

การพัฒนาชุดควบคุมอุณหภูมิในเตาอบไมโครเวฟด้วยวิธีฟัซซี่ลอจิก

Development temperature control in microwave oven by fuzzy logic method

สันติ หวังนิพนานโต¹, ศักดา พรหมเหมือน²,

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10330

โทร 0-2219-3838, โทรสาร 0-2219-3872, อีเมล nipparnto@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาชุดควบคุมอุณหภูมิเตาอบไมโครเวฟด้วยวิธีฟัซซี่ลอจิก และใช้เทอร์โมคัปเปิล ชนิด Type K เป็นตัววัดอุณหภูมิ เพื่อให้สัญญาณออกไปแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยได้เขียนโปรแกรมการควบคุมในรูปแบบของฟัซซี่ลอจิก ด้วยโปรแกรม Visual Basic 6.0 ซึ่งการทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการ Window XP เพื่อศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิในช่วงอุณหภูมิ 60, 70, 75 °C ต่อผลิตภัณฑ์ที่นำไปอบและเปรียบเทียบการควบคุมแบบ ON-OFF[1] และการควบคุมแบบฟัซซี่ ผลการทดลองพบว่า การควบคุมแบบ ON-OFF มีค่าสถานะผิดพลาดคงที่ไม่เกิน $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ส่วนการควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก ระบบสามารถควบคุมไปสู่ค่าที่ตั้งไว้ (Set point) ทำได้อย่างรวดเร็วใช้เวลาไม่เกิน 3 นาที โดยมีค่าความผิดพลาดในสถานะหยุดนิ่ง (Steady State) ไม่เกิน $\pm 1.58\%$ และพบว่าคุณภาพของถั่วเหลืองจะมีผิวสวยเมื่อใช้อุณหภูมิในการอบ 70 °C และได้ความชื้นมาตรฐานเปียก 24 %

คำสำคัญ : ฟัซซี่ลอจิก , ไมโครเวฟ , การควบคุมอุณหภูมิ

Abstract

This research is development microwave oven by fuzzy logic method and using thermocouple Type K for measuring temperature to shows on the monitor. The fuzzy logic controller is written by Visual Basic 6.0 and operated under the Window XP system. The temperature ranges 60 - 75 °C was studied the influence on the drying products. The method control is compared with the ON-OFF control[1] and fuzzy logic control. From the experimental shows that the ON-OFF temperature control has the steady state error less than $\pm 2^{\circ}\text{C}$ but the fuzzy logic control can be control to provide location (Set point) less than 3 minute and has state error less $\pm 1.58\%$. The quality of the soybean will be good in using the temperature in baking 70 °C and the moisture content by wet basic 24 %

Key word : Fuzzy logic , Microwave , Temperature Control

1. บทนำ

วิธีการอบแห้งที่นิยมอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรส่วนใหญ่ จะใช้แสงแดดเพื่อทำให้แห้ง ซึ่งมักก่อให้เกิดปัญหาต่อผลผลิตมาก เพราะแมลงวันหรือสัตว์ต่างๆ มาทำลายและพลังงานจากแสงแดดที่ใช้ในการทำการอบแห้งไม่คงที่ จึงทำให้เสียเวลาในการทำการอบแห้ง นอกจากนี้ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพต่ำทั้งด้านรูปร่าง สี กลิ่น รส ไปจากเดิม ส่วนการอบแห้งโดยใช้ลมร้อน มักทำให้คุณภาพและคุณสมบัติทางกายภาพและผลิตผลเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากใช้อุณหภูมิสูงและระยะเวลาในการอบแห้งยาวนานเกินไป โดยจะถ่ายเทความร้อนเข้าสู่แกนกลางของผลผลิตจึงทำให้สีผิวที่ผ่านการอบแห้งจะเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมาก สำหรับการอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟ จะอาศัยคุณสมบัติการดูดกลืนไมโครเวฟของผลผลิต ดังนั้นผลผลิตจะเกิดความร้อนขึ้นภายในก่อน จากนั้นจึงกระจายความร้อนออกมาสู่ผิวด้านนอก ด้วยหลักการนี้จะทำให้ผิวของผลผลิตที่ผ่านการอบแห้งจะสีสวยกว่า และการอบแห้งแบบนี้จะทำให้เกิดการระเหยของน้ำภายในผลผลิต ส่งผลให้ความดันไอน้ำภายในจะดันผิวของผลผลิตให้มีรูปร่างคงสภาพเดิมได้มากที่สุด จึงทำให้น้ำภายในผลผลิตสามารถระเหยได้ง่ายขึ้นโดยที่อุณหภูมิไม่สูงมาก การอบแห้งจึงใช้เวลาน้อยลง นอกจากนี้ยังนำการใช้ Rotary Drum เพื่อให้ผลผลิตที่นำมาอบแห้งนั้นได้รับคลื่นไมโครเวฟอย่างทั่วถึง ซึ่งวิธีการอบแห้งแบบนี้จะสามารถประยุกต์ใช้ในการอบแห้งสำหรับงานอุตสาหกรรมต่อไป

2. ทฤษฎี

2.1 การหาค่าความชื้นในผลผลิต

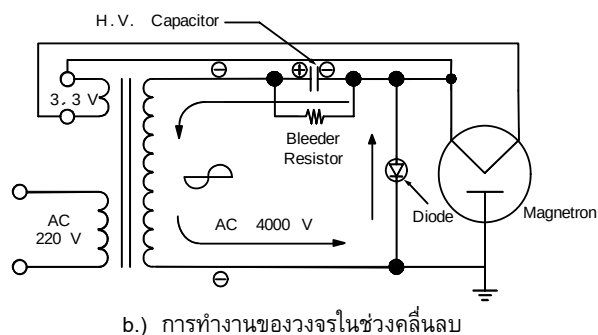
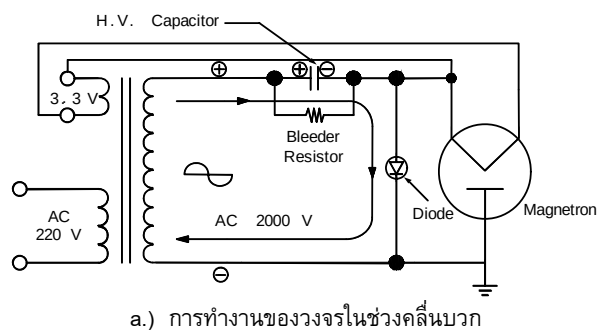
โดยทั่วไปแล้วปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในผลผลิตที่นำมาทำการอบแห้งจะนิยามในรูปของ อัตราส่วนของน้ำต่อมวลทั้งหมด นั่นคือ ใช้มวลของผลผลิตที่ขึ้นเป็นมาตรฐานการคำนวณความชื้น แต่ในกระบวนการอบแห้งนั้น มวลของผลผลิตที่ขึ้นจะเปลี่ยนแปลงค่าอยู่ตลอดเวลา ความชื้นมาตรฐานเปียกจะนิยมใช้ในช่วงการค้า มักบอกในรูปของเปอร์เซ็นต์ กำหนดได้โดยสัมพันธ์ดังนี้

$$M_w = \frac{w - d}{w} \quad (1)$$

โดยที่ M_w = ความชื้นมาตรฐานเปียก
 w = มวลของผลผลิตขึ้น
 d = มวลของผลผลิตแห้ง

2.2 วงจรกำเนิดคลื่นไมโครเวฟ

จากรูปที่ 1 เป็นวงจรที่แรงดัน 2 เท่าแบบครึ่งคลื่น อันประกอบด้วย คอนเดนเซอร์ และไดโอด ต่อไว้กับหม้อแปลงไฟสูง (HIGH VOLTAGE TRANSFORMER) ทางด้าน Secondary หรือขดทุติยภูมิ ซึ่งเป็นขดไฟสูง 2000 โวลต์ (V) ส่วนไฟ 3.3 โวลต์ (V) กระแสสลับ (AC) ได้จากขดไฟทางด้าน Secondary อีกขดของหม้อแปลงถูกส่งไปจุดไส้หลอด (FILAMENT) ของแมกนีตรอนโดยผ่านโช๊คและคอนเดนเซอร์ ซึ่งทำให้แมกนีตรอนมีการกำเนิดความถี่ที่แน่นอนคือ 2450 MHz



รูปที่ 1 วงจรกำเนิดคลื่นไมโครเวฟ

2.2 การควบคุมแบบฟัซซี่

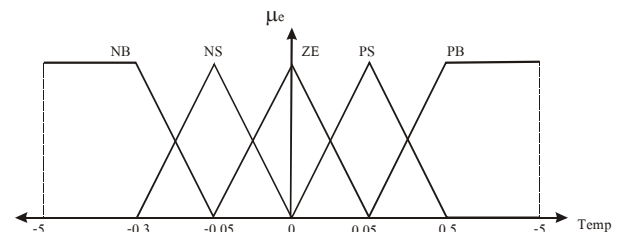
การควบคุมแบบฟัซซี่จะเป็นตัวควบคุมแบบใช้ฐานความรู้ (Knowledge Base) หรือประสบการณ์จากผู้เชี่ยวชาญ เป็นกฎหรือแนวทางในการควบคุมเราจะเรียกตัวควบคุมได้อีกชื่อหนึ่งว่า “ตัวควบคุมฟัซซี่แบบฐานความรู้” (Fuzzy Knowledge Base Controller : FKBC) โครงสร้างของตัวควบคุมฟัซซี่แบบฐานความรู้ จะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วน คือ

1. ฟัซซิเคชันโมดูล (Fuzzification Module)
2. ฐานความรู้ (Knowledge Base)
3. กลไกการอนุมาน (Inference Engine)
4. ฟัซซิฟิเคชัน (Defuzzification Module)

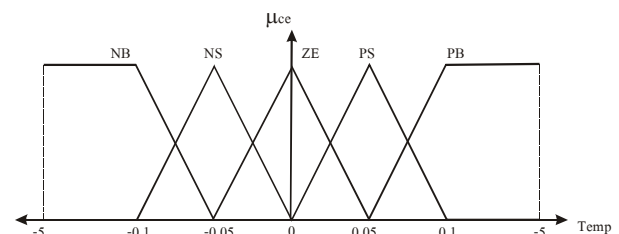
ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของอินพุต

1. กำหนดย่านการทำงานของค่าผิดพลาด (error: e) ให้เท่ากับ $(-0.2, 0.2)$ และย่านอัตราการผิดพลาด (Change of Error: ce) ให้เท่ากับ $(-0.02, 0.02)$
2. รูปร่างของฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของฟัซซี่เป็นรูปสามเหลี่ยม ซึ่งสามารถคำนวณหาค่าระดับความเป็นสมาชิกได้จากสมการที่ (1)
3. จำนวนเทอมของฟัซซี่เซต 5 เทอม และกำหนดค่าฟังก์ชัน 5 ระดับ

$$\text{Triangle}(x; a, b, c) = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & ; a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & ; b \leq x \leq c \\ 0 & ; c \leq x \end{cases} \quad (2)$$



รูปที่ 2 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของค่าผิดพลาดตำแหน่ง (e)

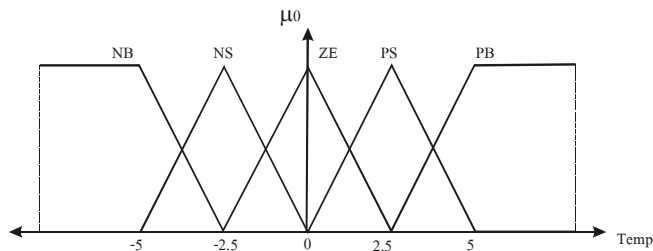


รูปที่ 3 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าผิดพลาดตำแหน่ง (ce)

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของเอาต์พุต

ภาคดีฟัซซิฟิเคชัน มีหน้าที่แปลงค่าความเป็นสมาชิกของ e และ ce ในรูปของฟัซซี่เซต ให้อยู่ในรูปของ คริปซ์เซตของแรงดันอ้างอิง (V_{ref}) โดยมีข้อกำหนดดังนี้

1. เอกภพสัมพัทธ์ของค่าแรงดันอ้างอิง V ให้เท่ากับ $(0, 5)$
2. รูปร่างของฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของฟัซซี่เป็นรูปสามเหลี่ยม
3. มีจำนวนฟัซซี่เซต 5 เทอม และค่าฟังก์ชัน 5 ระดับ



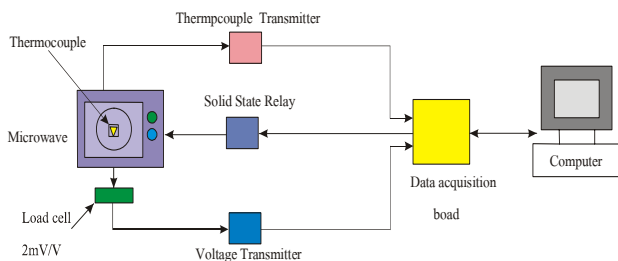
รูปที่ 4 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของค่าผิดพลาดตำแหน่ง (V_{ref})

ตารางที่ 1 แนวทางการออกแบบกฎควบคุมฟัซซี่ลอจิก

ce \ e	NB	NS	ZE	PS	PB
NB	NB=1	NB=1	NB=1	NB=1	NB=1
NS	NB=1	NB=1	NS=2	NS=2	NS=2
ZE	NS=2	NS=1	ZE=3	PS=4	PS=4
PS	PS=4	PS=4	PS=4	PB=5	PB=5
PB	PB=5	PB=5	PB=5	PB=5	PB=5

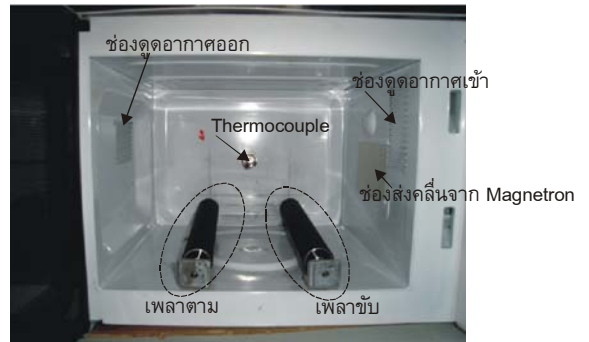
3. เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง

รูปที่ 5 แสดงการทำงานของตู้อบแห้งไมโครเวฟแบบถังหมุน โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์เพื่อตรวจสอบอุณหภูมิและส่งสัญญาณมาตรฐานไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อเปรียบเทียบกับค่าอุณหภูมิที่ต้องการ (Set point) และประมวลผลให้สัญญาณออกมาไปควบคุมอุปกรณ์ปลายทาง (Actuator) คือ Solid state relay เพื่อปรับมุมทริกให้เนื้อหาของสัญญาณขาเข้ามีค่ามากหรือน้อย ส่งผลให้กำลังไฟฟ้าของแมกนีตรอนและอุณหภูมิในห้องอบมากขึ้นหรือน้อยไปด้วย นอกจากนี้มีการตรวจจับน้ำหนักของผลิตภัณฑ์และแสดงผลบนหน้าจอตลอดเวลา



รูปที่ 5 บล็อกไดอะแกรมการควบคุมการทำงานของตู้อบแห้งไมโครเวฟแบบถังหมุน

3.1 ส่วนฮาร์ดแวร์ จะแสดงในรูปที่ 2 ประกอบด้วย ตู้อบและอุปกรณ์การควบคุม



รูปที่ 6 ส่วนประกอบฮาร์ดแวร์



3.2 ส่วนซอฟต์แวร์ จะแสดงในรูปที่ 7 ประกอบด้วย การป้อนค่า, การแสดงผลบนจอ



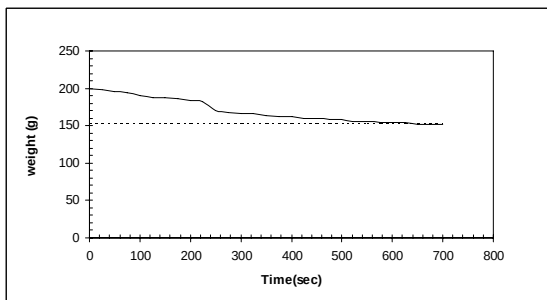
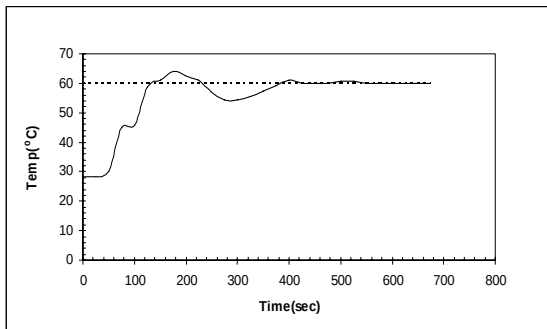
รูปที่ 7 ส่วนประกอบซอฟต์แวร์ในการป้อนข้อมูลและแสดงผล

4. ผลการทดลอง

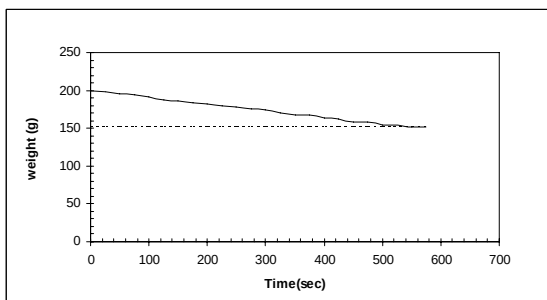
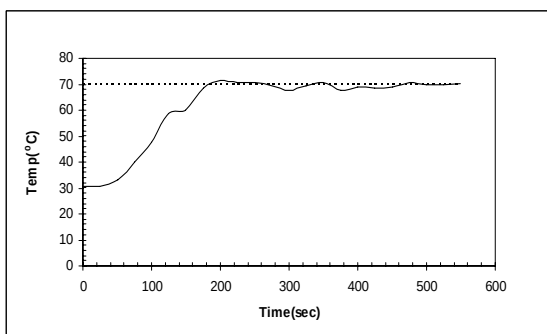
ผลการทดลองสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1. ความสามารถในการควบคุมอุณหภูมิในตู้อบ 2. อิทธิพลของอุณหภูมิต่อคุณภาพถั่วเหลือง

4.1 การควบคุมอุณหภูมิในตู้อบ

จะเป็นการควบคุมโดยการเซตค่าอุณหภูมิตามกำหนดแล้วกดปุ่ม Start ที่โปรแกรมแล้วปล่อยให้ทำงานโดยอัตโนมัติ (Automatic) แล้วคอยสังเกตดูว่าน้ำหนักของเมล็ดพืชลดลงตามที่กำหนด เมื่อได้ค่าน้ำหนักที่ต้องการก็ทำการบันทึกข้อมูลโดยโปรแกรมจะทำการบันทึกค่าข้อมูลให้ทุกๆ 1 วินาที และมี % Steady State Error ไม่เกิน 1.58 %



a.)การควบคุมอุณหภูมิที่ 60 °C และน้ำหนักวัตถุดิบที่ลดลงจาก 200 g



b.)การควบคุมอุณหภูมิที่ 70 °C และน้ำหนักวัตถุดิบที่ลดลงจาก 200 g

รูปที่ 8 การปรับอุณหภูมิเป้าหมายที่ 60 °C และ 70°C

จากรูปที่ 8 พบว่าการควบคุมแบบพีซซีลจิกมีข้อดีกว่าการควบคุมแบบ ON OFF[1] โดยให้ค่าผิดพลาดที่สภาวะคงที่ (Steady State) ไม่เกิน 1.58% และ ที่อุณหภูมิสูงเป้าหมายสูงขึ้นจะทำให้เวลาในการอบแห้งน้อยลงจนกระทั่งเหลือความชื้นมาตรฐานเพียง 24%

4.2 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อคุณภาพถั่วเหลือง



A.)ถั่วเหลืองที่ผ่านการอบที่ 60°C



B.)ถั่วเหลืองที่ผ่านการอบที่ 70°C

รูปที่ 9 คุณภาพของถั่วเหลืองที่อุณหภูมิเป้าหมาย 60 °C และ 70°C

จากรูปที่ 9 ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 70°C เปลือกถั่วเหลืองจะนุ่ม และอบที่อุณหภูมิสูงกว่านี้จะทำให้เปลือกแข็งและไหม้ ดังนั้นที่อุณหภูมิ 70°C จะได้เมล็ดถั่วเหลืองที่อบแห้งแล้วมีสีผิวของเปลือกสวยสดและเนื้อไม่กรอบแข็ง

5. สรุปผลการทดลองและแนวทางการแก้ไข

การควบคุมอุณหภูมิแบบพีซซีลจิก จะให้ค่าอุณหภูมิในตู้อบเข้าใกล้ค่าอุณหภูมิที่ต้องการ โดยใช้เวลารั้งเข้าสู่เป้าหมาย (Rise time) ประมาณ 3 นาทีและมีค่าความผิดพลาดที่สภาวะคงที่ (Steady State) ไม่เกิน 1.58 % จากการทดลองการอบแห้งวัตถุดิบถั่วเหลืองที่อุณหภูมิต่างกัน พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งคือ ช่วง 70 °C ซึ่งได้เมล็ดถั่วที่อบแห้งที่มีความสด และไม่กรอบ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้นำเสนอขอขอบคุณที่มงานวิจัยที่ประกอบด้วยนาย พลากร ลิณะศิริ, นายธนบูรณ์ สุรินทร์ และ นายวินัย โชติศิริกุล นักศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน ที่มีความขยันอดทนในการทำวิจัยครั้งนี้อย่างเต็มความสามารถ

เอกสารอ้างอิง

[1] สันติ หวังนิพนพานโต, ศักดา พรหมเหมือน และมุสตาฟา ยะภา,

2551, การอบแห้งเมล็ดถั่วเหลืองด้วยคลื่นไมโครเวฟ, การประชุมวิชาการการถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อน ครั้งที่ 7, 13-14 มีนาคม 2551, โรงแรมยูเรเชีย จังหวัดเชียงใหม่.

- [2] สันติ หวังนิพนพานโต, ประสิทธิ์ นางทิน, 2550, การควบคุมอุณหภูมิน้ำในถังปัดของระบบผสมพลังงานแสงอาทิตย์และฮีทเตอร์, การประชุมวิชาการการถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อน ครั้งที่ 6, 15-16 มีนาคม 2550, โรงแรมอโมรา ท่าแพ จังหวัดเชียงใหม่, หน้า 87-91
- [3] สันติ หวังนิพนพานโต, สุภาพ ทองโอ, พยงค์ศักดิ์ ศรีขวัญแก้ว, 2547 การควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในระบบด้วยฟuzzyลอจิก, การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 3, 8-9 ธันวาคม 2547, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, หน้า 44
- [4] สันติ หวังนิพนพานโต, วิฑูรย์ อบรม, ณรงค์ชัย คงจันทร์ และ วรเดช ชาวสอง, 2549, เทคโนโลยีการวัดและระบบควบคุมในระบบการอบแห้ง, การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 2(ENETT2), ณ ม.สุรนารี, 27-29 ก.ค.2549