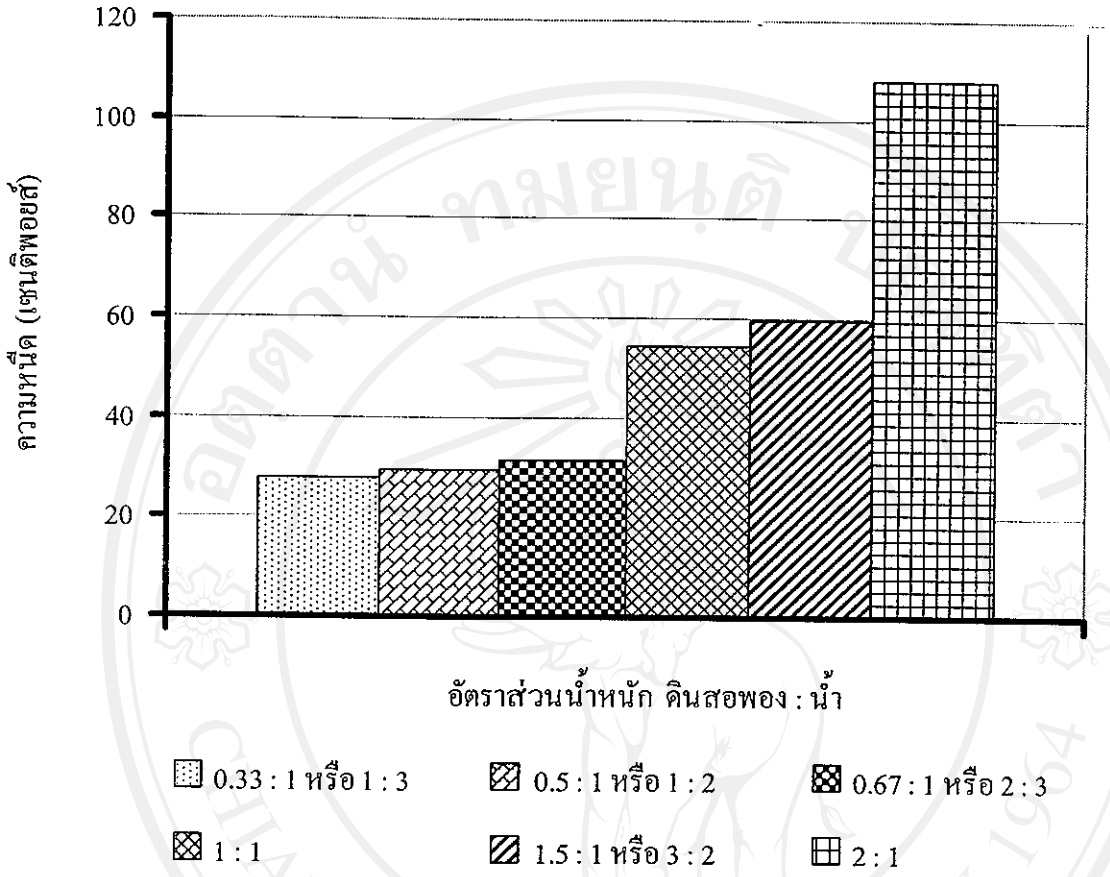
บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาอัตราส่วนผสมระหว่าง ดินสอพอง : น้ำ ที่เหมาะสมต่อการผลิตสารดูดกลืนเอทิลีน

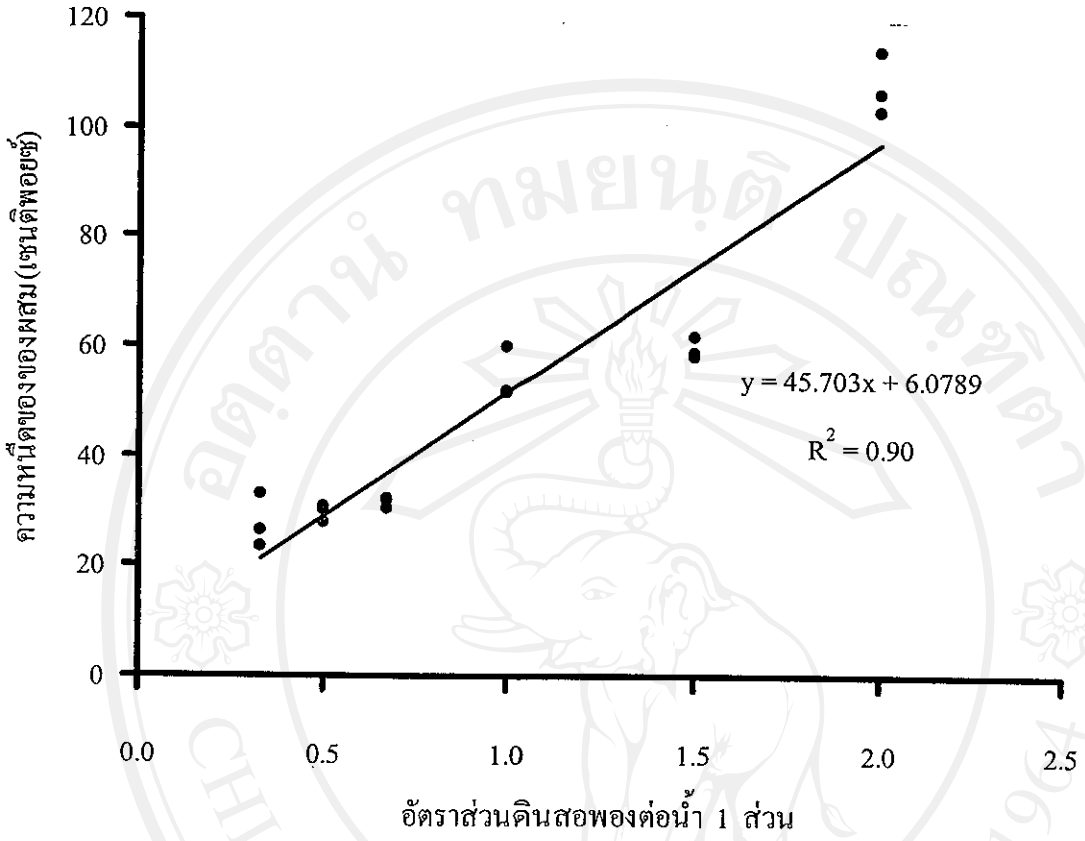
จากการศึกษาอัตราส่วนผสมระหว่าง ดินสอพองต่อน้ำ ด้วยอัตราส่วนน้ำหนัก 0.33 : 1 (1 : 3), 0.5 : 1 (1 : 2), 0.67 : 1 (2 : 3), 1 : 1, 1.5 : 1 (3 : 2) และ 2 : 1 โดยการเปรียบเทียบค่าความหนืดของแต่ละกรรมวิธี พบว่าของผสมระหว่าง ดินสอพองต่อน้ำ ที่อัตราส่วนน้ำหนัก 2 : 1 มีค่าความหนืดเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 107.88 เซนติพอยส์ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับอัตราส่วนอื่นๆ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 27.61-59.69 เซนติพอยส์ (ตารางภาคผนวกที่ 2) โดยค่าความหนืดจะเพิ่มขึ้นเป็นลำดับตามอัตราส่วนของดินสอพองที่เพิ่มขึ้นในของผสม (ภาพที่ 4.1) สอดคล้องกับเมื่อนำอัตราส่วนของดินสอพองในของผสม (x) มาหาความสัมพันธ์กับค่าความหนืดของของผสม (y) จะได้สมการถดถอยเชิงเส้น ดังนี้ $y = 45.703x + 6.0789$ ($R^2 = 0.90$) (ภาพที่ 4.2)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.1 ความหนืดของของผสมระหว่าง ดินสอพอง : น้ำ ที่อัตราส่วนต่างๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างอัตราส่วนดินสอพองในของผสมและความหนืดของของผสม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตสารดูดกลืนเอทิลีน

จากการศึกษาสภาวะต่างๆ ที่เหมาะสมต่อการผลิตสารดูดกลืนเอทิลีน โดยการผสมดินสอพองกับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ด้วยอัตราส่วนที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 1 คือ อัตราส่วนน้ำหนัก ดินสอพองต่อน้ำ ที่ 2 : 1 แล้วนำไปอบด้วยตู้อบลมร้อน (hot air oven) และเครื่องอบแบบสุญญากาศ (vacuum dryer) ที่ความดันสัมบูรณ์ 0 มิลลิบาร์ ณ อุณหภูมิ 150, 175 และ 200°ซ พบว่า

4.2.1 ระยะเวลาในการอบ

การอบตัวอย่างสารดูดกลืนเอทิลีนด้วยตู้อบลมร้อนและเครื่องอบแบบสุญญากาศใช้ระยะเวลาในการอบที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยตู้อบลมร้อนใช้ระยะเวลาในการอบตัวอย่างน้อยกว่าเครื่องอบแบบสุญญากาศ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 63.00 และ 115.47 นาที ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 3)

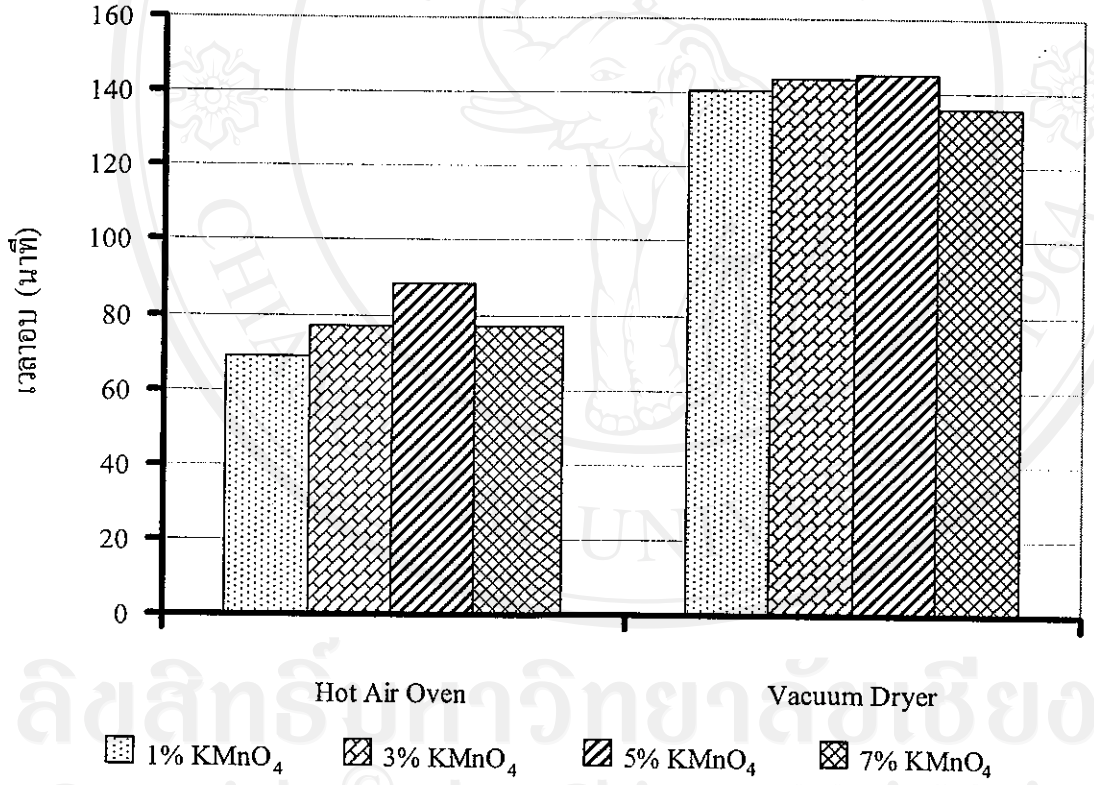
เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านอุณหภูมิที่ใช้ในการอบตัวอย่าง พบว่าอุณหภูมิแต่ละระดับส่งผลต่อระยะเวลาในการอบตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ภาพที่ 4.3-4.5) โดยที่ระยะเวลาในการอบตัวอย่างจะเป็นส่วนกลับของอุณหภูมิที่ใช้อบ ระยะเวลาในการอบที่ใช้อุณหภูมิสูงจะสั้นกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งที่ระดับอุณหภูมิ 200°ซ จะใช้ระยะเวลาในการอบตัวอย่างน้อยกว่าที่อุณหภูมิ 175 และ 150°ซ โดยใช้ระยะเวลาในการอบเฉลี่ยเท่ากับ 74.00, 83.13 และ 109.58 นาที ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 3)

สำหรับปัจจัยด้านระดับความเข้มข้นของโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) พบว่าระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 1, 3, 5 และ 7% ส่งผลต่อระยะเวลาในการอบแตกต่างกันในทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 86.89, 93.39, 90.50 และ 86.17 นาที ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างปัจจัยด้านชนิดตู้อบ, อุณหภูมิ และความเข้มข้นของโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตจากภาพที่ 4.3-4.5 พบว่าปัจจัยด้านความเข้มข้นของโพแทสเซียม-เปอร์แมงกาเนตส่งผลต่อระยะเวลาในการอบน้อยกว่าปัจจัยอื่นๆ และจากผลการวิเคราะห์สถิติพบว่ามีการแบ่งกลุ่มค่าเฉลี่ยที่ไม่ชัดเจน (overlap) (ตารางภาคผนวกที่ 3)

นอกจากนั้นในการวิเคราะห์อิทธิพลร่วม (interaction) ระหว่างปัจจัยต่างๆ ยังพบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดตู้อบและอุณหภูมิ ส่งผลต่อระยะเวลาในการอบตัวอย่างในทางส่งเสริมกัน ทำให้แต่ละปัจจัยร่วมมีค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการอบที่แตกต่างกัน โดยการอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 200°ซ ใช้ระยะเวลาในการอบน้อยที่สุด คือ 50.67 นาที และแตกต่างจากปัจจัยร่วมอื่นๆ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 60.50-141.33 นาที อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนปัจจัยด้านชนิดตู้อบและ

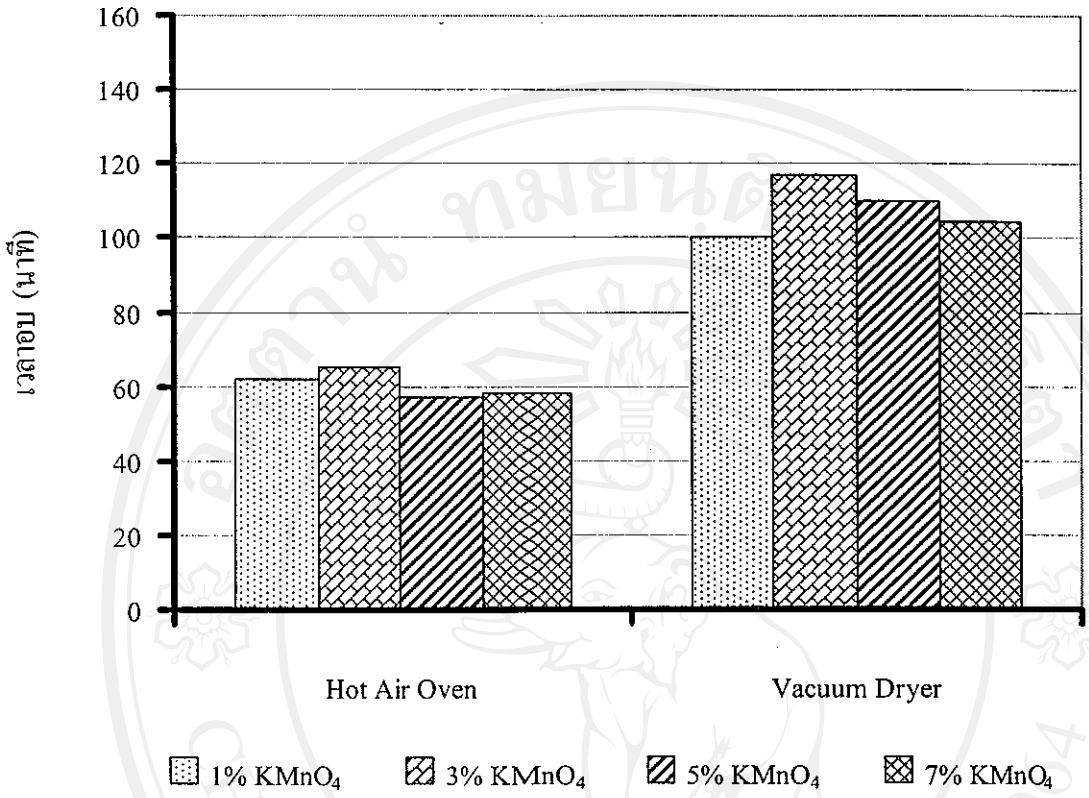
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ระดับความเข้มข้นของโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต พบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมต่อระยะเวลาในการอบตัวอย่าง ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาในการอบที่เกิดจากปัจจัยร่วมดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ และเมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างระดับอุณหภูมิและความเข้มข้นของโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต พบว่าแต่ละปัจจัยร่วมมีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยปัจจัยร่วมที่ระดับอุณหภูมิเดียวกันแต่ใช้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ความเข้มข้นแตกต่างกันมีค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการอบใกล้เคียงกัน ในขณะที่ตัวอย่างที่ใช้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ระดับความเข้มข้นที่เท่ากันแต่อบที่อุณหภูมิต่างกันจะมีค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน (ตารางภาคผนวกที่ 3)



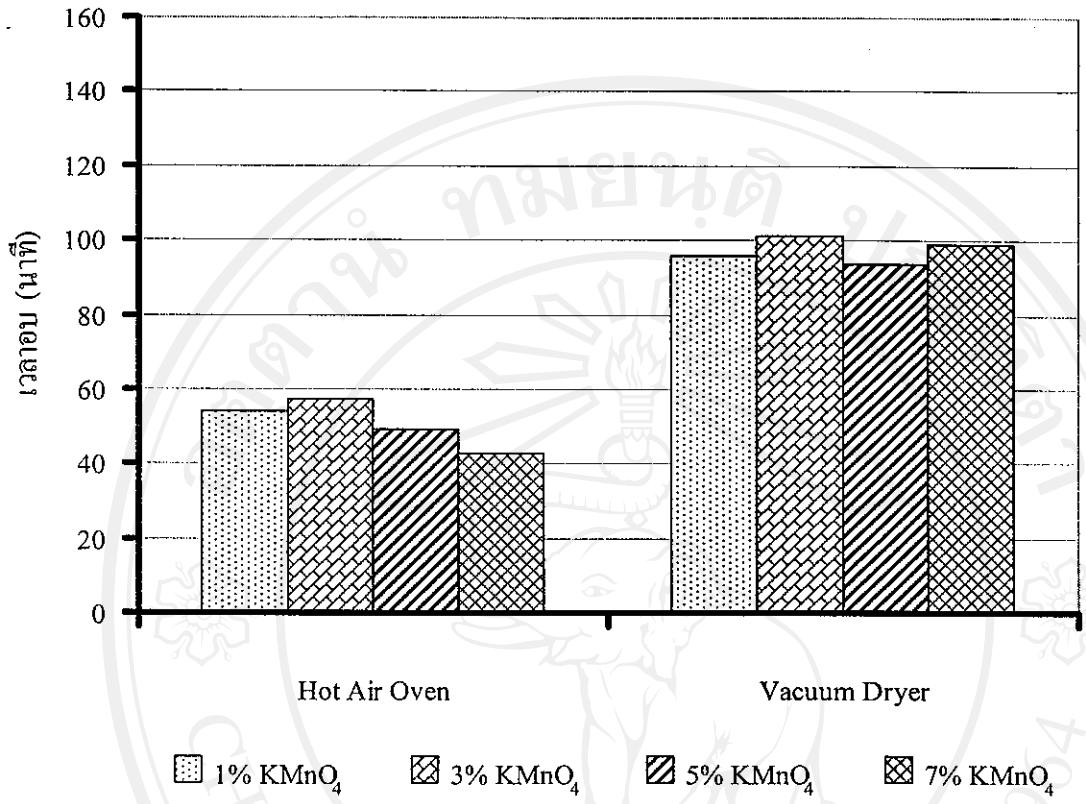
ภาพที่ 4.3 ระยะเวลาในการอบตัวอย่างสารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นจากกรรมวิธีต่างๆ ณ อุณหภูมิ 150°ซ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.4 ระยะเวลาในการอบตัวอย่างสารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นจากกรรมวิธีต่างๆ ณ อุณหภูมิ 175°ซ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.5 ระยะเวลาในการอบตัวอย่างสารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นจากกรรมวิธีต่างๆ ณ อุณหภูมิ 200°ซ

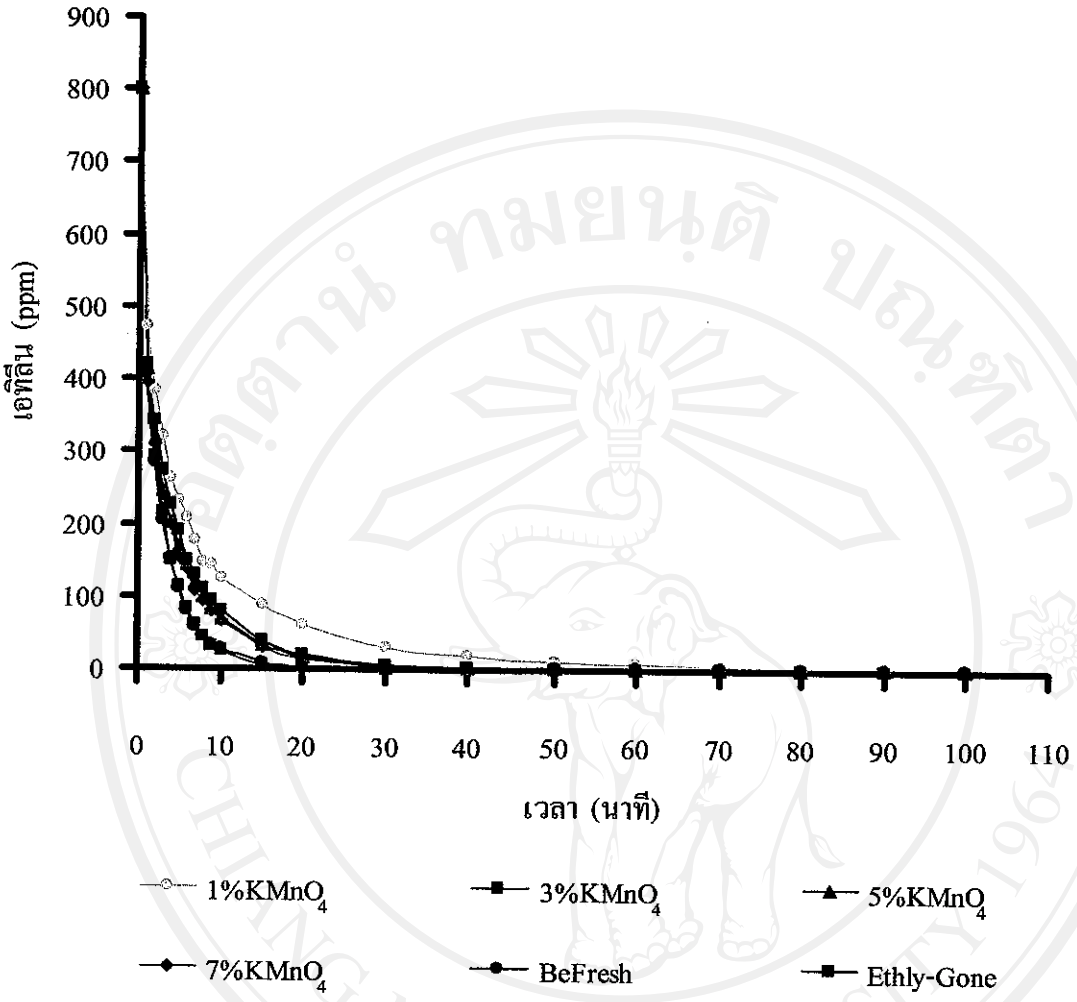
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.2 อัตราการดูดกลืนก๊าซเอทิลีน

จากการนำสารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นด้วยกรรมวิธีต่างๆ ไปวัดอัตราการดูดกลืนก๊าซเอทิลีนที่ระดับความเข้มข้น 800 ppm ณ ระยะเวลาต่างๆ พบว่าก๊าซเอทิลีนจะถูกดูดกลืนจนมีความเข้มข้นลดลงเรื่อยๆ ในลักษณะ negative exponential curve (ภาพที่ 4.6-4.11) และเมื่อทำการหาสมการ exponential ($Y = ae^{-bx}$) ของอัตราการดูดกลืนก๊าซเอทิลีนของสารดูดกลืนเอทิลีนในแต่ละกรรมวิธีแล้ว พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ b ในสมการซึ่งบอกถึงความเร็วในการลดลงของเส้นกราฟในแต่ละกรรมวิธี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยสารดูดกลืนเอทิลีนที่ใช้โพแทสเซียมเปอร์-แมงกาเนตที่ระดับความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ทุกสภาวะการอบ มีค่าสัมประสิทธิ์ b ใกล้เคียงกับสารดูดกลืนเอทิลีน BeFresh โดยไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 4) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยที่สูงกว่าสารดูดกลืนเอทิลีน Ethyl-Gone และสารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นจากกรรมวิธีอื่นๆ และเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ b ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของโพแทสเซียม-เปอร์แมงกาเนตด้วยกันแล้ว พบว่าสารดูดกลืนเอทิลีนที่ใช้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ความเข้มข้น 3% มีค่าสัมประสิทธิ์ b สูงที่สุด คือ 0.4313 แตกต่างจากความเข้มข้นอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนสารดูดกลืนเอทิลีนที่ระดับความเข้มข้น 5 และ 7 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการดูดกลืนก๊าซเอทิลีนใกล้เคียงกันและมีความเร็วในการลดลงของเส้นกราฟเท่ากับ 0.3536 และ 0.3349 ตามลำดับ รองจากที่ระดับความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่ระดับความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการดูดกลืนช้าที่สุดโดยมีอัตราการลดลงของเส้นกราฟเท่ากับ 0.2631 (ตารางภาคผนวกที่ 5)

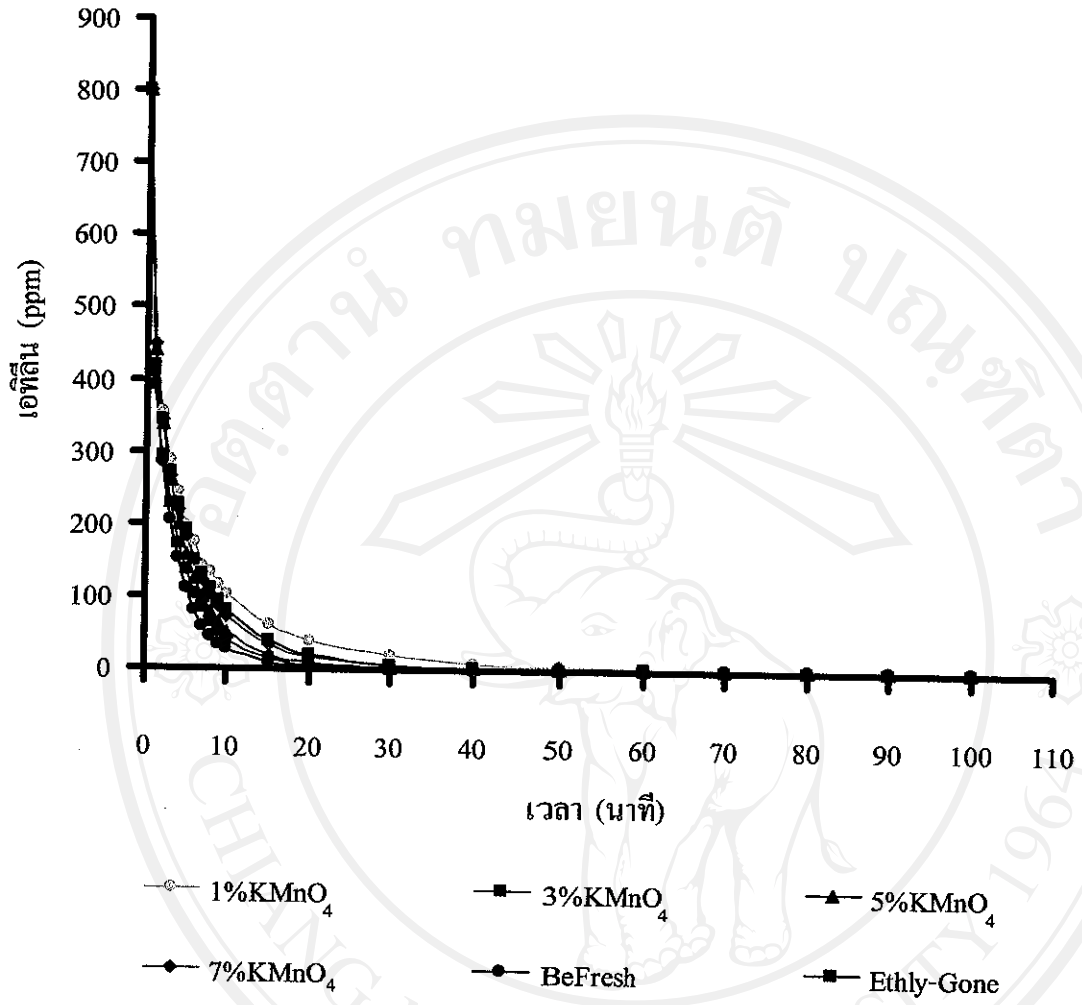
นอกจากปัจจัยด้านความเข้มข้นของโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต จากผลการวิเคราะห์อัตราการดูดกลืนก๊าซเอทิลีนโดยอาศัยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ b ในสมการ exponential ของสารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นจากแต่ละกรรมวิธี ยังพบว่าการอบตัวอย่างสารดูดกลืนเอทิลีนด้วยตู้อบลมร้อนและเครื่องอบแบบสุญญากาศ มีค่าสัมประสิทธิ์ b เฉลี่ยเท่ากับ 0.3324 และ 0.3591 ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 5) เช่นเดียวกับปัจจัยทางด้านอุณหภูมิที่ใช้ในการอบ ซึ่งพบว่าตัวอย่างที่อบด้วยอุณหภูมิ 150, 175 และ 200°ซ มีค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ b เท่ากับ 0.3488, 0.3342 และ 0.3542 ตามลำดับ และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



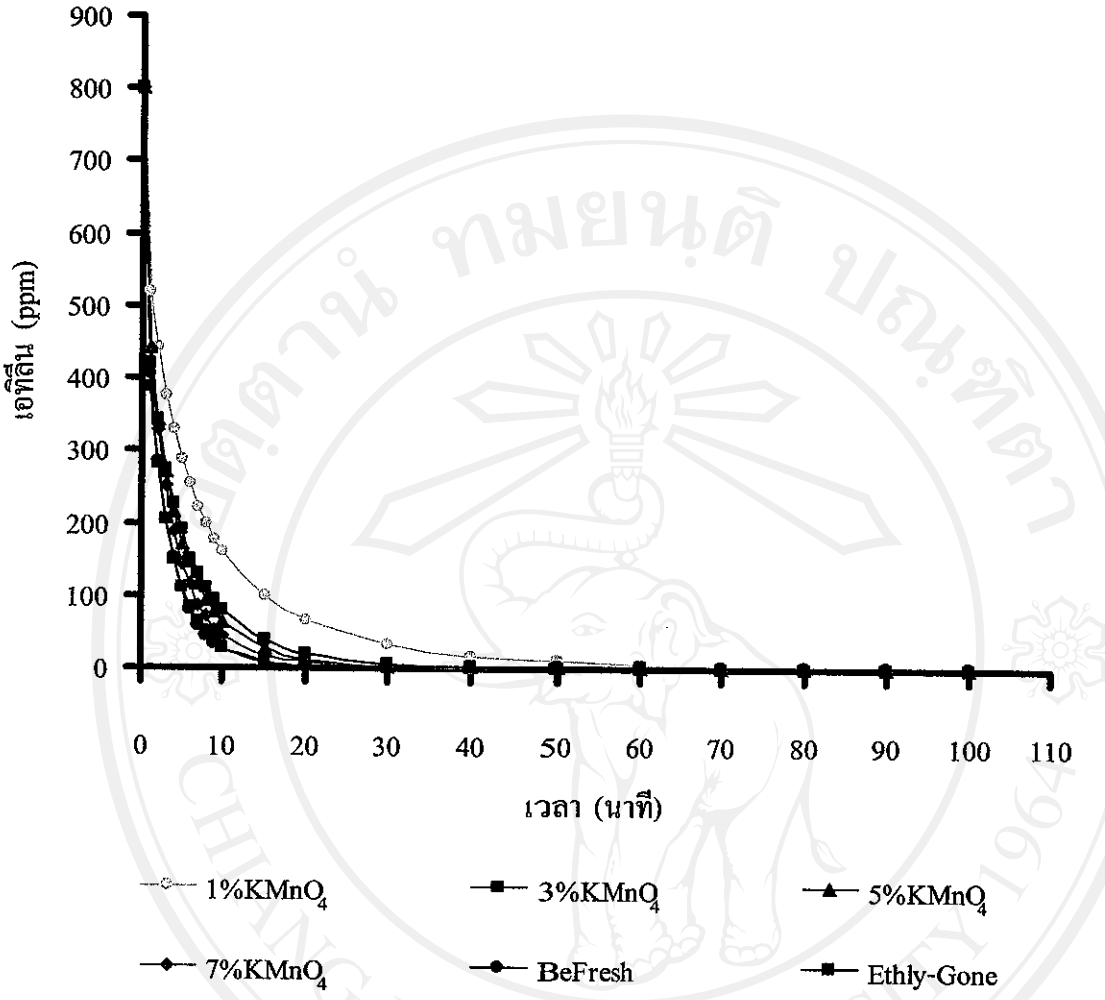
ภาพที่ 4.6 อัตราการดูดกลืนก๊าซเอทิลีนของสารดูดกลืนเอทิลีนที่อบด้วยตู้อบลมร้อน ณ อุณหภูมิ 150°ซ เปรียบเทียบกับสารดูดกลืนเอทิลีนในท้องตลาด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



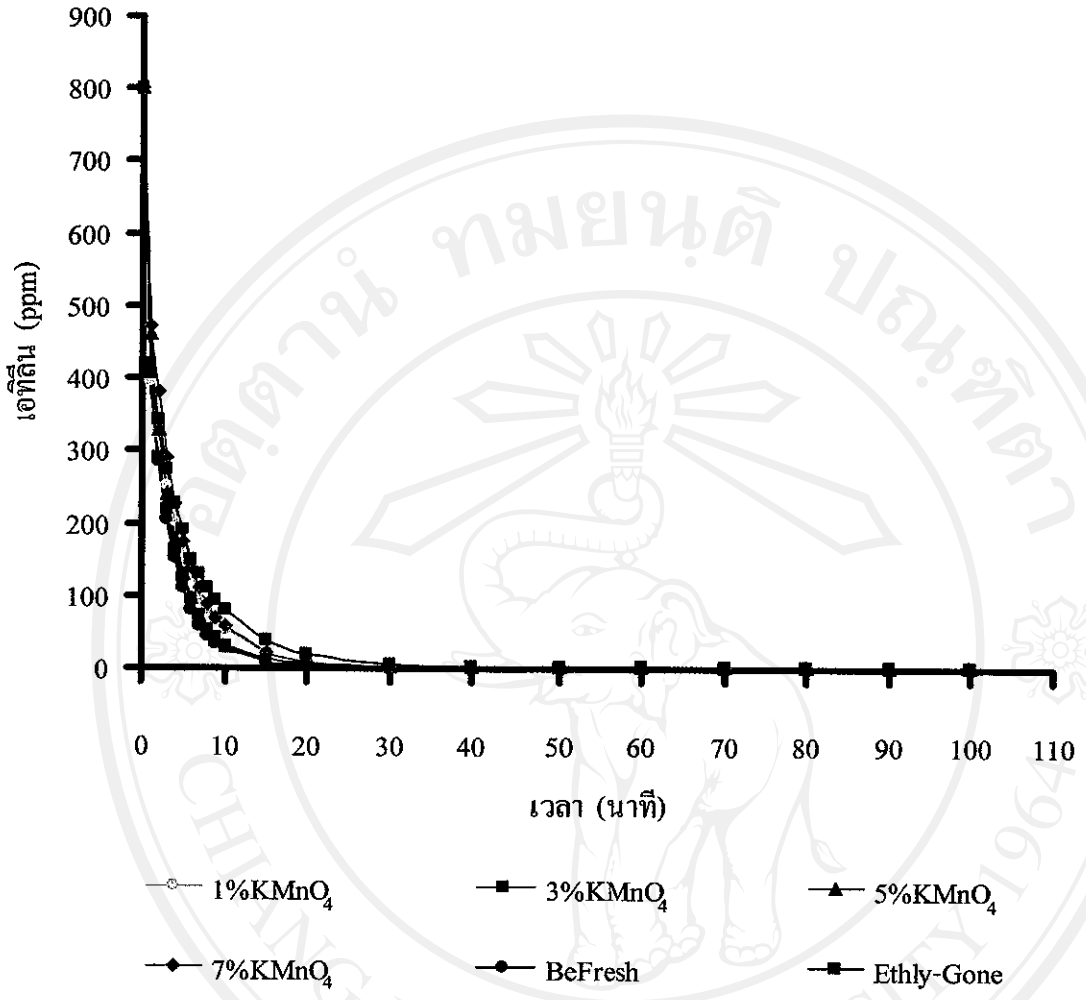
ภาพที่ 4.7 อัตราการดูดกลืนก๊าซเอทิลีนของสารดูดกลืนเอทิลีนที่อบด้วยตู้อบลมร้อน ณ อุณหภูมิ 175°ซ เปรียบเทียบกับสารดูดกลืนเอทิลีนในท้องตลาด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



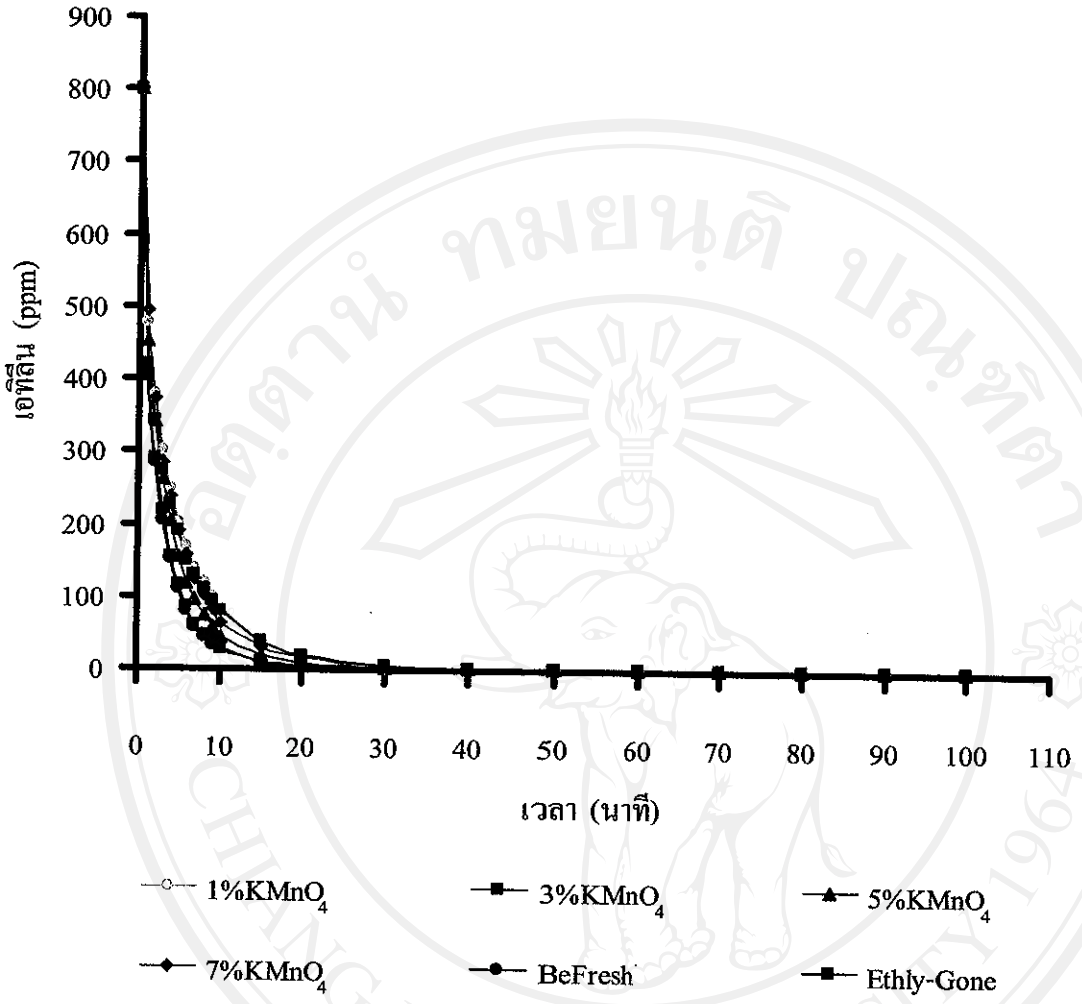
ภาพที่ 4.8 อัตราการดูดกลืนก๊าซเอทิลีนของสารดูดกลืนเอทิลีนที่อบด้วยตู้อบลมร้อน ณ อุณหภูมิ 200°ซ เปรียบเทียบกับสารดูดกลืนเอทิลีนในท้องตลาด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



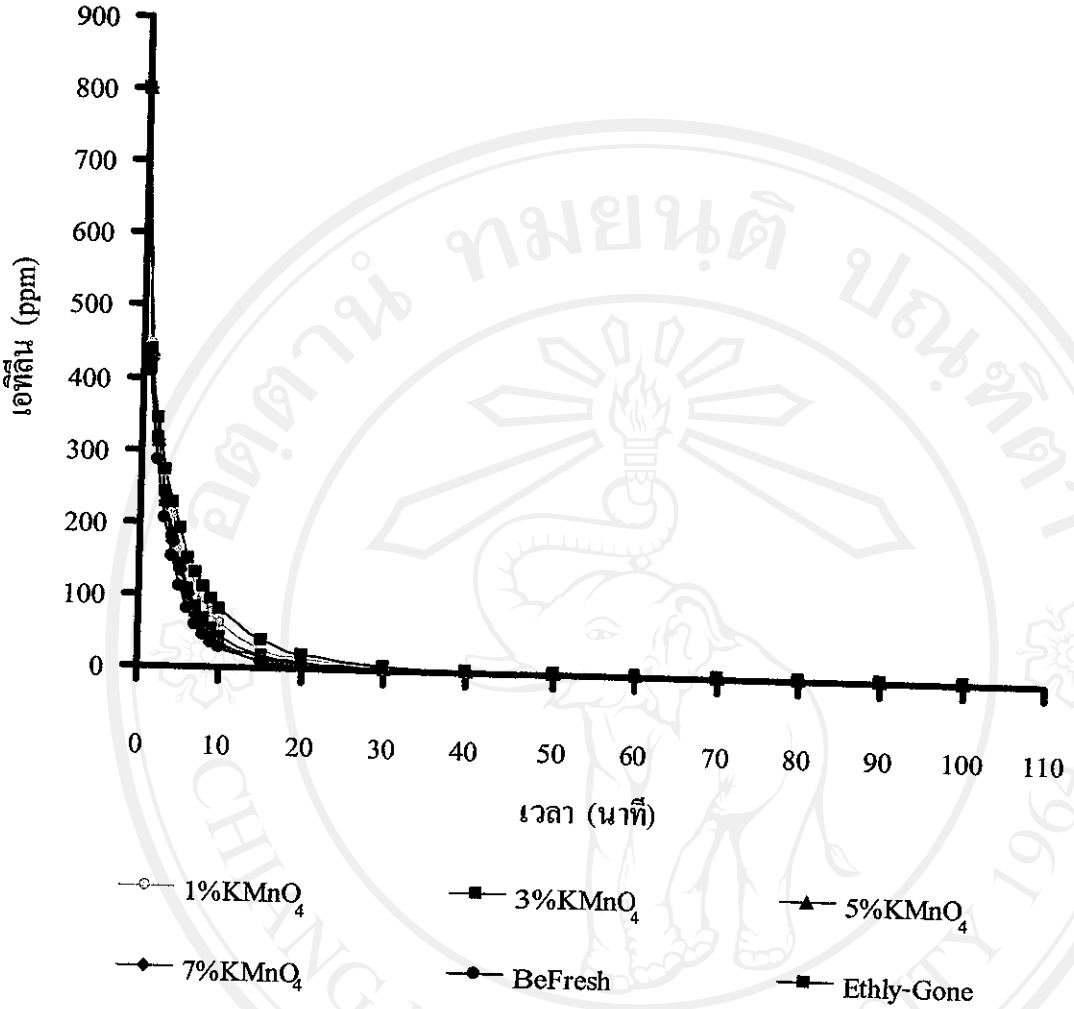
ภาพที่ 4.9 อัตราการดูดกลืนก๊าซเอทิลีนของสารดูดกลืนเอทิลีนที่อบด้วยเครื่องอบแบบสุญญากาศ ณ อุณหภูมิ 150°ซ เปรียบเทียบกับสารดูดกลืนเอทิลีนในท้องตลาด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.10 อัตราการดูดกลืนก๊าซเอทิลีนของสารดูดกลืนเอทิลีนที่อบด้วยเครื่องอบแบบสุญญากาศ ณ อุณหภูมิ 175°ซ เปรียบเทียบกับสารดูดกลืนเอทิลีนในท้องตลาด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.11 อัตราการดูดกลืนก๊าซเอทิลีนของสารดูดกลืนเอทิลีนที่อบด้วยเครื่องอบแบบสุญญากาศ ณ อุณหภูมิ 200°ซ เปรียบเทียบกับสารดูดกลืนเอทิลีนในท้องตลาด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับสารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้น

นำสารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นจากกรรมวิธีที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองที่ 2 มาทดสอบคุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์ ดังนี้

4.3.1 การทดลองที่ 3.1 ศึกษาชนิดของกระดาษที่เหมาะสมต่อการใช้เป็นบรรจุภัณฑ์สารดูดกลืนเอทิลีน

ก. คุณสมบัติการซึมผ่านก๊าซเอทิลีน

จากการทดลองนำสารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นบรรจุในซองที่ทำจากกระดาษ 3 ชนิด ได้แก่ กระดาษพรูฟ กระดาษสาแบบบาง และกระดาษทำโคม แล้วนำไปวัดอัตราการดูดกลืนก๊าซเอทิลีนเปรียบเทียบกับสารดูดกลืนเอทิลีนที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ (ชุดควบคุม) พบว่าสารดูดกลืนเอทิลีนที่บรรจุในซองกระดาษทุกชนิดสามารถดูดกลืนก๊าซเอทิลีนได้ในอัตราที่ช้ากว่าสารดูดกลืนเอทิลีนที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ (ภาพที่ 4.12) โดยเมื่อทำการหาสมการ exponential ระหว่างอัตราการดูดกลืนก๊าซเอทิลีนของสารดูดกลืนเอทิลีนที่บรรจุในซองที่ทำจากกระดาษแต่ละชนิด พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ b ของกระดาษพรูฟมีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ 0.1914 แตกต่างจากสารดูดกลืนเอทิลีนที่บรรจุในซองที่ทำจากกระดาษทำโคมและกระดาษสาแบบบาง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.1804 และ 0.1508 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1)

ข. ความแข็งแรงและคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษ

จากการทดลองนำกระดาษที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด คือ กระดาษพรูฟ กระดาษสาแบบบาง และกระดาษทำโคม ไปไว้ในความชื้นสัมพัทธ์ 79.0 เปอร์เซ็นต์ จนอิ่มตัว แล้วนำไปทดสอบความแข็งแรงโดยรายงานผลเป็นค่า tensile index พบว่า กระดาษทั้ง 3 ชนิด มีค่า tensile index แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยกระดาษพรูฟมีความแข็งแรงสูงที่สุด คือ มีค่า tensile index เฉลี่ยเท่ากับ 31.06 รองลงมาได้แก่ กระดาษสาแบบบางและกระดาษทำโคม ซึ่งมีค่า tensile index เฉลี่ยเท่ากับ 0.63 และ 0.45 ตามลำดับ (ภาพที่ 4.13 และตารางภาคผนวกที่ 10)

นอกจากนี้เมื่อทำการวัดคุณสมบัติทางกายภาพด้านอื่นๆ พบว่า ความหนาของเนื้อกระดาษแต่ละชนิดที่นำมาทดสอบมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยกระดาษสาแบบบางมีความหนาเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 0.0911 มิลลิเมตร รองลงมาได้แก่ กระดาษพรูฟและกระดาษทำโคม ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0843 และ 0.0390 มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนน้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่ (grammage) ของกระดาษแต่ละชนิด พบว่า กระดาษพรูฟมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 56.40 กรัม/ตารางเมตร แตกต่างจากกระดาษสาแบบบางและกระดาษทำโคม ซึ่งมีค่าเฉลี่ยรองลงมา คือ 27.53 และ 21.02 กรัม/ตารางเมตร ตามลำดับ เช่นเดียวกับผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ (Cobb test)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ที่พบว่า กระดาษพรูฟมีการดูดซึมน้ำเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 3.8462 กรัม/ตารางเมตร แตกต่างจากกระดาษสาแบบบางและกระดาษทำโคม ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.9402 และ 1.3687 กรัม/ตารางเมตร ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 10)

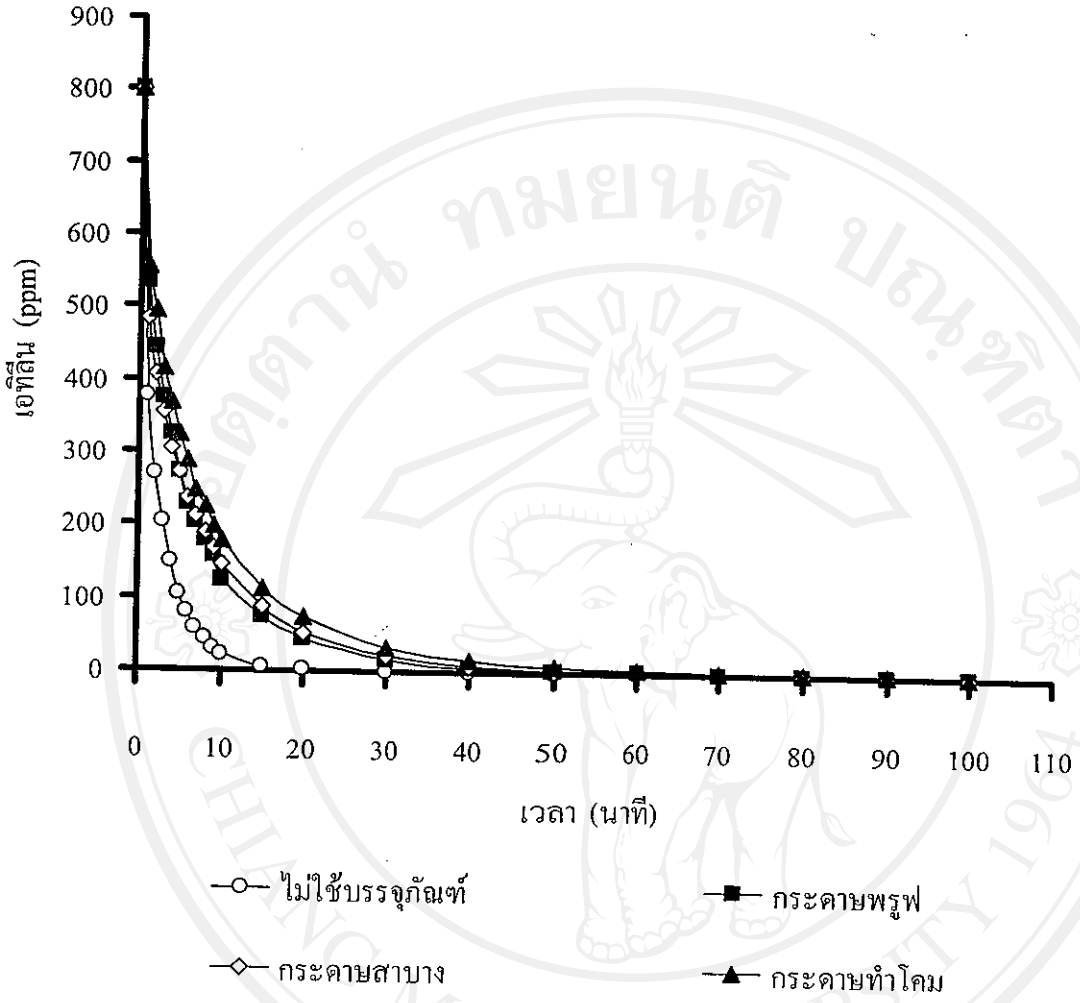
จากภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน พบว่ากระดาษที่นำมาทดสอบทั้ง 3 ชนิดมีลักษณะของเส้นใยแตกต่างกัน โดยเส้นใยของกระดาษสาแบบบาง มีลักษณะเป็นเส้นใยยาวค่อนข้างเรียบ (ภาพที่ 4.14 และ 4.15) การเรียงตัวของเส้นใยไม่สม่ำเสมอ โดยจะพบว่าบางส่วนของกระดาษมีการรวมตัวของเส้นใยเป็นกลุ่มก้อน (flocculation) (ภาคผนวก ก) ส่วนกระดาษพรูฟ มีลักษณะของผิวเส้นใยไม่เรียบและแตกเป็นเส้นขนาดเล็กสานเข้าด้วยกัน (ภาพที่ 4.16 และ 4.17) แต่ไม่พบการรวมตัวของเส้นใยเป็นกลุ่มก้อน (ภาคผนวก ก) ในขณะที่กระดาษทำโคม เส้นใยแตกเป็นเส้นขนาดเล็ก ซึ่งเล็กกว่าเส้นใยของกระดาษพรูฟ ทำให้เส้นใยส่วนใหญ่เกาะรวมกันอย่างหนาแน่นจนเห็นเป็นเนื้อเดียว (ภาพ 4.18 และ 4.19)

ตารางที่ 4.1 ค่าสัมประสิทธิ์ b จากสมการ exponential ของอัตราการดูดกลืนเอทิลีนของสารดูดกลืนเอทิลีนที่บรรจุในซองกระดาษชนิดต่างๆ

กระดาษ	ค่าสัมประสิทธิ์ b
กระดาษพรูฟ	0.1914^{b}
กระดาษสาแบบบาง	0.1508^{a}
กระดาษทำโคม	0.1804^{ab}
ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์	0.4644^{c}
F-test	**
C.V. (%)	2.70

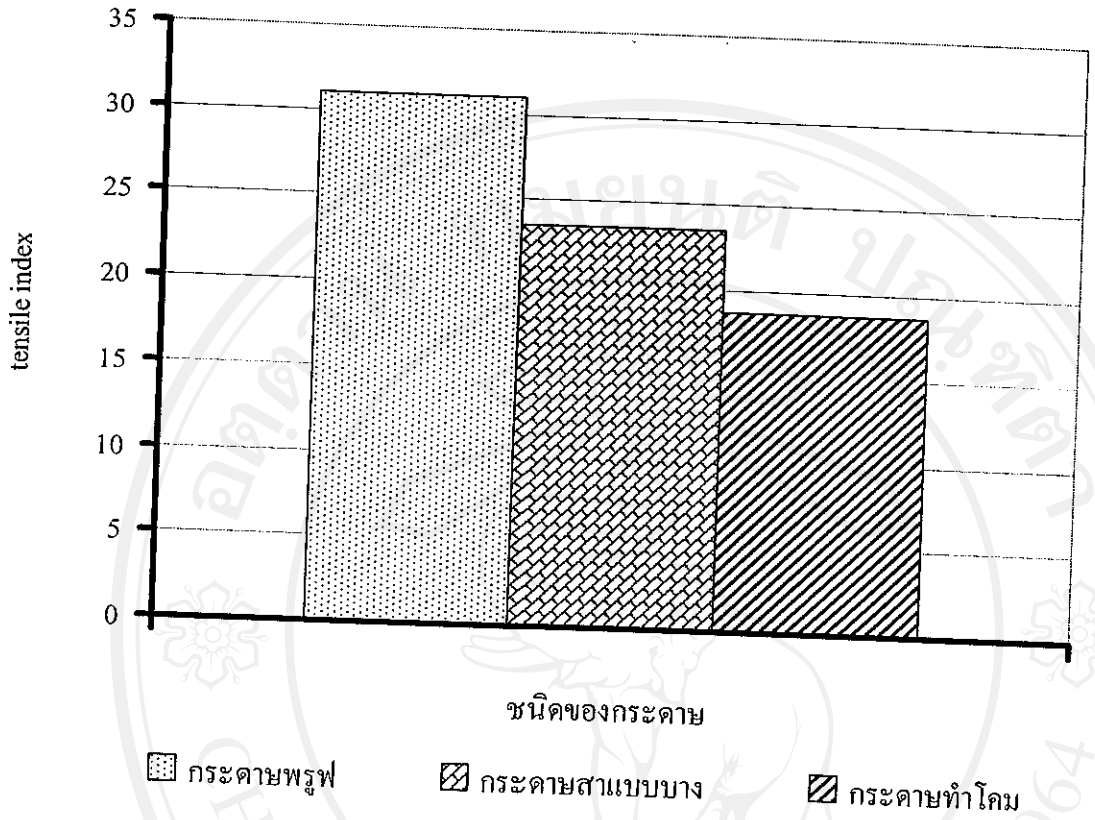
หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติตามการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ LSD (Least significant different) ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% (**)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.12 อัตราการดูดกลืนก๊าซเอทิลีนของสารดูดกลืนเอทิลีนที่บรรจุในถุงกระดาษชนิดต่างๆ

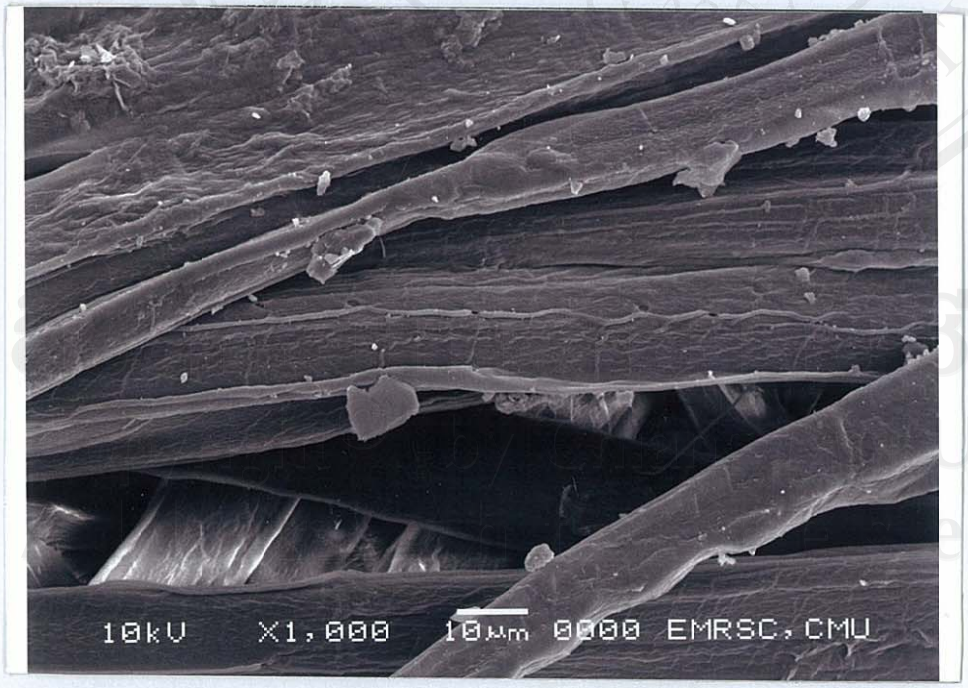
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.13 ค่า tensile index ของกระดาษแต่ละชนิด ณ ความชื้นสัมพัทธ์ 79 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

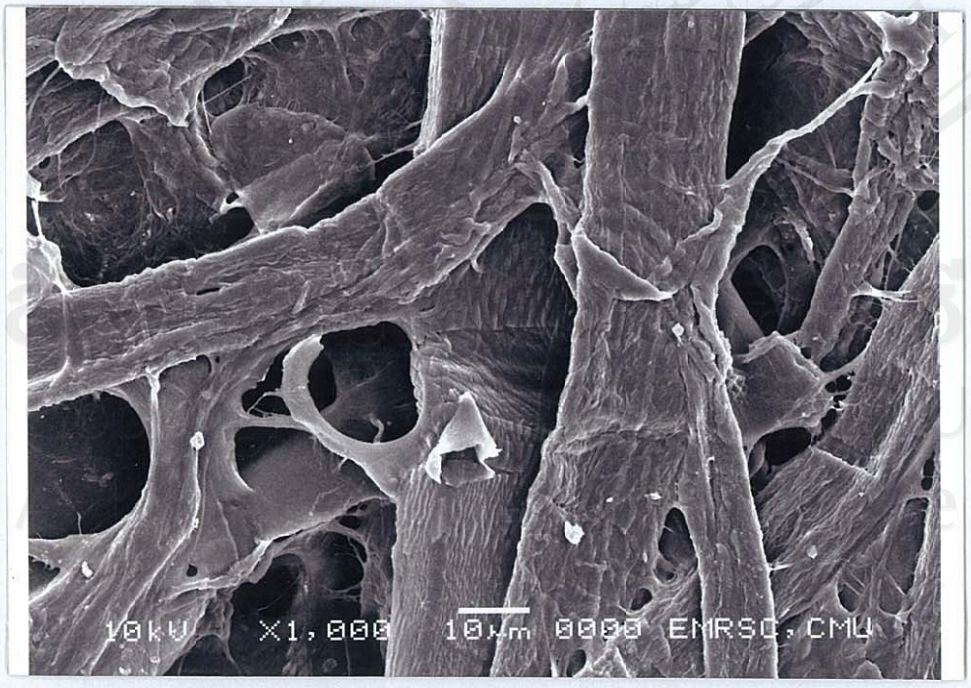
ภาพที่ 4.14 ภาพลักษณะเส้นใยของกระดาษสาแบบบางจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่กำลังขยาย 250 เท่า



ภาพที่ 4.15 ภาพลักษณะเส้นใยของกระดาษสาแบบบางจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

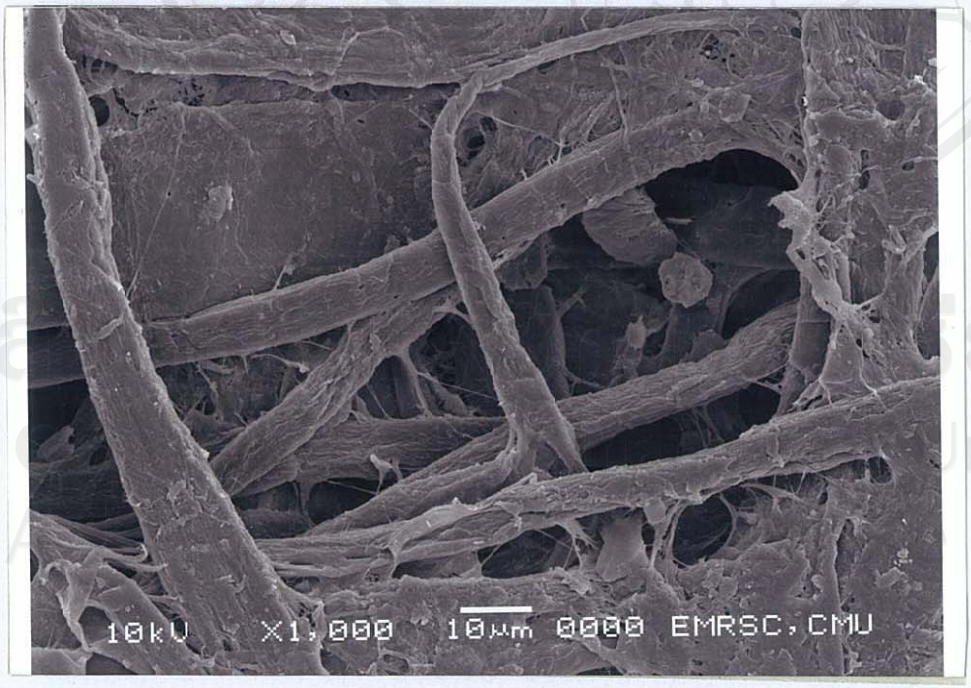
ภาพที่ 4.16 ภาพลักษณะเส้นใยของกระดาษพรูฟจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่กำลังขยาย 250 เท่า



ภาพที่ 4.17 ภาพลักษณะเส้นใยของกระดาษพรูฟจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 4.18 ภาพลักษณะเส้นใยของกระดาษทำโคมจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่กำลังขยาย 250 เท่า



ภาพที่ 4.19 ภาพลักษณะเส้นใยของกระดาษทำโคมจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3.2 การทดลองที่ 3.2 ศึกษาอัตราการดูดกลืนก๊าซเอทิลีนของสารดูดกลืนเอทิลีนในบรรจุภัณฑ์กับสารดูดกลืนเอทิลีนในท้องตลาด

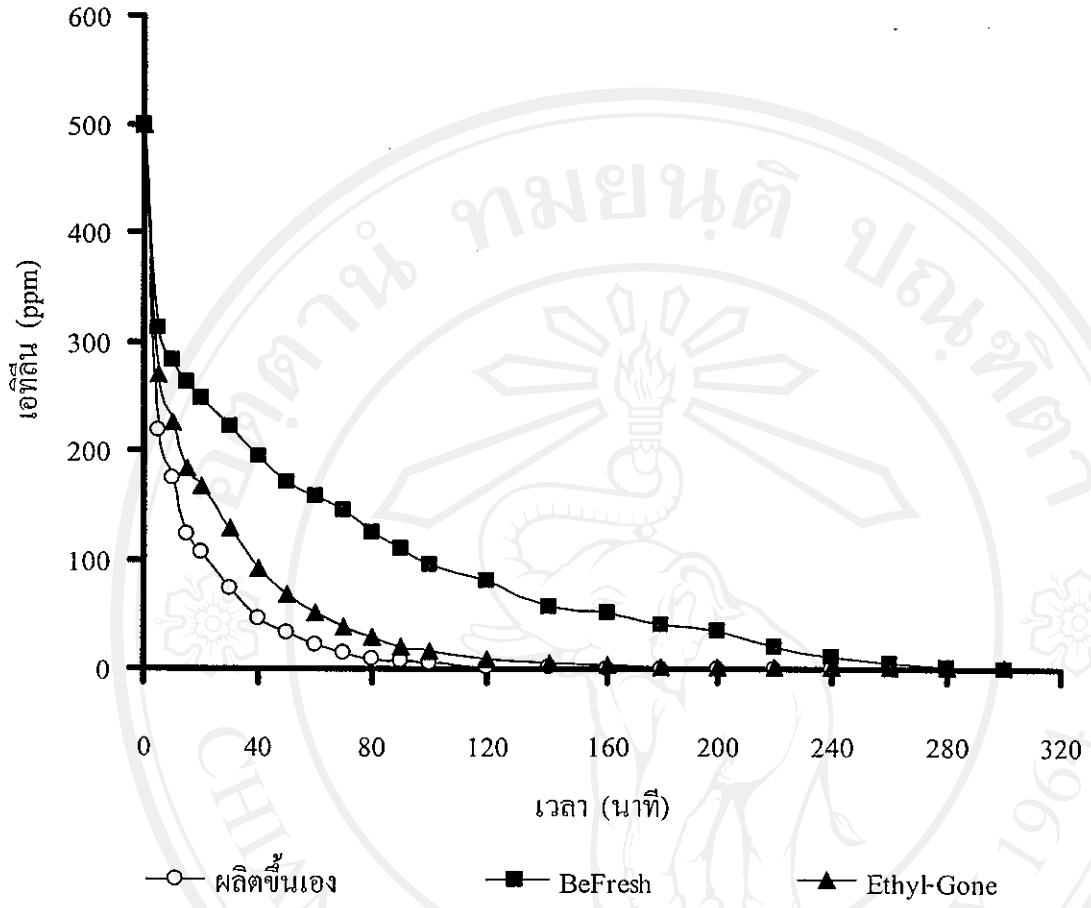
จากการนำสารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นจากดินสอพองผสมกับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์-แมงกาเนตที่ระดับความเข้มข้น 3% และอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 150°ซ โดยบรรจุในซองกระดาษที่ทำจากกระดาษพรูฟและหุ้มด้วยถุงพลาสติกชนิด OPP เจาะรู ไปทดสอบอัตราการดูดกลืนก๊าซเอทิลีนเปรียบเทียบกับสารดูดกลืนเอทิลีนในท้องตลาด 2 ชนิด คือ สารดูดกลืนเอทิลีน BeFresh และ Ethyl-Gone พบว่า ก๊าซเอทิลีนจะถูกสารดูดกลืนเอทิลีนดูดกลืนจนมีปริมาณลดลงตามระยะเวลา (ภาพที่ 4.20) โดยสารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นสามารถดูดกลืนก๊าซเอทิลีนได้ในอัตราที่รวดเร็วกว่าสารดูดกลืนเอทิลีนในท้องตลาดทั้ง 2 ชนิด ซึ่งจากการนำค่าสัมประสิทธิ์ b จากสมการ exponential มาวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย พบว่าสารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นมีค่าสัมประสิทธิ์ b เฉลี่ยสูงที่สุด คือ 0.1780 แตกต่างจากสารดูดกลืนเอทิลีน BeFresh และ EthtylGone ซึ่งมีค่าเฉลี่ยน้อยลงมาตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.2)

ตารางที่ 4.2 ค่าสัมประสิทธิ์ b จากสมการ exponential ของอัตราการดูดกลืนเอทิลีนของสารดูดกลืนเอทิลีนชนิดต่างๆ

สารดูดกลืนเอทิลีน	ค่าสัมประสิทธิ์ b
ผลิตขึ้น	0.1780^{a}
BeFresh	0.0237^{c}
Ethyl-Gone	0.1112^{b}
F-test	**
C.V. (%)	6.66

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติตามการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ LSD (Least significant different) ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% (**)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.20 อัตราการดูดกลืนก๊าซเอทิลีนของสารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นและสารดูดกลืนเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4 การทดลองที่ 4 ศึกษาผลของสารดูดกลืนเอทิลีนต่ออายุการเก็บรักษาของกล้วยหอมทอง

จากการศึกษาการเก็บรักษากล้วยหอมทองตามกรรมวิธีต่างๆ คือ กรรมวิธีที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้น สารดูดกลืนเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาด BeFresh และ Ethyl-Gone และไม่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีน ซึ่งทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (อุณหภูมิเฉลี่ย 24.8°ซ ความชื้นสัมพัทธ์ 42.7 เปอร์เซ็นต์) ได้ผลการทดลอง ดังนี้

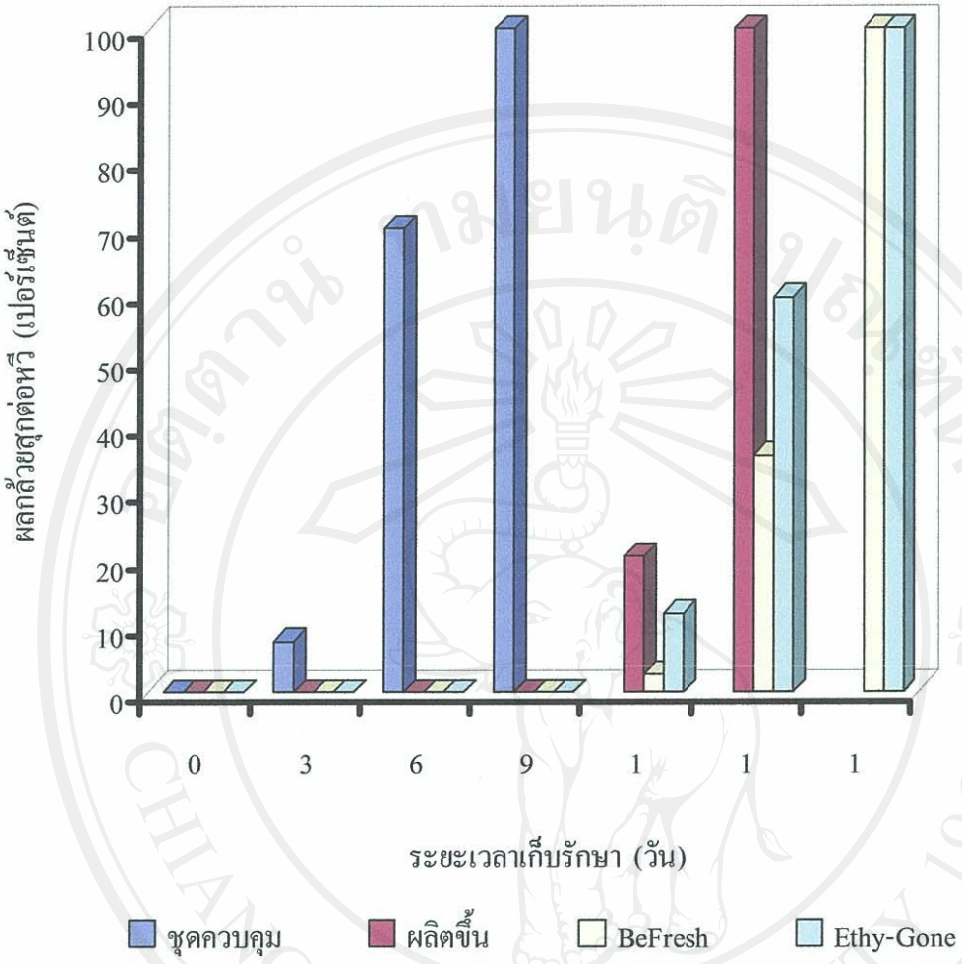
4.4.1 อายุการเก็บรักษา

จากการทดลองนับอายุการเก็บรักษาของกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนชนิดต่างๆ เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีน โดยสังเกตจากการเปลี่ยนแปลงของเปลือกผลจากสีเขียวเป็นสีเหลืองเกิน 50 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ผลสุกต่อหวี พบว่ากล้วยหอมที่ทำการเก็บรักษาในแต่ละกรรมวิธีมีอายุการเก็บรักษาแตกต่างกัน โดยที่กล้วยในกรรมวิธีที่ไม่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีน (ชุดควบคุม) มีอายุการเก็บรักษาน้อยที่สุด คือ 9 วัน รองลงมาได้แก่ กล้วยในกรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้น ซึ่งมีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 15 วัน ส่วนกรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีน BeFresh และ Ethyl-Gone มีอายุการเก็บรักษามากที่สุด คือ 18 วัน นอกจากนี้ยังพบว่าในช่วงต้นของการทดลอง กล้วยในกรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีนมีเปอร์เซ็นต์ผลสุกต่อหวีเท่ากับ 0 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 วัน จึงเริ่มมีผลสุกเกิดขึ้น (ภาพที่ 4.21 และตารางภาคผนวกที่ 11)

4.4.2 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก

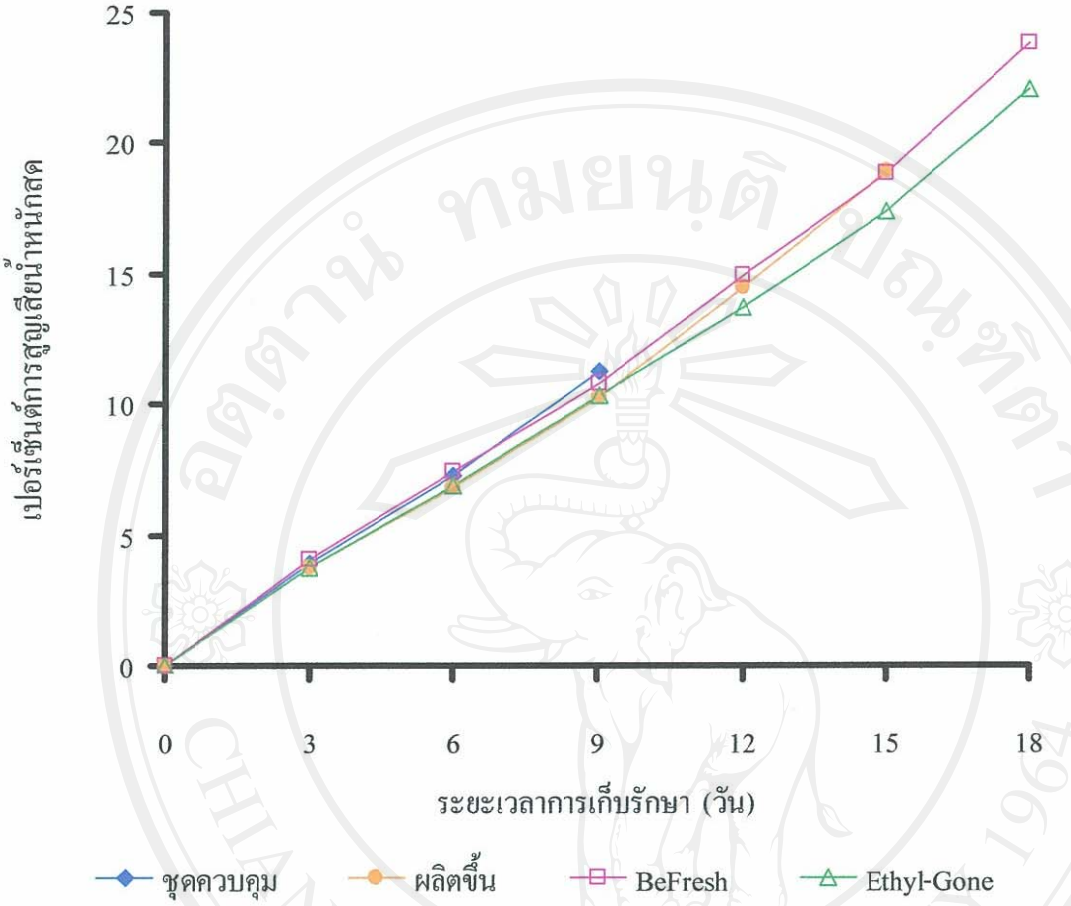
การสูญเสียน้ำหนักสดของกล้วยหอมทองที่ทำการเก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนชนิดต่างๆ เปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีน พบว่ากล้วยหอมทองทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพที่ 4.22) โดยในแต่ละกรรมวิธีมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดไม่แตกต่างกันในทางสถิติตลอดอายุการเก็บรักษา และเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาของแต่ละกรรมวิธี พบว่ากล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้น, BeFresh, Ethyl-Gone และไม่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีน (ชุดควบคุม) มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดเท่ากับ 18.89, 23.79, 22.04 และ 11.21 ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 12)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.21 เปอร์เซ็นต์ผลสุกต่อหวีของกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนชนิดต่างๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.22 เปอร์เซ็นต์สูญเสียน้ำหนักสดของกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนชนิดต่างๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4.3 การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก

4.4.3.1 ค่า L* (ความสว่างของสี)

กล้วยหอมทองที่เก็บรักษาตามกรรมวิธีต่างๆ มีการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกจากสีเขียวเข้มเป็นสีเขียวอ่อนและเปลี่ยนเป็นสีเหลืองตามลำดับ ทำให้ค่าความสว่าง (L*) ของสีเปลือกเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา (ภาพที่ 4.23) โดยกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยไม่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีน (ชุดควบคุม) มีค่าความสว่างของสีเปลือกเพิ่มขึ้นมากกว่าและแตกต่างจากกรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลาตั้งแต่ 6 วัน และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 9 วัน กล้วยหอมทองในชุดควบคุมหมดอายุการเก็บรักษา และมีค่าความสว่างของสีเปลือกสูงที่สุด คือ 65.53 แตกต่างจากกรรมวิธีอื่นที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 55.13-58.06 ส่วนกรรมวิธีที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นมีค่าความสว่างของสีเปลือกในช่วงต้นของการเก็บรักษาใกล้เคียงกับกรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาด (BeFresh และ Ethyl-Gone) จนกระทั่งเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 วัน กล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นมีค่าความสว่างของสีเปลือกมากกว่าและแตกต่างจากกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาด และเมื่อเก็บรักษาต่อพบว่า ณ วันที่ 15 ของการเก็บรักษา กรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นหมดอายุการเก็บรักษา และมีค่าความสว่างของสีเปลือกสูงที่สุด คือ 66.25 มากกว่าและแตกต่างจากกรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาด ซึ่งกรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาดมีค่าความสว่างของสีใกล้เคียงกันตลอดอายุการเก็บรักษา โดยเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาที่ 18 วัน สารดูดกลืนเอทิลีน BeFresh และ Ethyl-Gone มีค่าความสว่างของสีเฉลี่ยเท่ากับ 68.93 และ 65.93 ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 13)

4.4.3.2 ค่า a* (ความเป็นสีเขียวหรือสีแดง)

กล้วยหอมทองที่เก็บรักษาตามกรรมวิธีต่างๆ มีการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกจากสีเขียวเป็นสีเหลือง ทำให้ค่า a* ของสีเปลือกเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา (ภาพที่ 4.24) โดยกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยไม่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีน (ชุดควบคุม) มีค่า a* ของสีเปลือกเพิ่มขึ้นมากกว่าและแตกต่างจากกรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 9 วัน กล้วยหอมทองในชุดควบคุมมีค่า a* ของสีเปลือกเท่ากับ 7.42 แตกต่างจากกรรมวิธีอื่นที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง -6.18 ถึง -2.51 ส่วนกรรมวิธีที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นมีค่า a* ของสีเปลือกในช่วงต้นของการเก็บรักษาใกล้เคียงกับกรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาด (BeFresh และ Ethyl-Gone) จนกระทั่งเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 วัน กล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นมีค่า a* มากกว่าและแตกต่างจากกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาด และเมื่อเก็บรักษาต่อจนกระทั่งหมดอายุการเก็บรักษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในวันที่ 15 พบว่า ค่า a* ของสีเปลือกมีค่าเท่ากับ 8.37 มากกว่าและแตกต่างจากกรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาด ซึ่งกรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาดมีค่า a* ใกล้เคียงกันตลอดอายุการเก็บรักษา โดยเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาที่ 18 วัน สารดูดกลืนเอทิลีน BeFresh และ Ethyl-Gone มีค่า a* เฉลี่ยเท่ากับ 4.77 และ 4.80 ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 14)

4.4.3.3 ค่า b* (ความเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน)

กล้วยหอมทองที่เก็บรักษาตามกรรมวิธีต่างๆ มีการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกจากสีเขียวเป็นสีเหลือง ทำให้ค่า b* ของสีเปลือกเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา (ภาพที่ 4.25) สอดคล้องกับค่า L* และ a* โดยกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยไม่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีน (ชุดควบคุม) มีค่า b* ของสีเปลือกเพิ่มขึ้นมากกว่าและแตกต่างจากกรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 9 วัน กล้วยหอมทองในชุดควบคุมมีค่า b* ของสีเปลือกเท่ากับ 43.39 แตกต่างจากกรรมวิธีอื่นที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 28.35-31.82 ส่วนกรรมวิธีที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นมีค่า b* ของสีเปลือกในช่วงต้นของการเก็บรักษาใกล้เคียงกับกรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาด (BeFresh และ Ethyl-Gone) จนกระทั่งเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 วัน กล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นมีค่า b* มากกว่าและแตกต่างจากกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาด และเมื่อเก็บรักษาต่อจนกระทั่งหมดอายุการเก็บรักษาในวันที่ 15 พบว่า ค่า b* ของสีเปลือกมีค่าเท่ากับ 45.35 มากกว่าและแตกต่างจากกรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาด ซึ่งกรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาดมีค่า b* ใกล้เคียงกันตลอดอายุการเก็บรักษา โดยเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาที่ 18 วัน สารดูดกลืนเอทิลีน BeFresh และ Ethyl-Gone มีค่า b* เฉลี่ยเท่ากับ 40.62 และ 37.74 ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 15)

4.4.3.3 ค่า chroma (ความอิ่มตัวของสี)

กล้วยหอมทองที่เก็บรักษาตามกรรมวิธีต่างๆ มีการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกจากสีเขียวเข้มเป็นสีเขียวอ่อนและเปลี่ยนเป็นสีเหลืองตามลำดับ ทำให้ค่า chroma หรือความอิ่มตัวของค่าสีเพิ่มขึ้นตามลำดับ (ภาพที่ 4.26) โดยกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาในชุดควบคุมมีค่า chroma เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและมีความแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีน ซึ่งเมื่อกล้วยในชุดควบคุมหมดอายุการเก็บรักษาที่ระยะเวลา 9 วัน มีค่า chroma เท่ากับ 43.06 ในขณะที่กล้วยในกรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีนมีค่า chroma อยู่ระหว่าง 29.59-32.66 ส่วนกรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้น พบว่า เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 วัน กล้วยในกรรมวิธีดังกล่าวมีค่า chroma เฉลี่ยเท่ากับ 38.31 แตกต่างจากกรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาด และเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาที่ระยะเวลา 15 วัน กล้วยในกรรมวิธีดังกล่าว

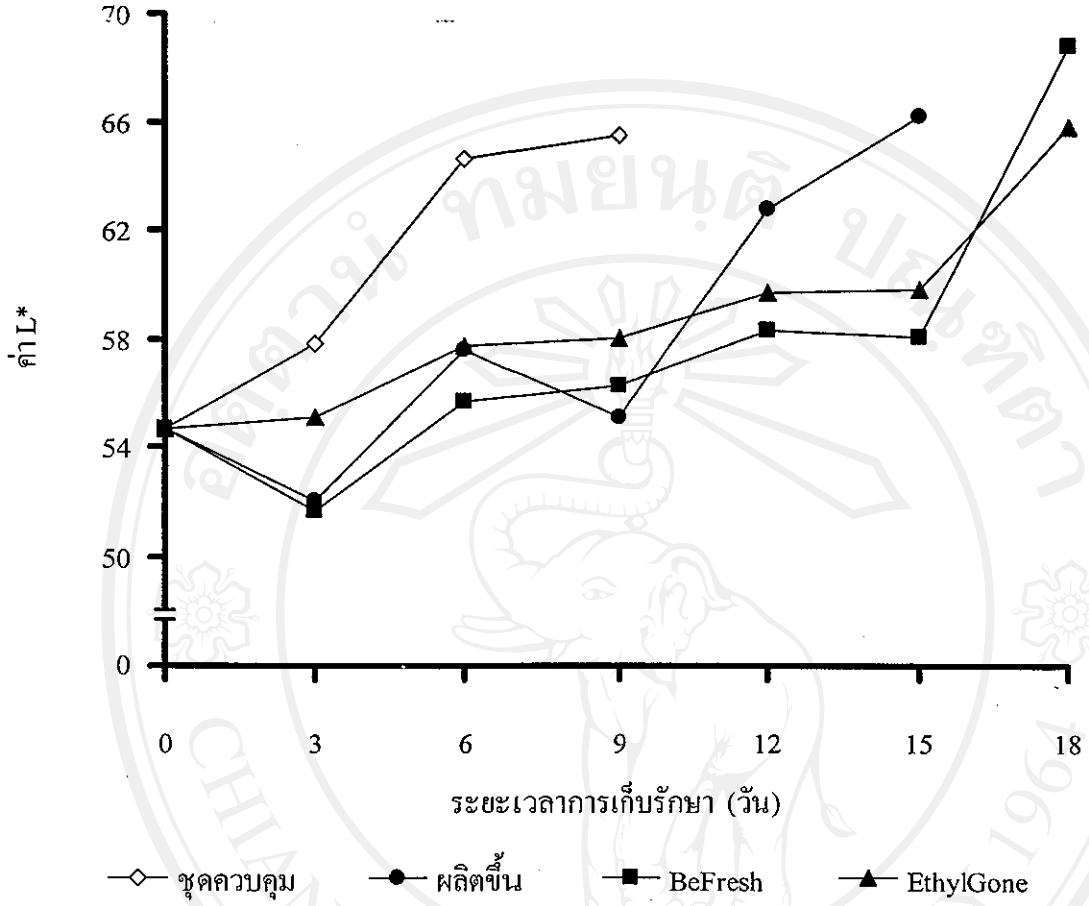
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มีค่า chroma สูงที่สุดคือ 39.82 มากกว่ากรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีน BeFresh และ Ethyl-Gone ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 34.00 และ 34.64 ตามลำดับ โดยกรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีน BeFresh และ Ethyl-Gone มีค่า chroma ที่ใกล้เคียงกันตลอดอายุการเก็บรักษา (ตารางภาคผนวกที่ 16)

4.4.3.4 ค่า hue angle

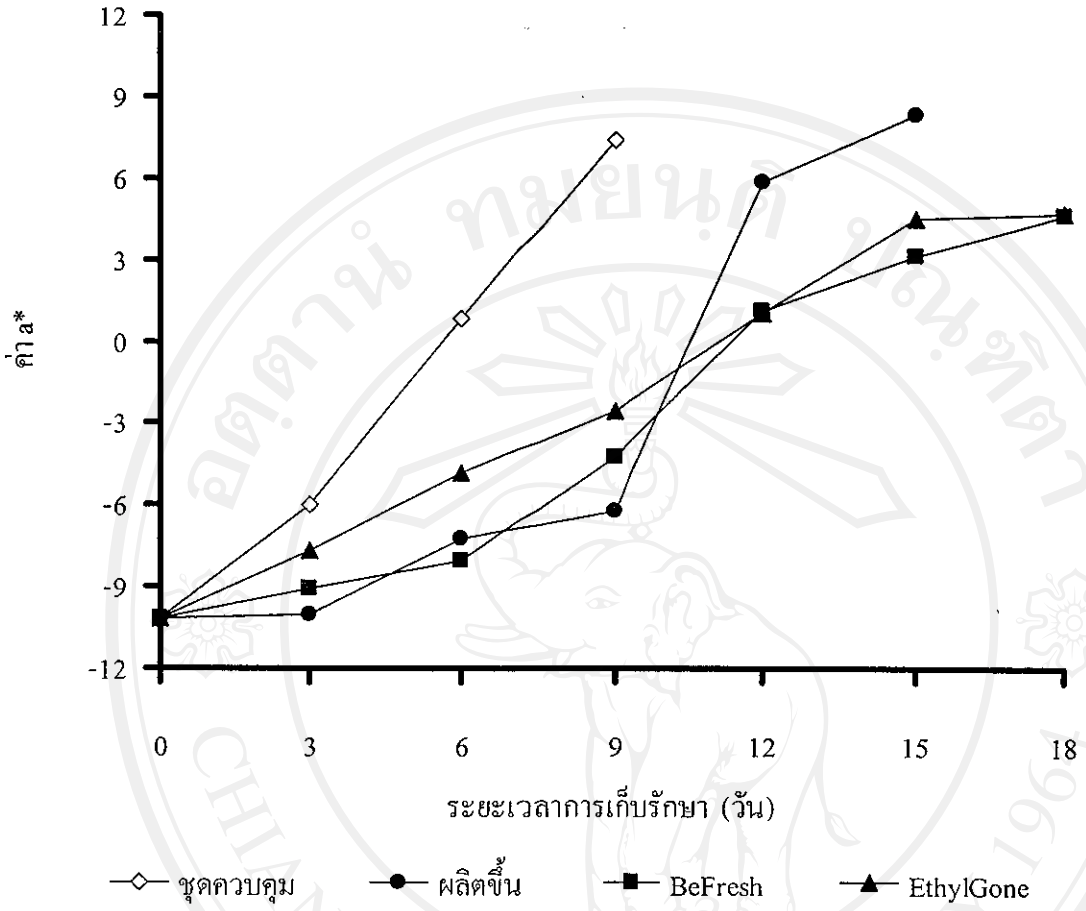
กล้วยหอมทองที่เก็บรักษาตามกรรมวิธีต่างๆ มีการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกจากสีเขียวเป็นสีเหลือง ทำให้ค่า hue angle หรือมุมตกกระทบของสีใน chromaticity coordinates มีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งจากส่วนที่เป็นสีเขียวมาเป็นสีเหลือง ทำให้มีค่าของมุมตกกระทบลดลง ค่า hue angle ของสีเปลือกจึงลดลงตามอายุการเก็บรักษา (ภาพที่ 4.27) ซึ่งกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาในชุดควบคุม มีค่า hue angle ของสีเปลือกลดลงมากกว่าและแตกต่างจากกรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลาตั้งแต่ 6 วัน และเมื่อหมดอายุการเก็บรักษาจะมีค่า hue angle ของสีเปลือกต่ำที่สุด คือ 78.09 แตกต่างจากกรรมวิธีอื่นที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 96.30-103.95 ส่วนกรรมวิธีที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นมีค่า hue angle ของสีเปลือกในช่วงต้นของการเก็บรักษาใกล้เคียงกับกรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาด จนกระทั่งเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 วัน กล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นมีค่า hue angle ของสีเปลือกน้อยกว่าและแตกต่างจากกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาด และเมื่อเก็บรักษาต่อจนหมดอายุการเก็บรักษาในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา พบว่า กรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นมีค่า hue angle ของสีเปลือกต่ำที่สุด คือ 77.09 น้อยกว่าและแตกต่างจากกรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาด ซึ่งกรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาดมีค่า hue angle ของสีใกล้เคียงกันตลอดอายุการเก็บรักษา โดยเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาที่ 18 วัน สารดูดกลืนเอทิลีน BeFresh และ Ethyl-Gone มีค่า hue angle เฉลี่ยเท่ากับ 83.35 และ 82.73 ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 17)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



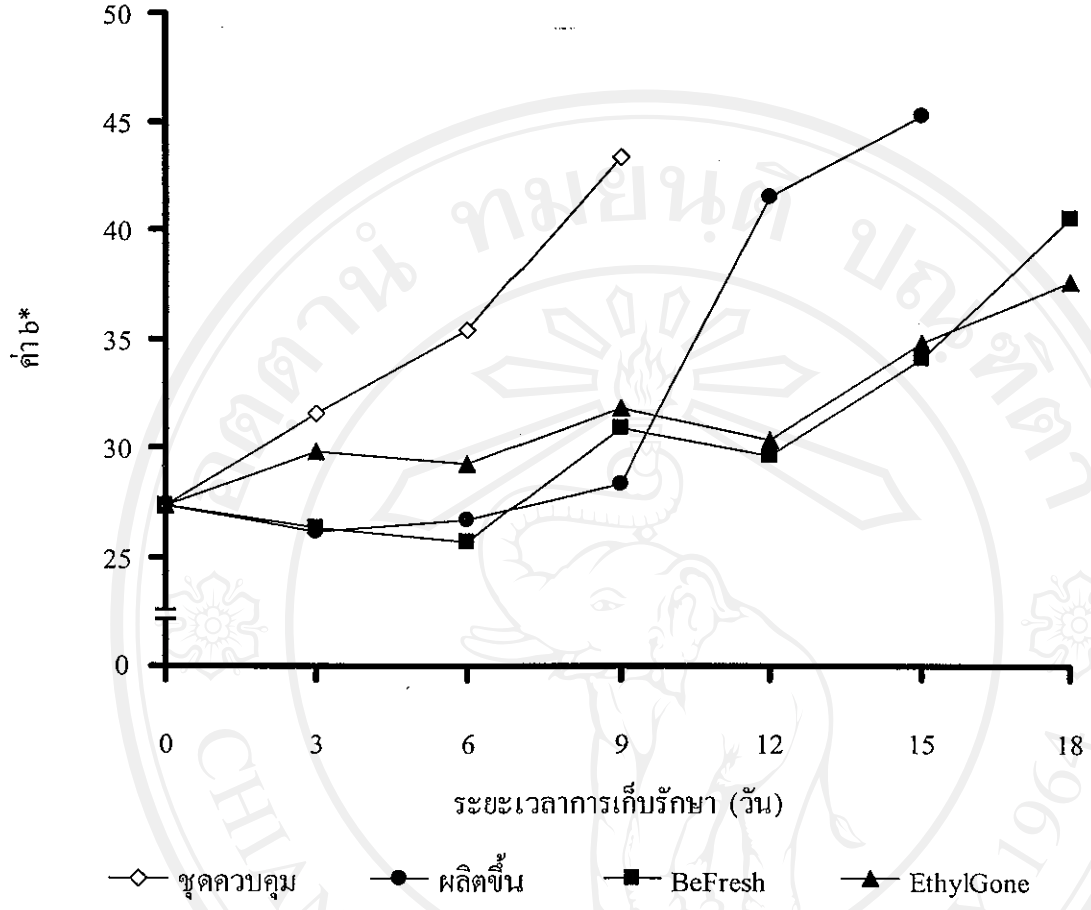
ภาพที่ 4.23 ค่า L* ของสีเปลือกกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนชนิดต่างๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



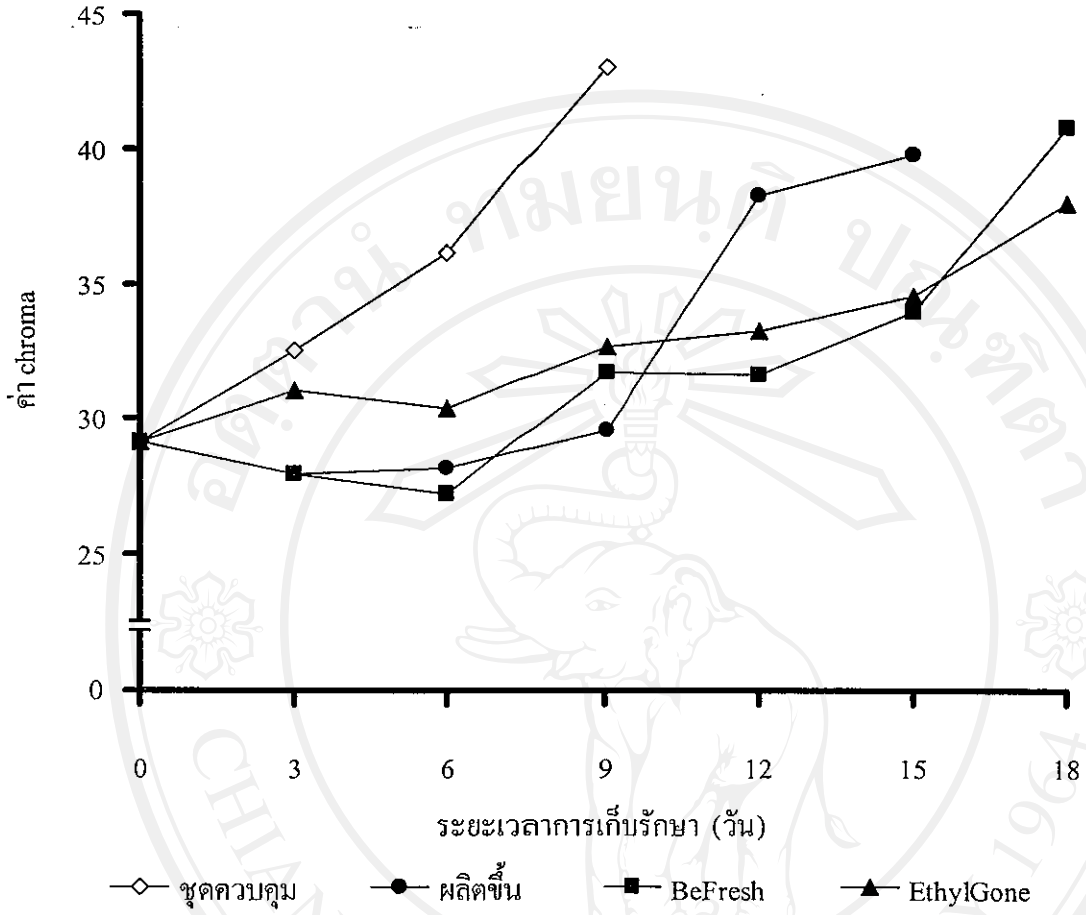
ภาพที่ 4.24 ค่า a* ของสีเปลือกกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนชนิดต่างๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



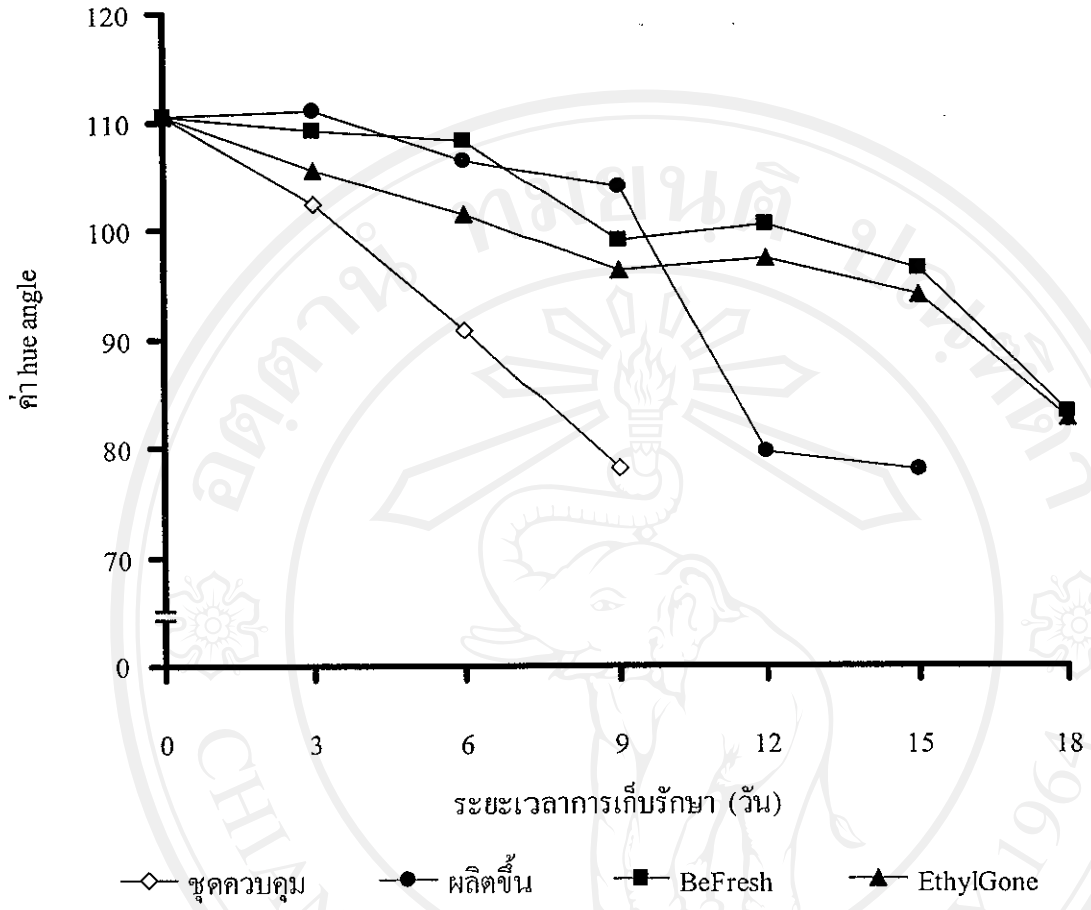
ภาพที่ 4.25 ค่า b* ของสีเปลือกกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนชนิดต่างๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.26 ค่า chroma ของสีเปลือกกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนชนิดต่างๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



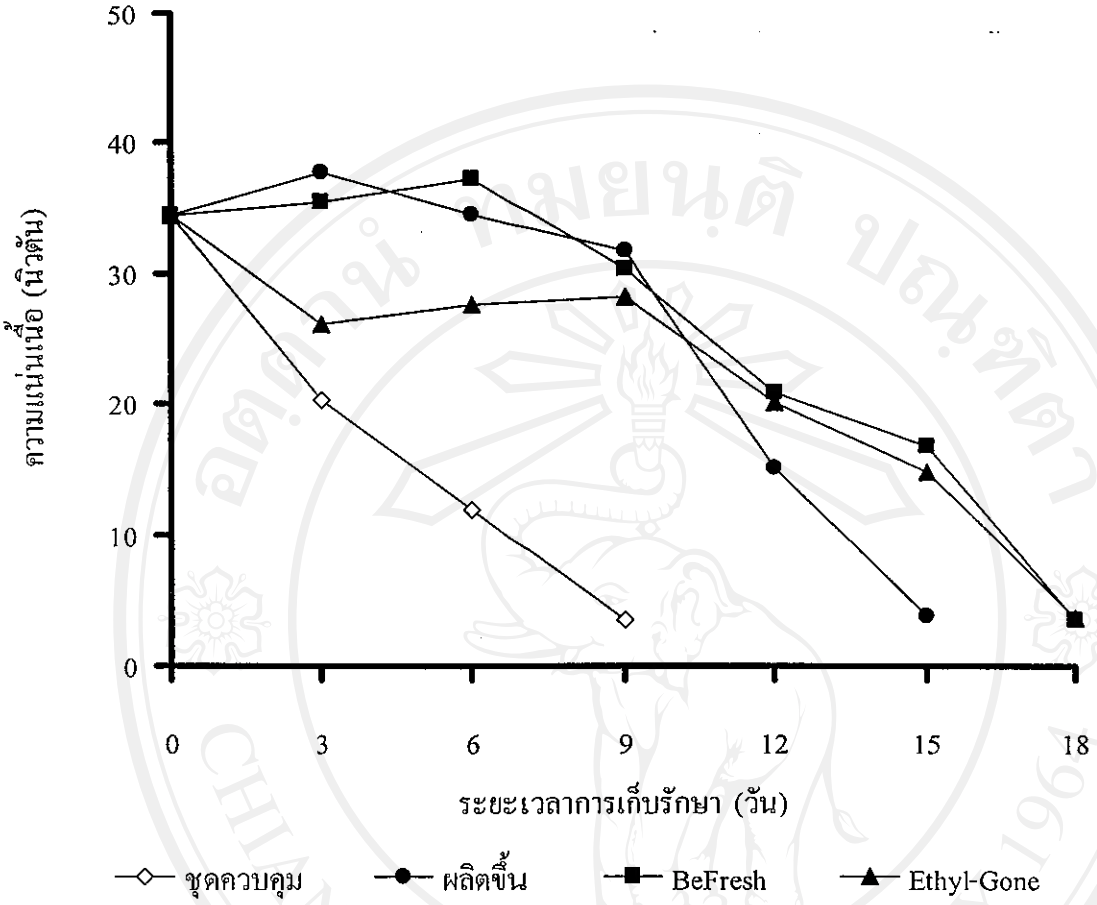
ภาพที่ 4.27 ค่า hue angle ของสีเปลือกกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนชนิดต่างๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4.4 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อ

การเก็บรักษากล้วยหอมทองที่อุณหภูมิห้อง (24.8°ซ) ความชื้นสัมพัทธ์ 42.7 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนชนิดต่างๆ เปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีน พบว่า กล้วยหอมทองในทุกกรรมวิธีมีความแน่นเนื้อลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพที่ 4.28) โดยกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยไม่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีน (ชุดควบคุม) มีอัตราการลดลงของความแน่นเนื้อสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ซึ่งหลังจากทำการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 วัน พบว่า มีความแน่นเนื้อเฉลี่ย เท่ากับ 11.96 นิวตัน ลดลงจากวันเริ่มต้นการทดลองประมาณ 3 เท่า และมีความแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีน และเมื่อเก็บรักษาต่อจนสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาที่ระยะเวลา 9 วัน กล้วยหอมทองในชุดควบคุมจะมีความแน่นเนื้อเฉลี่ยเท่ากับ 3.50 นิวตัน น้อยกว่าและแตกต่างจากกรรมวิธีอื่นซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 28.32-31.78 นิวตัน ส่วนกรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้น พบว่า มีความแน่นเนื้อในช่วงต้นของการเก็บรักษาใกล้เคียงกับสารดูดกลืนเอทิลีนชนิดอื่นๆ จนกระทั่งเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 วัน จะมีความแน่นเนื้อน้อยกว่าและมีความแตกต่างทางสถิติกับสารดูดกลืนเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาด โดยเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษาที่ระยะเวลา 15 วัน พบว่า กล้วยที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นมีความแน่นเนื้อเฉลี่ยเท่ากับ 3.86 นิวตัน น้อยกว่าและแตกต่างจากสารดูดกลืนเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาดที่มีความแน่นเนื้อเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 14.88-16.82 นิวตัน ซึ่งกล้วยที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาดมีความแน่นเนื้อใกล้เคียงกันตลอดอายุการเก็บรักษา (ตารางภาคผนวกที่ 18)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



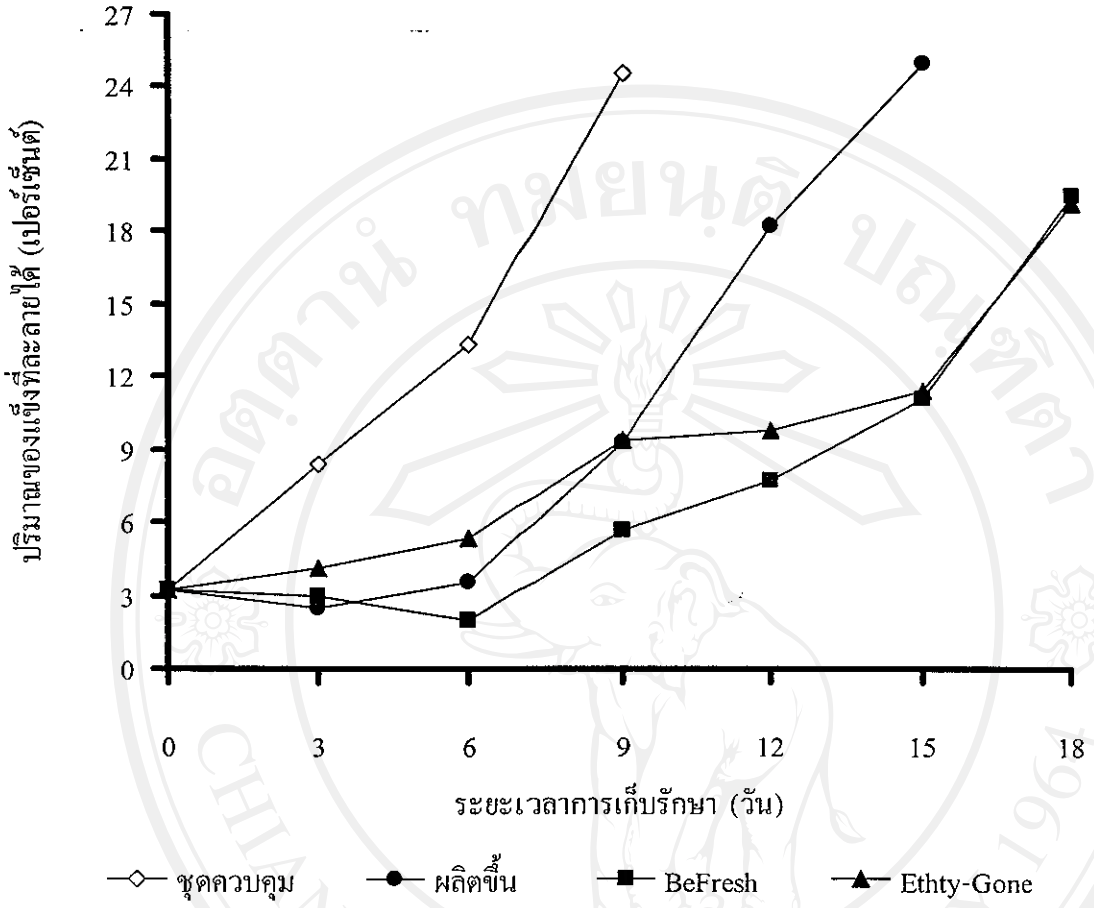
ภาพที่ 4.28 ความแน่นเนื้อของกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนชนิดต่างๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4.5 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้

จากการทดลองเก็บรักษากล้วยหอมทองที่อุณหภูมิห้อง (24.8°ซ) ความชื้นสัมพัทธ์ 42.7 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนชนิดต่างๆ เปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีน พบว่า กล้วยในทุกกรรมวิธีมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา (ภาพที่ 4.29) ซึ่งกล้วยที่เก็บรักษาโดยไม่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีน (ชุดควบคุม) มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีความแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีน โดยเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาของกล้วยในชุดควบคุมที่ระยะเวลา 9 วัน พบว่ากล้วยในกรรมวิธีดังกล่าวมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 24.61 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างจากกรรมวิธีอื่นๆ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 5.67-9.39 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกรรมวิธีที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้น พบว่ามีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในช่วงต้นการทดลองใกล้เคียงกับสารดูดกลืนเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาด จนกระทั่งเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 วัน กรรมวิธีดังกล่าวมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้สูงที่สุด และมีความแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาด และเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษาที่ระยะเวลา 15 วัน กรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นจะมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 25.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีน BeFresh และ Ethyl-Gone ที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เฉลี่ย 11.09 และ 11.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งสารดูดกลืนเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาดทั้งสองชนิดดังกล่าวมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ใกล้เคียงกันตลอดอายุการเก็บรักษา (ตารางภาคผนวกที่ 19)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



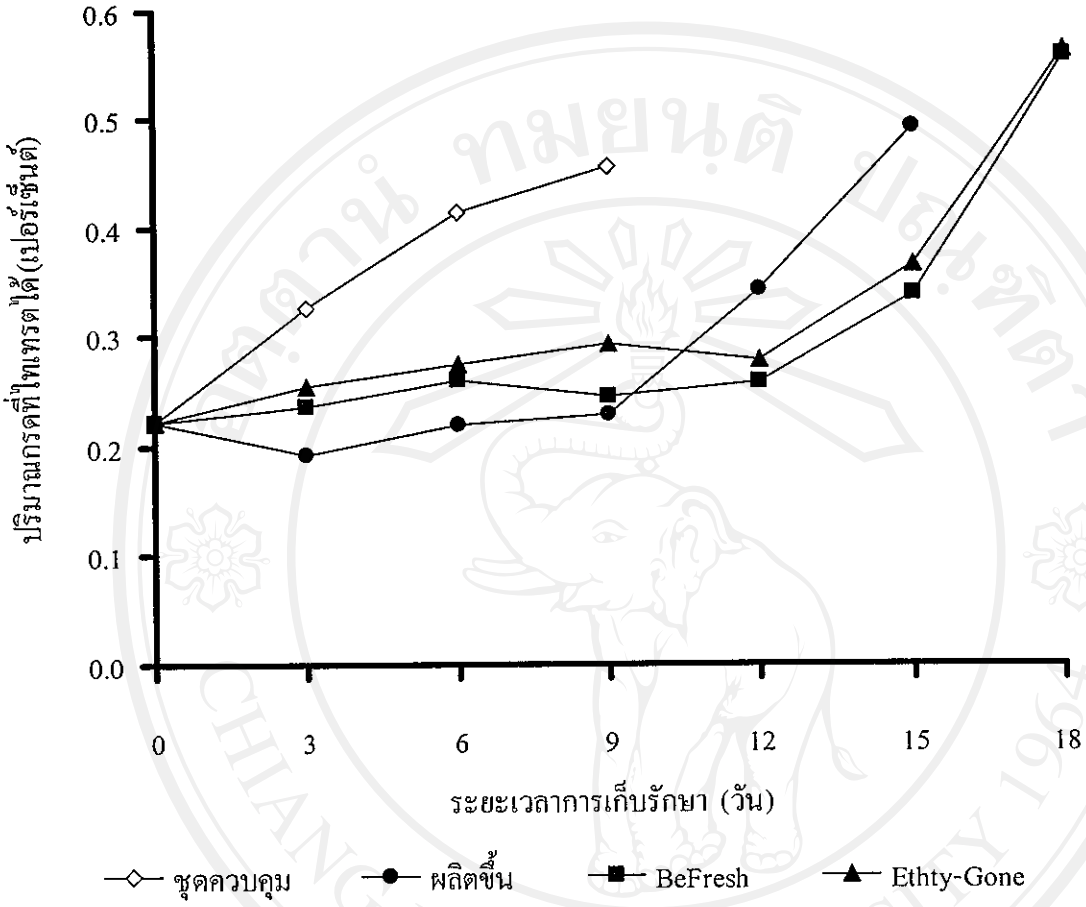
ภาพที่ 4.29 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนชนิดต่างๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4.6 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

หลังจากทำการเก็บรักษากล้วยหอมทองที่อุณหภูมิห้อง (24.8°ซ) ความชื้นสัมพัทธ์ 42.7 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนชนิดต่างๆ เปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีน พบว่า กล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในช่วงต้นของการเก็บรักษาในขณะที่กล้วยหอมทองในชุดควบคุมมีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (ภาพที่ 4.30) และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีน ซึ่งเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาที่ระยะเวลา 9 วัน กล้วยที่เก็บรักษาในชุดควบคุมมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เฉลี่ยสูงที่สุด คือ 0.46 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.23-0.29 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกรรมวิธีที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้น พบว่า มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและแตกต่างจากกรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาดเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 วัน และหลังจากนั้นจะหมดอายุการเก็บรักษาที่ระยะเวลา 15 วัน ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เฉลี่ยเท่ากับ 0.49 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีที่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาดที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.34-0.37 เปอร์เซ็นต์ โดยกรรมวิธีดังกล่าวมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันตลอดอายุการเก็บรักษา (ตารางภาคผนวกที่ 20)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.30 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนชนิดต่างๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved