อิทธิพลของการเตรียมเบื้องต้นต่อการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยน้ำว้า (*Musa sapientum* L.) ผง
Influence of Pre-Treatments on Browning Color of Banana (*Musa sapientum* L.) Powder

จันทิมา ภูงามเงิน[1] คัคนัมพร ทั่งพรม[1] หทัยทิพย์ อู่พิทักษ์[1] ปิยะรัชช์ กุลเมธี[2]และ พนิดา เรณูมาลย์[2]
Chanthima Phungamngoen[1], Kakanamporn Tangprom[1], Hataitip Aupitak[1], Piyarach Kullamatee[2] and Phanida Renumarn[2]

Abstract

To improve quality and extend the safety margin of a dried product, an appropriate pretreatment methods and conditions can be applied prior to drying. This work was aimed to study the effect of pretreatment at the temperature range of 80-100°C. The heating time of banana was determined based on enzyme peroxidase activity. Pretreated samples were dried in hot air oven at temperature of 60, 70, 80 and 90°C. The required drying time to reach the final desired moisture content of less than 10% (w.b.) was 16, 13, 10 and 6 h, respectively. The parameters considered were color (*L* a* b** value), the total color change (ΔE^*) and non-enzymatic browning index (NEBI). In all cases, the enzyme peroxidase activity value reduced with the progress of the heating process; the reduced activity corresponded to the decrease in ΔE^* of the banana powder after drying. Higher temperature and longer time of drying result in higher browning color of banana. The drying process caused non-enzymatic browning reactions leading to lower lightness value and higher redness and yellowness values. These results were accordant to the change of NEBI value.

Keyword: Non-enzymatic browning, Drying, Enzyme peroxidase

บทคัดย่อ

เพื่อเป็นการปรับปรุงคุณภาพและยืดอายุการเก็บอาหารแห้ง มีการประยุกต์ใช้วิธีการเตรียมเบื้องต้นที่ดีก่อนทำการอบแห้งอาหาร งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเตรียมเบื้องต้นด้วยความร้อนช่วงอุณหภูมิ 80-100°C โดยระยะเวลาในการให้ความร้อนของกล้วยได้จากการประเมินค่ากิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส ตัวอย่างที่ผ่านการเตรียมเบื้องต้นแล้วถูกนำไปอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 70 80 และ 90°C เวลาในการอบแห้งเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นไม่เกิน 10% (ฐานเปียก) คือ 16 13 10 และ 6 ชั่วโมง ตามลำดับ ใช้ค่าสี *L* a* b** การเปลี่ยนแปลงสีโดยรวม (ΔE^*) และค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ (NEBI) เป็นเกณฑ์ในการพิจารณา ในทุกกรณีกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสลดลงเมื่อเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น โดยการลดลงของกิจกรรมสัมพันธ์กับการลดลงของค่า ΔE^* ในตัวอย่างหลังการอบแห้ง เมื่อใช้อุณหภูมิสูงขึ้นและเวลานานขึ้นในการอบแห้งส่งผลให้เกิดสีน้ำตาลสูงขึ้น เนื่องจากกระบวนการอบแห้งเป็นสาเหตุของการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ ซึ่งทำให้ค่าความสว่างลดลง ความเป็นสีแดงและความเป็นสีเหลืองสูงขึ้น ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงค่า NEBI

คำสำคัญ: การเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์, การอบแห้ง, เอนไซม์เปอร์ออกซิเดส

คำนำ

กล้วยเป็นพืชเศรษฐกิจที่คนไทยรู้จักดี เพราะใช้บริโภคเป็นอาหารและนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายชนิด เป็นอาหารที่ย่อยง่ายทำให้ไม่เกิดปัญหาเกี่ยวกับลำไส้และระบบทางเดินอาหาร แต่การนำมาบริโภคมักพบปัญหาในการนำกล้วยน้ำว้าสุกมาทำอาหาร คือ มีการเน่าเสียอย่างรวดเร็ว ไม่สามารถเก็บไว้ได้นาน เนื่องจากเกิดจากการบอบช้ำ ทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายและเสียเวลาซื้อกล้วยมาบริโภคในแต่ละครั้ง ดังนั้นเพื่อเป็นการยืดอายุในการเก็บรักษากล้วย จึงมีการแปรรูปในรูปแบบผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น กล้วยตากแห้ง กล้วยฉาบ กล้วยอบน้ำผึ้ง และกล้วยผงเทคโนโลยีการผลิตกล้วยผงที่นิยมใช้คือการอบแห้งแบบพ่นฝอย ซึ่งเป็นวิธีการที่มีต้นทุนการผลิตสูง จึงไม่คุ้มทุนที่จะผลิตขายในระดับอุตสาหกรรม นอกจากนี้มีการใช้เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน ในการผลิตกล้วยผง (นฤดี และคณะ, 2549) ซึ่งมักพบปัญหาการเกิดสีน้ำตาลในระหว่างการอบแห้งจำเป็นต้องมี

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและการจัดการ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปราจีนบุรี 25230
[1]Department of Food Science and Management, Faculty of Agro-Industry, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Prachinburi 25230
[2]สาขาวิชานวัตกรรมและเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปราจีนบุรี 25230
[2]Department of Agro-Industry Product Development, Faculty of Agro-Industry, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Prachinburi 25230

การยับยั้งเอนไซม์ที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล เพื่อทำให้คุณภาพทางด้านสีของกล้วยหอมผงมีคุณภาพดีขึ้น จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพการผลิตกล้วยน้ำว้าผง คือการเตรียมเบื้องต้น (Pre-treatment) ที่เหมาะสม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล และสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตกล้วยน้ำว้าผงให้มีคุณภาพดี สามารถเป็นแนวทางการพัฒนากระบวนการผลิตกล้วยน้ำว้าผงสู่ระดับอุตสาหกรรมได้

อุปกรณ์และวิธีการ

กล้วยน้ำว้าที่ความสุกสม่ำเสมอทั่วทั้งเปลือก ที่ระดับความสุกเท่ากับ 5 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโดยประมาณ 4-6 เซนติเมตร จากตลาดวงเวียนนเรศวร จังหวัดปราจีนบุรี ทำการปอกเปลือก แล้วฝานเอาเฉพาะส่วนเนื้อ เพื่อนำไปผลิตกล้วยผง

การศึกษาสภาวะการให้ความร้อนเบื้องต้นที่เหมาะสม คือ สามารถทำลายเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) ได้หมดดังนี้ โดยนำกล้วยที่ฝานเอาเฉพาะส่วนเนื้อจำนวน 15 กรัมที่ผ่านการให้ความร้อน 80, 90 และ 100°C ที่เวลาต่างๆ ปั่นกับสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 30 มิลลิลิตร ที่แช่เย็นพร้อมกับ Polyvinylpolypyrrolidone (PVPP) 2.25 กรัม นาน 1 นาที จากนั้นกรองแล้วนำส่วนใสไปเหวี่ยงด้วยความเร็ว 15,000*g* ที่อุณหภูมิ 4°C นาน 10 นาที ทำการวัดกิจกรรมของเอนไซม์ PPO โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer (Optima SP-300 ประเทศญี่ปุ่น) ที่ความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร (มลญรัตน์, 2549) หลังจากผ่านกระบวนการเตรียมตัวอย่างแล้ว นำกล้วยน้ำว้าน้ำหนักประมาณ 500 กรัม มาปั่นให้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องปั่น (Ohaus EP4102C ประเทศสวิสเซอร์แลนด์) ที่ระดับความเร็วสูงสุด นาน 3 นาที เทใส่ถาดขนาด 25×40×5 เซนติเมตร โดยเกลี่ยให้มีความหนาอย่างสม่ำเสมอจากนั้นนำไปอบด้วยเครื่องอบลมร้อนแบบถาด (กล้วยน้ำไทยขนาด 12 ถาด ประเทศไทย) ที่อุณหภูมิ 60 70 80และ 90°C จากนั้นสุ่มตัวอย่างเพื่อวัดค่าความชื้นของตัวอย่าง (AOAC, 1995)

นำตัวอย่างหลังการอบแห้งที่สภาวะต่างๆ บดให้ละเอียดเป็นผง วัดสีโดยนำกล้วยผงน้ำหนักประมาณ 5 กรัมใส่ใน cuvette โดยใช้เครื่องวัดสี (Colorimeter) (Hunter Lab Color Flex ประเทศอเมริกา) ในระบบสี CIE L^* a^* b^* ใช้การสะท้อนแสงแบบกระจาย (Diffusion reflection) ใช้แหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน D65 และกำหนดค่าผู้สังเกตการณ์มาตรฐาน (Standard observer) ที่ 10° การวิเคราะห์ค่าสีของกล้วยผงเปรียบเทียบกับค่าสีของกล้วยก่อนทำการอบแห้งรายงานค่าในรูป ΔE^* ดังสมการ

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

เมื่อ $\Delta L^* = L^* - L^*_0$, $\Delta a^* = a^* - a^*_0$ และ $\Delta b^* = b^* - b^*_0$ และ L^*_0, a^*_0, b^*_0 เป็นค่าสีของกล้วยปั่นก่อนทำการอบแห้ง

การวิเคราะห์ค่า Non-enzymatic browning index (NEBI) โดยนำตัวอย่างกล้วยผง ผสมน้ำด้วยอัตราส่วน 1:4 (w/w) คนให้เข้ากัน แล้วเติม Ethyl alcohol 95% ปริมาณ 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันจากนั้นจึงนำไปเหวี่ยงแยกตะกอนด้วยเครื่อง Centrifuge (Boeco Rotana C-28 ประเทศเยอรมัน) ที่ความเร็ว 1000*g* เป็นเวลา 15 นาที โดยนำส่วนใสที่ได้จากการเหวี่ยงแยกวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร (สุดารัตน์ และคณะ, 2551)

ผลและวิจารณ์ผล

1. ผลของอุณหภูมิต่อการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO)

การทดสอบกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ PPO (Table 1) พบว่าความร้อนสามารถยับยั้งเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสโดยกิจกรรมของเอนไซม์ที่วัดได้จะค่อยๆ ลดลงตามระยะเวลาในการให้ความร้อน นอกจากนี้กิจกรรมของเปอร์ออกซิเดสจะถูกยับยั้งมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องจากความร้อนเข้าไปในเนื้อเยื่อของกล้วย เป็นผลให้โครงสร้างทางโมเลกุลโปรตีนของกล้วยเกิดการคลายตัวซึ่งไม่เหมาะสมต่อสภาวะการทำงานของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส ทำให้เอนไซม์มีกิจกรรมลดน้อยลง (Altunkaya and Gokmen, 2008) ดังนั้นในการเตรียมเบื้องต้นด้วยความร้อนกล้วยน้ำว้า ต้องนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80, 90 และ 100°C เป็นเวลานาน 18, 14 และ 8 นาที ตามลำดับ จึงสามารถทำลายเอนไซม์ PPO ที่มีอยู่ในกล้วยน้ำว้าได้หมด

Table 1 The remaining enzyme peroxidase activity

Heat treatment	Remaining enzyme peroxidase activity (%)									
(°C)	2 min	4 min	6 min	8 min	10 min	12 min	14 min	16 min	18 min	20 min
80	87.50	64.39	40.21	22.19	13.07	6.35	3.27	1.72	n.d	n.d
90	75.22	42.33	23.80	6.25	2.17	0.82	n.d	n.d	n.d	n.d
100	60.16	6.25	1.44	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d

n.d. = not detected

พิจารณาค่าสีของกล้วยหลังจากผ่านการให้ความร้อนเบื้องต้นที่สภาวะต่างๆ (Table 2) พบว่าการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80°C นาน 18 นาที ทำให้ค่าความสว่าง (L^*) ของตัวอย่างต่ำที่สุด ในขณะที่ค่า a^* และค่า b^* สูงที่สุดเมื่อเทียบกับการให้ความร้อนที่อุณหภูมิอื่นๆ โดยตัวอย่างกล้วยหลังผ่านการให้ความร้อนอุณหภูมิ 90 และ 100°C มีค่าสี (L^* a^* b^*) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดังนั้นในการอบแห้งเพื่อผลิตกล้วยผงจึงใช้สภาวะการให้ความร้อนเบื้องต้นที่อุณหภูมิ 90 °C นาน 14 นาที

Table 2 Color pretreated banana with different pretreatment temperatures

Pre-treatment temperature (°C)	L^*	a^*	b^*
80	81.24±0.09^b	0.97±0.19^a	8.07±0.46^a
90	84.15±0.22^a	-0.40±0.40^b	5.49±0.71^b
100	83.44±0.35^a	-0.39±0.17^b	5.87±0.65^b

Values in the same column with different superscripts mean that the values are significantly different (p<0.05).

2. ผลของการให้เบื้องต้นต่อลักษณะการอบแห้งของกล้วยน้ำว้า

นำกล้วยที่ผ่านการเตรียมเบื้องต้นที่อุณภูมิ 90°C นาน 14 นาที มาทำศึกษาการเปลี่ยนแปลงความชื้นของกล้วย (Figure 1) พบว่าปริมาณความชื้นของกล้วยมีการลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรกของการอบแห้ง เนื่องจากน้ำที่ระเหยในช่วงแรกเป็นน้ำที่เกาะกันอย่างหลวมๆ ส่งผลให้เกิดการเคลื่อนที่ของความชื้นออกจากภายในชิ้นตัวอย่างไปสู่ผิวและบรรยากาศได้รวดเร็วหลังจากนั้นปริมาณความชื้นจะลดลงอย่างช้าๆ และคงที่ในที่สุด (Leite *et al*., 2007) เวลาในการอบแห้งกล้วยน้ำว้าที่สภาวะการอบแห้งต่างๆ พบว่าการให้ความร้อนเบื้องต้นไม่มีผลต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของความชื้นกล้วยน้ำว้า ดังนั้นจึงทำให้เวลาที่ใช้ในการอบแห้งไม่แตกต่างกัน

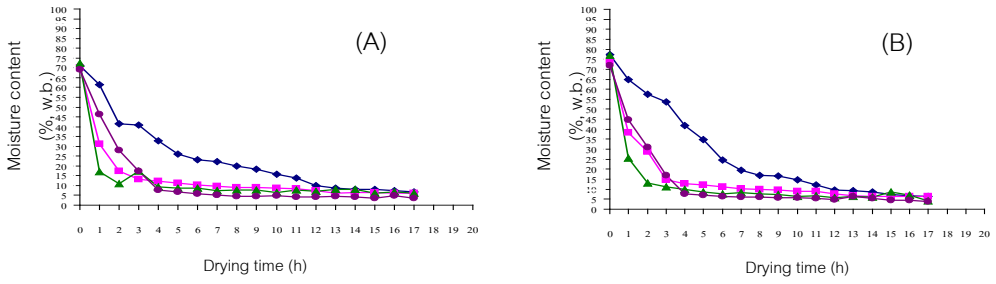

Figure 1 Drying curves of banana (A) untreated sample (control), (B) pre-heated at 100°C for 8 min at drying temperature (♦) 60, (■) 70, (▲) 80 and (●) 90°C

3. ผลของการสภาวะอบแห้งต่อค่าสีของกล้วยน้ำว้าผง

ผลจากการวัดค่าสีของกล้วยผง (Table 2) พบว่า ค่า L^* ลดลงตามอุณหภูมิที่สูงขึ้นส่วนค่า a^* และ b^* มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องจากการเกิดสารสีน้ำตาลในอาหารปฏิกิริยาจะเกิดเร็วหากมีอุณหภูมิสูงขึ้น

Rattanathanalerket *et al.* (2005) พบว่าสภาวะที่ใช้ในการฆ่าเชื้อน้ำผักผลไม้ในระดับสเตอริไลส์มีผลทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Non-enzymatic Browning) ในผลิตภัณฑ์ คือที่อุณหภูมิสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับค่า NEBI ของกล้วยผง

Table 3 Color and Non-enzymatic browning index value (NEBI) of banana powder

Pre-treatment	Drying temperature (°C)	*L**	*a**	*b**	$\triangle E^*$	NEBI
Untreated sample (Control)	60	56.54±0.75^{c}	4.23±0.49^{d}	15.07±0.49^{e}	29.48±0.69^{b}	0.17±0.07^{b}
	70	61.22±0.59^{bc}	4.61±0.21^{d}	17.26±0.21^{d}	21.07±0.41^{bc}	0.19±0.06^{b}
	80	67.08±0.73^{ab}	7.55±0.10^{b}	21.03±0.10^{a}	12.08±0.28^{d}	0.21±0.04^{b}
	90	58.45±0.90^{bc}	10.38±0.17^{a}	21.24±0.17^{a}	35.08±0.33^{a}	0.28±0.05^{a}
Preheated at 90 °C for14 min	60	57.60±0.69^{c}	2.41±0.54^{f}	20.42±0.54^{a}	18.11±0.32^{c}	0.09±0.04^{d}
	70	63.41±0.55^{b}	3.64±0.12^{de}	21.78±0.12^{a}	16.41±0.52^{cd}	0.08±0.03^{d}
	80	71.30±0.20^{a}	7.17±0.01^{b}	18.51±0.01^{c}	10.08±0.87^{d}	0.14±0.05^{c}
	90	69.55±0.51^{a}	9.34±0.12^{a}	17.44±0.12^{d}	11.30±0.29^{d}	0.20±0.02^{b}

Values in the same column with different superscripts mean that the values are significantly different (p<0.05).

สรุปผล

กระบวนการให้ความร้อนเบื้องต้น เป็นวิธีการลดกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส โดยการลดลงของกิจกรรมสัมพันธ์กับการลดลงของค่า ΔE^* ในตัวอย่างหลังการอบแห้ง แม้อุณหภูมิสูงขึ้นและเวลานานขึ้นจะส่งผลให้เกิดสีน้ำตาลสูงขึ้น แต่สาเหตุเกิดเนื่องจากผลการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงค่า NEBI

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ให้การสนับสนุนเงินทุนสำหรับดำเนินงานวิจัย และอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือ และอุปกรณ์สำหรับการดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

มลญรัตน์ นาน่วม. 2549. ผลร่วมของกรดอะซิติกกับอุณหภูมิต่อการยับยั้งการเจริญของ *Salmonella* Anatum และปฏิกิริยาสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ในกะหล่ำปลีหั่นฝอย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิศวกรรมอาหาร, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

นฤดี พงศ์กิจวิฑูร, สุวิช ศิริวัฒนโยธิน, สายลม สัมพันธ์เวชโสภา และทิพาพร อยู่วิทยา. 2544. ปัจจัยการผลิตกล้วยหอมผงโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ.* 24: 69-84.

สุดารัตน์ พุทธฤกษ์มงคล, สุจิตรตรา เหมคช, จันทิมา ภูงามเงิน และเกตินันท์ กิตติพงศ์พิทยา. 2551. ผลของปริมาณไขมันและความร้อนระดับสเตอริไลส์ต่อคุณภาพสีของน้ำกะทิ. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ* 18: 80-88.

A.O.A.C. 1995. Offical Method of Analysis. 15th ed., Association of Offcial Analytical Chemists, Washington D.C.

Altunkaya, A. and V. Gokmen. 2008. Effect of various inhibitors on enzymatic browning, antioxidant activity and total phenol content of fresh lettuce (*Lactuca sativa*). *Food Chemistry* 107(3):1173-179.

Leite, J.B., M.C. Mancini and S.V. Borges. 2007. Effect of drying temperature on the quality of dried bananas *cv. Prata* and *d'a'qua*. *LWT-Food Science and Technology* 40: 319-323.

Rattanathanalerk, M., N. Chiewchan and W. Srichumpoung. 2005. Effect of thermal processing on the quality loss of pineapple juice. *Journal of Food Engineering* 66: 259-265.