

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. ชุดโครงการวิจัย : การวิจัยและพัฒนาข้าวฟ่าง

2. โครงการวิจัย : การวิจัยและพัฒนาข้าวฟ่าง
กิจกรรม : การวิจัยเทคโนโลยีการผลิตข้าวฟ่างหวาน
กิจกรรมย่อย (ถ้ามี) : -

3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) : ศึกษาการใช้ประโยชน์จากข้าวฟ่างหวานและผลพลอยได้
ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : -

4. คณะผู้ดำเนินงาน
หัวหน้าการทดลอง : นางสาวดารารัตน์ มณีจันทร์ สวร.
ผู้ร่วมงาน : นายประพันธ์ ประเสริฐศักดิ์ สวร.
นางวิภาวรรณ กิติวัชระเจริญ สวร.
นางจุลดา พิมรัตน์ สวร.
นางสาวกนกทิพย์ เลิศประเสริฐรัตน์ ศวพ.สุพรรณบุรี
นายอุดมศักดิ์ ดวนมีสุข ศวพ.สุพรรณบุรี
นางเสมอณาถ บัวแจ่ม ศวพ.สุพรรณบุรี

5. บทคัดย่อ

ศึกษาการใช้ประโยชน์จากข้าวฟ่างหวานและผลพลอยได้

ดรรรัตน์ มณีจันทร์¹ ประพันธ์ ประเสริฐศักดิ์¹ วิภาวรรณ กิติวัชรเจริญ¹ นางจุลดา พิมรัตน์¹

กนกทิพย์ เลิศประเสริฐรัตน์² อุดมศักดิ์ ดวนมีสุข² เสมอนาถ บัวแจ่ม²

การศึกษาวิจัยการใช้ประโยชน์จากข้าวฟ่างหวาน สำหรับผลิตเอทานอลโดยใช้น้ำคั้น น้ำเชื่อมหรือขานรวมทั้งการนำขานไปเลี้ยงสัตว์ ด้วยการหาปริมาณและคุณสมบัติของน้ำคั้นจากต้นสด น้ำเชื่อมและขานจากข้าวฟ่างหวานพันธุ์ดีเด่น 3 พันธุ์ คือ Suwan Sweet, Wray และ Cowley เก็บเกี่ยวที่ระยะต่างๆ กัน 3 ระยะ คือ 1.ระยะเมล็ดเป็นแป้งแข็ง (Hard dough), 2.ระยะเมล็ดสุกแก่ทางสรีระวิทยา (Physiological maturity: PM) และ 3.ระยะหลังเมล็ดสุกแก่ทางสรีระวิทยา 10 วัน (PM + 10) โดยศึกษาข้อมูลผลผลิตน้ำหนักรากต้นสด, น้ำหนักขานแห้ง, เปอร์เซ็นต์การหีบ, ปริมาณน้ำคั้น, ค่าความหวาน (บริกซ์), ปริมาณน้ำตาลรวมในน้ำคั้น ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุพรรณบุรี ผลการทดลองพบว่าข้าวฟ่างหวานทั้ง 3 พันธุ์ ที่ทำการเก็บเกี่ยว 3 ระยะนั้นให้ผลผลิตต้นสด, ปริมาณน้ำคั้น, ปริมาณน้ำตาลรวม, ปริมาณเฮมิเซลลูโลส ปริมาณเซลลูโลสในขานข้าวฟ่างหวาน ค่าความเข้มข้นเอทานอลจากน้ำคั้นและน้ำเชื่อมไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าความแตกต่างระหว่างพันธุ์มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การหีบ, ค่าความหวาน, ผลผลิตขานแห้ง และปริมาณโปรตีนจากขานข้าวฟ่างหวาน โดยพันธุ์ Wray และพันธุ์ Suwan Sweet ให้เปอร์เซ็นต์การหีบน้ำคั้นสูงกว่าพันธุ์ Cowley ในขณะที่พันธุ์ Cowley ให้ค่าความหวานและผลผลิตขานแห้งสูงที่สุด แต่พบว่าพันธุ์ Wray และพันธุ์ Cowley มีปริมาณโปรตีนในขานแห้งสูงกว่าพันธุ์ Suwan Sweet สำหรับการเก็บเกี่ยวที่อายุต่างกันนั้นมีผลต่อผลผลิตขานแห้งและปริมาณเซลลูโลสข้าวฟ่างหวานเท่านั้น โดยการเก็บเกี่ยวที่อายุเมล็ดเป็นแป้งแข็งและเมล็ดสุกแก่ทางสรีระวิทยาให้ปริมาณเซลลูโลสสูง 39.24 และ 37.44 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งการเก็บเกี่ยวที่อายุมากขึ้น คือ ระยะหลังเมล็ดสุกแก่ทางสรีระวิทยา 10 วัน ให้เปอร์เซ็นต์เซลลูโลสและความเข้มข้นเอทานอลจากน้ำเชื่อมต่ำลง ในทางตรงข้ามการเก็บเกี่ยวที่อายุมากขึ้นในระยะหลังเมล็ดสุกแก่ทางสรีระวิทยา 10 วัน นั้นมีผลให้ผลผลิตขานแห้งเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้การนำน้ำคั้นข้าวฟ่างหวานสำหรับเป็นวัตถุดิบผลิตเอทานอล ควรใช้พันธุ์ Wray หรือ Cowley โดยสามารถเก็บเกี่ยวตั้งแต่ระยะเมล็ดเป็นแป้งแข็งจนถึงระยะหลังเมล็ดสุกแก่ทางสรีระวิทยา 10 วัน สำหรับการนำขานแห้งข้าวฟ่างหวานเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตเอทานอลนั้นพันธุ์ Cowley เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตขานแห้งสูงซึ่งมีศักยภาพในการใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตเอทานอล และหากนำขานข้าวฟ่างหวานไปเลี้ยงสัตว์พบว่าขานแห้งข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Wray ให้ปริมาณโปรตีนสูงกว่าจึงมีศักยภาพในการใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ได้

¹ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน 50 ถ.พหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

² ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุพรรณบุรี อ.อู่ทอง จ.สุพรรณบุรี 72140

6. คำนำ

อัตราการใช้พลังงานเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง การแสวงหาแหล่งพลังงานทดแทนรูปแบบใหม่ เพื่อเป็นหลักประกันความมั่นคงด้านพลังงานในระยะยาวเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นยิ่ง แม้ว่าการผลิตเอทานอลส่วนใหญ่จะยังผลิตจากแป้งและน้ำตาล แต่เนื่องจากแป้งและน้ำตาลเป็นพืชอาหารอาจผลิตได้ไม่เพียงพอสำหรับการบริโภค จึงต้องใช้วัสดุอื่นทดแทน (พิสมัย, 2548) เอทานอลสามารถผลิตจากวัตถุดิบหลายชนิด ได้แก่ วัตถุดิบประเภทแป้ง (เช่น มันสำปะหลัง, ข้าวโพด, มันสำปะหลัง และข้าว) น้ำตาล (เช่น กากน้ำตาลและน้ำอ้อย) และชีวมวล (Biomass) ของเหลือทิ้งจากพืช (ชีวมวลจากไม้หรือผักหญ้าต่างๆ เช่น ฟางข้าว ชานอ้อย และกากมันสำปะหลัง) ซึ่งวิธีการนี้ทำให้ได้เชื้อเพลิงที่สามารถผลิตทดแทนได้ตลอดเวลา (Maclean and Lave, 2003) สาเหตุที่มีการนำสารลิกโนเซลลูโลสมาใช้ เนื่องจากต้องการใช้ส่วนของพืชที่ไม่ใช่เป็นอาหารมาแปรรูปเป็นพลังงาน ซึ่งส่วนของพืชเหล่านี้ เช่น ใบ ลำต้น รวมทั้งวัสดุเหลือทิ้งต่างๆ มีราคาต่ำ ในชีวมวลนั้นประกอบด้วยเซลลูโลส (cellulose), เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) และลิกนิน (lignin) ซึ่งส่วนของเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสนั้นเกิดจากการที่น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวมาต่อกันเป็นสาย เมื่อทำไฮโดรไลซิส (hydrolysis) เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสสุดท้ายได้น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ที่สามารถนำไปใช้ในกระบวนการหมักเอทานอลได้ (Shleser, 1994)

ข้าวฟ่างหวาน (Sweet sorghum) เป็นพืชที่ทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม มีช่วงอายุการเก็บเกี่ยวสั้น ประมาณ 100-140 วัน (ศิรินุช, 2551) น้ำคั้นจากลำต้นมีคุณภาพของน้ำหวานใกล้เคียงกับน้ำอ้อย ซึ่งมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบหลัก ทำให้สามารถนำมาใช้ในการหมักเป็นเอทานอลได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ในลำต้นข้าวฟ่างยังมีสารประกอบคาร์โบไฮเดรตชนิดไม่ละลายน้ำ เช่น เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ที่สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอลได้ในปริมาณสูง (พรเทพ, 2549) สำหรับผลพลอยได้จากการคั้นน้ำข้าวฟ่างหวาน เช่น ชานข้าวฟ่างหวาน (Bagasse) ก็ยังมีศักยภาพในการนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ หรือใช้ในการผลิตพลังงาน เช่น ไฟฟ้า หรือเอทานอลได้ ซึ่ง Gnansounou *et al.* (2005) รายงานว่าชานของลำต้นข้าวฟ่างหวาน (Bagasse) ที่เหลือจากการคั้นเอาน้ำหวาน ออกแล้วสามารถนำมาผลิตเป็นเอทานอลได้ตันละ 158 ลิตร โดยปริมาณชานข้าวฟ่างหวานจะมีประมาณ 2.4 ตันต่อไร่ (ประสิทธิ์, 2551) เนื่องจากข้อมูลด้านคุณสมบัติของผลผลิตหลังเก็บเกี่ยวข้าวฟ่างหวานพันธุ์ดีเด่น ที่คาดว่าจะแนะนำให้ปลูกในประเทศไทยยังมีค่อนข้างน้อยจึงทำการศึกษาหาข้อมูลดังกล่าวเพื่อประโยชน์ในการผลิตข้าวฟ่างหวานเพื่อผลผลิตเอทานอลต่อไป

7. วิธีดำเนินการ

- อุปกรณ์

- 1) เมล็ดพันธุ์ข้าวฟ่างหวาน 3 พันธุ์

- 2) ปุ๋ยเคมีสูตร 16-8-8
- 3) สารป้องกันกำจัดแมลงศัตรู
- 4) เครื่องหีบอ้อยขนาดเล็ก

- วิธีการ

- 1) แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ 3x3 Factorial in RCB 4 ซ้ำ

- 2) กรรมวิธี มี 2 ปัจจัย คือ

ปัจจัย A เป็นข้าวฟ่างหวานพันธุ์ดีเด่น 3 พันธุ์ คือ Wray Cowley และ Suwan Sweet

ปัจจัย B เป็นระยะการเก็บเกี่ยว 3 ระยะ คือ ระยะเมล็ดเป็นแป้งแข็ง ระยะเมล็ดสุกแก่

ทางสรีระวิทยา (pm) และระยะหลัง pm 10 วัน

- 3) วิธีปฏิบัติการทดลอง

ทำการปลูกข้าวฟ่างหวานพันธุ์ดีเด่น 3 พันธุ์ คือ Wray Cowley และ Suwan Sweet และเก็บเกี่ยวที่ 3 อายุการเก็บเกี่ยว คือ ระยะเมล็ดเป็นแป้งแข็ง ระยะเมล็ดสุกแก่ทางสรีระวิทยา (pm) และระยะหลัง pm 10 วัน หลังจากการเก็บเกี่ยวนำต้นข้าวฟ่างมาหีบโดยใช้เครื่องหีบอ้อยขนาดเล็ก นำน้ำคั้น และชานข้าวฟ่างหวาน (Bagasse) มาศึกษาการใช้ประโยชน์

โดยแยกเป็น 3 ขบวนการ คือ

(1) นำน้ำคั้นข้าวฟ่างหวานมาวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรวมและหมักเป็นเอทานอลโดยตรง

(2) นำน้ำคั้นข้าวฟ่างหวานมาเคี้ยวเป็นน้ำเชื่อม แล้วนำน้ำเชื่อมหมักเป็นเอทานอล

(3) ชานข้าวฟ่างหวานมาวิเคราะห์หาปริมาณ cellulose และ hemi-cellulose เพื่อเป็นข้อมูลในการนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตเอทานอล และวิเคราะห์โปรตีนเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านอาหารสัตว์

- 4) การบันทึกข้อมูล

(1) นำน้ำคั้นข้าวฟ่างหวานมาวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาล และนำไปหมักเป็นเอทานอล

(2) นำน้ำคั้นข้าวฟ่างหวานมาเคี้ยวเป็นน้ำเชื่อม และนำไปหมักเป็นเอทานอล บันทึกผลผลิตน้ำหมัก ปริมาณน้ำคั้น เปอร์เซ็นต์การหีบ ค่าความหวาน ปริมาณน้ำตาลรวม และปริมาณเอทานอล

(3) นำขานข้าวฟ่างมาวิเคราะห์หาปริมาณ cellulose hemi-cellulose lignin และโปรตีน เพื่อเป็นข้อมูลในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป บันทึก ผลผลิตขานแห่ง Cellulose Hemicellulose และโปรตีน (ด้านอาหารสัตว์)

- เวลาและสถานที่

ดำเนินการ 2554-2556

สถานที่ทำการทดลอง ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุพรรณบุรี

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลผลิตต้นสด ปีที่ 1 ปลูกข้าวฟ่างหวานเมื่อวันที่ 2 มิถุนายน 2554 และเก็บเกี่ยวระยะสุดท้าย เมื่อวันที่ 22 กันยายน 2554 ผลการทดลองพบว่า ข้าวฟ่างหวาน 3 พันธุ์ ได้แก่ Wray, Cowley และ Suwan Sweet เมื่อเก็บเกี่ยวที่ 3 ระยะ คือ 1) ระยะเมล็ดเป็นแป้งแข็ง (Hard dough), 2) ระยะเมล็ดสุกแก่ทางสรีระวิทยา (Physiological maturity: PM) และ 3) ระยะหลังเมล็ดสุกแก่ทางสรีระวิทยา 10 วัน (PM + 10) ให้ผลผลิตต้นสดของข้าวฟ่างหวานไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยผลผลิตต้นสด 4,949.73 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 1ก) ในขณะที่ผลการทดลองปีที่ 2 ซึ่ง ปลูกข้าวฟ่างหวานเมื่อวันที่ 17 พฤษภาคม 2555 และเก็บเกี่ยวระยะสุดท้าย เมื่อวันที่ 18 กันยายน 2555 พบว่าพันธุ์ข้าวฟ่างหวานและระยะการเกี่ยวไม่มีปฏิสัมพันธ์กันแต่พบว่า พันธุ์ Wray และ Cowley ให้ผลผลิตต้นสดสูงกว่า พันธุ์ Suwan Sweet (ตารางที่ 1ข) อย่างไรก็ตามผลการทดลองในปีที่ 3 ที่ปลูกข้าวฟ่างหวานเมื่อวันที่ 21 พฤษภาคม 2556 และเก็บเกี่ยวระยะสุดท้าย ในวันที่ 26 กันยายน 2556 นั้น พบว่าพันธุ์ข้าวฟ่างหวานและระยะการเกี่ยวมีผลให้ผลผลิตต้นสดที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการเก็บเกี่ยวข้าวฟ่างหวานที่ระยะต่างๆมีผลผลิตต้นสดที่ใกล้เคียงกันยกเว้นข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Cowley เก็บเกี่ยวที่ระยะหลังเมล็ดสุกแก่ทางสรีระวิทยา 10 วัน ให้ผลผลิตต่ำที่สุด (ตารางที่ 1ค) ซึ่งสอดคล้องกับ กนกทิพย์และคณะ (2550) รายงานว่าจากการเปรียบเทียบมาตรฐานพันธุ์ข้าวฟ่างหวาน 10 พันธุ์ ช่วงปลายฤดูฝน ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรปราจีนบุรี พบว่าข้าวฟ่างหวานแต่ละพันธุ์ให้ผลผลิตต้นสดในระดับใกล้เคียงกันเฉลี่ย 5-6 ตันต่อไร่ เช่นเดียวกับการทดลองที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุพรรณบุรีการเปรียบเทียบข้าวฟ่างหวาน 3 พันธุ์ (Wray, Keller, Cowley) ในด้านพันธุ์ให้ผลผลิตต้นสดไม่แตกต่างกันทางสถิติ และการเก็บเกี่ยวข้าวฟ่างหวานที่อายุเก็บเกี่ยวต่างๆ คือ ระยะออกดอก (Flowering), ระยะเมล็ดเป็นแป้งอ่อน (Soft dough), ระยะเมล็ดเป็นแป้งแข็ง (Hard dough), ระยะเมล็ดสุกแก่ทางสรีระวิทยา (Physiological maturity) และระยะหลังเมล็ดสุกแก่ทางสรีระวิทยา 10 วัน (Physiological maturity +10) มีผลผลิตต้นสดไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยเฉลี่ย 8.6-9.7 ตันต่อไร่ (ประพันธ์และคณะ, 2552)

ปริมาณน้ำคั้น ปีที่ 1 ผลการทดลองพบว่า โดยเฉลี่ยข้าวฟ่างหวาน 3 พันธุ์ ระยะการเกี่ยวทั้ง 3 ระยะ มีปริมาณน้ำคั้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยน้ำคั้น 1,921 ลิตรต่อไร่ แต่พบว่าการเก็บเกี่ยวที่ระยะต่างกันมีแนวโน้มส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำคั้น โดยการเก็บเกี่ยวที่ระยะเมล็ดเป็นแป้งแข็งให้ปริมาณน้ำคั้นสูงที่สุด 2,161.87 ลิตรต่อไร่ (ตารางที่ 2ก)

สำหรับการดำเนินงานในปีที่ 2 พบว่าข้าวฟ่างหวาน 3 พันธุ์ ระยะการเกี่ยวทั้ง 3 ระยะ มีปริมาณน้ำคั้นไม่แตกต่างกันทางสถิติเฉลี่ย 3,324.77 ลิตรต่อไร่ (ตารางที่ 2ข) อย่างไรก็ตามในปีที่ 3 พบว่าการเกี่ยวเกี่ยวที่ระยะต่างกันมีแนวโน้มส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำคั้น โดยการเกี่ยวเกี่ยวที่ระยะเมล็ดเป็นแฉ่งแข็งให้ปริมาณน้ำคั้นสูงที่สุด 4,143.28 ลิตรต่อไร่ (ตารางที่ 2ค) เช่นเดียวกับการดำเนินงานในปีที่ 1 สอดคล้องกับการทดลองผลของอายุการเกี่ยวเกี่ยวในข้าวฟ่างหวาน 3 พันธุ์ (Wray, Keller และ Cowley) ให้ปริมาณน้ำคั้นสูงเมื่อเกี่ยวเกี่ยวที่อายุน้อย และปริมาณน้ำคั้นลดต่ำลงเมื่อเกี่ยวเกี่ยวที่อายุมากขึ้น (ประพันธ์ และคณะ, 2552)

เปอร์เซ็นต์การหีบ สำหรับเปอร์เซ็นต์การหีบน้ำคั้น ผลการทดลองปีที่ 1 พบว่าการเกี่ยวเกี่ยวทั้ง 3 ระยะให้เปอร์เซ็นต์การหีบน้ำคั้นข้าวฟ่างหวานไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยการหีบน้ำคั้น 38.08 เปอร์เซ็นต์ แต่พบว่าพันธุ์ Wray และพันธุ์ Suwan Sweet ให้เปอร์เซ็นต์การหีบน้ำคั้น 40.19 และ 38.38 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าพันธุ์ Cowley ที่ให้เปอร์เซ็นต์การหีบน้ำคั้นเพียง 35.68 เปอร์เซ็นต์ โดยพบว่าข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Cowley เกี่ยวเกี่ยวที่ระยะเมล็ดสุกแก่ทางสรีระวิทยา ให้เปอร์เซ็นต์การหีบน้ำคั้นน้อยที่สุดเพียง 30.39 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3ก) สำหรับปีที่ 2 พบว่าพันธุ์ข้าวฟ่างหวานและระยะการเกี่ยวเกี่ยวมีผลให้เปอร์เซ็นต์การหีบที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการเกี่ยวเกี่ยวข้าวฟ่างหวานที่ระยะต่างๆมีเปอร์เซ็นต์การหีบน้ำคั้นที่ใกล้เคียงกันยกเว้นข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Cowley ที่เกี่ยวเกี่ยวที่ระยะเมล็ดเป็นแฉ่งแข็งให้ผลผลิตต่ำสุด โดยมีค่าเฉลี่ยการหีบน้ำคั้นเพียง 32.12 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3ข) ในทางตรงข้ามกลับพบว่าผลการทดลองในปีที่ 3 พันธุ์ข้าวฟ่างหวานและระยะการเกี่ยวเกี่ยวไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การหีบ แต่พบว่าพันธุ์ Wray ให้เปอร์เซ็นต์การหีบน้ำคั้นสูงที่สุด ในขณะที่การเกี่ยวเกี่ยวข้าวฟ่างหวานที่ระยะต่างๆมีเปอร์เซ็นต์การหีบน้ำคั้นสูงในการเกี่ยวเกี่ยวที่ระยะเมล็ดเป็นแฉ่งแข็ง และเปอร์เซ็นต์การหีบลดลงในการเกี่ยวเกี่ยวที่ระยะเมล็ดสุกแก่ทางสรีระวิทยา และลดต่ำสุดเมื่อเกี่ยวเกี่ยวในระยะหลังเมล็ดสุกแก่ทางสรีระวิทยา 10 วัน โดยมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การหีบน้ำคั้นเพียง 35.51 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3ค) สอดคล้องกับที่ Feng and Chun-Zhao (2009) รายงานว่าจากการเปรียบเทียบข้าวฟ่างหวาน 5 สายพันธุ์ คือ Wray, Rio, Italy, Nong No.2 และ Zaoshu No.1 พบว่า ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Wray ให้เปอร์เซ็นต์การคั้นสูงที่สุด 55.8 เปอร์เซ็นต์ กนกทิพย์และคณะ (2550) รายงานผลการทดลองการเปรียบเทียบมาตรฐานพันธุ์ข้าวฟ่างหวาน 10 พันธุ์ ช่วงปลายฤดูฝนที่ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรีให้ปริมาณน้ำคั้นที่หีบได้โดยเฉลี่ย 43.9 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการนำลำต้นข้าวฟ่างหวานมาคั้นจะได้น้ำคั้นประมาณ 50-60 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพการหีบ (Ratnavathi *et al.*, 2003) เช่นเดียวกับที่ Sommani and Taylor (2003) รายงานผลการวิจัยในอินเดียและอัฟริกาว่าข้าวฟ่างหวานมีปริมาณน้ำคั้นประมาณ 40-45 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้ลูกหีบขนาดเล็ก 2 ชุด แต่ถ้าหีบด้วยลูกหีบขนาดใหญ่ที่ใช้กับอ้อยในโรงงานน้ำตาลจะได้ปริมาณน้ำคั้นถึง 55 เปอร์เซ็นต์

ด้านคุณภาพความหวาน (องศาบริกซ์) ในด้านคุณภาพความหวานของน้ำคั้นข้าวฟ่างหวาน ผลการทดลองในปีที่ 1 พบว่าระยะการเกี่ยวเกี่ยวทั้ง 3 ระยะ มีค่าบริกซ์ของน้ำคั้นไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยเฉลี่ย 18.63 องศาบริกซ์ แต่พบว่าพันธุ์ Cowley ให้ค่าบริกซ์เฉลี่ย 20.27 สูงกว่าพันธุ์ Suwan Sweet และพันธุ์ Wray ที่ให้ค่าบริกซ์เฉลี่ย 17.80 และ 17.81 องศาบริกซ์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4ก) สำหรับปีที่ 2 พบว่าพันธุ์ข้าวฟ่างหวานและระยะการเกี่ยวเกี่ยวมีผลต่อคุณภาพความหวาน ซึ่งส่วนใหญ่มีค่าความหวานใกล้เคียงกัน มีเพียงข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Suwan Sweet ที่เกี่ยวเกี่ยวใน

ระยะเมล็ดเป็นแป่งแข็งเท่านั้นที่ให้ค่าความหวานต่ำสุดเพียง 12.54 องศาบริกซ์ (ตารางที่ 4ข) เช่นเดียวกับการทดลองในปีที่ 3 ที่มีเพียงข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Suwan Sweet ที่เก็บเกี่ยวในระยะเมล็ดเป็นแป่งแข็งเท่านั้นที่ให้ค่าความหวานต่ำสุดเพียง 15.68 องศาบริกซ์ (ตารางที่ 4ค) ซึ่งในด้านของพันธุ์ข้าวฟ่างหวานที่มีผลต่อคุณภาพความหวานนั้น สอดคล้องกับผลการทดลองของกนกทิพย์และคณะ (2550) รายงานว่า ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Wray ให้ค่าความหวานสูงกว่าพันธุ์ Keller และพบว่าพันธุ์และระยะการเก็บเกี่ยวไม่มีปฏิสัมพันธ์กันในด้านค่าบริกซ์ของน้ำคั้นข้าวฟ่างหวาน ซึ่งจากการเปรียบเทียบ ข้าวฟ่างหวาน 5 พันธุ์ (Keller, SSV84, BJ248, Wray และ NSSH104) พบว่าข้าวฟ่างหวานแต่ละพันธุ์ให้ความหวานแตกต่างกันเฉลี่ยระหว่าง 14.2-17.7 องศาบริกซ์ (Ratnavathi *et al.*, 2003) อย่างไรก็ตาม Nimbkar *et al.*, 2006 กล่าวว่า การเก็บเกี่ยวข้าวฟ่างหวานที่ระยะเมล็ดเป็นแป่งแข็งและระยะเมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยาให้ค่าความหวานน้ำคั้นข้าวฟ่างหวานสูงกว่า 15 องศาบริกซ์ ซึ่งจะให้คุณภาพน้ำเชื่อมที่ดี โดยเฉพาะการเก็บเกี่ยวที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยายังสามารถเก็บเกี่ยวเมล็ดได้ด้วย

ผลผลิตขานแห้ง ด้านน้ำหนักขานแห้งของข้าวฟ่างหวานผลการทดลองในปีที่ 1 พบว่าข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Cowley ให้น้ำหนักขานแห้ง 662.99 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าพันธุ์ Wray และพันธุ์ Suwan Sweet ที่ให้น้ำหนักขานแห้ง 608.34 และ 603.62 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และพบว่าการเก็บเกี่ยวที่ระยะต่างกันมีผลต่อน้ำหนักขานแห้ง ซึ่งการเก็บเกี่ยวที่อายุมากขึ้น คือ ระยะหลังเมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา 10 วัน ให้น้ำหนักขานแห้งสูงสุด 667.98 กิโลกรัมต่อไร่ การเก็บเกี่ยวที่ระยะเมล็ดเป็นแป่งแข็งและเมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยาให้น้ำหนักขานแห้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ 607.53 และ 599.44 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ (ตารางที่ 5ก) เช่นเดียวกับปีที่ 2 ที่พบว่าพันธุ์และระยะการเก็บเกี่ยวไม่มีปฏิสัมพันธ์กันในด้านผลผลิตขานแห้งของข้าวฟ่างหวาน (ตารางที่ 5ข) สอดคล้องกับการทดลองในปีที่ 3 ที่พบว่าพันธุ์ Cowley ให้น้ำหนักขานแห้งสูงกว่าพันธุ์ Wray และพันธุ์ Suwan Sweet โดยการเก็บเกี่ยวที่อายุมากขึ้น คือ ระยะหลังเมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา 10 วัน ให้น้ำหนักขานแห้งสูงสุด 2,028.17 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 5ค) ซึ่งขานข้าวฟ่างหวานนั้น สามารถนำมาผลิตเป็นเอทานอลได้ (Gnansounou *et al.*, 2005) ซึ่งผลผลิตเอทานอลจากขานข้าวฟ่างหวานมีค่าเท่ากับ 158 ลิตรต่อตัน (ศิรินุช, 2551)

ปริมาณน้ำตาลรวม พบว่าข้าวฟ่างหวาน 3 พันธุ์ ระยะการเก็บเกี่ยวทั้ง 3 ระยะ มีปริมาณน้ำตาลรวมของน้ำคั้นข้าวฟ่างหวานไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ย 364.53 กิโลกรัมต่อไร่ แต่พบว่าพันธุ์ Wray มีแนวโน้มให้ปริมาณน้ำตาลรวมสูงสุดเฉลี่ย 482.43 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 6) ซึ่งสอดคล้องกับ Ratnavathi *et al.*, (2003) รายงานว่าข้าวฟ่างหวาน 5 พันธุ์ (Keller, SSV84, BJ248, Wray และ NSSH104) ให้ค่าปริมาณน้ำตาลรวมแตกต่างกัน โดยสายพันธุ์ SSV84 ให้ปริมาณน้ำตาลรวมสูงสุด ทั้งนี้องค์ประกอบสำคัญที่นำมาใช้ในการแปรรูปเป็นเอทานอล คือ ปริมาณน้ำตาลที่อยู่ในพืชนั้นๆ ซึ่งปริมาณน้ำตาลที่สามารถแปรรูปเป็นเอทานอลได้ของข้าวฟ่างหวานประมาณ 1.0-1.3 ตันต่อไร่ ใกล้เคียงกับอ้อยที่มีปริมาณน้ำตาลประมาณ 1.1-1.3 ตันต่อไร่ (Almodares and Hadi, 2009) ซึ่งพรเทพและคณะ (2547) ได้รายงานผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าข้าวฟ่างหวานมีปริมาณน้ำตาลรวมประมาณ 233.7-308.4 กรัมต่อลิตร

ปริมาณเฮมิเซลลูโลส ด้านปริมาณเฮมิเซลลูโลส ในชานแห้งข้าวฟ่างหวาน ผลการทดลองพบว่าระยะการเก็บเกี่ยวทั้ง 3 ระยะ มีปริมาณเฮมิเซลลูโลสของน้ำคั้นไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยเฉลี่ย 18.80 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 7) สอดคล้องกับที่ Feng Wang and Chun-Zhao Liu (2009) รายงานการเปรียบเทียบข้าวฟ่างหวาน 5 พันธุ์ คือ Wray, Rio, Italy, Nong No.2 และ ZaoFhu No.1 ให้ค่าเฉลี่ยปริมาณเฮมิเซลลูโลสไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ปริมาณเซลลูโลส ส่วนปริมาณเซลลูโลส ในชานแห้งข้าวฟ่างหวาน ผลการทดลองพบว่าโดยเฉลี่ยข้าวฟ่างหวาน 3 พันธุ์มีปริมาณเซลลูโลสไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยปริมาณเซลลูโลส 37.00 เปอร์เซ็นต์ แต่พบว่าระยะการเก็บเกี่ยวที่เพิ่มขึ้นมีผลให้ปริมาณเซลลูโลสลดลง โดยพบว่าการเก็บเกี่ยวที่ระยะเมล็ดเป็นแป้งแข็งมีปริมาณเซลลูโลสสูงที่สุด 39.24 เปอร์เซ็นต์ และลดต่ำลงเมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุเพิ่มขึ้นซึ่งพบปริมาณเซลลูโลสเพียง 34.31 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บเกี่ยวที่ระยะหลังสุกแก่ทางสรีระวิทยา 10 วัน (ตารางที่ 8) ซึ่งจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของชานข้าวฟ่างหวานพันธุ์ มข.40 ที่ผ่านการหีบน้ำคั้นแล้ว มีปริมาณเซลลูโลส 20.7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (วันดี และคณะ, 2551)

ปริมาณโปรตีน ด้านปริมาณโปรตีนในชานแห้งข้าวฟ่างหวาน ผลการทดลอง พบว่าข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Wray มีปริมาณโปรตีน 1.43 เปอร์เซ็นต์สูงกว่าพันธุ์ Suwan Sweet และ พันธุ์ Cowley ซึ่งพันธุ์และระยะการเก็บเกี่ยวไม่มีปฏิสัมพันธ์กันในด้านปริมาณโปรตีนในชานแห้งข้าวฟ่างหวาน (ตารางที่ 9) สอดคล้องกับที่ Fred *et al.*, (2007) รายงานว่าข้าวฟ่างหวาน 5 พันธุ์ ให้ปริมาณโปรตีนในชานข้าวฟ่างหวานแตกต่างกันระหว่าง 7.1-8.3 เปอร์เซ็นต์ สำหรับข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Bundle King มีปริมาณโปรตีนในชานเฉลี่ย 3.8 เปอร์เซ็นต์ (Mike, 2008)

อย่างไรก็ตาม ในด้านอาหารสัตว์ โดยเฉลี่ยแล้วพืชอาหารสัตว์มีปริมาณเฮมิเซลลูโลส 20-40 เปอร์เซ็นต์, เซลลูโลส 30-50 เปอร์เซ็นต์, ลิกนิน 15-25 เปอร์เซ็นต์ และอื่นๆ 20-40 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ในการทดลองพบชานข้าวฟ่างหวานมีปริมาณเฮมิเซลลูโลส 18.80 เปอร์เซ็นต์ เซลลูโลส 37.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใกล้เคียงกับปริมาณที่พบในกากถั่วเหลือง (เฮมิเซลลูโลส 14 เปอร์เซ็นต์ เซลลูโลส 33 เปอร์เซ็นต์) (Lee *et al.*, 2007)

ความเข้มข้นเอทานอลของน้ำคั้นที่ปรับความหวานให้อยู่ในช่วง 16-22 องศาบริกซ์ จากข้าวฟ่างหวาน 3 พันธุ์ จากการเก็บเกี่ยว 3 ระยะ ไม่มีปฏิสัมพันธ์กันทางสถิติ โดยมีความเข้มข้นเอทานอลเฉลี่ย 92.14 กรัมต่อลิตร(น้ำคั้น) (ตารางที่ 10) ในขณะที่ความเข้มข้นเอทานอลของน้ำเชื่อมจากข้าวฟ่างหวาน 3 พันธุ์ จากการเก็บเกี่ยว 3 ระยะ ไม่มีปฏิสัมพันธ์กันทางสถิติ โดยมีความเข้มข้นเอทานอลเฉลี่ย 286.90 กรัมต่อลิตร (น้ำเชื่อม) (ตารางที่ 110) แต่พบการเก็บเกี่ยวที่ระยะหลังสุกแก่ทางสรีระวิทยา 10 วัน เมื่อน้ำไปเคี่ยวเป็นน้ำเชื่อมแล้วนำไปหมักเอทานอลให้ค่าความเข้มข้นเอทานอลต่ำสุดเพียง 271.10 กรัมต่อลิตร (น้ำเชื่อม)

ซึ่งค่าความเข้มข้นของเอทานอลจากน้ำคั้นข้าวฟ่างหวานนั้นสอดคล้องกับ พรเทพ (2549) รายงานผลการศึกษานำน้ำคั้นจากข้าวฟ่างหวาน พันธุ์ มข 40 ที่ปรับความหวานให้อยู่ในช่วง 18-24 องศาบริกซ์ ไปหมักเอทานอล พบว่าได้ค่าความ

เข้มข้นเอทานอลเฉลี่ย 83 กรัมต่อลิตร ซึ่งเทียบได้กับวัตถุดิบชนิดอื่นได้แก่ กากน้ำตาลที่ให้ค่าความเข้มข้นเอทานอล 92.0 กรัมต่อลิตร (Morimura *et al.*, 1997)

7. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ :

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการใช้ประโยชน์ข้าวฟ่างหวานทั้ง 3 พันธุ์ ที่ทำการเก็บเกี่ยวในระยะต่างๆ 3 ระยะ ด้านองค์ประกอบผลผลิตพบว่าศักยภาพในการให้ผลผลิตน้ำหนักล้าต้นสด, ปริมาณน้ำคั้น, ปริมาณน้ำตาลรวม (น้ำตาลสามารถเปลี่ยนรูปเป็นเอทานอล), น้ำหนักขานแห้ง, ปริมาณ Hemicellulose ปริมาณ Cellulose และค่าความเข้มข้นเอทานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าพันธุ์ข้าวฟ่างหวานที่ทำการเก็บเกี่ยวในระยะต่างกันมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การหีบค่าความหวานและปริมาณโปรตีน โดยข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Wray มีเปอร์เซ็นต์การหีบ และปริมาณโปรตีนสูงกว่าพันธุ์ Suwan Sweet และ พันธุ์ Cowley แต่สำหรับค่าความหวานและผลผลิตขานแห้งนั้นพันธุ์ Cowley ให้ค่าความหวานสูงและผลผลิตขานแห้งที่สุด สำหรับระยะการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน 3 ระยะนั้นมีผลต่อปริมาณ Cellulose และผลผลิตขานแห้งเท่ากันโดยการเก็บเกี่ยวที่ระยะเป็นแป้งแข็งมีปริมาณ Cellulose สูงสุด โดยปริมาณจะลดลงเมื่ออายุการเก็บเก็บมากขึ้น ในขณะที่การเก็บเกี่ยวที่อายุมากขึ้นมีผลให้น้ำหนักขานแห้งเพิ่มขึ้น ในขณะที่การเก็บเกี่ยวที่ระยะหลังสุกแก่ทางสรีระวิทยา 10 วัน เมื่อนำน้ำคั้นไปเคี่ยวเป็นน้ำเชื่อมแล้วนำไปหมักเอทานอลจะให้ค่าความเข้มข้นเอทานอลลดต่ำลง

ดังนั้น ข้าวฟ่างหวานมีศักยภาพที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตเอทานอลได้ทั้งในรูปแบบน้ำคั้นสดและการทำน้ำเชื่อม ซึ่งในรูปแบบน้ำเชื่อมควรเก็บเกี่ยวข้าวฟ่างหวานในระยะเมล็ดเป็นแป้งแข็งและระยะเมล็ดสุกแก่ทางสรีระวิทยาซึ่งจะให้ค่าความเข้มข้นเอทานอลสูงเมื่อนำไปเข้าสู่ขบวนการหมักเอทานอล เช่นเดียวกับการนำขานข้าวฟ่างหวานซึ่งมีปริมาณ cellulose และ hemicellulose ในขณะที่การนำขานข้าวฟ่างหวานเพื่อเลี้ยงสัตว์ ในช่วงเวลาอาหารสัตว์ขาดแคลนซึ่งเป็นการใช้ประโยชน์จากส่วนเหลือจากการคั้นน้ำ สามารถใช้พันธุ์ Wray และพันธุ์ Cowley โดยสามารถเก็บเกี่ยวได้ทั้ง 3 ระยะ เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์การหีบค่าความหวานสูง ผลผลิตขานแห้งและปริมาณโปรตีนสูง

8. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ :

นำไปเผยแพร่ให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งด้านพลังงานและอาหารสัตว์ได้นำไปเป็นข้อมูลในการจัดการผลผลิต เพิ่มมูลค่าของพืช อีกทั้งเป็นพืชทางเลือกทดแทนการนำพืชอาหารไปผลิตพลังงาน

9. คำขอบคุณ (ถ้ามี) -

10. เอกสารอ้างอิง :

- กนกทิพย์ เลิศรัตน์ประเสริฐ ชัยรัตน์ ดุลยพัชร รัชดา ปรัชเจริญวานิชย์ อานนท์ มลิพันธ์ และพินิจ กัลยาศิลป์. 2550. การเปรียบเทียบมาตรฐานพันธุ์ข้าวฟ่างหวานช่วงปลายฤดูฝน. ฐานข้อมูลงานวิจัยกรมวิชาการเกษตร : <http://it.doa.go.th>.
- ประสิทธิ์ ใจศีล. 2551. ข้าวฟ่างหวาน : พืชพลังงานศักยภาพสูงสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบเสริมในการผลิตเอทานอล. Available Source : <http://ora.kku.ac.th>.
- ประพันธ์ ประเสริฐศักดิ์ อรรณพ กสิวัฒน์ กนกทิพย์ เลิศประเสริฐรัตน์ สุมาลี โพธิ์ทอง และวิสุทธิ์ กีบทอง. 2552. ผลของอายุเก็บเกี่ยวที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพความหวานของข้าวฟ่างหวานในเขตอาศัยน้ำฝน. 10 หน้า. ใน: รายงานเรื่องเต็มผลการวิจัยที่สิ้นสุด ปีงบประมาณ 2551. กรมวิชาการเกษตร.
- พรเทพ ถนนแก้ว. 2549. ศักยภาพของข้าวฟ่างหวานเพื่อผลิตเอทานอลเป็นพลังงานทดแทน. *วารสารศูนย์บริการวิชาการ*. 14 (4) : 26-30.
- พิสมัย เจนวนิชปัญญากุล. 2548. Biofuel Roadmap, APEC Symposium on Foresighting Future Fuel Technology. ณ อาคารสำนักงานใหญ่ บริษัทปตท. จำกัด (มหาชน) วันที่ 28 พฤศจิกายน 2548.
- วันดี ปลาواه แพรพิลาศ ดุจจามุทัศน์ และผกาดี แก้วกันเนตร. 2551. การผลิตแก๊สมีเทนจากกากชีวมวลลำต้นข้าวฟ่างหวานโดยใช้เอนไซม์ทางการค้าซูเปอร์ออกไซด์. ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น. Available Source : <http://www.eppo.go.th/encon/abstract/2551-KKU-Wandee-re.pdf>
- ศิรินุช จินดารักษ์. 2551. ข้าวฟ่างหวาน พืชพลังงานทางเลือกสำหรับการผลิตเอทานอล. *วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ*. 11 (1) : 84-93.
- Almodares, A. and M.R. Hadi. 2009. Production of Bioethanol from Sweet Sorghum: A Review. *African Journal of Agricultural Research*. 4 : 772-780.
- Fred, L., J. Richard, W. Jason and N. Jennifer. 2007. *Corn Hybrid and Sweet Sorghum Silage Tests in Tennessee*. Agronomic Crop Variety and Demonstrations. Department of Plant Sciences Institute of Agriculture University of Tennessee. 16 p.
- Feng, W. and L. Chun-Zhao. 2009. Development of an Economic Refining Strategy of Sweet Sorghum in the Inner Mongolia Region of China. *Energy & Fuels*. 23: 4137-4142.
- Gnansounou, E., A. Dauriat and C.E. Wyman. 2005. Refining Sweet Sorghum to Ethanol and Sugar: Economic Trade-offs in the Context of North China. *Bioresource Technology*. 96 : 985-1002.

- Lee, D., V. N. Owens, A. Boe and P. Jeranyama. 2007. *Composition of Herbaceous Biomass Feedstocks*. North Center Sun Grant Center South Dakota State University. 16 p.
- Maclean, H.L. and L.B. Lave. 2003. Evaluation Automobile Fuel/Propulsion System Technologies. *Progress in Energy and Combustion Science*. 29: 1-69.
- Morimura, S., Ling, Z.Y. and Kida, K. 1997. Ethanol production by repeated-batch fermentation at high temperature in molasses medium containing a high concentration of total sugar by a thermotolerant flocculating yeast with improved salt-tolerance. *Journal of Fermentation and Bioengineering*. 83 (3) : 271-274.
- Nimbkar, N., N.M. Kolekar, J.H. Akade and A.K. Rajvanshi. 2006. Syrup Production from Sweet Sorghum. Pages 1-10. *In: Nimbkar Agricultural Research Institute Report*. Phaltan.
- Ratnavathi, C.V., P.K. Biswas, M. Pallavi, M. Maheswari, B.S. Vijay Kumar and N. Seetharama. 2003. Alternative uses of Sorghum-Methods and Feasibility : Indian Perspective. Pages 188-200. *In: Proceedings of the Expert Meeting ICRISAT*. Jul. 1-4, 2003. Andhra Pradesh.
- Shleser, R. 1994. *Ethanol Production in Hawaii*. Department of Business Economic Development & Tourism. 87 p.
- Sommani, R.B. and J.R.N. Taylor. 2003. Alternative Uses of Sorghum-Methods and Feasibility : Sorghum: A Potential Source of Raw Material for Agro-industries. Pages 146-168. *In: Proceedings of the Expert Meeting ICRISAT*. Jul. 1-4, 2003. Andhra Pradesh.

11. ภาคผนวก

ตารางที่ 1 ผลผลิตเฉลี่ย (กิโลกรัมต่อไร่) ของข้าวฟ่างหวาน 3 พันธุ์ จากการเก็บเกี่ยว 3 ระยะ

ปี 2554 ก

ระยะการเก็บเกี่ยว	พันธุ์ข้าวฟ่างหวาน			เฉลี่ย
	Wray	Cowley	Suwan Sweet	
เมล็ดเป็นแป้งแข็ง	5,977.78	5,444.45	4,854.89	5,425.70
เมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา	4,886.67	4,933.33	4,512.67	4,777.56
หลังเมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา 10 วัน	5,066.67	4,697.78	4,173.33	4,645.93
เฉลี่ย	5,310.37	5,025.19	4,513.63	4,949.73

CV = 34.5%

F-test พันธุ์ NS ระยะเก็บเกี่ยว NS พันธุ์ X ระยะเก็บเกี่ยว NS

ปี 2555 ข

ระยะการเก็บเกี่ยว	พันธุ์ข้าวฟ่างหวาน			เฉลี่ย
	Wray	Cowley	Suwan Sweet	
เมล็ดเป็นแป้งแข็ง	8,295.5	8,282.2	7,346.7	7,974.8
เมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา	8,311.1	8,760.0	7,640.0	8,237.0
หลังเมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา 10 วัน	8,928.9	9,908.9	7,886.7	8,908.1
เฉลี่ย	8,511.9 a	8,983.7 a	7,624.5 b	8,373.3

C.V. = 12.4 %

F-test พันธุ์ * ระยะเก็บเกี่ยว NS พันธุ์ X ระยะเก็บเกี่ยว NS

ปี 2556 ค

ระยะเวลาเก็บเกี่ยว	พันธุ์ข้าวฟ่างหวาน			เฉลี่ย
	Wray	Cowley	Suwan Sweet	
เมล็ดเป็นแป้งแข็ง	8,935.56 a	9,251.11 a	8,108.89 a	8,610.37
เมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา	8,186.67 a	9,326.67 a	8,808.89 a	8,737.78
หลังเมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา 10 วัน	8,708.89 a	7,635.56 b	9,062.22 a	8,660.00
เฉลี่ย	8,765.2	8,774.0	8,468.90	8,669.4

C.V. = 8.5 %

F-test พันธุ์ NS ระยะเวลาเก็บเกี่ยว NS พันธุ์ X ระยะเวลาเก็บเกี่ยว **

ตารางที่ 2 ปริมาณน้ำคั้น (ลิตรต่อไร่) ของข้าวฟ่างหวาน 3 พันธุ์ จากการเก็บเกี่ยว 3 ระยะ

ปี 2554 ก

ระยะเวลาเก็บเกี่ยว	พันธุ์ข้าวฟ่างหวาน			เฉลี่ย
	Wray	Cowley	Suwan Sweet	
เมล็ดเป็นแป้งแข็ง	2,530.77	2,047.62	1,907.21	2,161.87
เมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา	2,081.74	1,553.52	1,847.07	1,827.44
หลังเมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา 10 วัน	1,951.57	1,900.04	1,470.29	1,773.97
เฉลี่ย	2188.03	1833.73	1741.52	1,921.09

CV = 43.3%

F-test พันธุ์ NS ระยะเวลาเก็บเกี่ยว NS พันธุ์ X ระยะเวลาเก็บเกี่ยว NS

ปี 2555 ข

ระยะการเก็บเกี่ยว	พันธุ์ข้าวฟ่างหวาน			เฉลี่ย
	Wray	Cowley	Suwan Sweet	
เมล็ดเป็นแป้งแข็ง	3,677.57	2,650.15	3,534.33	3,287.35
เมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา	3,727.02	3,182.03	3,215.28	3,374.78
หลังเมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา 10 วัน	3,575.95	3,477.10	2,883.57	3,312.20
เฉลี่ย	3,660.18	3,103.09	3,211.06	3,324.77

CV = 15.9%

F-test พันธุ์ NS ระยะเก็บเกี่ยว NS พันธุ์ X ระยะเก็บเกี่ยว NS

ปี 2556 ค

ระยะการเก็บเกี่ยว	พันธุ์ข้าวฟ่างหวาน			เฉลี่ย
	Wray	Cowley	Suwan Sweet	
เมล็ดเป็นแป้งแข็ง	5,043.68	3,598.81	3,787.34	4,143.28 a
เมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา	3,443.50	3,746.86	3,573.70	3,588.02 b
หลังเมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา 10 วัน	3,205.35	2,385.26	3,505.37	3,031.99 b
เฉลี่ย	3,897.51	3,243.64	3,622.14	3,587.76

CV = 23.9%

F-test พันธุ์ NS ระยะเก็บเกี่ยว * พันธุ์ X ระยะเก็บเกี่ยว NS

ตารางที่ 3 การหีบน้ำคั้น (เปอร์เซ็นต์) ของข้าวฟ่างหวาน 3 พันธุ์ จากการเก็บเกี่ยว 3 ระยะ

ปี 2554 ก

ระยะการเก็บเกี่ยว	พันธุ์ข้าวฟ่างหวาน			เฉลี่ย
	Wray	Cowley	Suwan Sweet	
เมล็ดเป็นแป้งแข็ง	41.43 a	36.75 a	39.47 a	39.22
เมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา	41.62 a	30.39 b	40.44 a	37.48
หลังเมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา 10 วัน	37.52 a	39.91 a	35.23 a	37.55
เฉลี่ย	40.19	35.68	38.38	38.08

CV = 10.9%

F-test พันธุ์ ** ระยะเก็บเกี่ยว NS พันธุ์ X ระยะเก็บเกี่ยว **

ปี 2555 ข

ระยะการเก็บเกี่ยว	พันธุ์ข้าวฟ่างหวาน			เฉลี่ย
	Wray	Cowley	Suwan Sweet	
เมล็ดเป็นแป้งแข็ง	44.33 a	32.12 b	48.06 a	41.50
เมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา	45.04 a	36.42 a	42.07 a	41.17
หลังเมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา 10 วัน	39.66 a	35.19 a	36.66 a	37.17
เฉลี่ย	43.01	34.57	42.26	39.95

CV = 9.2%

F-test พันธุ์ ** ระยะเก็บเกี่ยว * พันธุ์ X ระยะเก็บเกี่ยว **

ปี 2556 ค

ระยะการเก็บเกี่ยว	พันธุ์ข้าวฟ่างหวาน			เฉลี่ย
	Wray	Cowley	Suwan Sweet	
เมล็ดเป็นแป้งแข็ง	54.65	38.75	46.72	46.71 a
เมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา	41.84	40.19	40.60	40.88 b
หลังเมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา 10 วัน	36.77	31.17	38.59	35.51 c
เฉลี่ย	44.42 a	36.70 b	41.97 a	41.03

CV = 14.9%

F-test พันธุ์ * ระยะเก็บเกี่ยว ** พันธุ์ X ระยะเก็บเกี่ยว NS

ตารางที่ 4 ค่าความหวาน (องศาบริกซ์) ของข้าวฟ่างหวาน 3 พันธุ์ จากการเก็บเกี่ยว 3 ระยะ

ปี 2554 ก

ระยะการเก็บเกี่ยว	พันธุ์ข้าวฟ่างหวาน			เฉลี่ย
	Wray	Cowley	Suwan Sweet	
เมล็ดเป็นแป้งแข็ง	20.50 a	17.51 a	17.80 a	18.60 ab
เมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา	20.45 a	18.38 a	18.07 a	18.97 a
หลังเมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา 10 วัน	19.86 a	17.55 a	17.54 a	18.32 b
เฉลี่ย	17.81 b	20.27 a	17.80 b	18.63

CV = 3.2%

F-test พันธุ์ ** ระยะเก็บเกี่ยว NS พันธุ์ X ระยะเก็บเกี่ยว NS

ปี 2555 ข

ระยะการเก็บเกี่ยว	พันธุ์ข้าวฟ่างหวาน			เฉลี่ย
	Wray	Cowley	Suwan Sweet	
เมล็ดเป็นแป้งแข็ง	18.580 a	18.333 a	12.540 b	16.484
เมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา	20.170 a	19.425 a	16.180 a	18.592
หลังเมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา 10 วัน	18.615 a	16.333 a	16.575 a	17.174
เฉลี่ย	19.122	18.030	15.098	17.417

CV = 6.2%

F-test พันธุ์ ** ระยะเก็บเกี่ยว ** พันธุ์ X ระยะเก็บเกี่ยว **

ปี 2556 ค

ระยะการเก็บเกี่ยว	พันธุ์ข้าวฟ่างหวาน			เฉลี่ย
	Wray	Cowley	Suwan Sweet	
เมล็ดเป็นแป้งแข็ง	18.63	18.38	12.54	16.52
เมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา	20.17	19.43	16.18	18.59
หลังเมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา 10 วัน	18.62	16.33	16.58	17.33
เฉลี่ย	19.14	18.05	15.10	17.90

CV = 3.9 %

F-test พันธุ์ ** ระยะเก็บเกี่ยว ** พันธุ์ X ระยะเก็บเกี่ยว **

ตารางที่ 5 ผลผลิตน้ำหนักรากแห้ง (กิโลกรัมต่อไร่) ของข้าวข้าวฟ่างหวาน 3 พันธุ์ จากการเก็บเกี่ยว 3 ระยะ
ปี 2554 ก

ระยะการเก็บเกี่ยว	พันธุ์ข้าวฟ่างหวาน			เฉลี่ย
	Wray	Cowley	Suwan Sweet	
เมล็ดเป็นแป้งแข็ง	638.79 a	323.05 a	346.74 a	436.19 a
เมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา	429.03 a	286.94 a	328.89 a	348.29 a
หลังเมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา 10 วัน	379.46 a	290.71 a	257.14 a	309.10 a
เฉลี่ย	482.43 a	300.23 a	310.92 a	364.53 a

CV = 48.0%

F-test พันธุ์ NS ระยะเก็บเกี่ยว NS พันธุ์ X ระยะเก็บเกี่ยว NS

ปี 2555 ข

ระยะการเก็บเกี่ยว	พันธุ์ข้าวฟ่างหวาน			เฉลี่ย
	Wray	Cowley	Suwan Sweet	
เมล็ดเป็นแป้งแข็ง	1,933.03 a	2,413.21 a	1,778.46 a	2,041.57 a
เมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา	2,085.79 a	2,645.36 a	1,503.65 a	2,078.27 a
หลังเมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา 10 วัน	2,220.11 a	2,823.71 a	1,953.70 a	2,332.51 a
เฉลี่ย	2,079.65 b	2,627.43 a	1,745.27 b	2,150.78

CV = 5.5%

F-test พันธุ์ ** ระยะเก็บเกี่ยว NS พันธุ์ X ระยะเก็บเกี่ยว NS

ปี 2556 ค

ระยะการเก็บเกี่ยว	พันธุ์ข้าวฟ่างหวาน			เฉลี่ย
	Wray	Cowley	Suwan Sweet	
เมล็ดเป็นแป้งแข็ง	973.83	1,591.41	1,172.21	1245.81
เมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา	1,338.96	1,629.95	1,443.80	1470.90
หลังเมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา 10 วัน	1,885.61	2,169.28	2,029.62	1760.25
เฉลี่ย	1399.47	1796.88	1548.54	1,581.63

CV = 13.9%

F-test พันธุ์ ** ระยะเก็บเกี่ยว ** พันธุ์ X ระยะเก็บเกี่ยว NS

ตารางที่ 6 ปริมาณน้ำตาลรวม (กิโกรัมต่อไร่) ของข้าวฟ่างหวาน 3 พันธุ์ จากการเก็บเกี่ยว 3 ระยะ ปี 2554

ระยะการเก็บเกี่ยว	พันธุ์ข้าวฟ่างหวาน			เฉลี่ย
	Wray	Cowley	Suwan Sweet	
เมล็ดเป็นแป้งแข็ง	638.79 a	323.05 a	346.74 a	436.19 a
เมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา	429.03 a	286.94 a	328.89 a	348.29 a
หลังเมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา 10 วัน	379.46 a	290.71 a	257.14 a	309.10 a
เฉลี่ย	482.43 a	300.23 a	310.92 a	364.53 a

CV = 48.0%

F-test พันธุ์ NS ระยะเก็บเกี่ยว NS พันธุ์ X ระยะเก็บเกี่ยว NS

ตารางที่ 7 ปริมาณเอมิเซลลูโลส (เปอร์เซ็นต์) ของขานข้าวฟ่างหวาน 3 พันธุ์ จากการเก็บเกี่ยว 3 ระยะ

ระยะการเก็บเกี่ยว	พันธุ์ข้าวฟ่างหวาน			เฉลี่ย
	Wray	Cowley	Suwan Sweet	
เมล็ดเป็นแป้งแข็ง	17.54 a	19.68 a	18.58 a	18.60 a
เมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา	19.13 a	17.58 a	18.82 a	18.51 a
หลังเมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา 10 วัน	19.54 a	19.23 a	19.05 a	19.27 a
เฉลี่ย	18.74 a	18.83 a	18.82 a	18.80

CV = 7.4%

F-test พันธุ์ NS ระยะเก็บเกี่ยว NS พันธุ์ X ระยะเก็บเกี่ยว NS

ตารางที่ 8 ปริมาณเซลลูโลส (เปอร์เซ็นต์) ของขานข้าวฟ่างหวาน 3 พันธุ์ จากการเก็บเกี่ยว 3 ระยะ

ระยะการเก็บเกี่ยว	พันธุ์ข้าวฟ่างหวาน			เฉลี่ย
	Wray	Cowley	Suwan Sweet	
เมล็ดเป็นแป้งแข็ง	38.20 a	39.05 a	40.47 a	39.24 a
เมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา	39.33 a	33.86 b	39.14 a	37.44 a
หลังเมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา 10 วัน	33.92 a	34.89 a	34.13 a	34.31 b
เฉลี่ย	37.15 a	35.93 a	37.91 a	37.00

CV = 6.2%

F-test พันธุ์ NS ระยะเก็บเกี่ยว ** พันธุ์ X ระยะเก็บเกี่ยว NS

ตารางที่ 9 ปริมาณโปรตีน (เปอร์เซ็นต์) ของข้าวฟ่างหวาน 3 พันธุ์ จากการเก็บเกี่ยว 3 ระยะ

ระยะการเก็บเกี่ยว	พันธุ์ข้าวฟ่างหวาน			เฉลี่ย
	Wray	Cowley	Suwan Sweet	
เมล็ดเป็นแป้งแข็ง	38.20 a	39.05 a	40.47 a	39.24 a
เมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา	39.33 a	33.86 b	39.14 a	37.44 a
หลังเมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา 10 วัน	33.92 a	34.89 a	34.13 a	34.31 b
เฉลี่ย	37.15 a	35.93 a	37.91 a	37.00

CV = 6.2%

F-test พันธุ์ NS ระยะเก็บเกี่ยว ** พันธุ์ X ระยะเก็บเกี่ยว NS

ตารางที่ 10 ความเข้มข้นเอทานอล (กรัม/ลิตร) ของน้ำคั้นจากข้าวฟ่างหวาน 3 พันธุ์ จากการเก็บเกี่ยว 3 ระยะ

ระยะการเก็บเกี่ยว	พันธุ์ข้าวฟ่างหวาน			เฉลี่ย
	Wray	Cowley	Suwan Sweet	
เมล็ดเป็นแป้งแข็ง	100.00	91.14	93.33	94.82
เมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา	99.24	94.82	92.54	95.54
หลังเมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา 10 วัน	83.00	90.34	84.80	86.05
เฉลี่ย	94.08	92.10	90.22	92.14

CV = %

F-test พันธุ์ ระยะเก็บเกี่ยว พันธุ์ X ระยะเก็บเกี่ยว

ตารางที่ 11 ความเข้มข้นเอทานอล (กรัม/ลิตร) ของน้ำเชื่อมจากข้าวฟ่างหวาน 3 พันธุ์ จากการเก็บเกี่ยว 3 ระยะ

ระยะการเก็บเกี่ยว	พันธุ์ข้าวฟ่างหวาน			เฉลี่ย
	Wray	Cowley	Suwan Sweet	
เมล็ดเป็นแป้งแข็ง	291.33	307.48	276.03	94.82 a
เมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา	305.82	285.46	272.03	95.54 a
หลังเมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา 10 วัน	296.03	282.71	265.23	86.05 b
เฉลี่ย	94.08	92.10	90.22	92.14

CV = 5.2 %

F-test พันธุ์ NS ระยะเก็บเกี่ยว ** พันธุ์ X ระยะเก็บเกี่ยว NS