รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

“ การศึกษาไอโซเทอร์มความชื้นของผลิตภัณฑ์อาหารสุนัขและอาหารแมว”

“ Sorption Isotherm of Dry Pet Foods “

โดย

นางสาวนรีรัตน์ หาญวัฒนา

B4151159

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชา 305497 สหกิจศึกษา

สาขาเทคโนโลยีอาหาร

สำนัก วิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วันที่ 28 ธันวาคม 2544

รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

“ การศึกษาไอโซเทอร์มความชื้นของผลิตภัณฑ์อาหารสุนัขและอาหารแมว”

“ Sorption Isotherm of Dry Pet Foods “

โดย

นางสาวนรีรัตน์ หาญวัฒนา

B4151159

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปฏิบัติงาน ณ

บริษัท เอฟเฟ็ม ฟูดส์ (ประเทศไทย) จำกัด

เลขที่ 799 หมู่ที่ 4 ถ.ปากช่อง-ลำสมพุง อ.ปากช่อง จังหวัด นครราชสีมา 30130

วันที่ 28 ธันวาคม 2544

วันที่ 28 ธันวาคม 2544

เรื่อง ขอส่งรายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

เรียน อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

ตามที่ข้าพเจ้า นางสาวนรีรัตน์ หาญวัฒนา นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ได้ไปปฏิบัติงานสหกิจศึกษา (305497) ระหว่างวันที่ 10 กันยายน พ.ศ.2544 ถึงวันที่ 28 ธันวาคม 2544 ในตำแหน่งนักศึกษาฝึกงานแผนก R & D /PD (ปฏิบัติงานเป็นผู้ช่วยนักเทคโนโลยีอาหาร ณ ห้องปฏิบัติการทางเคมี) และได้รับมอบหมายจาก Job supervisor ให้ศึกษาและทำรายงานเรื่อง การศึกษาไอโซเทอร์มความชื้นของผลิตภัณฑ์อาหารสุนัขและอาหารแมว (Sorption Isotherm of Dry Pet Foods) บริษัท เอฟเฟ็ม ฟูดส์ (ประเทศไทย) จำกัด

บัดนี้ การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาได้สิ้นสุดลงแล้ว ข้าพเจ้าจึงขอส่งรายงานดังกล่าวมาพร้อมนี้ จำนวน 1 เล่ม เพื่อขอรับคำปรึกษาต่อไป

จึงเรียนมาโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(นางสาว นรีรัตน์ หาญวัฒนา)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กิตติกรรมประกาศ

(Acknowledgment)

การที่ข้าพเจ้าได้มาปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ณ บริษัท เอฟเฟ็ม ฟูดส์ (ประเทศไทย) จำกัด ตั้งแต่วันที่ 10 กันยายน พ.ศ.2544 ถึงวันที่ 28 ธันวาคม พ.ศ.2544 ส่งผลให้ข้าพเจ้าได้รับความรู้และประสบการณ์ต่างๆที่มีค่ามากมาย สำหรับรายงานวิชาสหกิจศึกษาฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีจากความร่วมมือและสนับสนุนจากหลายฝ่าย ดังนี้

1. คุณ จรียา แสงไชยา (QA Manager)
2. คุณ วิไลลักษณ์ สมใจ (seneir labtechnician, chemist) ซึ่งเป็น Co-op Supervisor
3. คุณ จารุณีย์ จีคำ (Labtechnician,chemist)

และบุคคลากรท่านอื่นๆที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่านที่ได้ให้คำแนนำและความช่วยเหลือในการจัดทำรายงาน

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูลเป็นที่ปรึกษาในการทำรายงานฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ตลอดจนให้การดูแล และให้ความเข้าใจเกี่ยวกับชีวิตการทำงานจริง ข้าพเจ้าขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

นางสาว นรีรัตน์ หาญวัฒนา

ผู้จัดทำรายงาน

28 ธันวาคม 2544

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อ

(Abstract)

บริษัท เอฟเฟ็ม ฟูดส์ (ประเทศไทย) จำกัด เป็นบริษัทที่ผลิตอาหารสุนัขและอาหารแมวภายใต้ชื่อ PEDIGREE และ WHISKAS และพยายามหาวิธีปรับปรุงคุณภาพของอาหารสุนัขและอาหารแมวมาโดยตลอดรวมถึงอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ด้วย จึงได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำอิสระ (a_w) และค่าความชื้นในผลิตภัณฑ์ Dog 1, Dog 2, Dog 3, Cat1 และ Cat2 เนื่องจากค่าปริมาณน้ำอิสระที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์เชื่อมโยงสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ จึงต้องมีการควบคุมค่าปริมาณน้ำอิสระให้อยู่ในช่วงที่กำหนดคือ ไม่เกิน 0.63 และระหว่างการผลิตจะต้องควบคุมค่าความชื้นไม่เกิน 7.5-8 % ดังนั้นจากการทดลองหาไอโซเทอร์มความชื้นของผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 ชนิดดังที่กล่าวมาพบว่า สามารถที่จะเพิ่มค่าความชื้นในมากกว่า 7-8.5 % ได้ในขณะที่ค่าปริมาณน้ำอิสระยังอยู่ในช่วงที่ทางโรงงานกำหนด ความสำคัญที่ต้องควบคุมค่าปริมาณน้ำอิสระเนื่องจากน้ำอิสระที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์เป็นน้ำอิสระที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและเป็นสาเหตุในการที่อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์น้อยกว่าที่กำหนดในขณะที่ค่าเปอร์เซนต์ความชื้นรวมถึงปริมาณน้ำอิสระที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ได้และน้ำที่ถูกยึดกับองค์ประกอบของอาหารจึงเป็นเพียงค่าที่บอกแนวโน้มการเจริญของจุลินทรีย์ เท่านั้นไม่สามารถเป็นดัชนีเช่นค่าปริมาณน้ำอิสระได้

จากการปฏิบัติงานสหกิจศึกษาในการศึกษาไอโซเทอรีมความชื้นของผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 ผลิตภัณฑ์ดังที่กล่าวมาสามารถเพิ่มค่าความชื้นมากกว่าที่กำหนดโดยที่ค่าปริมาณน้ำอิสระไม่เกิน 0.63 ได้เพียงผลิตภัณฑ์เดียวคือ Cat 2 เพื่อเป็นข้อมูลเพื่อทำการปรับปรุงกระบวนการผลิต การคัดเลือกวัตถุดิบที่เหมาะสมต่อไป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทที่1	1-2
- ประวัติความเป็นมาและนโยบายของบริษัท	
บทที่2	2-5
รายละเอียดของงานที่ปฏิบัติ	
-2.1ความสำคัญของปริมาณน้ำอิสระ	2-3
-2.2ไอโซเทอร์มของการดูดซับความชื้น	3-5
-2.3วัตถุประสงค์ในการทดลอง	5
ผลการทดลอง	6-15
สรุปผลการทดลอง	16
ภาคผนวก	17-20

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1 วิธีพื้นฐานสำหรับวัดไอโซเทอร์มความชื้น	4
2 ไอโซเทอร์มความชื้นของอาหารชนิดหนึ่ง	4
3 อัตราเร็วของปฏิกิริยาในอาหารเป็นฟังชั่นกับแอกติวิตี้ของน้ำ	5
กราฟรูปที่1 แสดงไอโซเทอร์มความชื้นของ Dog1ที่อุณหภูมิ 25 °C	11
กราฟรูปที่2 แสดงไอโซเทอร์มความชื้นของ Dog1ที่อุณหภูมิ 30 °C	11
กราฟรูปที่3 แสดงไอโซเทอร์มความชื้นของ Cat1ที่อุณหภูมิ 25°C	12
กราฟรูปที่4 แสดงไอโซเทอร์มความชื้นของ Cat1ที่อุณหภูมิ 30°C	12
กราฟรูปที่5 แสดงไอโซเทอร์มความชื้นของ Dog2ที่อุณหภูมิ 25°C	13
กราฟรูปที่6 แสดงไอโซเทอร์มความชื้นของ Dog2ที่อุณหภูมิ 30°C	13
กราฟรูปที่7 แสดงไอโซเทอร์มความชื้นของ Dog3ที่อุณหภูมิ 25°C	14
กราฟรูปที่8 แสดงไอโซเทอร์มความชื้นของ Dog3ที่อุณหภูมิ 30°C	14
กราฟรูปที่9 แสดงไอโซเทอร์มความชื้นของ Cat2ที่อุณหภูมิ 25°C	15
กราฟรูปที่10 แสดงไอโซเทอร์มความชื้นของ Cat2ที่อุณหภูมิ 30°C	15

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 แสดงค่าปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ Dog1และค่าเปอร์เซนต์ความชื้นที่อุณหภูมิ 25และ30°C	6
2 แสดงค่าปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ Cat1และค่าเปอร์เซนต์ความชื้นที่อุณหภูมิ 25และ30°C	7
3 แสดงค่าปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ Dog2และค่าเปอร์เซนต์ความชื้นที่อุณหภูมิ 25และ30°C	8
4 แสดงค่าปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ Dog3และค่าเปอร์เซนต์ความชื้นที่อุณหภูมิ 25และ30°C	9
5 แสดงค่าปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ Dog3และค่าเปอร์เซนต์ความชื้นที่อุณหภูมิ 25และ30°C	10

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่1
บทนำ

ประวัติความเป็นมาของโรงงาน

บริษัท Effem Thailand Inc และ Effem Foods (thailand)
เป็นส่วนหนึ่งของธุรกิจที่มีเครือข่ายทั่วโลกของกลุ่มบริษัท มาร์ส
ซึ่งเป็นธุรกิจครอบครัวมีพนักงานมากกว่า 31,000 คนใน 62 ประเทศ

Effem Foods (Thailand)CO.,LTD.

◆หน่วยการผลิตในท้องถิ่นของกลุ่มธุรกิจมาร์สโดยได้รับการส่งเสริมการลงทุนจากคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุนแห่งประเทศไทย

◆การก่อสร้างโรงงานส่วนแรกได้เริ่มขึ้นในเดือนเมษายน 2541 เสร็จสมบูรณ์เดือน เมษายน 2542 ผลิตอาหารสุนัขและอาหารแมวภายใต้ชื่อ PEDIGREE และ WHISKAS ตั้งอยู่ที่ 799 หมู่ 4 ถ.ปากช่อง-ลำสมพุงต.ปากช่อง จ.นครราชสีมา 30130

เป้าหมายทางธุรกิจ

◆สร้างผลิตภาพสูงสุดจากทรัพย์สินที่ลงทุนและผู้ที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงาน

◆แสวงหาการสร้างสรรค์และพัฒนาแหล่งทรัพยากรใหม่ๆตามสถานการณ์ในการปฏิบัติงานที่เปลี่ยนแปลงไป

◆สร้างโอกาสให้แก่ผู้เกี่ยวข้องในธุรกิจเพื่อพัฒนาศักยภาพสูงสุดของพวกเขา

“การรักษาไว้ซึ่งความเป็นผู้นำการเจริญเติบโตที่ให้ผลกำไรและมาตรฐานต่างๆที่ผู้เป็นเจ้าของธุรกิจและสังคมต้องการอย่างต่อเนื่อง “

โครงสร้างธุรกิจ

ฝ่ายการตลาด/Marketing
ฝ่ายขาย/Sales
ฝ่ายบุคคลและบริหาร/Personnel & Organization
ฝ่ายบริหารและการเงิน/Service & Finance
ฝ่ายวิจัยและพัฒนา/Reseach & Development
ฝ่ายพาณิชย์/Commercial

ความรับผิดชอบของผู้ร่วมงานเป็นไปตามลำดับดังต่อไปนี้

ผู้จัดการฝ่าย ⟹ กรรมการผู้จัดการ

⇑ ได้รับความสนับสนุนจากฝ่าย ISI

ในด้านสารสนเทศและด้านเทคนิคตามความต้องการของแต่ละหน่วยงาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หลัก 5 ประการของมาร์ส

1. **คุณภาพ** ผู้บริโภค คือ นายของพวกเรา คุณภาพคือ
   งานของพวกเราและความคุ้มค่าเงิน คือ เป้าหมายของพวกเรา
2. **ความรับผิดชอบ** ส่วนบุคคลเรารับผิดชอบต่อตนเอง
   ส่วนรวมเราสนับสนุนผู้อื่นด้วยความรับผิดชอบ
3. **ผลประโยชน์ร่วมกัน** การแบ่งปันผลประโยชน์ร่วมกันและสร้างความสัมพันธ์อันมั่นคง
4. **ประสิทธิภาพ**เราใช้ทรัพยากรอย่างเต็มที่ในส่วนที่เป็นประโยชน์โดยที่ไม่มีการสูญเสียและทำสิ่งที่เราทำได้ดีที่สุด
5. **ความอิสระ**
   เราจำเป็นต้องมีความอีสระเพื่อกำหนดอนาคตของเราและเราจำเป็นต้องมีผลกำไรเพื่อคงความอิสระนั้นไว

บทที่2

รายละเอียดของงานที่ปฏิบัติ

2.1 ความสำคัญของน้ำอิสระและ Bound Water

น้ำเป็นองค์ประกอบที่มีมากที่สุดในอาหาร เซลล์ของพืชและสัตว์ประกอบด้วยน้ำเป็นส่วนใหญ่ เช่น ผักใบเขียวมีน้ำถึง 90% หรือมากกว่านี้ แม้แต่เนื้อสัตว์ที่ต้มสุกแล้ว น้ำระเหยออกไปบางส่วน ก็ยังมีน้ำเหลืออยู่ 50-65% น้ำส่วนนี้อยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์
หรือเป็นน้ำที่ไหลวนภายในเนื้อเยื่อของพืชและสัตว์
มีคุณสมบัติเป็นตัวทำละลายสำหรับองค์ประกอบของอาหาร และเป็นตัวแพร่กระจายสารคอลลอยด์ ถ้าสกัดหรือคั้นอาหาร น้ำส่วนนี้จะถูกสกัดออกได้ง่าย เราเรียกน้ำส่วนนี้ว่า น้ำอิสระ (Water Activity)

น้ำที่ถูกดูดซับบนผิวของโมเลกุลขนาดใหญ่ เช่น แป้ง เซลลูโลส และโปรตีน โดยแรงงกระทำแบบแวนเดอร์วาลล์ และโดยพันธะไฮโดรเจน
น้ำส่วนนี้มีแรงยึดเกาะกับสารที่แน่นพอควร และกำจัดได้ยากกว่าน้ำอิสระ เราเรียกน้ำส่วนนี้ว่า Bound Water

Bound Water มีคุณสมบัติที่แตกต่างจากน้ำอิสระ คือ

1. ไม่มีคุณสมบัติเป็นตัวทำละลายสำหรับองค์ประกอบของอาหาร
2. แข็งตัวที่อุณหภูมิต่ำมาก หรือไม่แข็งตัวเลย
3. ไม่มีความดันไอ
4. มีความหนาแน่นมากกว่าน้ำอิสระมาก

น้ำอิสระ (Water Activity, a_w)

ตามกฎของ Raoutl a_w คือ อัตราส่วนความดันไอของสารละลาย (P) ต่อความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ (P_o) ที่อุณหภูมิเดียวกัน

$$a_w = \frac{P}{P_o}$$

ปริมาณน้ำอิสระ เป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของสารละลาย (อาหาร) และสัมพันธ์กับความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) ของบรรยากาศ ความชื้นสัมพัทธ์เป็นอัตราส่วนความดันย่อย (Partial Pressure) ของไอน้ำในอากาศต่อความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิเดียวกัน ที่สภาวะสมดุล (Equilibrium Condition) a_w มีค่าเท่ากับความชื้นสัมพัทธ์หารด้วย 100

$$a_w = \frac{E.R.H.}{100}$$

E.R.H. = ความชื้นสัมพันธ์สมดุล (Equilibrium Relative Humidity)

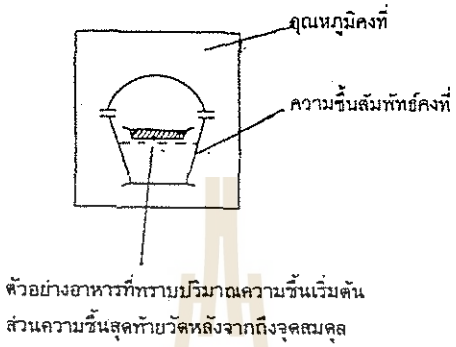
สมการดังกล่าวนี้จะเป็นจริงก็ต่อเมื่อความชื้นในอาหารอยู่ในสมดุลกับความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศรอบๆ อาหาร แต่การที่อาหารจะบรรลุสภาวะสมดุลต้องใช้เวลานาน แม้กับอาหารที่มีปริมาณเพียงเล็กน้อย (<1 กรัม) และเกือบจะเป็นไปไม่ได้ในอาหารที่มีปริมาณมาก โดยเฉพาะที่อุณหภูมิต่ำกว่า 50 °C

ถ้าพลอตค่าแอกติวิตี้กับปริมาณความชื้นของอาหารจะได้ไอโซเทอร์มความชื้นของอาหารดังรูปที่ 1. และเป็นที่น่าสังเกตว่าอาหารหลายชนิดที่มีปริมาณน้ำเท่ากันแต่มีอัตราการเสื่อมเสียแตกต่างกัน ดังนั้นปริมาณน้ำในอาหารเพียงอย่างเดียวจึงไม่อาจเป็นเครื่องบ่งชี้ว่าอาหารนั้นเสื่อมเสียง่ายหรือไม่ น้ำที่เกิดแรงกระทำที่แข็งแรงกับองค์ประกอบของอาหารมีส่วนสนับสนุนปฏิกิริยาต่างๆ เช่น ไฮโดรลิซิสและการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์น้อยกว่าน้ำมากเกิดแรงกระทำอ่อนๆองค์ประกอบของอาหาร (a_w) ด้วยเหตุผลข้างต้น จึงมีการนำ “ปริมาณน้ำอิสระ” มาพิจารณาเกี่ยวกับความเสถียร ความปลอดภัย และคุณสมบัติอื่นๆ ของอาหาร

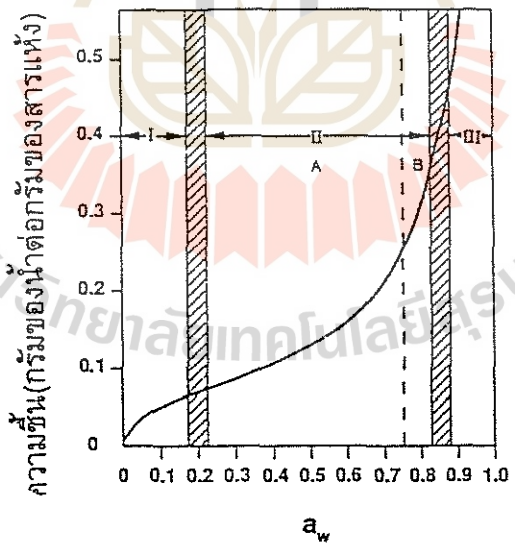
2.2 ไอโซเทอร์มของการดูดซับความชื้น หรือเส้นแสดงการดูดซับความชื้นที่อุณหภูมิคงที่ (Moisture Sorption Isotherm ; MSI)

ไอโซเทอร์มของการดูดซับความชื้นเป็นการพลอตระหว่างปริมาณน้ำอิสระและปริมาณความชื้นของอากาศที่อุณหภูมิที่กำหนดให้ ดังรูปที่ 2 แสดงไอโซเทอร์มของการดูดซับของอาหาร ลักษณะไอโซเทอร์มของอาหารส่วนใหญ่เป็นรูปโค้งคล้ายตัว J ลักษณะและตำแหน่ง

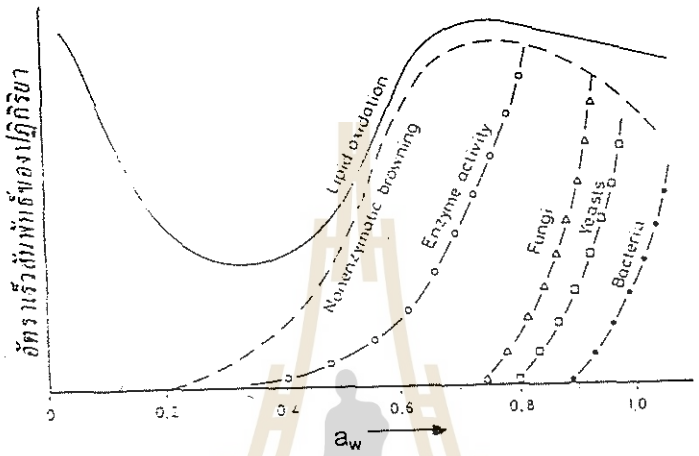
ของไอโซเทอร์มขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น องค์ประกอบของอาหาร, โครงสร้างทางกายภาพของอาหาร, วิธีการจัดแจงตัวอย่างอาหารล่วงหน้า, อุณหภูมิ และระบบวิธีการตรวจอาหาร



รูปที่ 1 วิธีพื้นฐานสำหรับวัดไอโซเทอร์มความชื้น (ที่มา, เคมีอาหาร 2542.)



รูปที่ 2 ไอโซเทอร์มดูดซับความชื้นของอาหารชนิดหนึ่ง (ที่มา, เคมีอาหาร 2542.)



รูปที่ 3อัตราเร็วของปฏิกิริยาในอาหารเป็นฟังก์ชันกับแอกติวิตีของน้ำ (ที่มา, เคมีอาหาร 2542.)

2.3 การหาไอโซเทอร์มความชื้นของผลิตภัณฑ์อาหารสุนัข และอาหารแมว

วัตถุประสงค์

เพื่อทำการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณน้ำอิสระและปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์อาหารสุนัข และอาหารแมว ได้แก่ dog1,cat1.dog2,dog3,cat2โดยวัดค่าปริมาณน้ำอิสระและความชื้นที่อุณหภูมิ 25 และ 30 °Cซึ่งจะมีผลต่ออายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ และยังนำข้อมูลที่ได้มาปรับปรุงในกระบวนการผลิต โดยสามารถควบคุมค่า a_w ให้อยู่ในช่วงที่กำหนดตามค่า a_w ของสารละลายเกลืออิ่มตัวทั้ง 5 สภาวะ และเพื่อหาแนวโน้มที่จะสามารถเพิ่มปริมาณความชื้นในระหว่างการผลิตได้

ผลการทดลอง

ตารางที่1 แสดงค่าปริมาณน้ำอิสระ(a_W) ของผลิตภัณฑ์ Dog 1 ที่อุณหภูมิ 25 °C และ 30 °C และค่าเปอร์เซนต์ความชื้นตามสภาวะสารละลายเกลืออิ่มตัวทั้ง 5 สภาวะ

สารละลายเกลืออิ่มตัว	ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_W)		เปอร์เซนต์ความชื้น
	อุณหภูมิ 25 ° C	อุณหภูมิ 30 ° C	
K_2CO_3	0.403	0.423	6.187
	0.415	0.418	6.188
$Na_2Cr_2O_7$	0.537	0.548	7.489
	0.532	0.539	7.489
$Mg(NO_3)_2$	0.568	0.574	7.392
	0.565	0.572	7.384
$NaNO_3$	0.603	0.608	10.650
	0.591	0.605	10.689
$NaNO_2$	0.720	0.730	8.587
	0.720	0.727	8.396

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่2 แสดงค่าปริมาณน้ำอิสระ(a_w) ของผลิตภัณฑ์ Cat1

ที่อุณหภูมิ 25 °C และ 30 °C และค่าเปอร์เซนต์ความชื้นตามสภาวะสารละลายเกลืออิ่มตัวทั้ง 5 สภาวะ

สารละลายเกลืออิ่มตัว	ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w)		เปอร์เซนต์ความชื้น
	อุณหภูมิ 25 ° C	อุณหภูมิ 30 ° C	
K_2CO_3	0.395	0.422	5.994
	0.405	0.411	6.141
$Na_2Cr_2O_7$	0.530	0.545	7.378
	0.539	0.519	7.143
$Mg(NO_3)_2$	0.587	0.571	7.842
	0.585	0.572	7.888
$NaNO_3$	0.705	0.726	10.850
	0.703	0.718	10.850
$NaNO_2$	0.594	0.613	8.180
	0.595	0.606	8.329

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่3 แสดงค่าปริมาณน้ำอิสระ(a_w) ของผลิตภัณฑ์ Dog2 ที่อุณหภูมิ 25 °C และ 30 °C และค่าเปอร์เซนต์ความชื้นตามสภาวะสารละลายเกลืออิ่มตัวทั้ง 5 สภาวะ

สารละลายเกลืออิ่มตัว	ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w)		เปอร์เซนต์ความชื้น
	อุณหภูมิ 25 ° C	อุณหภูมิ 30 ° C	
K_2CO_3	0.371	0.407	5.447
	0.370	0.399	5.689
$Na_2Cr_2O_7$	0.508	0.533	6.344
	0.493	0.524	6.640
$Mg(NO_3)_2$	0.565	0.568	7.385
	0.563	0.557	6.993
$NaNO_3$	0.716	0.728	9.536
	0.706	0.726	9.381
$NaNO_2$	0.606	0.618	7.435
	0.608	0.615	7.788

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่4 แสดงค่าปริมาณน้ำอิสระ(a_W) ของผลิตภัณฑ์ Dog3

ที่อุณหภูมิ 25 °C และ 30°C และค่าเปอร์เซนต์ความชื้นตามสภาวะสารละลายเกลืออิ่มตัวทั้ง 5 สภาวะ

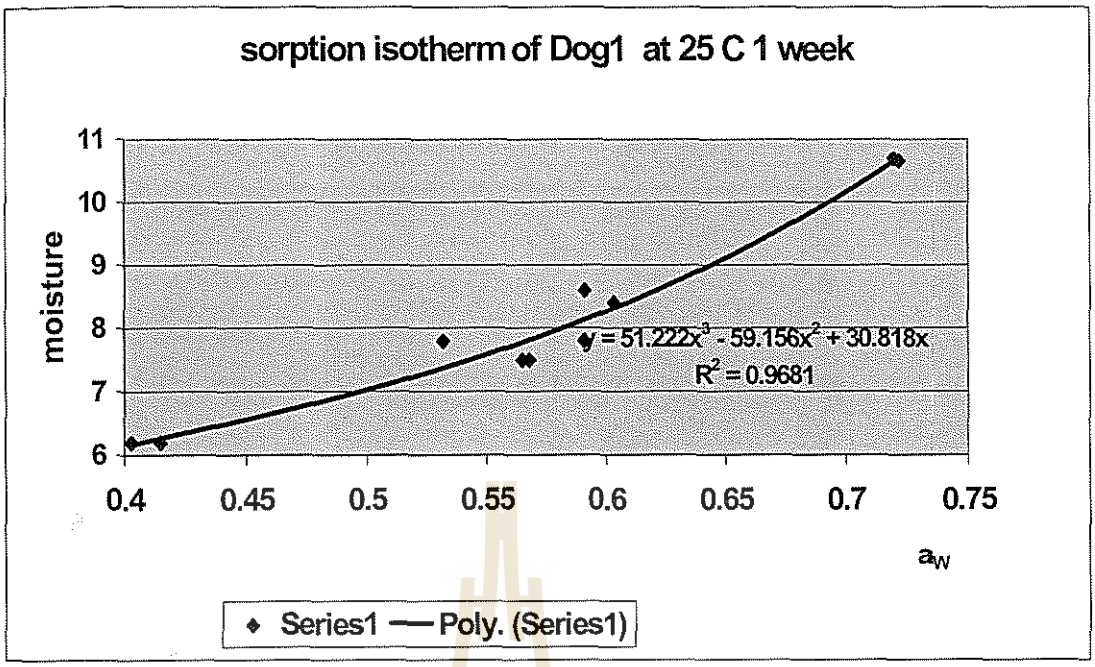
สารละลายเกลืออิ่มตัว	ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_W)		เปอร์เซนต์ความชื้น
	อุณหภูมิ 25 ° C	อุณหภูมิ 30 ° C	
K_2CO_3	0.349	0.387	5.544
	0.349	0.381	5.600
$Na_2Cr_2O_7$	0.515	0.521	6.593
	0.491	0.493	6.750
$Mg(NO_3)_2$	0.533	0.551	6.950
	0.523	0.546	6.940
$NaNO_3$	0.702	0.697	9.695
	0.695	0.687	9.650
$NaNO_2$	0.599	0.605	7.639
	0.593	0.595	7.596

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

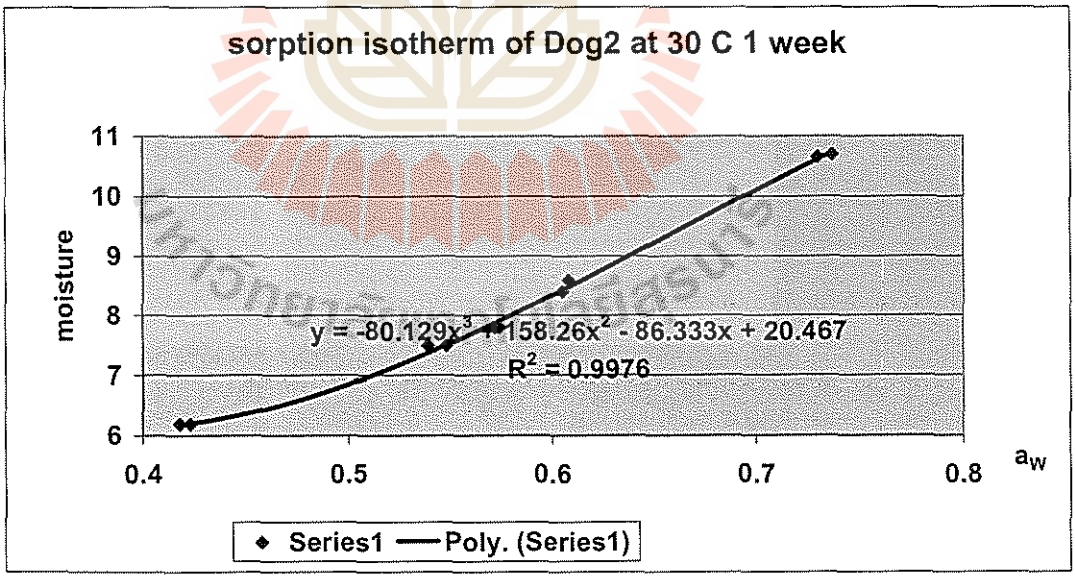
ตารางที่5 แสดงค่าปริมาณน้ำอิสระ(a_w) ของผลิตภัณฑ์ Cat2 ที่อุณหภูมิ 25 °C และ 30°C และค่าเปอร์เซนต์ความชื้นตามสภาวะสารละลายเกลืออิ่มตัวทั้ง 5 สภาวะ

สารละลายเกลืออิ่มตัว	ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w)		เปอร์เซนต์ความชื้น
	อุณหภูมิ 25 ° C	อุณหภูมิ 30 ° C	
K_2CO_3	0.355	0.410	7.046
	0.359	0.402	7.246
$Na_2Cr_2O_7$	0.473	0.506	6.947
	0.459	0.508	7.000
$Mg(NO_3)_2$	0.523	0.546	7.446
	0.525	0.544	7.550
$NaNO_3$	0.699	0.722	11.250
	0.694	0.712	11.400
$NaNO_2$	0.604	0.610	9.150
	0.599	0.603	9.150

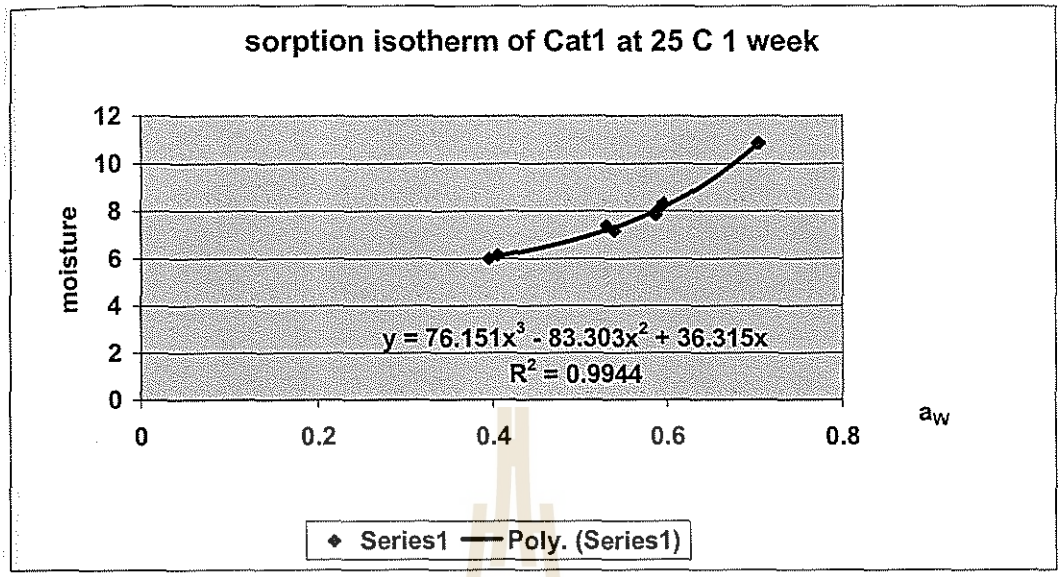
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



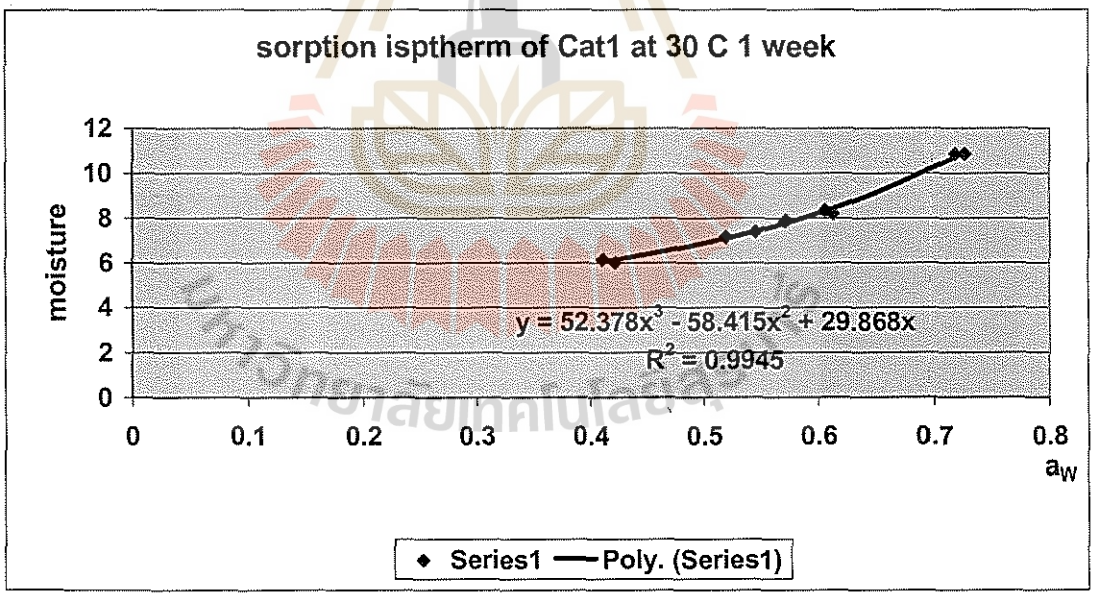
กราฟรูปที่1 แสดงไอโซเทอร์มความชื้นของ Dog1ที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 1 สัปดาห์



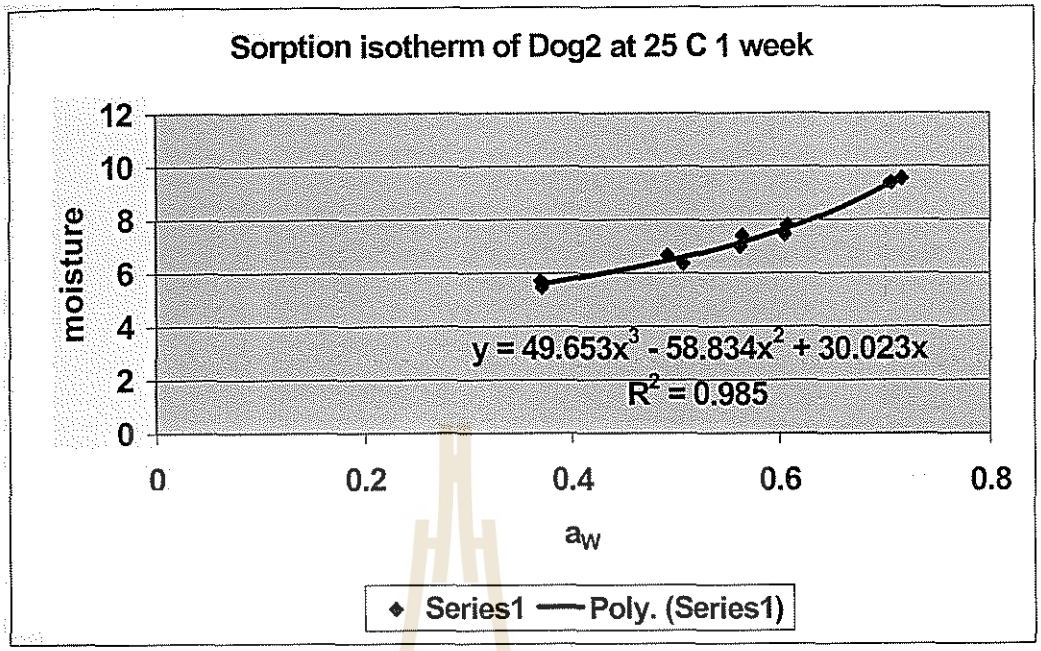
กราฟรูปที่2 แสดงไอโซเทอร์มความชื้นของ Dog1ที่อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 1 สัปดาห์



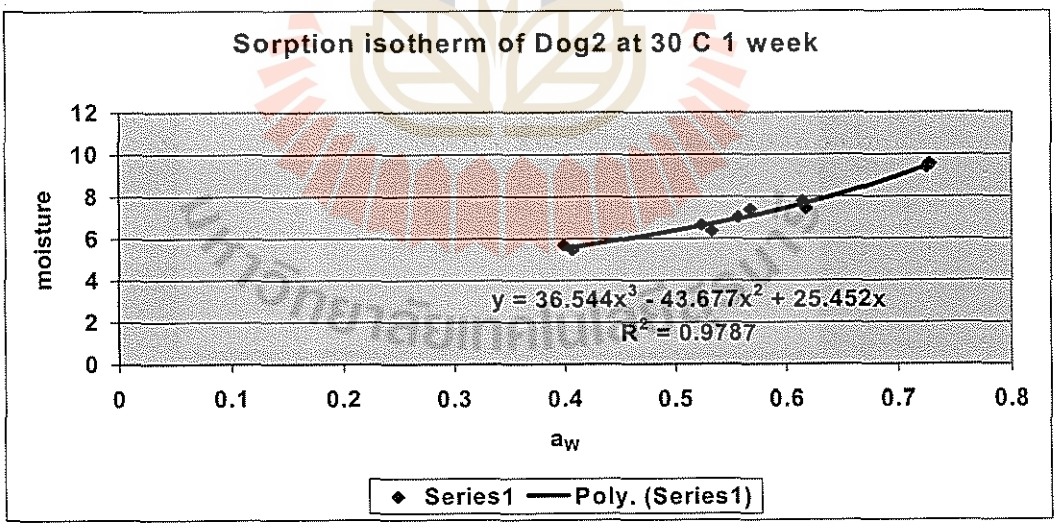
กราฟรูปที่3 แสดงไอโซเทอร์มความชื้นของ Cat1 ที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 1 สัปดาห์



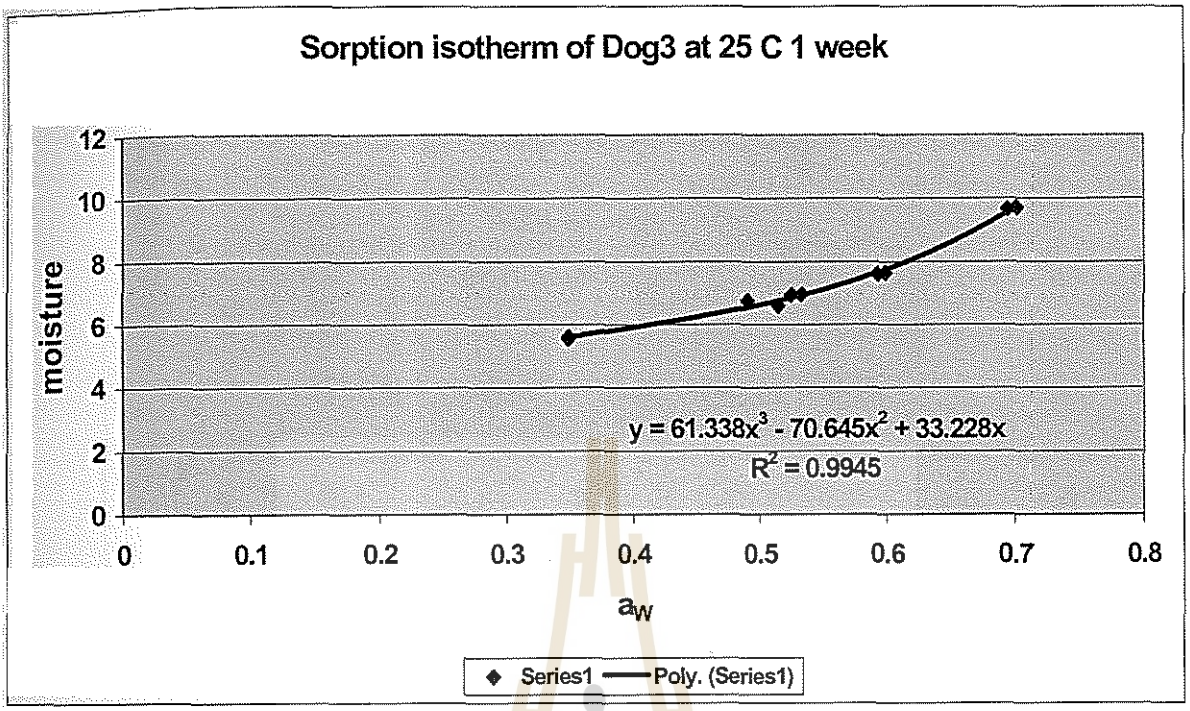
กราฟรูปที่4 แสดงไอโซเทอร์มความชื้นของ Cat1ที่อุณหภูมิ 30°Cเป็นเวลา1สัปดาห์



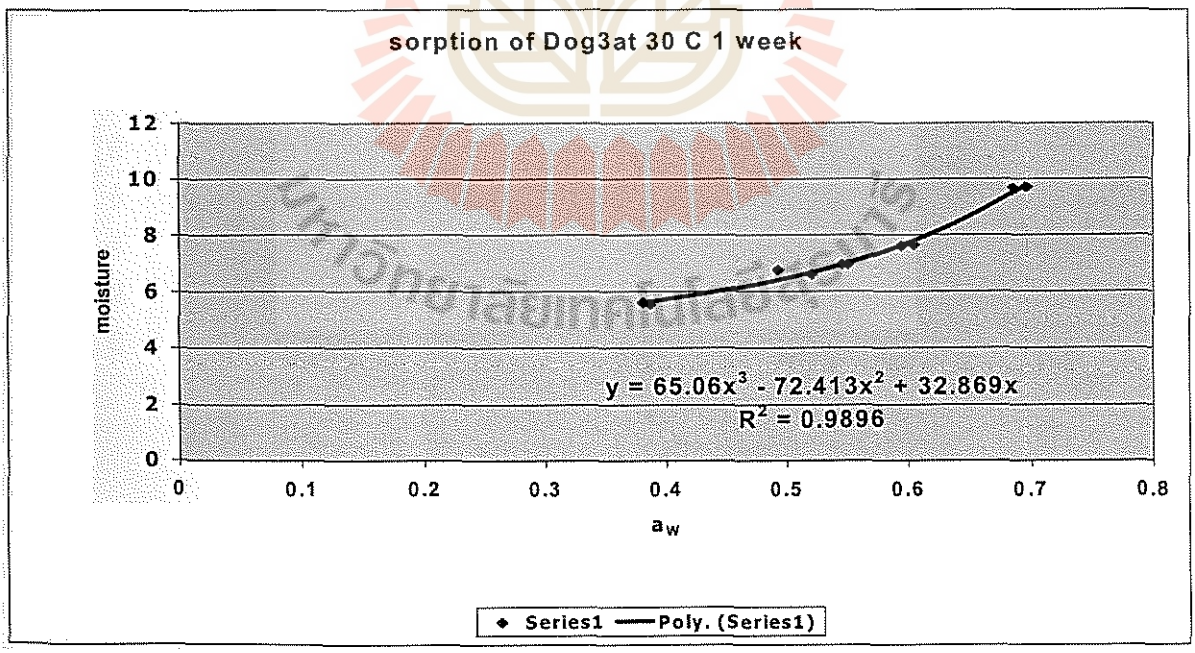
กราฟรูปที่5 แสดงไอโซเทอร์มความชื้นของ Dog 2ที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 1 สัปดาห์



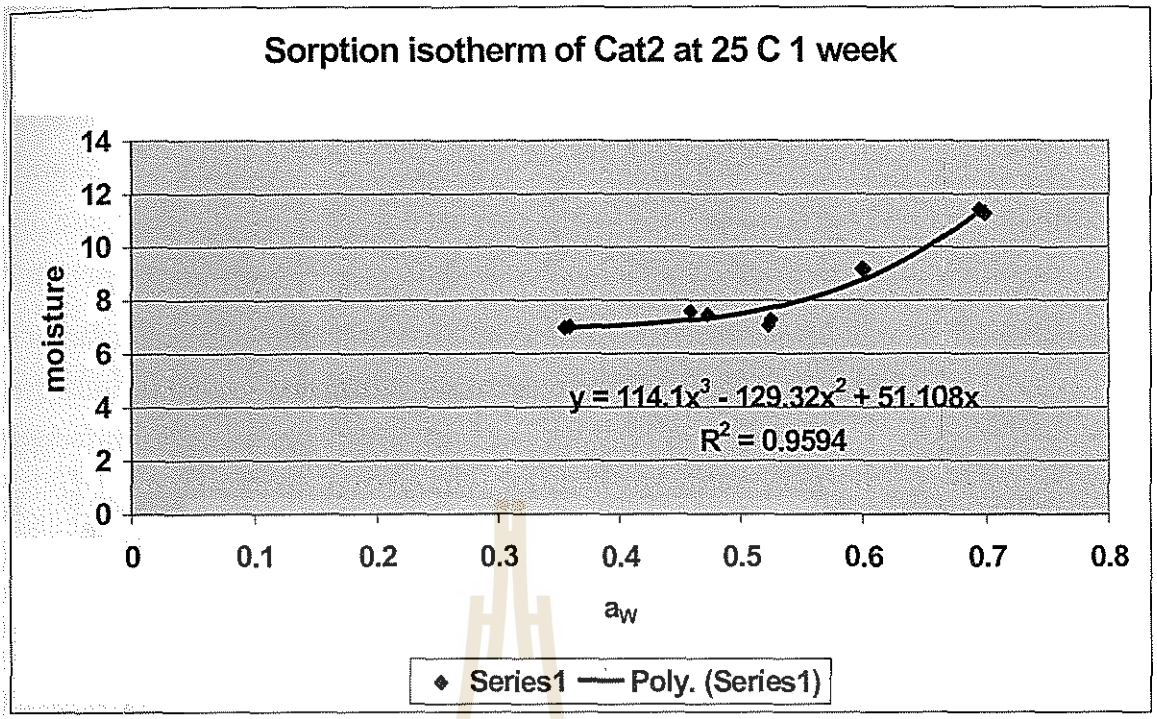
กราฟรูปที่ 6 แสดงไอโซเทอร์มความชื้นของ Dog2 ที่อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 1 สัปดาห์



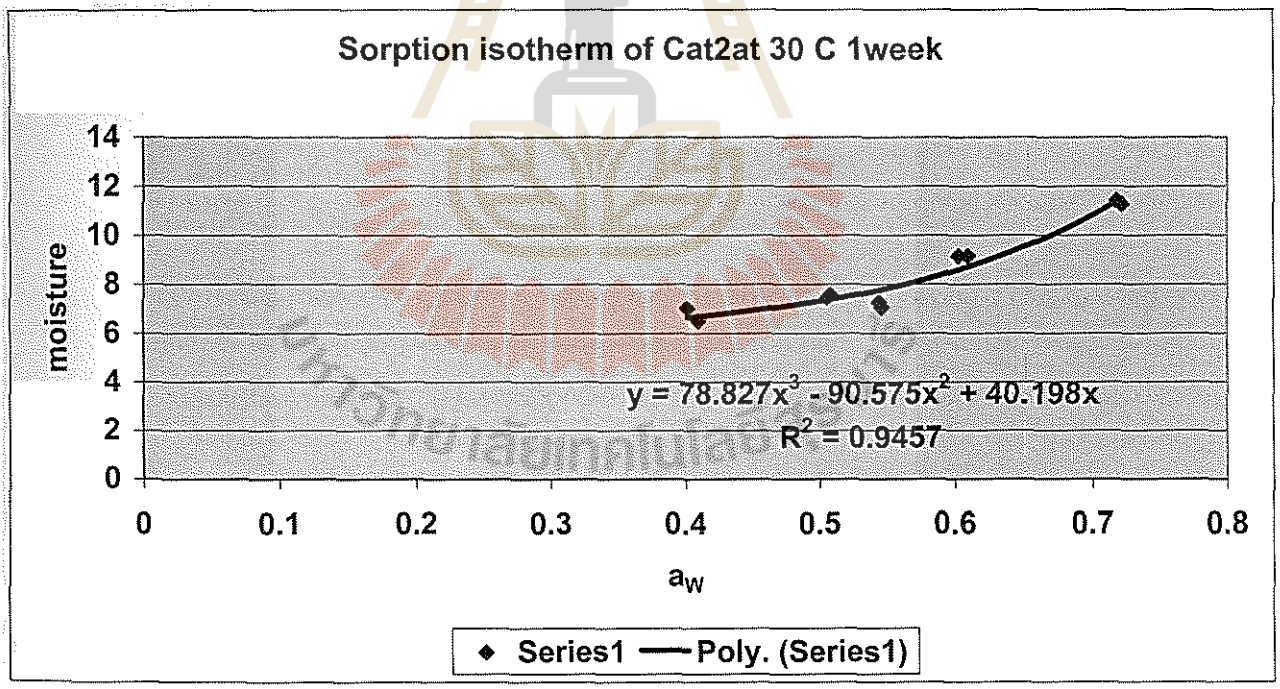
กราฟรูปที่ 7 แสดงไอโซเทอร์มความชื้นของ Dog3ที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 1 สัปดาห์



กราฟรูปที่ 8 แสดงไอโซเทอร์มความชื้นของ Dog3ที่อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 1 สัปดาห์



กราฟรูปที่ 9 แสดงไอโซเทอร์มความชื้นของ Cat2 ที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 1 สัปดาห์



กราฟรูปที่ 10 แสดงไอโซเทอร์มความชื้นของ Cat2ที่อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 1 สัปดาห์

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำอิสระ (a_w) และเปอร์เซนต์ความชื้น โดยควบคุมค่า a_w ตามค่าเฉพาะตัวของสารละลายเกลืออิ่มตัว 5 ชนิดคือ K_2CO_3 $Mg(NO_3)_2$ $NaNO_2$ และ $NaNO_3$ และ $NaCr_2O_7$จากการทดลองพบว่าค่า a_w และค่าความชื้นมีความสัมพันธ์กันแบบแปรตามกันและขึ้นอยู่กับค่าa_wนั่นคือเมื่อปริมาณน้ำอิสระเพิ่มมากขึ้นจะมีผลทำให้ค่าความชื้นเพิ่มมากขึ้นด้วยซึ่งได้ผลเช่นเดียวกันในทุกผลิตภัณฑ์ทั้งสภาวะที่อุณหภูมิ 25 และ 30 °C ดังแสดงในรูปกราฟไอโซเทอร์มความชื้นรูปที่ 1-10 และจากการสร้างไอโซเทอร์มความชื้นจากสมการโพลิโนเมียลและเอกซ์โปเนลเชียลได้ค่า R^2 ดังนี้

Dog1 ที่ 25°C ค่า R^2 = 0.9681 ที่ 30°C ค่า R^2 = 0.9927

Cat1 ที่ 25°C ค่า R^2 = 0.9944 ที่ 30°C ค่า R^2 = 0.9945

Dog2 ที่ 25°C ค่า R^2 = 0.9850 ที่ 30°C ค่า R^2 = 0.9787

Dog3 ที่ 25°C ค่า R^2 = 0.9945 ที่ 30°C ค่า R^2 = 0.9896

Cat2 ที่ 25°C ค่า R^2 = 0.9594 ที่ 30°C ค่า R^2 = 0.9457

และจากค่า a_w และเปอร์เซนต์ความชื้นของตามข้อกำหนดของโรงงานช่วงที่ยอมรับได้อยู่ที่ค่า a_w ไม่เกิน 0.63 และค่าเปอร์เซนต์ความชื้นอยู่ระหว่าง 7-8.5% ซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพตามมาตรฐาน มีอายุการเก็บตามกำหนดจากค่าดังกล่าวสามารถเชื่อมโยงกับการทดลองเพื่อเพิ่มปริมาณเปอร์เซนต์ความชื้นในผลิตภัณฑ์ได้ดังนี้

1.Dog1 ที่อุณหภูมิ 25°C และ 30°C ค่า a_w เป็น0.567และ0.573 จะทำให้มีค่าเปอร์เซนต์ความชื้นมากที่สุดที่ 7.388เปอร์เซนต์

2.Cat1ที่อุณหภูมิ 25°C และ 30°Cค่า a_w เป็น 0.594 และ 0.610 จะทำให้มีค่าเปอร์เซนต์ความชื้นมากที่สุดที่ 8.255เปอร์เซนต์

3.Dog2ที่อุณหภูมิ 25°Cและ 30°C ค่า a_w เป็น 0.607และ 0.617 จะทำให้มีค่าเปอร์เซนต์ความชื้นมากที่สุดที่ 7.612 เปอร์เซนต์

4.Dog3ที่อุณหภูมิ 25°Cและ30°Cค่า a_w เป็น 0.596 และ 0.600 จะทำให้มีค่าเปอร์เซนต์ความชื้นมากที่สุดที่ 7.618 เปอร์เซนต์

5.Cat2ที่อุณหภูมิ 25°C และ 30°C ค่าa_w เป็น 0.600 และ 0.607 จะทำให้มีค่าเปอร์เซนต์ความชื้นมากที่สุดเป็น 9.150 เปอร์เซนต์

ดังนั้นจากวัตถุประสงค์ของการทดลองจึงสามารถเพิ่มเปอร์เซนต์ความชื้นของผลิตภัณฑ์ให้มากกว่ามาตรฐานที่กำหนดโดยที่ค่า a_w ไม่เกิน 0.63 ได้เพียง 1 ผลิตภัณฑ์คือ Cat2

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิธีการทดลอง

1.เตรียมสารละลายเกลืออิ่มตัวทั้ง 5 สภาวะคือ K_2CO_3 $NaNO_2$ $NaNO_3$ $Mg(NO_3)_2$ $NaCr_2O_7$
ลงใน desciccator และทิ้งไว้ในเกิดสภาวะที่สมดุลประมาณ 2 สัปดาห์ทำการตรวจสอบว่าเกิดสภาวะอิ่มตัวแล้วโดยการสุ่มนำสารละลายเกลือดังกล่าวมาวัดค่า a_w ด้วยเครื่อง a_w Sprint ที่อุณหภูมิ 30 °C ให้ได้ค่าใกล้เคียงกับค่าอ้างอิงที่ใช้เทียบแสดงว่าถึงสภาวะที่อิ่มตัวแล้ว

2.บดตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่จะนำมาทดลองโดยเครื่องบด grinder แล้วแบ่งตัวอย่างใส่ plate ให้
มีน้ำหนัก plate ละ 16 กรัม โดยจะใส่ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่บดแล้วอบที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมงเพื่อระเหยความชื้นออกเพื่อควบคุมให้ตัวอย่างมีความชื้นเริ่มต้นที่เท่ากัน

3.นำตัวอย่างที่ได้จากการอบใส่ลงใน desciccator ละ 3 plate
ทิ้งให้เกิดสภาวะสมดุลใช้เวลา
ประมาณ 1 สัปดาห์

4.สุ่มตัวอย่างมาตรวจวัดค่า a_w ตัวอย่างละ 2 ซ้ำ และนำตัวอย่างมาหาค่าความชื้นโดยวิธี AOAC นำค่า a_wและค่าความชื้นมาพลอ็ตกราฟสร้างเป็นไอโซเทอร์มความชื้น

5.สรุปผลการทดลองที่ได้และวิจารณ์ผลการทดลองรวมระยะเวลาในการทดลองทั้งสิ้น 11 สัปดาห์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่1 แสดงค่าความชื้นของสารละลายเกลืออิ่มตัวที่อุณหภูมิต่างๆ

Solid Phase	% Humidity at Specified Temperatures (°C)						
	10	20	25	30	40	60	80
$K_2Cr_2O_7$			98.0				
K_2SO_4	98	97	97	96	96	96	
KNO_3	95	93	92.5	91	88	82	
KCl	88	85.0	84.3	84	81.7	80.7	79.5
KBr		84	80.7		79.6	79.0	79.3
NaCl	76	75.7	75.3	74.9	74.7	74.9	76.4
$NaNO_3$			73.8	72.8	71.5	67.5	65.5
$NaNO_2$		66	65	63.0	61.5	59.3	58.9
$NaBr \cdot 2H_2O$		57.9	57.7		52.4	49.9	50.0
$Na_2Cr_2O_7 \cdot 2H_2O$	58	55	54		53.6	55.2	56.0
$Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	57	55	52.9	52	49	43	
$K_2CO_3 \cdot 2H_2O$	47	44	42.8		42		
$MgCl_2 \cdot 6H_2O$	34	33	33.0	33	32	30	
$KF \cdot 2H_2O$				27.4	22.8	21.0	22.8
$KC_2H_3O_2 \cdot 1.5H_2O$	24	23	22.5	22	20		
$LiCl \cdot H_2O$	13	12	10.2	12	11	11	
KOH	13	9	8	7	6	5	
100% Humidity: Aqueous Tension (mm Hg)	9.21	17.54	23.76	31.82	55.32	149.4	355.1

ที่มา : Partical Laboratory Information.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2 แสดงค่า a_w ของสารละลายเกลืออิ่มตัวที่อุณหภูมิ 5 ถึง 40 °C

T °C	LICL	Mgcl	K_2CO_3	$MgNO_3$	Nacl	Kcl	K_2SO_4	Eau H_2O
5	0.113+/-0.005	0.336+/-0.003	0.431+/-0.005	0.589+/-0.004	0.757+/-0.003	0.877+/-0.005	0.985/-0.009	1.000+/-0.003
10	0.113+/-0.005	0.335+/-0.003	0.431+/-0.004	0.574+/-0.003	0.757+/-0.002	0.868+/-0.004	0.982+/-0.008	1.000+/-0.003
15	0.113+/-0.004	0.333+/-0.002	0.432+/-0.003	0.559+/-0.003	0.756+/-0.002	0.859+/-0.003	0.979+/-0.006	1.000+/-0.003
20	0.113+/-0.003	0.331+/-0.002	0.432+/-0.003	0.554+/-0.002	0.755+/-0.001	0.851+/-0.003	0.976+/-0.005	1.000+/-0.003
25	0.113+/-0.003	0.328+/-0.002	0.432+/-0.004	0.529+/-0.002	0.753+/-0.001	0.843+/-0.003	0.976+/-0.005	1.000+/-0.003
30	0.113+/-0.002	0.324+/-0.001	0.432+/-0.005	0.514+/-0.002	0.751+/-0.001	0.836+/-0.003	0.970+/-0.004	1.000+/-0.003
35	0.113+/-0.002	0.321+/-0.001		0.499+/-0.003	0.748/-0.001	0.830+/-0.003	0.967+/-0.004	1.000+/-0.003
40	0.112+/-0.002	0.316+/-0.001		0.484+/-0.004	0.747+/-0.001	0.823+/-0.003	0.964+/-0.004	1.000+/-0.003

ที่มา : บริษัทสิทธิพรแอสโซซิเอส จำกัด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี