

ผลรวมของการใช้คาร์บอเนตบัฟเฟอร์ และความร้อนต่อ lipoxxygenase และโปรตีนที่สกัดได้ในการกำจัดกลิ่นของถั่วเหลือง

Combination Effect of Alkaline Carbonate Buffers and Blanching Time on Lipoxxygenase Inactivation and Protein Extractability

ลูกจันทร์ ภักษ์พันธุ์

Lukchon Pukrushpan

ABSTRACT

Soybean, S.J.4. were studied in order to develop the suitable method for deflavoring the beany flavor with retainable nutritive value. The beans were soaked overnight in 0.5 M. carbonate buffer at pH 9.0, 9.6 and 10.1, then subjected to heat treatment at boiling temperature for 0.5, 1, 3, 5 and 10 minutes. It was found that the carbonate buffer solely can inactivate lipoxxygenase 28-37%. Combination of soaking and blanching increased the rate of enzyme inactivation. Residual enzymes in carbonate buffer pH 9.0, 9.6 and 10.1 soaked bean were 21%, 20% and 16% respectively after blanching for 10 minutes as compared to 40% in water soaked bean. However, most of enzymes were destroyed during the first minute of blanching.

Protein extractability was decreased as blanching time increased. The pH 9.0 carbonate soaked bean yielded the highest protein extractability.

This experiment showed that the suitable condition for deflavoring of soybean was to soak in carbonate buffer pH 9.0, then blanched for 1 minute. This method would inactivate lipoxxygenase more than 60% and retain protein extractability higher than 45%.

บทคัดย่อ

จากการทดลองนำถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.4 แช่น้ำสารละลายคาร์บอเนตบัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ pH 9.0, 9.6 และ 10.1 รวมทั้งการแช่น้ำธรรมดา ตามวิธีดั้งเดิม เพื่อหากรรมวิธีที่เหมาะสมในการกำจัดกลิ่นถั่ว โดยระบุหรือทำลายปฏิกิริยาของเอนไซม์ lipoxxygenase เพื่อรักษาปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ให้คงอยู่มากที่สุด ผลการทดลองแสดงว่าการเพิ่มคาร์บอเนตบัฟเฟอร์ที่ระดับ pH ดังกล่าว เพียงอย่างเดียวโดยไม่มีความร้อนเข้าช่วย จะเพิ่มการทำลายเอนไซม์ในปริมาณเล็กน้อย คือ 28-37% เมื่อ pH ของบัฟเฟอร์สูงขึ้น เอนไซม์จะถูกทำลายได้มากขึ้น ส่วนผลของโปรตีนนั้น พบว่าการเพิ่มขึ้นของ pH จาก 6.7-7.0 จะเพิ่มปริมาณโปรตีนที่สกัดได้

การเพิ่มความร้อนโดยการเพิ่มระยะเวลาการลวกถั่วในน้ำเดือด จะมีผลเร่งการทำลาย lipoxxygenase นอกจากนี้ pH ที่สูงขึ้นมีส่วนเร่งปฏิกิริยาการทำลายเอนไซม์ เอนไซม์ส่วนใหญ่จะถูกทำลายภายใน 1 นาทีแรกของการลวก เมล็ดถั่วที่ผ่านการแช่น้ำ, carbonate buffer pH 9.0, 9.6 และ 10.1 จะมีปริมาณเอนไซม์เหลืออยู่เหลือ 40%, 21%, 20% และ 16% เมื่อผ่านการลวก 10 นาที

Protein extractability จะลดลง เมื่อลวกถั่วนานขึ้น โดยไม่จำกัดว่าถั่วนั้นจะผ่านการแช่น้ำ หรือ carbonate buffer อย่างไรก็ตามเมื่อเรียงลำดับ ปริมาณ protein extractability จากมากไปน้อย จะได้แก่ ถั่วที่แช่น้ำบัฟเฟอร์ 9.0, ถั่วที่แช่น้ำ, ถั่วที่แช่บัฟเฟอร์ 9.6 และ สุดท้ายได้แก่ ถั่วที่แช่ บัฟเฟอร์ pH 10.1

¹ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดลองดังกล่าวพอจะเป็นแนวทางในการเลือกใช้ carbonate buffer pH 9.0 เป็นสารละลายที่แช่ถั่ว และระยะเวลาในการลวก คือ 1 นาที เพราะเป็นกรรมวิธีที่ทำลาย lipoxygenase ได้มากกว่า 60% และมี protein extractability มากกว่า 45%

คำนำ

ถั่วเหลืองเป็นพืชที่มีปริมาณโปรตีนสูงสุดในกลุ่มพืชตระกูลเดียวกัน โดยที่ปริมาณโปรตีนเฉลี่ย 40.4% (คิดต่อน้ำหนักแห้ง) ถั่วเหลืองสามารถนำมาทำผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ แต่ปัญหาที่เกิดขึ้น คือ กลิ่นถั่ว ซึ่งเป็นข้อจำกัดการใช้ประโยชน์ Wilken et al (1967)- รายงานว่าสาเหตุที่ทำให้เกิดกลิ่นถั่ว คือ เอนไซม์ lipoxygenase ซึ่งเร่งปฏิกิริยาการออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัว เช่น กรดลิโนเลอิก อะราชีดิก และลิโนลิอิก ซึ่งเมื่อถูกทำปฏิกิริยาแล้วจะได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็น conjugated diene สารนี้เมื่อสลายตัวต่อไปจะได้สารประกอบที่ระเหยได้ และทำให้เกิดกลิ่นเหม็นเขียวในผลิตภัณฑ์ เช่น 1- pentanol, 1- hexanol, 2- octa 3- of hexanol และ hexanol สารประกอบเหล่านี้มีทั้งที่เป็นอัลกอฮอล์ อัลดีไฮด์ คีโตน

Nelson et al (1976), Eldridge et al (1979), Borham and Snyder (1979), Ashraf and Snyder (1981) ได้กล่าวถึงกรรมวิธีการผลิตภัณฑ์โปรตีนจากถั่วเหลืองที่ปราศจากกลิ่นถั่ว แต่มีข้อเสียต่าง ๆ เช่น ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้น้อยลง และ trypsin inhibitor ถูกทำลายไปเพียงบางส่วนเท่านั้น Wilken et al (1967) ได้ทดลอง ถั่วถั่วเมล็ดที่ 200°ซ 30 นาที พบว่าจะช่วยยับยั้งปฏิกิริยา lipoxygenase ได้ แต่วิธีนี้จะลดปริมาณ protein extractability และนมถั่วเหลืองที่ได้มีกลิ่น nutty flavor รสสาบลิ้น และสีคล้ำ Borden and Snyder (1979) พบว่าการใส่คาร์บอนเนตในน้ำที่ใช้แช่ถั่วมีผลจะทำให้ปริมาณ protein insolubility ลดลง ขณะที่นำถั่วไปผ่านความร้อนเพื่อทำลาย lipoxygenase Kon et al (1970) รายงานว่าการอบถั่วเหลืองในสภาพ pH 3.8-4.2 สามารถยับยั้ง lipoxygenase ได้ และของ

ผสมที่ได้ไม่มีกลิ่นแปลกปลอมหรือเหม็นเขียว นอกจากสภาพ pH ที่เป็นการจะช่วยลดกลิ่นถั่วแล้ว ยังช่วยให้สกัดโปรตีนได้มากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับที่สกัดด้วยน้ำธรรมดา ลูกจันทร์ ภักษ์พันธุ์ (2525) เติมนมถั่วเหลือง โดยแช่ถั่วในน้ำ 24 ชม. ตามด้วยการลวกในน้ำร้อนที่ 80°ซ นาน 20 นาที และแช่ใน NaHCO_3 ความเข้มข้น 0.5% ที่ 70°ซ นาน 10 นาที จากนั้นบดถั่วในน้ำร้อนอุณหภูมิ 80°ซ จะได้น้ำมันถั่วเหลืองที่มีผู้ชมยอมรับมากที่สุด

Ashraf และ Snyder (1981) ได้ศึกษาการเพิ่ม pH ของสารละลายอัลกอฮอล์ที่แช่ถั่ว พบว่าถ้ามีการเพิ่มสาร Na_2CO_3 หรือ NaHCO_3 0.1 โมลาร์ จะได้นมถั่วเหลืองที่ดีกว่านมที่เตรียมจากการแช่ถั่วในสารละลายที่เพิ่ม pH ด้วยด่าง NaOH Brown et al (1982) พบว่า lipoxygenase จะถูกทำลายได้มากถึง 99% และคงการละลายของโปรตีนในรูปของ Nitrogen insolubility index ได้มากกว่า 90% ถ้าหากนำเมล็ดถั่วมาเพิ่มความชื้นจาก 11% เป็น 16.3% โดยการแช่ในคาร์บอนเนตบัฟเฟอร์ pH 9.8 ตามด้วยการอบถั่วด้วยไอน้ำจนมีอุณหภูมิ 90°ซ นาน 10 นาที สำหรับจุดประสงค์ของการทดลองนี้เพื่อที่จะหากรรมวิธีที่เหมาะสมเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์โปรตีนจากถั่วเหลืองที่มีโปรตีนสูง และปริมาณ lipoxygenase น้อยที่สุด เพื่อประโยชน์ในการประยุกต์ใช้ถั่วเหลืองต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบและการเตรียมน้ำมันถั่วเหลือง

นำถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.4 มาแช่ในสารละลายต่าง ๆ ดังนี้ 1) แช่น้ำ 2) แช่คาร์บอนเนตบัฟเฟอร์ pH 9.0 3) แช่คาร์บอนเนตบัฟเฟอร์ pH 9.6 และ

4) คาร์บอนเนตบัฟเฟอร์ pH 10.1 ทุกตัวอย่างจะแช่ในน้ำ 18 ซม. จากนั้นจึงนำไปล้างน้ำให้สะอาด นำแก้วมาผ่านความร้อนโดยลวกในน้ำเดือด ที่ระยะเวลาต่างกันจาก 0, 0.5, 1.0, 3.0, 5.0 และ 10.0 นาที นำมาทำให้เย็นกับน้ำ 8 เท่า โดยนำหนักกรองผ่านผ้าขาวบาง นำนมแก้วเหลืองที่ได้ใช้เป็นนํ้ามนมแก้วเหลืองสำหรับการวิเคราะห์ต่อไป

วิธีการวิเคราะห์

วิเคราะห์ส่วนประกอบของนมแก้วเหลือง ที่ใช้ในการทดลองวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เถ้า เยื่อใย ความชื้น โดยวิธีจาก AOAC (1980)

วิเคราะห์ **Protein extractability** นำนํ้ามนมแก้วเหลืองที่ได้วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน โดยวิธี Micro-Kjedahl method (AOAC, 1980) จากนั้นคำนวณปริมาณ protein extractability จากอัตราส่วนของโปรตีนทั้งหมดในนํ้ามนมแก้วเหลืองต่อปริมาณโปรตีนทั้งหมดในเมล็ดแก้วเหลืองที่นำมาแช่

Lipoxygenase assay : ตรวจสอบตามวิธีของ Obaidy และ Siddhigui (1981) โดยใช้สารละลายซบสเตรท linoleate ความเข้มข้น 7.5×10^{-3} โมลาร์ ส่วนสารละลายเอนไซม์เตรียมจากการบดแก้วเหลืองด้วยน้ำในอัตราส่วนแก้ว : น้ำเท่ากับ 1 : 50 นน./ปริมาตรปั่น 2 นาที จากนั้นนำไปผ่านเครื่องเหวี่ยงด้วยความเร็ว 2,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 30 นาที นำส่วนใสมาใช้เป็น crude enzyme extract

การทำปฏิกิริยาใช้ 3 มล.ของสารละลายซบสเตรทกับ 0.1 มล. ของสารละลายเอนไซม์ ผสมกันอย่างรวดเร็ว วัดค่า absorbance ที่ 234 nm อัตราของปฏิกิริยาคือปริมาณ absorbance ที่เปลี่ยนไปภายใน 1 วินาที

ผลและวิจารณ์

แก้วเหลืองที่นำมาทดลอง เมื่อตรวจสอบส่วนประกอบแล้ว จะมีปริมาณโปรตีน 42.56% ไขมัน 20.43% คาร์โบไฮเดรต 18.20% ความชื้น 8.11% เถ้า 5.44%, เยื่อใย 5.26%

ผลของการแช่แก้วในน้ำ คาร์บอนเนตบัฟเฟอร์ต่อการระงับปฏิกิริยาของ lipoxygenase

เมื่อแช่แก้วเหลืองทั้งเมล็ดในสารละลายคาร์บอนเนตบัฟเฟอร์ที่ pH ต่าง ๆ โดยไม่มีความร้อนเกี่ยวข้อง ปริมาณ lipoxygenase ที่ถูกทำลายและปริมาณ protein extractability แสดงในตารางที่ 1 ซึ่งแสดงว่าการใช้ alkaline carbonate buffer ไม่ว่าจะเป็น pH ใด จะมีผลในการลดปฏิกิริยาของ lipoxygenase และเพิ่มปริมาณ protein extractability เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้แช่ในน้ำธรรมดา อย่างไรก็ตามปริมาณเอนไซม์ที่ถูกระงับนั้น ยังมีค่าไม่สูงมากนัก เพียง 28–37% และ protein extractability เพิ่มมาเพียง 0.15–0.20 กรัม/100 มล. เท่านั้นเอง สำหรับความแตกต่างของ pH ของ alkaline carbonate buffer พบว่ามีความสัมพันธ์ของ pH ที่สูงขึ้นต่อการระงับปฏิกิริยา จะเห็นได้ว่าเมื่อ pH สูงขึ้นจาก 28% เป็น 30% และ 37% ตามลำดับ แสดงถึงผลของคาร์บอนเนตออกไซด์อย่างเดียวยังมีผลต่อการระงับปฏิกิริยา โดยไม่ต้องอาศัยความร้อนเข้ามาเกี่ยวข้องสำหรับความสัมพันธ์ของปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กับ pH ที่สูงขึ้น อาจจะเป็นเพราะปริมาณ pH ที่สูงขึ้น ทำให้โปรตีนอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ หรืออาจจะเป็นเพราะส่วนหนึ่งของโปรตีน ถูกชะไประหว่างการแช่

ตารางที่ 1 ปริมาณ lipoxygenase และโปรตีน ในน้ำมันถั่วเหลืองที่ผ่านการแช่ไว้ในสารละลายคาร์บอเนตบัฟเฟอร์

สารละลาย	lipoxygenase		protein
	absorbance $\times 10^{-3}/\text{sec}$	% inactivation	
น้ำ	2.45	—	3.05
carbonate buffer			
pH 9.0	1.78	28	3.25
pH 9.6	1.75	30	3.25
pH 10.1	1.56	37	3.20

ผลของระยะเวลาการลวกต่อ lipoxygenase inactivation

ผลของความร้อนโดยแสดงในรูประยะเวลาที่ลวกถั่วที่อุณหภูมิน้ำเดือด ต่อปฏิกิริยาของเอนไซม์ได้แสดงไว้ดังภาพที่ 1 จะเห็นได้ว่าความร้อนที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ปฏิกิริยาของเอนไซม์ลดลงในทุกระดับ pH

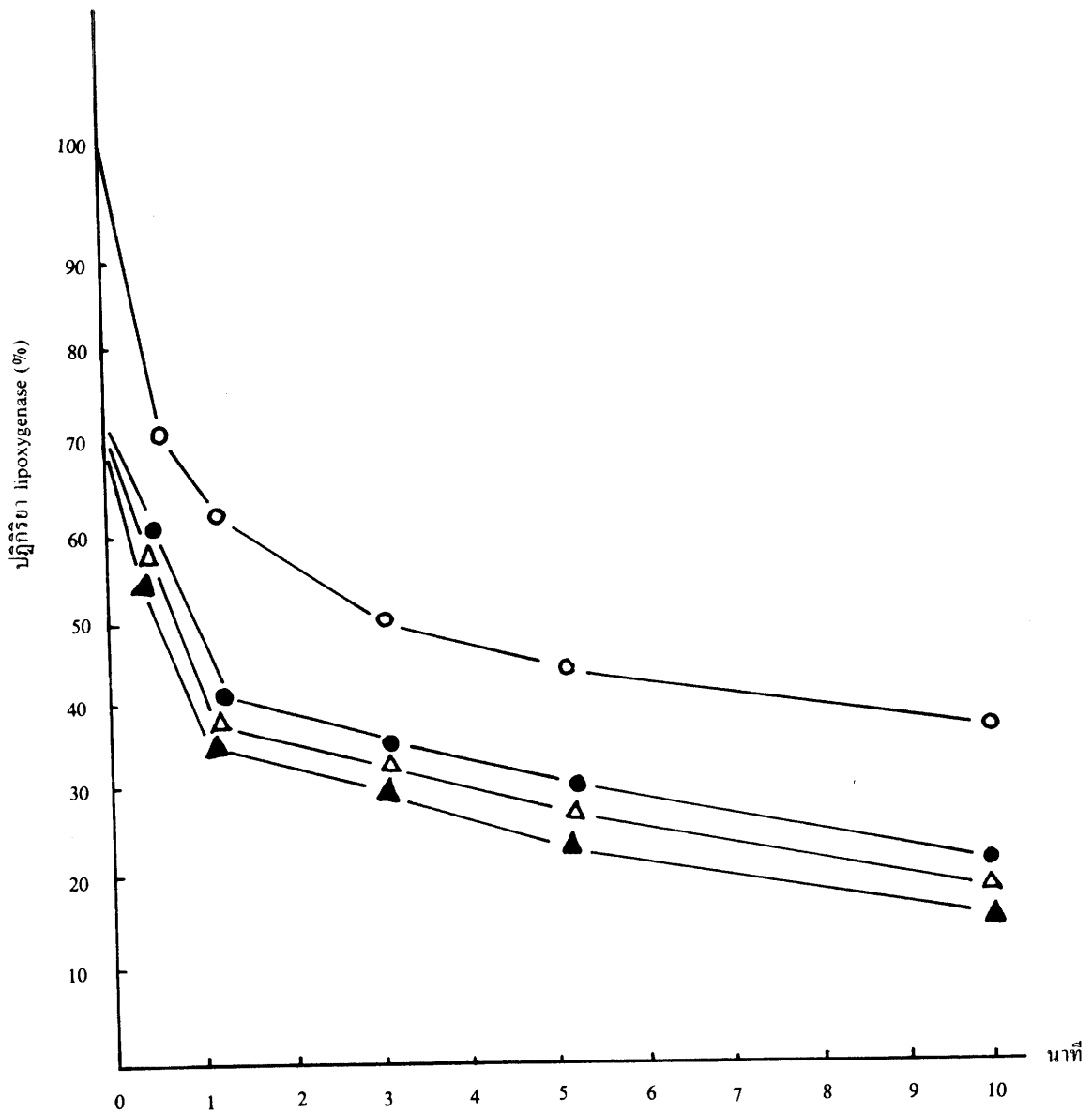
ถั่วที่แช่น้ำ และคาร์บอเนตบัฟเฟอร์ pH 9.0, 9.6 และ 10.1 เมื่อโดนความร้อนโดยการลวก 10 นาที จะมีปริมาณเอนไซม์เหลืออยู่ 40%, 21%, 20%, และ 16% ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาอัตราการลดลงของเอนไซม์จะเห็นได้ว่า ในช่วง 0.5–1.0 นาทีของการลวก จะมีอัตราการทำลายของเอนไซม์มากที่สุด โดยทำลายได้ 60–70% จากนั้นอัตราการทำลายจึงลดลง โดยทำลายได้เพียง 15–19% ในช่วงระหว่าง 1–10 นาที สรุปได้ว่าเอนไซม์ส่วนใหญ่จะถูกทำลายภายใน 1 นาทีแรกของการลวก

การแช่ในคาร์บอเนตบัฟเฟอร์มีผลต่อการระงับเอนไซม์ เมื่อเปรียบเทียบกับการแช่ในน้ำธรรมดา แต่การเพิ่ม pH จาก 9.0–10.1 มีผลการเพิ่มอัตราการระงับปฏิกิริยาน้อยมาก อย่างไรก็ตาม pH ที่สูงขึ้น จะมีผลระงับปฏิกิริยาได้มากขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะ CO_3^{2-} ใน pH 10.1 มีมากกว่า

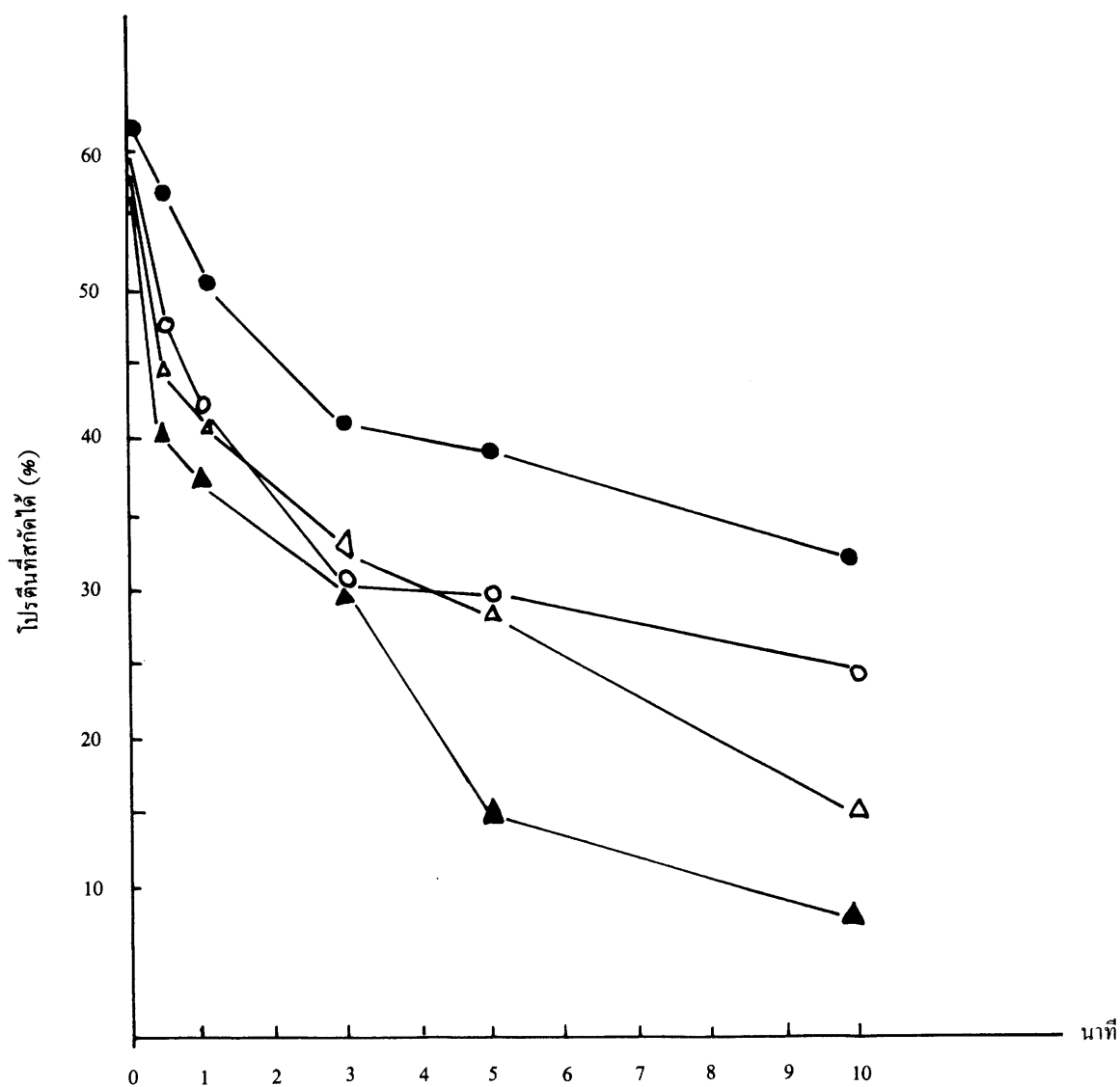
ผลของระยะเวลาการลวกต่อ protein extractability

เมื่อนำถั่วที่ผ่านการลวกในระยะเวลาต่าง ๆ กัน มาตรวจวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ผลดังกล่าวแสดงในภาพที่ 2 ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระยะเวลาของการลวกมีส่วนทำให้โปรตีนละลาย และถูกสกัดให้อยู่ในรูปน้ำมันถั่วเหลืองจะลดลง เมื่อผ่านการลวกถั่ว 10 นาที ปริมาณ protein extractability ของเมล็ดถั่วแช่น้ำจะลดลงจากเดิม 35% ถั่วที่แช่บัฟเฟอร์ pH 9.0 ลดลง 30% ถั่วแช่บัฟเฟอร์ pH 9.6 ลด 45% และถั่วที่แช่บัฟเฟอร์ pH 10.1 ลด 51% แสดงให้เห็นว่าผลของความร้อนในการลวกถั่ว ต่อ protein extractability ดังนั้นเพื่อให้สกัดโปรตีนได้มากขึ้นการใช้ความร้อนในการลวกควรจะกำหนดให้มีระยะเวลาสั้นที่สุดเท่าที่จะทำได้

มีข้อพิจารณาผลของ pH ของคาร์บอเนตบัฟเฟอร์ต่อการสกัดโปรตีน แสดงอย่างชัดเจนว่า โปรตีนในน้ำมันถั่วเหลืองจะมีมากขึ้น ถ้า pH ของสารที่แช่ถั่วเพิ่มจาก pH 6.7 ของน้ำเป็น carbonate buffer pH 9.0 ในทุกช่วงเวลาของการลวกถั่ว แต่ที่ระดับ pH สูงขึ้นเป็น 9.6 และ 10.1 และเมล็ดถั่วผ่านความร้อนพบว่าโปรตีนจะถูกสกัดออกมาน้อยกว่าที่แช่น้ำ หรืออาจจะเป็นเนื่องจากปริมาณโปรตีนส่วนหนึ่งสูญหายไปในการแช่ หรืออาจจะเป็นเพราะที่ pH 9.0 จะมี carbonate ion มากกว่า แต่มี hydroxy ion น้อยกว่า pH 9.6 หรือ 10.1 ทำให้โปรตีนละลายได้มากขึ้น เพราะ Borhan and Snyder (1979)



ภาพที่ 1 เปรียบเทียบปฏิกิริยา Lipoxigenase ที่ยังคงเหลือในน้ำมันถั่วเหลืองที่เตรียมจากการแช่ถั่วในสารละลายต่าง ๆ ตามต้องการให้ความร้อนที่อุณหภูมิน้ำเดือดที่ระดับเวลาต่าง ๆ กัน (○) แช่ในน้ำธรรมดา (●) แช่ในสารละลาย pH 9.0 (△) แช่ในสารละลาย pH 9.6 (▲) แช่ในสารละลาย pH 10.1



ภาพที่ 2 เปรียบเทียบปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ในน้ำนมถั่วเหลืองที่เตรียมจากการแช่ถั่วในสารละลายต่าง ๆ ตามด้วยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลาต่าง ๆ กัน (○) แช่ในน้ำธรรมดา (●) แช่ในสารละลาย pH 9.0 (△) แช่ในสารละลาย pH 9.6 (▲) แช่ในสารละลาย pH 10.1

ได้ทดลองเปรียบเทียบโปรตีนของถั่วที่แช่ในอัลกอฮอล์ เปรียบเทียบกับสารละลายที่เติมคาร์บอนเตปเฟอร์ และเติม NaOH ในปริมาณเท่ากัน พบว่าคาร์บอนเตป มีบทบาท ช่วยเพิ่มการสกัดโปรตีนได้ดีขึ้นมากกว่าจะเป็น บทบาทของ pH สารละลายบัฟเฟอร์ pH 9.0

ในช่วง 1 นาทีแรกของการลวกซึ่งเป็นจุดที่การทำลาย lipoxxygenase มากที่สุด เราจะพบว่าปริมาณ protein extractability 50% ซึ่งต่ำกว่าเมล็ดถั่วที่ไม่โดนความร้อนเลยเพียง 10% สำหรับถั่วที่ไม่มีคาร์บอนเตปผสมอยู่ในน้ำที่แช่ จะมี protein extractability ประมาณ 43% ขณะที่การทำลาย lipoxxygenase เพียง 40%

สรุป

ผลของการทดลองสามารถใช้เป็นแนวทางสำหรับผู้ประกอบการเพื่อนำมาพิจารณาความเหมาะสมในการทำถัสดกถั่วของถั่วเหลืองเพื่อทำผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ การทดลองพบว่า การระงับปฏิกิริยาของ lipoxxygenase และคงไว้ซึ่งปริมาณ protein extractability โดยการร่วมกันของการแช่เมล็ดถั่วใน carbonate buffer และความร้อนโดยการลวกเมล็ดถั่วในน้ำเดือดนั้น การทำลาย lipoxxygenase จะมากขึ้นตามระดับของ pH ของ carbonate buffer และตามระยะเวลาที่ใช้ลวก อัตราการทำลาย lipoxxygenase จะมีอัตราเร็วที่สุดในช่วง 1 นาทีแรกของการลวก โดยถูกทำลาย 60-70% หลังจากนั้นอัตราการทำลายจะลดลง ในทุกระดับของ pH

Protein extractability จะมีปริมาณมากที่สุดเฉพาะในถั่วเหลืองที่ผ่านการแช่ buffer pH 9.0 เท่านั้น ถั่วเหลืองระดับ pH นี้เมื่อผ่านการลวก 1, 5 และ 10 นาที จะมีค่า protein extractability มากกว่า 50%, 40%, และ 32% ตามลำดับ ระดับ pH ที่ 9.6-10.1 มีผลลดต่อปริมาณโปรตีน เพราะมีน้อยกว่านมถั่วเหลืองที่ได้จากการแช่ถั่วในน้ำธรรมดา แสดงถึงปริมาณคาร์บอนเตปออกอน มีผลต่อ protein extractability มากกว่าการเพิ่มขึ้นของ pH

LITERATURE CITED

- ลูกจันทร์ ภักษ์พันธุ์. 2525. การเปรียบเทียบกรรมวิธีการแช่ถั่วเหลืองเพื่อลดกลิ่นถั่ว. ในการประชุมเพื่อเสนอผลงานวิจัยของพืชโปรตีนสูง ประจำปี 2525. ที่สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร (กำลังรวบรวมพิมพ์)
- Al-Obaidy, H.M. and A.M. Siddiqi, 1981. Properties of broad bean lipoxxygenase J. Food Sci. 46: 622-625.
- Ashraf, H.R.L. and H.E. Snyder, 1981. Influence of ethanolic soaking of soybeans on flavor and lipoxxygenase activity of soymilk. J. Food Sci. 46: 1201-1204.
- AOAC. 1980. Official Method of Analysis. 12th. ed. AOAC, Washington. D.C.
- Borhan, M. and H.E. Snyder. 1979. Lipoxxygenase destruction in whole soybeans by combination of heating and soaking in ethanol. J. Food Sci. 44: 586-589.
- Brown, B.E., L.S. Wei, M.P. Steinberg and R. Villota. 1982. Minimizing protein insolubilization during thermal inactivation of lipoxxygenase in soybean cotyledon. J. Am. Oil Chemist. Soc. 59(2): 88-91.
- Eldridge, A.C., E.T. Black, and W.J. Wolk, 1979. Carbohydrate composition of soybean flours, protein concentrates and isolates. J. Agr. Food Chem. 27: 799-802.
- Kon, S., J.R., Wagner, D.G. Guadagni and R.J. Horvat. 1970. pH adjustment control of oxidative off-flavors during grinding of raw legume seeds. J. Food Sci. 35: 343-345.
- Lazar, M.E., D.B. Lund and W.C. Dietrich. 1971. A new concept in blanching IQB. Food Technol. 25: 684-685.
- Lund, D.B., S. Bruine. Jr. and M.E. Lazar. 1972. Internal temperature distribution during IQB. J. Food Sci. 37: 167-170.
- Nelson, A.I., M.P. Steinberg and L.S. Wei. 1976. Illinois process for preparation of soymilk. J. Food Sci. 41: 57-60.
- Wilkens, W.F., L.R. Mattick, and D.B. Hand. 1967. Effect of processing method on oxidative off-flavors of soybean milk. Food Technol. 21: 1630-1634.