within Groups	8	3397.4067	424.6758		
Total	11	265242.2267			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:2ระยะเวลาในการเผานาน 120 นาที ที่อุณหภูมิในการเผา ต่าง ๆ กัน โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับตารางที่ ค.17 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ เมื่อผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:2 ด้วยระยะเวลาในการเผานาน 120 นาที ที่อุณหภูมิในการเผา ต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันเป็น 3 กลุ่มคือ

Subset 1		Subset 2		Subset 3	
600	700	900	800		
251.6333	277.8667	437.7667	621.2667		

ตารางที่ ค.37 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:3 ระยะเวลาในการเผา 120 นาที ด้วยอุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	183304.3558	61101.4519	26.2631	.0002
Within Groups	8	18612.0867	2326.5108		
Total	11	201916.4425			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:3 ระยะเวลาในการเผานาน 120 นาที ที่อุณหภูมิในการเผา ต่าง ๆ กัน โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับตารางที่ ค.17 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ เมื่อผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:3 ด้วยระยะเวลาในการเผานาน 120 นาที ที่อุณหภูมิในการเผา ต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันเป็น 3 กลุ่มคือ

Subset 1	Subset 2		Subset 3
600	700	900	800
235.4667	365.1333	420.0667	580.0333

ตารางที่ ค.38 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:4 ระยะเวลาในการเผา120 นาที ด้วยอุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	193852.7267	64617.5756	95.7886	.0000
Within Groups	8	5396.6800	674.5850		
Total	11	199249.4067			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:4 ระยะเวลาในการเผานาน 120 นาที ที่อุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ กัน โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับตารางที่ ข.17 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P<0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha= 0.05$ เมื่อผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:4 ด้วยระยะเวลาในการเผานาน 120 นาที ที่อุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันจริงทุกอุณหภูมิ

Subset 1	Subset 2	Subset 3	Subset 4
600	700	900	800
236.1667	332.8333	444.2667	577.0000

ตารางที่ ค.39 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:5 ระยะเวลาในการเผา 120 นาที ด้วยอุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	185443.4533	61814.4844	226.6557	.0000
Within Groups	8	2181.7933	272.7242		
Total	11	187625.2467			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:5 ระยะเวลาในการเผานาน 120 นาที ที่อุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ กัน โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับตารางที่ ค.17 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P<0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha= 0.05$ เมื่อผสมเกลือแกงด้วยอัตราส่วน 1:1 ด้วยระยะเวลาในการเผานาน 120 นาที ที่อุณหภูมิในการเผาต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันจริงทุกอุณหภูมิ

Subset 1	Subset 2	Subset 3	Subset 4
600	700	900	800
228.1333	322.8000	443.7333	558.0000

ตารางที่ ค.40 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ของตัวควบคุม (ไม่ได้ผสมเกลือ) ใช้อุณหภูมิในการเผา 600 องศาเซลเซียส ระยะเวลาเผานานต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	1090.1292	363.3764	1.8875	.2101
Within Groups	8	1540.1400	192.5175		
Total	11	2630.2692			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ของตัวควบคุม ที่อุณหภูมิในการเผา 600 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลานานต่างกัน โดยตั้งสมมติฐานดังนี้

- H_0 : ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ไม่แตกต่างกันสำหรับกลุ่มเวลาแตกต่างกัน 4 กลุ่ม
- H_1 : ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างน้อย 2 กลุ่ม
- หรือ H_0 : $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_4$
- H_1 : $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \dots \neq \mu_4$
- โดย μ_1 = ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ของตัวแปรเวลากลุ่มที่ 1
- μ_2 = ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ของตัวแปรเวลากลุ่มที่ 2
- μ_4 = ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ของตัวแปรเวลากลุ่มที่ 4

ค่า F Prob. มีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_1 ยอมรับ H_0 สรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ ของตัวควบคุมที่อุณหภูมิในการเผา 600 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลานานต่าง ๆค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันจริง ทุกเวลา

60	90	30	120
206.6667	208.9000	223.0333	229.4333

ตารางที่ ค.41 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ของตัวควบคุม (ไม่ได้ผสมเกลือ) ใช้อุณหภูมิในการเผา 700 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการเผานานต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	281.5367	93.8456	1.1028	.4028
Within Groups	8	680.8000	85.1000		
Total	11	962.3367			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ของตัวควบคุม ที่อุณหภูมิในการเผา 700 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลานานต่างกันโดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับตารางที่ ค.40 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P > 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ ของตัวควบคุม ที่อุณหภูมิในการเผา 700 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลานานต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันจริงทุกเวลา

120	90	60	30
241.4000	249.3667	251.0667	254.6333

ตารางที่ ค.42 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ของตัวควบคุม (ไม่ได้ผสมเกลือ) ใช้อุณหภูมิในการเผา 800 องศาเซลเซียส ใช้เวลานานต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	11942.7892	3980.9297	33.9416	.0001
Within Groups	8	938.3000	117.2875		
Total	11	12881.0892			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ของตัวควบคุม ที่อุณหภูมิในการเผา 800 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลานานต่างกันโดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับตารางที่ ค.40 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P > 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนัมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ ของตัวควบคุม ที่อุณหภูมิในการเผา 800 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ

Subset 1		Subset 2		Subset 3	
120	30	60	60	90	
335.8333	390.5000	408.0667	408.0667	417.1667	

ตารางที่ ค.43 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนัมเบอร์ ของตัวควบคุม (ไม่ได้ผสมเกลือ) ใช้อุณหภูมิในการเผา 900 องศาเซลเซียส ใช้เวลานานต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	26951.2052	8983.7351	12.0748	.0024
Within Groups	8	5952.0366	744.0046		
Total	11	32903.2418			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนัมเบอร์ของตัวควบคุม ที่อุณหภูมิในการเผา 900 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาต่าง ๆ กัน โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับตารางที่ ค.40 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนัมเบอร์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนัมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ ของตัวควบคุม ที่อุณหภูมิในการเผา 900 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ

Subset 1		Subset 2		Subset 3	
120	30	30	90	60	
344.4167	373.6667	373.6667	414.3067	470.7000	

ตารางที่ ค.44 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกง อัตราส่วน 1:1 ใช้อุณหภูมิในการเผา 600 องศาเซลเซียส ใช้เวลานานต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	3792.4492	1264.1497	.9478	.4621
Within Groups	8	10670.6400	1333.8300		
Total	11	14463.0892			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:1 ที่อุณหภูมิในการเผา 600 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลานานต่างกัน โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับ ตารางที่ ค.40 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P > 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:1 ที่อุณหภูมิในการเผา 600 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลานาน ต่างๆกัน ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันจริงทุกเวลา

30	60	120	90
223.1333	228.5000	242.1333	269.0667

ตารางที่ ค.45 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกง อัตราส่วน 1:1 ใช้อุณหภูมิในการเผา 700 องศาเซลเซียส ใช้เวลานานต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	46124.0025	15374.6675	12.9075	.0020
Within Groups	8	9529.1200	1191.1400		
Total	11	55653.1225			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:1 ที่อุณหภูมิในการเผา 700 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลานานต่างกัน โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับ ตารางที่ ค.40 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha=0.05$ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:1 ที่อุณหภูมิในการเผา 700 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ

Subset 1			Subset 2
120	60	30	90
220.5333	238.9000	266.0333	380.0333

ตารางที่ ค.46 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:1 ใช้อุณหภูมิในการเผา 800 องศาเซลเซียส ใช้เวลานานต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	48256.9225	16085.6408	10.0298	.0044
Within Groups	8	12830.3067	1603.7883		
Total	11	61087.2292			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:1 ที่อุณหภูมิในการเผา 800 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาต่าง ๆ กัน โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับตารางที่ ค.40 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P<0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha=0.05$ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:1 ที่อุณหภูมิในการเผา 800 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ

Subset 1		Subset 2	
30	120	60	90
458.2333	517.8000	603.3000	611.7000

ตารางที่ ค.47 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:1 ใช้อุณหภูมิในการเผา 900 องศาเซลเซียส ใช้เวลานานต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	100603.3758	3534.4586	17.8732	.0007
Within Groups	8	15009.9733	1876.2467		
Total	11	115613.3492			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:1 ที่อุณหภูมิในการเผา 900 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาต่างกัน โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับตารางที่ ค.40 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:1 ที่อุณหภูมิในการเผา 900 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ

Subset 1		Subset 2	
120	30	60	90
448.7667	501.8667	625.9000	676.1000

ตารางที่ ค.48 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:2 ใช้อุณหภูมิในการเผา 600 องศาเซลเซียส ใช้เวลานานต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	1540.5958	513.5319	1.2889	.3428
Within Groups	8	3187.4933	398.4367		
Total	11	4728.0892			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:2 ที่อุณหภูมิในการเผา 600 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาต่างกัน โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับตารางที่ ค.40 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P > 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:2 ที่อุณหภูมิในการเผา 900 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาานาน ต่างๆกัน ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ทุกเวลา

120	60	90	30
251.6333	256.1000	267.0333	281.0000

ตารางที่ ค.49 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:2 ใช้อุณหภูมิในการเผา 700 องศาเซลเซียส ใช้เวลานานต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	25165.9625	8388.6542	796.2652	.0000
Within Groups	8	84.2800	10.5350		
Total	11	25250.2425			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:2 ที่อุณหภูมิในการเผา 700 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาานานต่างกัน โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับตารางที่ ค.40 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:2 ที่อุณหภูมิในการเผา 700 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาานาน ต่างๆกัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ

Subset 1	Subset 2		Subset 3
30	60	120	90
267.1000	276.5667	277.8667	379.1667

ตารางที่ ค.50 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกง อัตราส่วน 1:2 ใช้อุณหภูมิในการเผา 800 องศาเซลเซียส ใช้เวลานานต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	126211.2833	42070.4278	403.3372	.0000
Within Groups	8	834.4467	104.3058		
Total	11	127045.7300			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:2 ที่อุณหภูมิในการเผา 800 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาต่างกัน โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับ ตารางที่ ค.40 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:2 ที่อุณหภูมิในการเผา 800 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ

Subset 1		Subset 2	
30	120	60	90
387.6333	621.2667	621.3667	630.3333

ตารางที่ ค.51 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกง อัตราส่วน 1:2 ใช้อุณหภูมิในการเผา 900 องศาเซลเซียส ใช้เวลานานต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	93896.3492	31298.7831	31.3151	.0001
Within Groups	8	7995.8200	999.4775		
Total	11	101892.1692			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:2 ที่อุณหภูมิในการเผา 900 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาต่างกัน โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับ ตารางที่ ค.40 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:2 ที่อุณหภูมิในการเผา 900 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลานานต่างกัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ

Subset 1	Subset 2		Subset 3
120	60	30	90
437.7667	537.9333	553.0667	686.4000

ตารางที่ ค.52 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:3 ใช้อุณหภูมิในการเผา 600 องศาเซลเซียส ใช้เวลานานต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	12582.3758	4194.1253	60.1000	.0000
Within Groups	8	558.2867	69.7858		
Total	11	13140.6625			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:3 ที่อุณหภูมิในการเผา 600 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลานานต่างกัน โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับตารางที่ ค.40 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:3 ที่อุณหภูมิในการเผา 600 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลานานต่างกัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ

Subset 1	Subset 2		Subset 3
120	30	60	90
235.4667	264.5333	264.8333	324.4667

ตารางที่ ค.53 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกง อัตราส่วน 1:3 ใช้อุณหภูมิในการเผา 700 องศาเซลเซียส ใช้เวลานานต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	23814.5100	7938.1700	18.3560	.0006
Within Groups	8	3459.6467	432.4558		
Total	11	27274.1567			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:3 ที่อุณหภูมิในการเผา 700 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาต่างกัน โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับ ตารางที่ ค.40 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:2 ที่อุณหภูมิในการเผา 700 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ

Subset 1		Subset 2	
30	60	120	90
265.7000	295.8000	365.1333	369.3000

ตารางที่ ค.54 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกง อัตราส่วน 1:3 ใช้อุณหภูมิในการเผา 800 องศาเซลเซียส ใช้เวลานานต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	98210.8625	32736.9542	57.3441	.0000
Within Groups	8	4567.0867	570.8858		
Total	11	102777.9492			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:3 ที่อุณหภูมิในการเผา 800 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาต่างกัน โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับ ตารางที่ ค.40 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:3 ที่อุณหภูมิในการเผา 800 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ

Subset 1	Subset 2		Subset 3	
30	120	60	60	90
410.6667	580.0333	607.7333	607.7333	648.1333

ตารางที่ ค.55 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:3 ใช้อุณหภูมิในการเผา 900 องศาเซลเซียส ใช้เวลานานต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	75708.9825	25236.3275	9.5726	.0050
Within Groups	8	21090.5467	2636.3183		
Total	11	96799.5292			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:3 ที่อุณหภูมิในการเผา 900 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาต่าง ๆ กัน โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับตารางที่ ค.40 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:3 ที่อุณหภูมิในการเผา 900 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ

Subset 1		Subset 2		Subset 3
120	30	30	60	90
420.0667	481.8000	481.8000	521.5000	637.8000

ตารางที่ ค.56 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:4 ใช้อุณหภูมิในการเผา 600 องศาเซลเซียส ใช้เวลานานต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	7383.1825	2461.0608	36.9455	.0000
Within Groups	8	532.9067	66.6133		
Total	11	7916.0892			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:4 ที่อุณหภูมิในการเผา 600 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาต่างกัน โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับตารางที่ ค.40 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:4 ที่อุณหภูมิในการเผา 600 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ

Subset 1	Subset 2		Subset 3
120	90	30	60
236.1667	265.1333	276.0667	305.4667

ตารางที่ ค.57 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:4 ใช้อุณหภูมิในการเผา 700 องศาเซลเซียส ใช้เวลานานต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	15728.5825	5242.8608	3.4624	.0711
Within Groups	8	12113.8467	1514.2308		
Total	11	27842.4292			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:4 ที่อุณหภูมิในการเผา 700 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาต่างกัน โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับตารางที่ ค.40 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P > 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:4 ที่อุณหภูมิในการเผา 700 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาานาน ต่างๆกัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ โดยทั้งกลุ่ม 1 และกลุ่ม 2 แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

Subset 1			Subset 2		
30	60	120	60	120	90
262.0667	299.8333	332.8333	299.8333	332.8333	358.6333

ตารางที่ ค.58 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:4 ที่อุณหภูมิในการเผา 800 องศาเซลเซียส ใช้เวลานานต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	81591.9492	27197.3164	42.6516	.0000
Within Groups	8	5101.3000	637.6625		
Total	11	86693.2492			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:4 ที่อุณหภูมิในการเผา 800 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาานานต่างกัน โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับตารางที่ ค.40 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:4 ที่อุณหภูมิในการเผา 800 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาานาน ต่างๆกัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ

Subset 1		Subset 2	
30	120	60	90
404.9333	577.0000	585.2333	615.2667

ตารางที่ ค.59 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกง อัตราส่วน 1:4 ใช้อุณหภูมิในการเผา 900 องศาเซลเซียส ใช้เวลานานต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	84633.2167	28211.0722	102.6473	0000
Within Groups	8	2198.6800	274.8350		
Total	11	86831.8967			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:4 ที่อุณหภูมิในการเผา 900 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาต่างกัน โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับ ตารางที่ ค.40 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:4 ที่อุณหภูมิในการเผา 600 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ

Subset 1		Subset 2		Subset 3
120	30	60		90
444.2667	470.2333	520.7000		661.6667

ตารางที่ ค.60 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกง อัตราส่วน 1:5 ใช้อุณหภูมิในการเผา 600 องศาเซลเซียส ใช้เวลานานต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	2252.8700	750.9567	.6348	.6132
Within Groups	8	9464.3800	1183.0475		
Total	11	11717.2500			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:5 ที่อุณหภูมิในการเผา 600 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาต่างกัน โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับ ตารางที่ ค.40 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P > 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:5 ที่อุณหภูมิในการเผา 600 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ทุกเวลา

120	60	90	30
228.1333	233.6333	255.5333	260.1000

ตารางที่ ค.61 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:5 ใช้อุณหภูมิในการเผา 700 องศาเซลเซียส ใช้เวลานานต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	10671.2067	3557.0689	2.8606	.1043
Within Groups	8	9947.6200	1243.4525		
Total	11	20618.8267			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:5 ที่อุณหภูมิในการเผา 700 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาต่าง ๆ กัน โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับตารางที่ ค.40 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P > 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:5 ที่อุณหภูมิในการเผา 700 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ

Subset 1			Subset 2		
30	60	120	60	120	90
270.4667	318.6333	322.8000	318.6333	322.8000	353.8333

ตารางที่ ค.62 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์เมื่อผสมเกลือแกง อัตราส่วน 1:5 ใช้อุณหภูมิในการเผา 800 องศาเซลเซียส ใช้เวลานานต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	85455.6292	28485.2097	58.0951	.0000
Within Groups	8	3922.5600	490.3200		
Total	11	89378.1892			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:5 ที่อุณหภูมิในการเผา 800 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาต่าง ๆ กัน โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับ ตารางที่ ค.40 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:5 ที่อุณหภูมิในการเผา 800 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาต่าง ๆ กัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ

Subset 1	Subset 2		Subset 3	
30	120	60	60	90
390.9667	558.0000	589.3667	589.3667	600.2333

ตารางที่ ค.63 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกง อัตราส่วน 1:5 ใช้อุณหภูมิในการเผา 900 องศาเซลเซียส ใช้เวลานานต่าง ๆ กัน

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	18578.6292	6192.8764	13.7891	.0016
Within Groups	8	3592.9200	449.1150		
Total	11	22171.5492			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:5 ที่อุณหภูมิในการเผา 900 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาต่าง ๆ กัน โดยตั้งสมมติฐานเช่นเดียวกับ ตารางที่ ค.40 พบว่ามีค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ระดับ $\alpha = 0.05$ เมื่อผสมเกลือแกงอัตราส่วน 1:5 ที่อุณหภูมิในการเผา 900 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลานาน ต่างๆกัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ

Subset 1	Subset 2		Subset 3	
120	30	60	60	90
443.7333	494.0333	520.2667	520.2667	551.0000

ตารางที่ ค.64 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ของตัวแปรต้นทั้ง 3 ปัจจัย (อัตราส่วน ,อุณหภูมิ และเวลา)

ANALYSIS OF VARIANCE					
EXPERIMENTAL sums of squares			Covariates entered FIRST		
Source of Variation	Sum of Squares	DF	Mean Square	F	Sig of F
Main Effects	5138972.254	11	467179.296	615.202	.000
RATIO	399397.307	5	79879.461	105.189	.000
TEMP	4324894.925	3	1441631.642	1898.404	.000
TIME	414680.021	3	138226.674	182.023	.000
2-Way Interactions	580051.197	39	14873.108	19.586	.000
RATIO TEMP	154509.282	15	10300.619	13.564	.000
RATIO TIME	83330.896	15	5555.393	7.316	.000
TEMP TIME	342211.020	9	38023.447	50.071	.000
3-Way Interactions	162246.661	45	3605.481	4.748	.000
RATIO TEMP TIME	162246.661	45	3605.481	4.748	.000
Explained	5881270.112	95	61908.106	81.523	.000
Residual	145803.137	192	759.391		
Total	6027073.248	287	21000.255		

1. สำหรับตัวแปร RATIO คืออัตราส่วนที่แตกต่างกัน 6 กลุ่ม

H_0 : ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ไม่แตกต่างกันสำหรับกลุ่ม RATIO ที่แตกต่างกัน 6 กลุ่ม

H_1 : ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างน้อยสองกลุ่ม RATIO

หรือ

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_N$$

$$H_1 : \mu_i \neq \mu_j \quad (i \neq j)$$

Sig of F คือ .000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ยอมรับ H_1 สรุปผลได้ว่า ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 อย่างน้อย 2 กลุ่ม

2. สำหรับตัวแปร TEMP คืออุณหภูมิ ที่แตกต่างกัน 4 กลุ่ม

$$H_0 : \text{ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ไม่แตกต่างกันสำหรับกลุ่ม TEMP ที่แตกต่างกัน 4 กลุ่ม}$$

$$H_1 : \text{ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างน้อยสองกลุ่ม TEMP}$$

หรือ

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

$$H_1 : \mu_i \neq \mu_j \quad (i \neq j)$$

Sig of F คือ .000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ยอมรับ H_1 สรุปผลได้ว่า ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 อย่างน้อย 2 กลุ่ม

3. สำหรับตัวแปร TIME คือเวลาที่แตกต่างกัน 4 กลุ่ม

$$H_0 : \text{ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ไม่แตกต่างกันสำหรับกลุ่ม TIME ที่แตกต่างกัน 4 กลุ่ม}$$

$$H_1 : \text{ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างน้อยสองกลุ่ม TIME}$$

หรือ

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

$$H_1 : \mu_i \neq \mu_j \quad (i \neq j)$$

Sig of F คือ .000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ยอมรับ H_1 สรุปผลได้ว่า ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 อย่างน้อย 2 กลุ่ม

4. สำหรับผลกระทบร่วมระหว่าง RATIO และ TEMP

$$H_0 : \text{ไม่มีผลกระทบร่วมระหว่างกลุ่ม RATIO และ TEMP ต่อค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์}$$

$$H_1 : \text{มีผลกระทบร่วมระหว่างกลุ่ม RATIO และ TEMP ต่อค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์}$$

หรือ

$$H_0 : (\alpha\beta)_{11} = (\alpha\beta)_{12} \dots = (\alpha\beta)_{64} = 0$$

$$H_1 : (\alpha\beta)_{ij} \neq 0$$

Sig of F คือ .000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ยอมรับ H_1 สรุปผลได้ว่า มีผลกระทบร่วมระหว่างกลุ่ม RATIO และ TEMP ต่อค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เมื่อปฏิเสธสมมติฐาน ทำการทดสอบต่อไป โดยตั้งสมมติฐานคือ

H_0 : ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ของแต่ละกลุ่ม RATIO และ TEMP ต่าง ๆ ไม่แตกต่างกัน

H_1 : ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างน้อย 2 กลุ่ม

หรือ

$$H_0 : \mu_{11} = \mu_{12} = \mu_{13} \dots = \mu_{64}$$

$$H_1 : \mu_{ijk} \neq \mu_{lmn} \quad (i \neq l, j \neq m, k \neq n)$$

Sig of F คือ .000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ยอมรับ H_1 สรุปผลได้ว่าค่าไอโอดีนนมเบอร์เฉลี่ยมีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สำหรับกลุ่ม RATIO และ TEMP ที่แตกต่างกัน

5. สำหรับผลกระทบร่วมระหว่าง RATIO และ TIME

H_0 : ไม่มีผลกระทบร่วมระหว่างกลุ่ม RATIO และ TIME ต่อค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์

H_1 : มีผลกระทบร่วมระหว่างกลุ่ม RATIO และ TIME ต่อค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์

หรือ

$$H_0 : (\alpha\beta)_{11} = (\alpha\beta)_{12} \dots = (\alpha\beta)_{64} = 0$$

$$H_1 : (\alpha\beta)_{ij} \neq 0$$

Sig of F คือ .000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ยอมรับ H_1 สรุปผลได้ว่า มีผลกระทบร่วมระหว่างกลุ่ม RATIO และ TIME ต่อค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เมื่อปฏิเสธสมมติฐาน ทำการทดสอบต่อไป โดยตั้งสมมติฐานคือ

H_0 : ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ของแต่ละกลุ่ม RATIO และ TIME ต่าง ๆ ไม่แตกต่างกัน

H_1 : ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างน้อย 2 กลุ่ม

หรือ

$$H_0 : \mu_{11} = \mu_{12} = \mu_{13} \dots = \mu_{64}$$

$$H_1 : \mu_{ijk} \neq \mu_{lmn} \quad (i \neq l, j \neq m, k \neq n)$$

Sig of F คือ .000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ยอมรับ H_1 สรุปผลได้ว่า ค่าไอโอดีนเฉลี่ยมีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สำหรับกลุ่ม RATIO และ TIME ที่แตกต่างกัน

6. สำหรับผลกระทบร่วมระหว่าง TEMP และ TIME

H_0 : ไม่มีผลกระทบร่วมระหว่างกลุ่ม TEMP และ TIME ต่อค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์

H_1 : มีผลกระทบร่วมระหว่างกลุ่ม TEMP และ TIME ต่อค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์

หรือ

$$H_0 : (\alpha\beta)_{11} = (\alpha\beta)_{12} \dots = (\alpha\beta)_{44} = 0$$

$$H_1 : (\alpha\beta)_{ij} \neq 0$$

Sig of F คือ .000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ยอมรับ H_1 สรุปผลได้ว่า มีผลกระทบร่วมระหว่างกลุ่ม TEMP และ TIME ต่อค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เมื่อปฏิเสธสมมติฐาน ทำการทดสอบต่อไป โดยตั้งสมมติฐานคือ

H_0 : ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ของแต่ละกลุ่ม RATIOและTEMP ต่าง ๆ ไม่แตกต่างกัน

H_1 : ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างน้อย 2 กลุ่ม

หรือ

$$H_0 : \mu_{11} = \mu_{12} = \mu_{13} \dots = \mu_{44}$$

$$H_1 : \mu_{ijk} \neq \mu_{lmn} \quad (i \neq l, j \neq m, k \neq n)$$

Sig of F คือ .000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ยอมรับ H_1 สรุปผลได้ว่า ค่าไอโอดีนเฉลี่ยมีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สำหรับกลุ่ม TEMP และ TIME ที่แตกต่างกัน

7. สำหรับผลกระทบร่วมระหว่าง RATIO TEMP TIME

H_0 : ไม่มีผลกระทบร่วมระหว่างกลุ่ม RATIO TEMP TIME ต่อค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์

H_1 : มีผลกระทบร่วมระหว่างกลุ่ม RATIO TEMP TIME ต่อค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์

หรือ

$$H_0 : (\alpha\beta)_{111} = (\alpha\beta)_{112} \dots = (\alpha\beta)_{644} = 0$$

$$H_1 : (\alpha\beta)_{ijk} \neq 0$$

Sig of F คือ .000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ยอมรับ H_1 สรุปผลได้ว่า มีผลกระทบร่วมระหว่างกลุ่ม RATIO TEMP TIME ต่อค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เมื่อปฏิเสธสมมติฐาน ทำการทดสอบต่อไป โดยตั้งสมมติฐานคือ

H_0 : ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์ของแต่ละกลุ่ม RATIOและTEMP ต่าง ๆ ไม่แตกต่างกัน

H_1 : ค่าเฉลี่ยไอโอดีนนมเบอร์แตกต่างกันอย่างน้อย 2 กลุ่ม

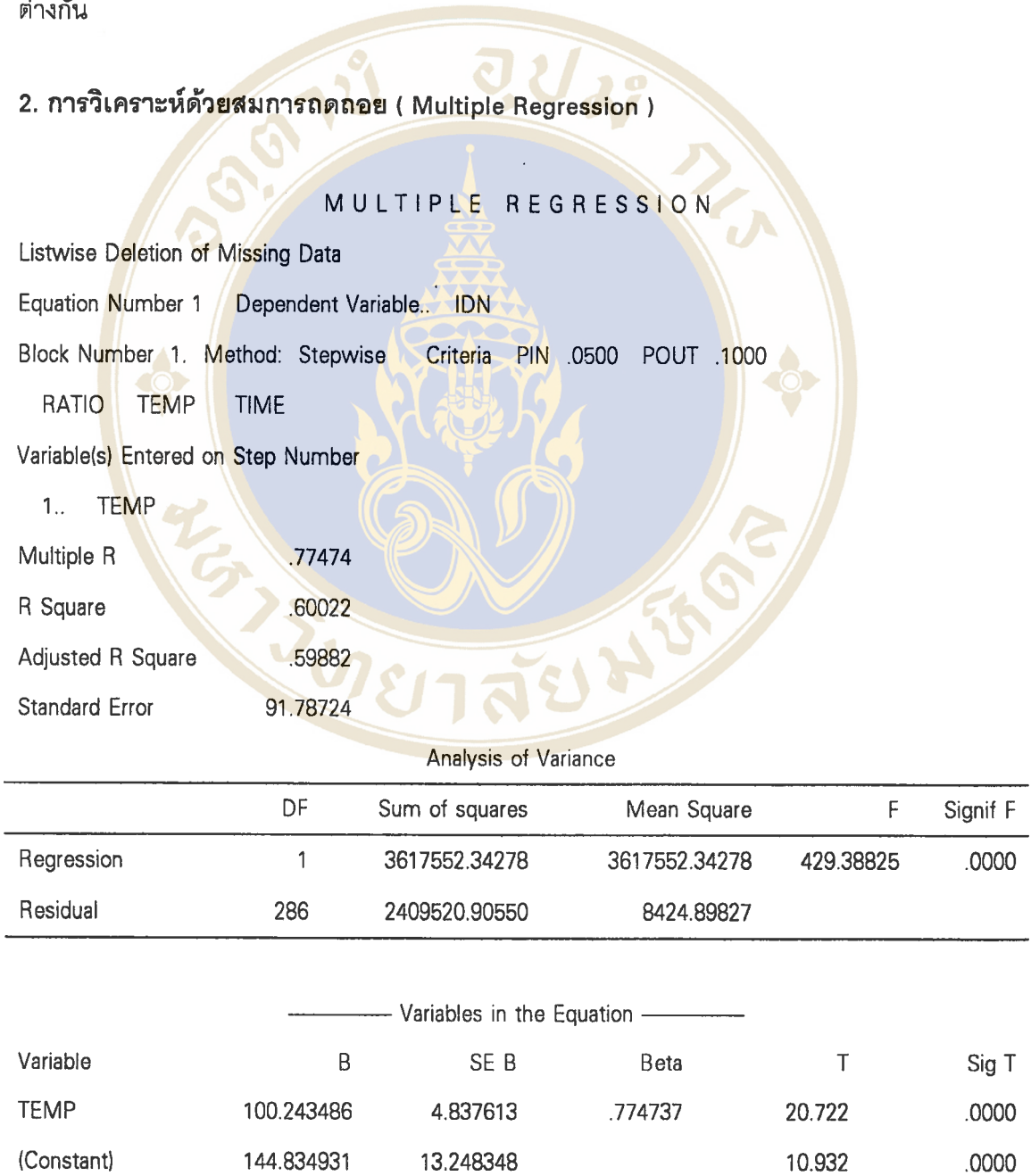
หรือ

$H_0 : \mu_{111} = \mu_{112} = \mu_{113} \dots = \mu_{644}$

$H_1 : \mu_{ijkl} \neq \mu_{mnop} \ (i \neq mj \neq nk \neq ol \neq p)$

Sig of F คือ .000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ยอมรับ H_1 สรุปผลได้ว่า ค่าไออินเดียนเฉลี่ยมีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สำหรับกลุ่ม RATIO TEMP TIME ที่แตกต่างกัน

2. การวิเคราะห์ด้วยสมการถดถอย (Multiple Regression)



Variables not in the Equation					
Variable	Beta In	Partial	Min Toler	T	Sig T
RATIO	.150291	.237696	1.000000	4.131	.0000
TIME	.079336	.125476	1.000000	2.135	.0336

M U L T I P L E R E G R E S S I O N

Equation Number 1 Dependent Variable.. IDN

Variable(s) Entered on Step Number

2.. RATIO

Multiple R	.78918
R Square	.62280
Adjusted R Square	.62016
Standard Error	89.31286

A n a l y s i s o f V a r i a n c e

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Signif F
Regression	2	753688.87254	1876844.43627	235.28826	.0000
Residual	285	2273384.37573	7976.78728		

Variables in the Equation					
Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
TEMP	100.243486	4.707201	.774737	21.296	.0000
RATIO	12.730565	3.081586	.150291	4.131	.0000
(Constant)	113.008517	15.017795		7.525	.0000

Variables not in the Equation					
Variable	Beta In	Partial	Min Toler	T	Sig T
TIME	.079336	.129178	1.000000	2.195	.0289

MULTIPLE REGRESSION

Equation Number 1 Dependent Variable.. IDN

Variable(s) Entered on Step Number

3.. TIME

Multiple R .79316
R Square .62910
Adjusted R Square .62518
Standard Error 88.72033

Analysis of Variance					
	DF	Sum of squares	Mean Square	F	Signif F
Regression	3	791624.92514	1263874.97505	160.56756	.0000
Residual	284	235448.32313	7871.29691		

Variables in the Equation					
Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
TEMP	100.243486	4.675972	.774737	21.438	.0000
RATIO	12.730565	3.061142	.150291	4.159	.0000
TIME	10.265375	4.675972	.079336	2.195	.0289
(Constant)	87.345079	18.952731		4.609	.0000

End Block Number 1 POUT = .100 Limits reached.

จากผลการวิเคราะห์สมการถดถอยสามารถเขียนสมการถดถอยได้ดังนี้

$$\hat{Y} = 87.345079 + 10.265375 X_1 + 12.730565 X_2 + 100.243486 X_3$$

โดย $\hat{Y}$ = ไอโอดีนนมเบอร์

X_1 = อุณหภูมิ

X_2 = อัตราส่วน

X_3 = เวลา

ภาคผนวก ง

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ถ่านกัมมันต์ มอก.900-2532

1. ชนิด

ถ่านกัมมันต์แบ่งออกเป็นสองชนิดคือ

- 1.1 ถ่านกัมมันต์ผง (powder activated carbon)
- 1.2 ถ่านกัมมันต์เม็ด (granular activated carbon)

2. ขนาด

ถ่านกัมมันต์ผง

ให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขายแต่ปริมาณที่ผ่านร่ง 150 ไมโครเมตรต้องไม่เกินร้อยละ 99 โดยน้ำหนัก การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 4.3.1

ถ่านกัมมันต์เม็ด

ให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขายแต่ปริมาณที่ผ่านร่ง 150 ไมโครเมตร ต้องไม่เกินร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 4.3.2

3. คุณสมบัติที่ต้องการ

3.1 ลักษณะทั่วไป

3.1.1 ถ่านกัมมันต์ผง ต้องเป็นผงละเอียดสีดำ ปราศจากสิ่งแปลกปลอมใด ๆ

3.1.2 ถ่านกัมมันต์เม็ด ต้องเป็นเม็ดสีดำ ปราศจากสิ่งแปลกปลอมใด ๆ

3.2 คุณสมบัติทางฟิสิกส์และทางเคมี

3.2.1 ถ่านกัมมันต์ผง ให้เป็นไปตามตารางที่ ง.1

ตารางที่ ง. 1 คุณสมบัติทางฟิสิกส์และทางเคมีของถ่านกัมมันต์ผง

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด	วิธีทดสอบตาม
1	ค่าไอโอดีนไม่น้อยกว่า	600	AWWA B 600
2	ความหนาแน่นปรากฏ กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร	0.20 ถึง 0.75	



3.2.2 ถ่านกัมมันต์เม็ด ให้เป็นไปตามตารางที่ ง.2

ตารางที่ ง.2 คุณสมบัติทางฟิสิกส์และทางเคมีของถ่านกัมมันต์เม็ด

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด	วิธีทดสอบตาม
1	ค่าไอโอดีน ไม่น้อยกว่า	600	AWWA B 604
2	ความชื้น ร้อยละ ไม่เกิน	8	
3	ความหนาแน่นปรากฏ กรัมต่อลูกบาศก์ เซนติเมตร ไม่น้อยกว่า	0.36	AWWA B 604 Ro-Tap abrasion test
4	ความแข็ง ร้อยละ ไม่น้อยกว่า	70	