Agricultural Sci. J. 34 : 4-6 (Suppl.) : 13-16 (2003) ว. วิทย. กษ. 34 : 4-6 (พิเศษ) : 13-16 (2546)

# การศึกษาการอบกล้วยน้ำว้าด้วยเตาอบไมโครเวฟดัดแปลง

## A Study of Namwa Banana Drying Using a Modified Microwave Oven

โสภา แคนสี[1] และ คำนึง วาทโยธา[2]

**Abstract**

This study proposes the use of a modified microwave oven for drying Namwa bananas. It is mainly concerned with the investigation of microwave intensities, operating on/off power, a fraction of air recycle, and drying-rest periods resulting in characteristics of dried bananas. The final products were tasted by local consumers to assess the consumer satisfaction. As a result, the appropriate drying condition was found at the following conditions: 60 °C drying temperature, 10 kg drying-air/h/kg (banana mass), 0.11 W/g microwave intensity, 15-second, 5-minute of power on/off period, 60% of reversed hot air circulation, and the swap between 9-hour drying period and 15-hour rest period. This process consumed 4.6 MJ/kg specific energy of evaporated water with a total of 28 hours or 3 days equivalent drying period.

**บทคัดย่อ**

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการอบกล้วยน้ำว้าด้วยเตาอบไมโครเวฟดัดแปลง โดยศึกษาอิทธิพลของความเข้มและระยะเวลาให้พลังงานไมโครเวฟ อิทธิพลอัตราการหมุนเวียนอากาศกลับ อิทธิพลของระยะเวลาการอบ-พักเป็นช่วงๆ และยังศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคโดยการชิมผลิตภัณฑ์กล้วยอบที่ได้จากการอบ-พักเป็นช่วงๆ ซึ่งพบว่าเงื่อนไขการอบที่เหมาะสมคือ การอบด้วยอุณหภูมิลมร้อน 60 °ซ. อัตราลมร้อนจำเพาะ 10 กิโลกรัมอากาศแห้งต่อชั่วโมงกิโลกรัมกล้วย ความเข้มไมโครเวฟ 0.11 วัตต์ต่อกรัม เปิดให้พลังงานไมโครเวฟ 15 วินาที และปิด 5 นาที สลับต่อเนื่องกันไป อัตราการหมุนเวียนอากาศกลับประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ และการอบนาน 9 ชั่วโมง-พัก 15 ชั่วโมง และการอบในเงื่อนไขนี้สิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ 4.6 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำระเหย ใช้เวลาการอบนาน 28 ชั่วโมง (3 วัน ดำเนินการ)

## คำนำ

กล้วยเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย โดยเฉพาะกล้วยน้ำว้ามีปลูกทั่วทุกภาคของประเทศไทย มีทั้งปลูกกันเป็นการค้าและปลูกเป็นไม้ในรั้วบ้านเรือนหรือล้อมรอบแปลงปลูกอื่นๆ เนื่องจากคุณสมบัติดีกว่ากล้วยชนิดอื่นหลายประการคือ ปลูกง่าย ออกผลง่าย ดูแลรักษาไม่ยุ่งยาก ทนแล้ง ผลผลิตสูง หาพันธุ์ง่าย และยังสามารถนำมาแปรรูปได้อีกด้วย การแปรรูปกล้วยน้ำว้าเป็นกล้วยตากเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าของกล้วยที่มีราคาตกต่ำตามฤดูกาล และยังสามารถส่งออกไปจำหน่ายตลาดต่างประเทศได้ปริมาณการส่งออกกล้วยตากของประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยในปี 2538 ปริมาณ 9 ตัน มูลค่า 3.0 ล้านบาท ปี 2539 ปริมาณ 74 ตัน มูลค่า 20.6 ล้านบาท ปี 2540 ปริมาณ 99 ตัน มูลค่า 27.3 ล้านบาท และ ปี 2541 ปริมาณ 89 ตัน มูลค่า 22.3 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2542) ในเดือนมกราคม-ตุลาคม 2542 ส่งออกปริมาณ 98 ตัน มูลค่า 37.7 ล้านบาท (สุขสันต์, 2543) การแปรรูปกล้วยตากในปัจจุบันประสบปัญหาเวลาการอบนานทำให้ความสามารถในการผลิตต่ำและสิ้นเปลืองพลังงานมาก การตากแดดโดยธรรมชาติใช้เวลา 7 วัน (สถาพร, 2536) เครื่องอบแบบใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิงใช้เวลา 48 ชั่วโมง (สุมาลี, 2540) และ Soponronnarit *et al.* (1997) ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการอบกล้วยด้วยวิธีต่างๆ พบว่าการอบด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ใช้เวลา 6-7 วัน (57 ชั่วโมง) การอบด้วยเครื่องอบแบบแก๊สใช้เวลา 5 วัน (45 ชั่วโมง) การอบด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์และใช้เชื้อเพลิงจากแก๊สช่วย ในกรณีฝนตกหรือมีแสงอาทิตย์ไม่เพียงพอใช้เวลา 5 วัน (44 ชั่วโมง) อนึ่งเมื่อพิจารณาความสิ้นเปลืองพลังงานในการอบกล้วยพบว่า การอบด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์และเป่าลมผ่านที่อุณหภูมิห้อง สิ้นเปลืองพลังงานขั้นต้นรวมประมาณ 19.2 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำระเหย การอบด้วยตู้อบแก๊สและเป่าลมผ่านที่อุณหภูมิห้อง สิ้นเปลืองพลังงานขั้นต้นรวมประมาณ 8.4 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำระเหย การอบด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์และใช้ความร้อนจากแก๊สช่วยในกรณีมีแสงอาทิตย์ไม่เพียงพอ สิ้นเปลืองพลังงานขั้นต้นรวมประมาณ 14.9 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำระเหย

[1] สาขาวิชาเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
[2] ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

พลังงานไมโครเวฟเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่มีประสิทธิภาพสูงในการให้ความร้อนแก่วัสดุ และสามารถประหยัดพลังงาน เนื่องจากไม่มีการสูญเสียความร้อนให้กับบรรยากาศ จึงเป็นทางเลือกที่น่าจะประยุกต์กับการอบกล้วยเพื่อลดเวลาและ/หรือพลังงานในกระบวนการอบกล้วย ดังนั้นการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณลักษณะการอบกล้วยน้ำว้าด้วยเตาอบไมโครเวฟดัดแปลง

## อุปกรณ์และวิธีการ

เตาอบไมโครเวฟดัดแปลงมีห้องอบขนาด กว้างxลึกxสูง เป็น 60x50x33 เซนติเมตร มีชุดควบคุมและกำเนิดพลังงานไมโครเวฟ (เตาอบไมโครเวฟ ยี่ห้อ Sharp R-221) ติดตั้งด้านข้างห้องอบเพื่อให้พลังงานไมโครเวฟ ลมร้อนที่ใช้ในการอบถูกกำเนิดโดยขดลวดความร้อนแบบครีบ 1500 วัตต์ จำนวน 4 ตัว ควบคุมอุณหภูมิโดยใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิด Pt 100 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.35 มิลลิเมตร ความถูกต้อง $\pm$0.1 °ซ. อากาศแวดล้อมจะไหลผ่านวาล์วควบคุมอัตราการไหลก่อนถูกปรับอุณหภูมิให้สูงขึ้นตามต้องการ แล้วจึงไหลเข้าด้านล่างของตู้อบซึ่งมีตะแกรงเหล็กกั้นอยู่และไหลผ่านวัสดุอบ จากนั้นลมร้อนจึงไหลออกผ่านตะแกรงด้านบนของตู้อบ อากาศร้อนบางส่วนถูกปล่อยทิ้งและบางส่วนเวียนกลับมาผสมกับอากาศแวดล้อมเพื่อเวียนใช้อีกครั้ง โดยมีพัดลมแบบแรงเหวี่ยงขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.5 แรงม้า ที่ความเร็ว 2950 รอบต่อนาที ผลิตภัณฑ์สุดท้ายถูกนำไปทดสอบด้านประสาทสัมผัสโดยการให้คะแนนจากการชิมของกลุ่มเกษตรกร ประเมินสีผิวด้วยเครื่องวัดสีอาหาร (Minolta CR-300) และความแข็งเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดความแข็งของเนื้อสัมผัส (อินสตรอน Series IX) เพื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์กล้วยอบของกลุ่มเกษตรกร ซึ่งวิธีการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยต่างๆ มีรายละเอียดโดยสังเขปดังต่อไปนี้

### 1. การศึกษาอิทธิพลของความเข้มและระยะเวลาให้พลังงานไมโครเวฟ

การทดสอบมีขั้นตอนดังนี้ 1) เลือกกล้วยน้ำว้าแก่จัดและผ่านการบ่มตามธรรมชาติที่สุกพอเหมาะ ปอกเปลือกและตัดแต่งขั้ว 2) ล้างและแช่กล้วยตัวอย่างในสารละลายน้ำเกลือ ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) นาน 5 นาที และพักให้สะเด็ดน้ำบนตะแกรงนาน 30 นาที (เกษร, 2511) นำกล้วยตัวอย่างเข้าเตาอบโดยแบ่งกล้วยศึกษาเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มแรกเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในเนื้อกล้วย และกลุ่มที่สองศึกษาการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก 3) อบที่อุณหภูมิลมร้อน 60 องศาเซลเซียส อัตราลมร้อนจำเพาะ 10 กิโลกรัมอากาศแห้งต่อชั่วโมง-กิโลกรัมกล้วย ความเข้มไมโครเวฟ 3 ระดับ (0.24 0.15 และ 0.11 วัตต์ต่อกรัม ตามลำดับ) และเปิดให้พลังงานไมโครเวฟนาน 5 ระดับ (เปิด 30 25 20 15 และ 10 วินาที และปิดนาน 5 นาที สลับต่อเนื่องกันไป) และระหว่างการอบมีข้อพึงปฏิบัติอีกคือเมื่อกล้วยตัวอย่างผิวเริ่มแห้ง เหนียวนุ่มจนสามารถแบนได้ (ความชื้นประมาณ 60%wb) ให้ทำการแบนกล้วยด้วยมือเพื่อป้องกันการเกิดผิวหน้าแข็ง พร้อมกลับด้านและอบต่อไปจนเสร็จได้ความชื้นประมาณ 20-24%wb หรือกล้วยได้รับความเสียหาย

### 2. การศึกษาอิทธิพลของอัตราการหมุนเวียนอากาศกลับ

การทดสอบมีขั้นตอนดังนี้ 1) เตรียมวัตถุดิบตามขั้นตอนและอบกล้วยที่อุณหภูมิลมร้อน และอัตราลมร้อนจำเพาะเช่นเดียวกันกับหัวข้อที่ 1 2) นำกล้วยตัวอย่างเข้าอบในเตาอบไมโครเวฟดัดแปลง โดยใช้ระดับความเข้มและระยะเวลาของการให้พลังงานไมโครเวฟที่เหมาะสมจากหัวข้อที่ 1 3) ปรับให้อัตราการหมุนเวียนอากาศกลับ 5 ระดับคือ 0 20 40 60 และ 80 เปอร์เซ็นต์

### 3. การศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาการอบ-พักเป็นช่วง ๆ

การทดสอบมีขั้นตอนดังนี้ 1) เตรียมวัตถุดิบตามขั้นตอนและอบกล้วยที่อุณหภูมิลมร้อนและอัตราลมร้อนจำเพาะเช่นเดียวกันกับหัวข้อที่ 1 2) นำกล้วยตัวอย่างเข้าอบในเตาอบไมโครเวฟดัดแปลง โดยให้พลังงานไมโครเวฟที่เหมาะสมจากหัวข้อที่ 1 และใช้อัตราการหมุนเวียนอากาศกลับที่เหมาะสมจากข้อ 2 3) อบกล้วยตัวอย่างโดยการอบ-พักเป็นช่วงๆ คือ การอบนาน 9 ชั่วโมง-พัก 15 ชั่วโมง การอบนาน 12 ชั่วโมง-พัก 12 ชั่วโมง และการอบนาน 15 ชั่วโมง-พัก 9 ชั่วโมง และมีข้อพึงปฏิบัติระหว่างการอบเพิ่มเติมคือ เก็บกล้วยตัวอย่างใส่ถุงพลาสติกเพื่อป้องกันการดูดความชื้นกลับระหว่างการพัก แล้วจึงนำกล้วยมาเรียงบนตะแกรงเพื่ออบในวันถัดไป ทำเช่นนี้จนเสร็จได้ความชื้นกล้วยประมาณ 24%wb และคลึงกล้วยด้วยขวดกลมเพื่อปรับขนาดของกล้วย 4) นำผลิตภัณฑ์กล้วยตัวอย่างที่ได้เพื่อทดสอบสีผิว ความแข็งเนื้อสัมผัส และการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ และเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์กล้วยอบของกลุ่มเกษตรกร

## ผลและวิจารณ์

### 1. ผลการศึกษาอิทธิพลความเข้มและระยะเวลาให้พลังงานไมโครเวฟ

การอบกล้วยที่ระดับความเข้มไมโครเวฟ 0.24 วัตต์ต่อกรัม เปิดให้พลังงานไมโครเวฟนาน 30 25 20 15 และ 10 วินาที ความชื้นกล้วยตัวอย่างลดลงอย่างรวดเร็วกว่าที่ระดับพลังงานอื่นๆ และกล้วยได้รับความเสียหายจากการไหม้ที่ระดับความชื้น 45.71%wb และเมื่อลดความเข้มไมโครเวฟเป็น 0.15 วัตต์ต่อกรัม ความชื้นกล้วยตัวอย่างจะลดลงช้ากว่าที่ระดับความเข้มไมโครเวฟ 0.24 วัตต์ต่อกรัม แต่เร็วกว่าที่ระดับความเข้ม 0.11 วัตต์ต่อกรัม อย่างไรก็ตามกล้วยยังได้รับความเสียหายจากการไหม้ก่อนระดับความชื้นที่ต้องการ และที่ระดับความเข้มไมโครเวฟ 0.11 วัตต์ต่อกรัม การลดลงของความชื้นเร็วขึ้นเมื่อเปิดให้พลังงานไมโครเวฟนานขึ้น (Figure 1) และที่ระยะเวลาเปิดให้พลังงานไมโครเวฟนาน 15 วินาที ความชื้นลดลงค่อนข้างรวดเร็ว กล้วยตัวอย่างไม่ได้รับความเสียหายตลอดระยะเวลาการอบและอุณหภูมิภายในกล้วยเพิ่มขึ้นช้าๆ ต่อเนื่องไปจนเสร็จการทดลอง แต่การให้พลังงานไมโครเวฟนาน 20 และ 25 วินาที กล้วยตัวอย่างเริ่มได้รับความเสียหายจากการไหม้เล็กน้อยก่อนการทดลองจะเสร็จสิ้นลง

### 2. ผลการศึกษาอิทธิพลอัตราการหมุนเวียนอากาศกลับ

อัตราการหมุนเวียนอากาศกลับ 5 ระดับคือ 0 20 40 60 และ 80 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะเวลาเปิดให้พลังงานไมโครเวฟนาน 15 วินาที และปิดนาน 5 นาที พบว่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะลดลงรวดเร็วจากการหมุนเวียนอากาศกลับ 0 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะจะลดลงอย่างต่อเนื่องจนมีค่าต่ำสุดที่อัตราการหมุนเวียนอากาศกลับประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ และจากนั้นความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (Figure 2)

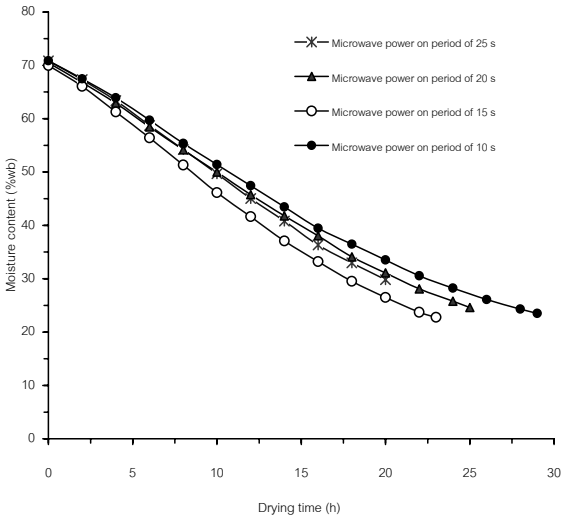


Figure 1 Effect of operating time to moisture content at microwave intensity 0.11 w/g.

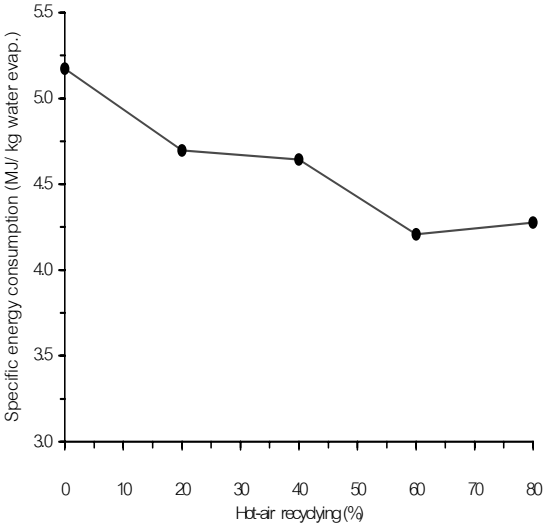


Figure 2 Specific energy consumption at varieties of reversed hot-air circulating.

### 3. ผลการศึกษาระยะเวลาการอบ-พักเป็นช่วง ๆ

การศึกษาการอบ-พักเป็นช่วงๆ เป็นกระบวนการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยความเข้มไมโครเวฟ 0.11 วัตต์ต่อกรัม เปิดให้พลังงานไมโครเวฟนาน 15 วินาที สลับกับการปิดนาน 5 นาที อัตราหมุนเวียนอากาศกลับ 60 เปอร์เซ็นต์ ทำการอบจนกระทั่งความชื้นกล้วยสามารถลดลงได้ประมาณ 24.0%wb พบว่าเวลาการอบและความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเฉลี่ย มีค่าไม่แตกต่างกัน (Table 1) และเมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคโดยการให้คะแนนจากการชิม ทดสอบสีผิว ความแข็งของเนื้อสัมผัสโดยการกดทะลุ (Table 2) เปรียบเทียบกับกล้วยอบของกลุ่มเกษตรกร พบว่าผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และค่าความสว่าง (L) ของทุกเงื่อนไขการอบมีค่าใกล้เคียงกับสีผิวกล้วยของกลุ่มเกษตรกร ขณะที่ความเป็นสีแดง (a) มีค่ามากกว่า อย่างไรก็ตามค่าความเป็นสีเหลือง (b) ในเงื่อนไขการอบนาน 9 ชั่วโมง-พัก 15 ชั่วโมง มีค่าใกล้เคียงกับกล้วยอบของกลุ่มเกษตรกรมากที่สุด จึงทำให้ความแตกต่างสีรวม ($\Delta E$) กับกล้วยอบของกลุ่มเกษตรน้อยที่สุด ความแข็งเนื้อสัมผัสของทุกเงื่อนไขการอบมีความแตกต่างกับกล้วยอบของกลุ่มเกษตร โดยกล้วยอบของกลุ่มเกษตรกรมีความแข็งและเหนียวนุ่มกว่า แต่เมื่อเปรียบเทียบในกลุ่มเงื่อนไขการอบ พบว่าที่การอบนาน 9 ชั่วโมง-พัก 15 ชั่วโมง และการอบนาน 15 ชั่วโมง-พัก 9 ชั่วโมง มีเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกัน และมีค่าใกล้เคียงกล้วยอบของกลุ่มเกษตรกรมากกว่าเงื่อนไขการอบนาน 12 ชั่วโมง-พัก 12 ชั่วโมง

**Table 1** Drying time and specific energy consumption varieties of drying banana conditions*.

| Drying banana conditions | Drying time (h) | Specific energy consumption (MJ/kg water evap.) |
|---|---|---|
| Drying period of 9 h per day | 27.67a | 4.61a |
| Drying period of 12 h per day | 28.67a | 4.72a |
| Drying period of 15 h per day | 30.00a | 4.92a |

**Table 2** Skin color and texture values of productions at varieties of drying banana conditions*.

| Drying banana conditions | L | a | b | ΔE | Max. force (N) |
|---|---|---|---|---|---|
| Traditional banana drying | 48.66a | 7.02a | 25.55a | - | 49.06a |
| Drying period of 9 h per day | 49.09a | 8.09b | 25.05ab | 1.26 | 44.67b |
| Drying period of 12 h per day | 48.58a | 7.72b | 23.85c | 1.84 | 39.88c |
| Drying period of 15 h per day | 48.93a | 8.07b | 24.46bc | 1.54 | 45.31b |

Remarks: * The mean value in each column which have the same letter shows non significant difference in LSD at 5% level.

## สรุป

การอบกล้วยน้ำว้าด้วยเตาอบไมโครเวฟดัดแปลงมีเงื่อนไขการอบที่เหมาะสมคือ ความเข้มไมโครเวฟ 0.11 วัตต์ต่อกรัม เปิดให้พลังงานไมโครเวฟนาน 15 วินาที สลับกับการปิดนาน 5 นาที ที่อัตราการหมุนเวียนอากาศกลับ 60 เปอร์เซ็นต์ และการอบพักเป็นช่วงๆ นาน 9 ชั่วโมง-พัก 15 ชั่วโมง ได้ผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค สีผิวและความแข็งของเนื้อสัมผัสมีค่าใกล้เคียงกับกล้วยอบของกลุ่มเกษตรกรมากสุด และมีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเป็น 4.61 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำระเหย ใช้เวลาการอบนาน 28 ชั่วโมง (3 วันดำเนินการ)

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ที่สนับสนุนเงินทุนวิจัย

## เอกสารอ้างอิง

เกษร ทวีเศษ. 2511. การศึกษาวิธีการทำกล้วยน้ำว้าตากแห้งโดยใช้ลมร้อนเป่าผ่านจากการแผ่รังสีความร้อนของแผ่นโลหะ. ปัญหาพิเศษ. ปริญญากสิกรรมและสัตวบาลบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร. คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สถาพร ทักษาดิพงศ์. 2536. กล้วยตากบางกระทุ่ม. ว. ธ.ก.ส. (4): 71-79.

สุขสันต์ สุทธิผลไพบูลย์. 2543. กล้วยไทยไปนอก. ว. ส่งเสริมการเกษตร. 30(146): 19-23.

สุมาลี อารยางกูร. 2540. เครื่องอบแห้งเอนกประสงค์แบบถาดใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง. ว. น.ส.พ. กสิกร. 70(4): 417-421.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2542. ข้อมูลด้านการผลิตและการตลาดสินค้าเกษตรที่สำคัญ. โรงพิมพ์คุรุสภา. กรุงเทพฯ.

Soponronnarit S, A. Nathakaranakule, W. Limtrakul, W. Rungjiwaruk, S. Nathakaranakule and W. Rakwichien. 1997. Banana fruit drying. RERIC International Energy Journal. 19(2): 55-62.