Agricultural Sci. J. 48 : 3 (Suppl.) : 68-71 (2017) ว. วิทย. กษ. 48 : 3 (พิเศษ) : 68-71 (2560)

จลนพลศาสตร์ของการอบแห้งข้าวเปลือกงอกสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 แบบสองขั้นตอน ด้วยไมโครเวฟร่วมกับรังสีอินฟราเรด

2 Stages Drying Kinetics of Germinated Khao Dawk Mali-105 Paddy by Combined Microwave and Infrared Radiation

สุภวรรณ ฏิระวณิย์กุล[1]* และยุทธนา ฏิระวณิชย์กุล[2]
Supawan Tirawanichakul[1] and Yutthana Tirawanichakul[2]

Abstract

The objective of this research was to study effect of 2 stages drying conditions on drying kinetics of germinated paddy (Khao Dawk Mali-105,KDML105) which was dried by microwave(MW) of 450W (drying time 1 min) and infrared (IR) power ranging of 500-1,500 W. The drying temperature was varied between 60 and 80°C. The experimental results showed that at constant infrared power drying of germinated KDML105 paddy with higher drying temperature was relatively high drying rate compared to the lower temperature drying. The experiment data of evolution of moisture transfer in each drying conditions was analyzed by non-linear regression analysis with the empirical mathematical drying modeling. The results stated that the simulated results using the Approximation of Diffusion model was the best fitting to the exact results of 2-stages drying with MW and IR power of 650 and 1,350 W at drying temperature of 63°C and the IR of 650, 1,000 and 1,350 W at drying temperature of 77°C. In addition, the simulated results using the Page model was the best fitting to exact results of IR of 1,000 W at drying temperatures of 60, 70 and 80°C and of IR power of 500, 1,000 and 1,500 W at drying temperature of 70°C. Due to evaluate the most suitable drying condition, the results showed that the 2 stages germinated KDML105 paddy drying with MW (450 W) combined with IR power of 1,350 W at temperature of 77°C is the most suitable drying condition.

Keywords: Drying kinetics, Electromagnetic wave, Germinated paddy, Radiation

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาสภาวะในการอบแห้งแบบ 2 ขั้นตอนต่อจลนพลศาสตร์การอบแห้งข้าวเปลือกงอกสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ทำการทดลองอบแห้งข้าวเปลือกด้วยคลื่นไมโครเวฟที่กำลัง 450 W (เวลาอบแห้ง 1 นาที) และอบแห้งต่อเนื่องด้วยรังสีอินฟราเรดที่กำลังในช่วง 500-1,500 W โดยใช้ช่วงอุณหภูมิอบแห้งระหว่าง 60-80°C จากผลการทดลองพบว่าที่กำลังวัตต์ของรังสีอินฟราเรดคงที่หนึ่งๆ ข้าวเปลือกงอกที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิสูงจะมีอัตราการลดลงของความชื้นเร็วกว่าการอบแห้งข้าวเปลือกงอกที่อุณหภูมิอบแห้งต่ำกว่า เมื่อนำผลของอัตราส่วนความชื้นในแต่ละเงื่อนไขการอบแห้งมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการถดถอยแบบไม่เชิงเส้น โดยเลือกแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบเอมพิริคัลในการอธิบายผลการทดลอง ผลการวิเคราะห์สรุปได้ว่า ผลการทำนายด้วยแบบจำลองของสมการ Approximation of Diffusion สามารถอธิบายจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งของข้าวเปลือกงอกด้วยไมโครเวฟและรังสีอินฟราเรดกำลัง 650 และ 1,350 W ที่อุณหภูมิอบแห้ง 63°C และสภาวะรังสีอินฟราเรดกำลัง 650, 1,000 และ 1,350 W ที่อุณหภูมิ 77°C ได้ดีที่สุด ขณะที่สมการของแบบจำลองของ Page สามารถอธิบายจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งของข้าวเปลือกงอกด้วยไมโครเวฟและรังสีอินฟราเรดที่กำลัง 1,000 W ที่อุณหภูมิอบแห้ง 60, 70 และ 80°C และสภาวะ 500, 1,000 และ 1,500 W ที่อุณหภูมิ 70°C ได้ดีที่สุด สรุปได้ว่า สภาวะอบแห้งที่ดีที่สุดในการทดลองนี้ คือ การอบแห้งแบบสองสภาวะที่ใช้ไมโครเวฟ 450 W ร่วมกับกำลังของรังสีอินฟราเรด 1,350 W ที่อุณหภูมิอบแห้ง 77°C

คำหลัก: จลนพลศาสตร์ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ข้าวเปลือกงอก การแผ่รังสี

---

[1] ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ต.คอหงส์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110
[1] Chemical Engineering Dept., Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Khohong, Hatyai, Songkhla 90110.
[2] ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ต.คอหงส์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110
[2] Physics Dept., Faculty of Science, Prince of Songkla University, Khohong, Hatyai, Songkhla 90110.
*corresponding author: supawan.t@psu.ac.th

คำนำ

ประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกข้าวคุณภาพดีเป็นอันดับ 1 ของโลก (ธัชพล และคณะ, 2554) โดยมีมูลค่าประมาณ 1.9 หมื่นล้านบาทต่อปี ข้าวเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่สามารถทำรายได้ให้กับประเทศและยังเป็นอาหารหลักของคนไทย (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) ปัจจุบันได้มีการพัฒนากระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อคงสภาพคุณค่าทางโภชนาการ และการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับข้าว หลายรูปแบบ อาทิเช่น การทำข้าวกล้องงอก โดยเฉพาะข้าวกล้องงอกในปัจจุบันถือเป็นข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงเนื่องจากจะมีสารกาบา (GABA-gamma amino butyric acid) ที่เป็นสารอาหารที่เกิดขึ้นในส่วนของจมูกข้าวและเกิดขึ้นในภาวะที่ข้าวกำลังงอก มีบทบาทที่สำคัญต่อระบบประสาท ระบบเผาผลาญ และช่วยกระตุ้นฮอร์โมนที่สร้างการเจริญเติบโตของเซลล์ใหม่ให้กับร่างกาย เป็นต้น (มัณฑนา, 2554) กระบวนการที่จะทำให้ข้าวกล้องงอกสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานและมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ก็คือขั้นตอนสุดท้าย คือ กระบวนการอบแห้ง โดยทั่วไปการอบแห้งข้าวเปลือกจะใช้แหล่งพลังงานความร้อนต่างๆ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ ก๊าซหุงต้ม เชื้อเพลิงชีวมวล เป็นต้น ในงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะนำพลังงานรูปแบบอื่น ๆ มาใช้เพื่อลดระยะเวลาในการอบแห้งและเพิ่มประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนและมวลของน้ำ(ปริมาณความชื้น)ที่อยู่ในเมล็ดข้าว ข้อดีของรังสีอินฟราเรดและคลื่นไมโครเวฟซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั้น คือ สามารถแผ่รังสีโดยไม่ต้องอาศัยตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนและสามารถทะลุทะลวงเข้าไปในเนื้อของวัสดุได้ดีกว่าการถ่ายเทความร้อนแบบการพาเพียงอย่างเดียว (สุภวรรณ และคณะ, 2555) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งข้าวเปลือกงอกขาวดอกมะลิ 105 แบบ 2 ขั้นตอนด้วยไมโครเวฟร่วมกับรังสีอินฟราเรด และเพื่อศึกษาปัจจัยของสภาวะในการอบแห้งต่อจลนพลศาสตร์ของการอบแห้ง

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีดำเนินการทดลอง

วัสดุ ข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จากศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง จากนั้นนำข้าวเปลือกสดนี้มาทำการแยกเอาเมล็ดลีบและเสียออก จากนั้นเตรียมข้าวเปลือกงอกโดยการแช่ข้าวเปลือก 500 g ในน้ำที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 ชั่วโมง และนำข้าวเปลือกไปห่อผ้าขาวบาง และพรมน้ำทุก ๆ 4 ชั่วโมง จนรากงอกยาวประมาณ 0.5-1.0 mm และนำข้าวเปลือกไปนึ่งเป็นเวลา 20 นาที และเก็บในที่อับอากาศเป็นเวลา 2 ชั่วโมงเพื่อให้เกิดการถ่ายเทความร้อนในกองเมล็ดข้าวเปลือกงอกกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการทดลอง เครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนร่วมกับรังสีอินฟราเรดประกอบด้วยห้องอบแห้งขนาด 52x53x52.5 cm^3 ซึ่งมีหลอดรังสีอินฟราเรดขนาด 300, 350 และ 3x500 W และพัดลมใบพัดโค้งหน้าขนาด 0.25 hp (PIRALI, Japan) โดยขณะทดลอง จะนำข้าวเปลือกงอกมาใส่ถาดขนาด 41.5×48.5 cm^2 จากนั้นนำเข้าห้องอบแห้งเพื่ออบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด น้ำหนักของตัวอย่างข้าวเปลือกงอกจะถูกวัดด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตัลความละเอียด ±0.01g และอุณหภูมิตามจุดต่าง ๆ ทั้งในและนอกห้องอบแห้งจะถูกตรวจวัดด้วยเทอร์โมคัปเปิลชนิด K ที่ต่อไปยังเครื่องบันทึกสัญญาณเวลา Supcon ความละเอียด ±0.1°C ส่วนการอบแห้งด้วยไมโครเวฟจะใช้เครื่องไมโครเวฟยี่ห้อ Sharp ขนาดกำลังไฟสูงสุด 800W และตู้อบไฟฟ้า Memmert จะใช้หาค่าความชื้นของข้าวกล้องงอก

วิธีการทดลอง ทำการทดลองอบแห้ง 2 สภาวะ โดยอบแห้งข้าวเปลือกงอก ด้วยเครื่องไมโครเวฟขนาดกำลัง 450 W เป็นเวลา 1 นาที หลังจากนั้นนำข้าวตัวอย่างมาอบแห้งต่อเนื่องไปด้วยเครื่องอบแห้งรังสีอินฟราเรดในช่วง 500-1,500 W ที่อุณหภูมิอบแห้ง 60-80°C จนความชื้นสุดท้ายอยู่ในช่วง 20±1% dry-basis แล้วนำไปเก็บในที่อับอากาศเป็นเวลา 30 นาที เพื่อให้เกิดการกระจายความชื้นและการถ่ายเทความร้อนอย่างสม่ำเสมอ ก่อนนำไปผึ่งไว้ในอากาศแวดล้อมจนค่าความชื้นสุดท้ายของข้าวเปลือกงอกลดลงอยู่ในช่วง 14-16% dry-basis (สมชาติ, 2540) จากข้อมูลอัตราการเปลี่ยนแปลงความชื้นกับเวลาที่ได้จากการทดลองสามารถคำนวณหาอัตราส่วนความชื้นของข้าวตัวอย่างที่เวลาต่าง ๆ ได้ตามสมการที่ (1) (สมชาติ, 2540)

$$\mathrm{MR} = \text{Moisture ratio} = \frac{M_t}{M_{in}} \qquad (1)$$

เมื่อ M_{in}, M_t คือ ความชื้นเริ่มต้นและความชื้นที่เวลาใด ๆ ของข้าวเปลือกงอก, ตามลำดับ (% dry-basis)

การวิเคราะห์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบเอมพิริคัลของการอบแห้งข้าวเปลือกงอก ทำได้โดยการนำเอาข้อมูลผลการทดลองการเปลี่ยนแปลงความชื้นของข้าวเปลือกงอกที่เวลาต่าง ๆ ทุกเงื่อนไขมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิคสมการถดถอยแบบไม่เชิงเส้น โดยเลือกใช้ 9 สมการการอบแห้งที่นิยมใช้กันในการอบแห้งเมล็ดพืชดัง Table 1 การพิจารณาเลือกสมการที่เหมาะสมที่สุดดูจากสมการแบบจำลองที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์การพิจารณา (Determination of coefficient, R^2) สูงสุด โดยมีค่ารากที่สองของกำลังสองเฉลี่ย (Root mean square, RMSE) และค่าไคร์สแควร์ (Chi-square, χ^2) ที่ค่าต่ำสุด

Table 1. Mathematical drying model for drying kinetics of germinated KDML105 rice variety

No.	Mathematical drying models		No.	Mathematical drying models	
1	Newton	MR = exp(-kt)	6	Two-terms exponential	MR = a exp(-kt)+ (1-a) exp (-at)
2	Page	MR = exp(-kt^n)	7	Approximation of diffusion	MR = a exp(-kt)+ (1-a) exp (-kbt)
3	Modified Page	MR = exp(-kt)^n	8	Verma	MR = a exp(-kt)+ (1-a) exp (-gt)
4	Henderson and Pabis	MR = a exp(-kt)	9	Midilli	MR = a exp(-kt^n)+ (bt)
5	Logarithmic	MR = a exp(-kt)+ c			

ผลการทดลองและอภิปราย

ปัจจัยของอุณหภูมิอบแห้งและกำลังงานของรังสีอินฟราเรด เมื่อทำการทดลองภายใต้เงื่อนไขที่กล่าวมาแล้วข้างต้น พบว่าที่อุณหภูมิอบแห้งสูงขึ้น จะมีอัตราการลดลงของความชื้นสูงขึ้นด้วย ขณะที่ปัจจัยของกำลังของรังสีอินฟราเรดต่อจลนพลศาสตร์การอบแห้ง พบว่าที่กำลังของรังสีอินฟราเรดสูงขึ้นจะมีอัตราการลดลงของความชื้นต่ำกว่าที่กำลังของรังสีอินฟราเรดต่ำกว่า เนื่องจากปัจจัยของอุณหภูมิมีผลมากกว่าปัจจัยของกำลังของรังสีอินฟราเรด

สมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้ง จากผลการทดลองเมื่อนำมาคำนวณทางสถิติโดยใช้วิธีวิเคราะห์การถดถอยไม่เชิงเส้นเพื่อหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้งที่เหมาะสม แสดงผลคำนวณได้ดัง Table 2 สรุปได้ว่าสมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Approximation of Diffusion สามารถใช้อธิบายจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งของข้าวเปลือกงอก ด้วยไมโครเวฟและรังสีอินฟราเรดที่ 650 และ 1,350 W ที่อุณหภูมิ 63°C และที่ 650, 1,000 และ 1,350 W ที่อุณหภูมิ 77°C ได้ดีที่สุด ขณะที่สมการอบแห้งจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Page สามารถอธิบายจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งของข้าวเปลือกงอกด้วยไมโครเวฟและรังสีอินฟราเรดที่กำลัง 1,000 W ที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80°C และกำลัง 500, 1,000 และ 1,500 W ที่อุณหภูมิ 70°C ได้ดีที่สุด โดยพิจารณาจากค่า R^2 ที่มีค่าสูงสุด ค่า RMSE และ χ^2 ที่มีค่าต่ำสุด

สรุปผลการทดลอง

กระบวนการงอกของข้าวเปลือกงอกทำให้ข้าวเปลือกงอกมีความชื้นสูง ต้องทำการลดความชื้นให้เหมาะแก่การเก็บรักษา ซึ่งการอบแห้งแบบ 2 ขั้นตอนด้วยไมโครเวฟร่วมกับรังสีอินฟราเรด พบว่าปัจจัยของอุณหภูมิมีผลต่อจลนพลศาสตร์การอบแห้งข้าวเปลือกงอกมากกว่าปัจจัยกำลังงานของรังสีอินฟราเรด และเมื่ออุณหภูมิอบแห้งสูงขึ้น ระยะเวลาการอบแห้งจะต่ำลง เมื่อนำมาวิเคราะห์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมพบว่าแบบจำลองของ Approximation of Diffusion และ Page สามารถอธิบายการจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งข้าวเปลือกงอกได้ดีที่สุดในแต่ละเงื่อนไขการทดลอง

กิตติกรรมประกาศ

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ และภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทำการทดลองและงบประมาณในการทำโครงการวิจัย ตลอดจนนักศึกษาปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมเคมีทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2559. สถิติการส่งออกข้าวปี 2559. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result.php.

ธัชพล จุ้งเจริญ, สมเกียรติ ปรัชญาวรากร และสมชาติ โสภณรณฤทธิ์. 2554. การเปรียบเทียบจลนศาสตร์การอบแห้ง และคุณภาพของข้าวงอกที่เตรียมจากข้าวเปลือกและข้าวกล้อง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 43: 450 - 453.

มัณฑนา นครเรียบ. 2554. ประโยชน์ที่ดีต่อสุขภาพของข้าวกล้องงอกและข้าวฮางงอก. วารสารวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี 9: 69 - 79.

สมชาติ โสภณรณฤทธิ์. 2540. การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพ. 315 หน้า.

สุภาวรรณ ฏิระวณิชย์กุล, สากีนา ลาแมปะ และยุทธนา ฏิระวณิชย์กุล. 2555. การอบแห้งขนุนด้วยพลังงานความร้อนร่วมของรังสีอินฟราเรด/ไมโครเวฟ และลมร้อน:จลนพลศาสตร์คุณภาพและการทดสอบประสาทสัมผัส. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา 17: 117 - 129.

Table 2. Empirical drying kinetics equations and constants

Model	Constant of model	R^2	RMSE	χ^2
MW (450 W 1 min)-IR 1,000 W (60, 70 and 80°C)				
Newton	k=0.016exp(-28.271/T)	0.98215	0.02768	0.00078
Page	k=0.002exp(-0.233/T), n=1.333	0.99191	0.01863	0.00036
Modified Page	k=0.040xp(-81.763/T), n=1.336	0.90296	0.06453	0.00430
Henderson and Pabis	k=0.008exp(14.724/T), a=1.031	0.90276	0.06460	0.00431
Logarithmic	k=0.026exp(-1.213/T), a=0.633, c=0.412	0.89421	0.06738	0.00476
Two-term exponential	k=9.332exp(1.129/T), a=0.001	0.89556	0.06695	0.00463
Approximation of diffusion	k=0.063exp(-14.638/T), a=-0.311, b=0.278	0.90152	0.06501	0.00443
Verma	k=0.051exp(0.561/T), a=-0.297, g=0.014	0.89958	0.06565	0.00452
Midilli	k=-0.028exp(-31.367/T), a=0.997, b=-0.007, n=$4.821x10^{-5}$	0.87877	0.07213	0.00555
MW (450 W 1 min)-IR 63°C (650 W and 1,350 W)				
Newton	k=0.009exp(-63.450/P)	0.98200	0.03412	0.00121
Page	k=0.002exp(0.081/P), n=1.333	0.99845	0.01003	0.00011
Modified Page	k=0.011xp(27.758/P), n=1.341	0.99880	0.00887	0.00009
Henderson and Pabis	k=0.010exp(57.617/P), a=1.030	0.98715	0.02886	0.00091
Logarithmic	k=0.026exp(-0.968/P), a=0.634, c=0.413	0.92919	0.06775	0.00525
Two-term exponential	k=5.621exp(5.621/P), a=0.002	0.98077	0.03530	0.00136
Approximation of diffusion	k=0.048exp(41.429/P), a=-0.296, b=0.268	0.99903	0.00793	0.00007
Verma	k=0.051exp(0.100/P), a=-0.297, g=0.014	0.98077	0.00944	0.00010
Midilli	k=-0.014exp(-388.236/P), a=0.998, b=-0.007, n=0.235	0.99672	0.01458	0.00024
MW (450 W 1 min)-IR 70°C (500 W, 1,000 W and 1,500 W)				
Newton	k=0.015exp(-149.978/P)	0.98470	0.02689	0.00074
Page	k=0.007exp(-169.264/P), n=1.222	0.99660	0.01269	0.00017
Modified Page	k=0.017exp(-144.539/P), n=1.227	0.99660	0.01276	0.00017
Henderson and Pabis	k=0.016exp(-148.307/P), a=1.028	0.98930	0.02244	0.00052
Logarithmic	k=0.006exp(-132.997/P), a=2.065, c=-1.054	0.99540	0.01471	0.00023
Two-term exponential	k=13.305exp(-13.322/P), a=0.001	0.97275	0.03435	0.00123
Approximation of diffusion	k=0.031exp(-137.113/P), a=-17.393, b=0.963	0.99650	0.01291	0.00018
Verma	k=-0.005exp(-2983.021/P), a=-2.132, g=0.003	0.99640	0.01296	0.00018
Midilli	k=0.996exp(-5.290/P), a=0.996, b=0.001, n=1.265	0.98400	0.02747	0.00082
MW (450 W 1 min)-IR 77°C (650 W, 1,000 W and 1,350 W)				
Newton	k=0.016exp(-111.538/P)	0.98393	0.04732	0.00395
Page	k=0.006exp(0.077/P), n=1.228	0.99333	0.01950	0.00093
Modified Page	k=0.017xp(-111.384/P), n=1.231	0.99467	0.01583	0.00052
Henderson and Pabis	k=0.017exp(-112.074/P), a=1.028	0.98874	0.02611	0.00227
Logarithmic	k=0.006exp(0.084/P), a=1.849, c=-0.836	0.99182	0.02728	0.00161
Two-term exponential	k=8.120exp(-0.389/P), a=0.002	0.98179	0.05260	0.00505
Approximation of diffusion	k=0.099xp(-103.177/P), a=-0.163, b=0.196	0.99492	0.01252	0.00040
Verma	k=0.084exp(0.101/P), a=-0.171, g=0.017	0.99353	0.01626	0.00074
Midilli	k=0.005exp(-0.934/P), a=0.998, b=0.001, n=1.306	0.99364	0.01483	0.00070