

**การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเบียร์จากเมล็ดข้าวโพดออก
และความเป็นไปได้ในการใช้เบียร์และสิ่งที่ได้จากกระบวนการผลิตเบียร์
ข้าวโพดเป็นอาหารเสริมในการผลิตโคเนื้อ**

**The Optimum Conditions for the Production of Beer from Germinated Corn
and the Possibility to Use Corn Beer and its by Products
as a Food Additive in the Production of Beef Cattle**

ณัฐพร จันทรฉาย

สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ

Email: nuttapornchanchay@gmail.com

บทคัดย่อ

จากการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารเมล็ดข้าวโพดจำนวน 4 สายพันธุ์ คือ นครสวรรค์ 3, คาร์กิล 339, แปซิฟิก 339 และเคพี 102พบว่าข้าวโพดสายพันธุ์คาร์กิล 919 มีคุณสมบัติในการนำไปผลิตมอลต์ดีที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และเยื่อใย เท่ากับ 45.40%, 3.02%, 11.07%, 4.96%, 33.06% และ 2.48% ตามลำดับ และเมื่อนำไปทำการผลิตเบียร์จากสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตพบว่าในกากเบียร์มีเปอร์เซ็นต์เถ้า โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เยื่อใย และพลังงานรวม เท่ากับ 0.90%, 13.11%, 76.46%, 2.70%, 2.98% และ 4,439.36 (kcal/kg) ตามลำดับ ในขณะที่กากยีสต์มีปริมาณโภชนะ เท่ากับ 2.24%, 17.40%, 59.85%, 11.62%, 2.23% และ 4,712.80 (kcal/kg) ตามลำดับ และในเบียร์ข้าวโพดเพาะงอกพบว่ามีเปอร์เซ็นต์ โปรตีน ไขมัน แอลกอฮอล์ และน้ำตาลทั้งหมด เท่ากับ 0.64%, 3.51%, 1.80% (v/v) และ 27.00 (g/L) ตามลำดับ จากค่าโภชนะข้างต้นพบว่าสามารถนำกากเบียร์ไปใช้เป็นอาหารชั้นพลังงานสำหรับโคเนื้อ กากยีสต์สามารถนำไปใช้เป็นส่วนประกอบของวัตถุดิบในอาหารสัตว์ และเบียร์ข้าวโพดเพาะงอกจัดได้ว่าอยู่ในกลุ่มเบียร์ที่มีดีกรีต่ำ ไม่ส่งผลอันตรายต่อสัตว์

คำสำคัญ : ข้าวโพดเพาะงอก โคเนื้อ กากเบียร์ กากยีสต์ อาหารเสริม

Abstract

In this study, based on the analysis of the nutritional values of 4 specie of corn (Nakornsawan 3, Cargill 339, Pacific 339 and KP 102), it was found that Cargill 919 was the most suitable corn to be used for the production of malt. The percentage of moisture, ash, protein, fat, carbohydrates and crude fiber were 45.40%, 3.02%, 11.07%, 4.96%, 33.06% and 2.48% respectively. When the beer was made under the optimum condition, it was found that the spent grains contained 0.90%, 13.11%, 76.46%, 2.70%, 2.98% and 4439.36 (kcal/kg) of ash, protein, fat, crude fiber and energy (kcal/kg) respectively. In cropped yeast, the content of nutrients were 2.24%, 17.40%, 59.85%, 11.62%, 2.23% and 4,712.80 (kcal/kg) respectively. Moreover in finishing beer the percentage of protein, fat, alcohol and total sugar (g/L) were 0.64%, 3.51%, 1.80%(v/v) and 27.00 (g/L), respectively. From the nutritional contents as

mentioned above, it was found that spent grains could be used as “concentrate energy for beef cattle”. The cropped yeast could be used as raw ingredients for animal feed. Furthermore the corn beer contained a low degree of alcohol not harmful to the animals.

Keywords: Germinated corn; Beef cattle; Spent grains; Cropped yeast; Feed additive

บทนำ

เนื้อโคที่ผลิตได้ในปัจจุบันเป็นเนื้อโคที่มีคุณภาพไม่ดี เพราะเป็นเนื้อโคที่ได้มาจากโคแก่ที่ปลดจากการใช้งานโคป่วย และโคพิการจึงทำให้ผู้ที่ต้องการบริโภคเนื้อที่มีคุณภาพต้องนำเข้าเนื้อโคแช่แข็งเข้ามาบริโภคเมื่อเป็นเช่นนี้ตลาดโคเนื้อจึงค่อนข้างเปิดกว้างสำหรับเกษตรกรผู้ที่จะเริ่มต้นกิจการประเภนี้ โดยโภชนศาสตร์สัตว์ (Animal nutrition) เป็นปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่จะทำให้การทำปศุสัตว์มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ความต้องการโภชนะของโคเนื้อสามารถแบ่งได้ 5 กลุ่ม คือ พลังงาน โปรตีน แร่ธาตุ วิตามิน และน้ำ โดยปริมาณความต้องการโภชนะขึ้นอยู่กับช่วงระยะการเจริญเติบโต และน้ำหนักเริ่มต้นในการขุน [1] ในการผลิตโคเนื้อจะให้ความสำคัญต่อระยะแรกของการขุน เนื่องจากในระยะนี้จะเป็นการเพิ่มการเจริญเติบโตของกระดูกทำให้มีโครงร่างใหญ่พร้อมรับเนื้อ และไขมันที่จะสะสมในการขุนระยะต่อไป [2]

การเลี้ยงโคเนื้อหรือโคขุนนั้น นอกจากต้องมีพันธุ์สัตว์ที่ดีสำหรับใช้เลี้ยงแล้ว อาหาร และวิธีการให้ก็เป็นส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญมากเช่นกัน โดยในสัตว์เคี้ยวเอื้องจะใช้อาหารหยาบเป็นหลัก แต่มีข้อจำกัดโดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชอาหารสัตว์ในเขตร้อนมีการย่อยได้ต่ำ มีผลทำให้การกินอาหารลดลง สัตว์ได้รับโภชนะไม่เพียงพอต่อการเพิ่มผลผลิต การเสริมอาหารชั้นให้แก่โคจึงมีความสำคัญ โดยเฉพาะโคขุนที่มีความต้องการในการเจริญเติบโตวันสูง [3]

ประเทศไทยมีการขุนโคด้วยเบียร์ และเหล้าสาเกเพื่อให้โคที่มีเนื้อนุ่ม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูร้อน อุณหภูมิที่สูงจะส่งผลต่อปริมาณการกินของโค และทำให้โคเกิดความซึมเศร้า เมื่อเกิดเหตุการณ์เช่นนี้ เบียร์จึงถูกนำมาเป็นอาหารเพื่อกระตุ้นความ

อยากกินอาหารของโค ซึ่งการดื่มเบียร์จะส่งผลให้โคมีคุณภาพซากเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีการนวดให้แก่โค การนวดเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ทำให้โครู้สึกผ่อนคลาย ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นผลทำให้การผลิตโควากิว (Wagyu) เป็นที่ยอมรับของร้านอาหาร เนื่องจากเนื้อโคที่ได้มีรสชาติดี เนื้อมีความฉ่ำน้ำ และนุ่ม [4] โคทาจิมะเป็นสายพันธุ์หนึ่งของ Japanese Black ซึ่งผลิตเนื้อที่มีคุณภาพสูงที่สุด เป็นที่มาของ Kobe beef และ Matsusaka beef ซึ่งถือว่าเป็นโคที่ให้เนื้อที่มีคุณภาพดีที่สุดในโลก ลักษณะเนื้อมีความนุ่ม ไขมันแทรกเกรดสูง เป็นไขมันชนิดที่ปลอดภัยต่อสุขภาพ ลักษณะการมีไขมันแทรกสูง มีปัจจัยสำคัญเนื่องจากพันธุกรรม ชนิดของอาหารอายุ และวิธีการขุน ในประเทศญี่ปุ่นเกษตรกรจะเลี้ยงโคด้วยฟางข้าว และกากถั่วเหลือง หรือฟางข้าว และข้าวสาลี หรือข้าวฟ่าง และข้าวโพด โดยให้กินเต็มที่จนกระทั่งโคไม่อยากกิน จึงกระตุ้นความอยากกินโดยให้กินเบียร์ โคขุนเหล่านี้จะได้รับการนวดตัวด้วยแปรงฟางข้าวหลังจากพ่นด้วยเหล้า Shochu และให้เดินออกกำลังกายช่วงบ่ายทุกวัน นอกจากนี้จะมีการเปิดเพลงให้ฟัง ซึ่งทำให้โคขุนสงบยิ่งขึ้น ทำให้เนื้อ Matsusaka มีคุณภาพสูงมาก เนื้อโคที่ได้จึงปลอดภัยต่อผู้บริโภค [5]

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาการผลิตเบียร์ด้วยเมล็ดข้าวโพดอาหารสัตว์เพาะงอกเพื่อนำไปใช้ในการเพิ่มคุณภาพการผลิตโคเนื้อ ซึ่งข้าวโพดจัดเป็นอาหารคุณภาพดีสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง เพราะมีส่วนประกอบของลำต้น และใบที่ย่อยได้ดีพอสมควร และมีส่วนของเมล็ดที่มีแป้งสูง [6] อีกทั้งในเมล็ดข้าวโพดมีปริมาณโปรตีน เยื่อใย และน้ำตาล แต่มีราคาถูกเมื่อเทียบกับราคาข้าวบาร์เลย์ [7] ดังนั้นข้าวโพดจึงเหมาะแก่การนำมาใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตเบียร์ โดยทำการเพิ่มคุณค่าทาง

โภชนาการด้วยการนำไปทำการเพาะงอกเช่นเดียวกันกับการทำมอลต์จากข้าวบาร์เลย์ [8] โดยใช้ข้าวโพดอาหารสัตว์ 4 สายพันธุ์มาทำการคัดเลือก คือนครสวรรค์ 3, คาร์กิลล์ 919, แปซิฟิก 339 และ เคพี 102 ซึ่งข้าวโพดเหล่านี้เป็นสายพันธุ์ที่นิยมปลูกกันมากในประเทศไทย [9] มาทำการศึกษาลักษณะในการเพาะงอกที่ส่งผลต่อการลดลงของคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุดของแต่ละสายพันธุ์ จากนั้นทำการคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวโพดเพาะงอกที่มีคุณสมบัติเหมาะสมแก่การทำมอลต์ โดยพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำต้องมีค่ามากกว่า 40% [10] การลดลงของคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุด [11] โปรตีนอยู่ในช่วง 9.00–11.50% ไขมันอยู่ในช่วง 2.0–3.0% และเถ้าอยู่ในช่วง 2.50–3.50% [12] จากนั้นนำมอลต์ที่ได้เข้าสู่กระบวนการผลิตเบียร์และทำการศึกษาลักษณะของกากเบียร์ กากยีสต์ และเบียร์ที่ผลิตจากเมล็ดข้าวโพดเพาะงอก ทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลโภชนาการของกากเบียร์ กากยีสต์ และเบียร์ที่ผลิตได้จากแหล่งอื่น เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการนำเบียร์เมล็ดข้าวโพดเพาะงอกที่ผลิตได้ไปใช้เป็นอาหารเสริมแก่โคในการเพิ่มคุณภาพโคเนื้อต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเมล็ดข้าวโพดเพาะงอก 4 สายพันธุ์

ในการศึกษาดังนี้จะทำการศึกษาลักษณะที่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดอาหารสัตว์ โดยศึกษาข้าวโพดจำนวน 4 สายพันธุ์ คือนครสวรรค์ 3, คาร์กิลล์ 339, แปซิฟิก 339 และเคพี 102

1.1 ศึกษาโภชนาการของเมล็ดข้าวโพด

นำตัวอย่างเมล็ดข้าวโพด 4 สายพันธุ์ไปวิเคราะห์โภชนาการ โดยทำการวิเคราะห์ ความชื้น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เยื่อใย ไขมัน และเถ้า ตามวิธีของ A.O.A.C. [13] เพื่อให้ทราบค่าโภชนาการของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดที่ยังไม่ทำการเพาะงอก

1.2 ศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมต่อการเพาะงอกเมล็ดข้าวโพด

วิธีการเพาะเมล็ดข้าวโพดดัดแปลงจากวิธีของ อัมพร [8] นำเมล็ดข้าวโพด 4 สายพันธุ์ สายพันธุ์ละ 450 กรัม ล้างด้วยน้ำสะอาด ใส่เมล็ดลงในภาชนะขนาด 19 x 15 x 3.5 cm. ที่รองด้วยกระดาษซับ 2 แผ่น เติมน้ำในปริมาณที่แตกต่างกันคือ 30, 40, 50, 60 และ 70 มิลลิลิตร ในแต่ละการทดลองใช้เมล็ดข้าวโพดจำนวน 30 กรัม (3 ซ้ำ) ปิดทับด้วยกระดาษซับชุ่มน้ำ 1 แผ่น นำถาดเพาะเมล็ดข้าวโพดไปทำการเพาะงอกในตู้เพาะเมล็ดที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 96 ชั่วโมง โดยทำการเติมน้ำปริมาณ 20 ml/ภาชนะ ทุก 24 ชั่วโมง ไม่ใช้แสงในการเพาะ จากนั้นนำตัวอย่างไปวิเคราะห์โภชนาการ

1.3 ศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการเพาะงอกเมล็ดข้าวโพด

วิธีการเพาะงอกเมล็ดข้าวโพดเช่นเดียวกับข้อ 1.2 ปริมาณน้ำที่ใช้ (ผลในข้อ 1.2) เวลาในการเพาะงอกที่แตกต่างกันคือ 72, 84, 96, 108 และ 120 ชั่วโมง (3 ซ้ำ) นำตัวอย่างไปวิเคราะห์โภชนาการ

1.4 ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเพาะงอกเมล็ดข้าวโพด

วิธีการเพาะงอกเมล็ดข้าวโพดเช่นเดียวกับข้อ 1.3 ปริมาณน้ำที่ใช้ (ผลในข้อ 1.2) นำมาทำการเพาะงอกที่อุณหภูมิ 15, 20, 25, 30 และ 35 °C เป็นเวลาจากผลในข้อ 1.3 (ทำ 3 ซ้ำ) นำตัวอย่างไปวิเคราะห์โภชนาการ

2. การศึกษาวิธีการผลิตเบียร์ด้วยข้าวโพดเพาะงอก

2.1 การผลิตหัวเชื้อยีสต์เพื่อใช้สำหรับกระบวนการหมัก

เลือกใช้ยีสต์สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* ทำการศึกษาก่อนการผลิตเบียร์จากข้าวโพดโดยมีวิธีการเตรียมกล้าเชื้อยีสต์ [14] ดังนี้

2.1.1 เลี้ยง *S. cerevisiae* ในอาหาร YM 100 มิลลิลิตร เชย้าที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อใช้เป็นเชื้อเริ่มต้นในการหมัก

2.1.2 ขยายเป็น 500 มิลลิลิตร โดยใช้เวิร์ท (Wort) ที่ผลิตจากมอลต์ข้าวโพดเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อเลี้ยงเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2.1.3 ทำการนับเซลล์ยีสต์ได้กล้องจุลทรรศน์ด้วย Hemocytometer และคำนวณปริมาตรของหัวเชื้อที่ต้องการ

2.2 การอบแห้งข้าวโพดเพาะงอก

หลังจากที่ได้สภาวะในการผลิตข้าวโพดเพาะงอก นำเมล็ดข้าวโพดเพาะงอกมาทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง [14] เพื่อลดความชื้นให้น้อยกว่า 10% และเป็นการหยุดการทำงานของของเอนไซม์ในข้าวโพดเพาะงอกในขณะเดียวกันก็ทำลายความสามารถในการทำงานของเอนไซม์ในข้าวโพดงอกให้น้อยที่สุด จากนั้นเมล็ดข้าวโพดเพาะงอกจะถูกแยกยอด และรากออกจากกัน โดยร่อนผ่านตะแกรง ผลิตภัณฑ์ที่ได้เรียกว่า มอลต์ข้าวโพด

2.3 การผลิตเวิร์ท จากข้าวโพดเพาะงอก

วิธีการผลิตเวิร์ท จากข้าวโพดเพาะงอก [14] โดยมีวิธีการดังนี้

2.3.1 นำมอลต์ข้าวโพดเพาะงอกมาบดด้วยเครื่องบดแบบลูกกลิ้ง (Roller mill) ที่ระยะระหว่างลูกกลิ้งเท่ากับ 1.0 มิลลิเมตร

2.3.2 นำข้าวโพดเพาะงอกที่ผ่านการบดแล้ว น้ำหนัก 300 กรัม ผสมน้ำกลั่น 1,500 ml

2.3.3 ต้มที่อุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลา 30 นาที, 52 °C เป็นเวลา 20 นาที, 55 °C เป็นเวลา 20 นาที, 62 °C เป็นเวลา 20 นาที และ 64 °C เป็นเวลา 20 นาที และ 70 °C ให้เติมน้ำเพิ่ม 300 ml ต้มเป็นเวลา 20 นาที, 78 °C เป็นเวลา 5 นาที และทำให้เย็น ที่อุณหภูมิ 20 °C และปรับน้ำหนักสุดท้ายเป็น 1,500 กรัม

2.3.4 ทำการกรองเพื่อแยกกากข้าวโพดออก และนำน้ำเวิร์ทเพื่อไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

2.4 การต้มน้ำหมักจากข้าวโพดเพาะงอก

กรรมวิธีการต้มน้ำหมักจากข้าวโพดเพาะงอกตามวิธีการต้มน้ำเวิร์ท (Boiling the wort) [14] โดยมีวิธีการ ดังนี้

ทำการต้มน้ำเวิร์ท ที่ได้ที่อุณหภูมิ 95 °C เติม Aroma hop (4.1% Alpha acid) โดยคำนวณปริมาณ Hop pellets ให้ได้ปริมาณ Bitterness ที่ 25BU ดังสมการ (ไม่มีสมการแสดง) โดยต้มเป็นเวลา 30 นาที

2.5 การหมักเบียร์จากน้ำหมักข้าวโพดเพาะงอก

กรรมวิธีการหมักเบียร์จากข้าวโพดเพาะงอกตามวิธีการผลิตเบียร์แบบ Top fermentation [14] โดยมีวิธีการดังนี้

2.5.1 น้ำเวิร์ท ที่ได้จากข้อ 2.4 มาบรรจุลงในขวดโหลสำหรับทำการหมัก

2.5.2 เก็บที่อุณหภูมิ 20 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นทำการเติมยีสต์ที่ได้จากข้อ 2.1 ที่ความเข้มข้น 15×10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ทำการหมักเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2.5.3 นำเบียร์ที่ได้ไปลดอุณหภูมิ จาก 20 °C เป็น 10 °C หมักต่อเป็นเวลา 2 วัน

2.5.4 เมื่อครบกำหนดทำการแยกเบียร์ออกจากยีสต์ จากนั้นนำกากยีสต์ และเบียร์ที่เป็นส่วนใสไปศึกษาปริมาณโภชนาในขั้นตอนต่อไป

3 การศึกษาโภชนาของกากเบียร์ กากยีสต์ และเบียร์ข้าวโพด

3.1 วิเคราะห์โภชนาของกากเบียร์ข้าวโพด

โดยทำการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ ความชื้น เถ้าโปรตีน ไขมัน เยื่อใย คาร์โบไฮเดรต และพลังงานรวมทั้งหมด (kcal/kg)

3.2 วิเคราะห์โภชนาของกากยีสต์

โดยทำการวิเคราะห์โภชนา ความชื้น เถ้าโปรตีน %ไขมัน เยื่อใย คาร์โบไฮเดรต และพลังงานรวมทั้งหมด (kcal/kg) [13]

3.3 วิเคราะห์โภชนาของเบียร์ข้าวโพดเพาะงอก

โดยทำการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ โปรตีน และไขมัน ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ [13]

ผลการทดลอง

1. ปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการเพาะเมล็ดข้าวโพดเพาะงอก

เมล็ดข้าวโพดสายพันธุ์ CG919, P339, NS3 และ KP102 ที่ยังไม่ทำการเพาะงอก (Control) ดังตารางที่ 1 มีคาร์โบไฮเดรต 78.00%, 76.04%, 75.25% และ 77.87% ตามลำดับ เมื่อทำการเพาะงอกพบว่า ปริมาณน้ำที่ส่งผลต่อการลดลงของคาร์โบไฮเดรตให้มีการเปลี่ยนแปลงลงเหลือน้อยที่สุดมีดังนี้ CG919 ที่ปริมาณน้ำ 50 ml มีคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 40.80%, P339 ที่ปริมาณน้ำ 60 ml มีคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 31.59%, NS3 ที่ปริมาณน้ำ 40 ml มีคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 34.80% และ KP102 ที่ปริมาณน้ำ 50 ml มีคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 25.61%

2. เวลาที่เหมาะสมในการเพาะเมล็ดข้าวโพดเพาะงอก

เมล็ดข้าวโพดสายพันธุ์ CG919, P339, NS3 และ KP102 ที่ยังไม่ทำการเพาะงอก (Control) ดังตารางที่ 1 เมื่อทำการเพาะงอกเพาะงอกในระยะเวลาต่างกันคือ 72, 84, 96, 108 และ 120 ชั่วโมง พบว่า

เวลาที่ส่งผลต่อการลดลงของคาร์โบไฮเดรตให้มีการเปลี่ยนแปลงลงเหลือน้อยที่สุดมี ดังนี้ CG919 ที่เวลา 108 ชั่วโมง มีคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 33.06%, P339 ที่เวลา 108 ชั่วโมง มีคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 29.14%, NS3 ที่เวลา 120 ชั่วโมง มีคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 29.05%, KP102 ที่เวลา 120 ชั่วโมง มีคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 23.86%

3. อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเพาะเมล็ดข้าวโพดเพาะงอก

เมล็ดข้าวโพดสายพันธุ์ CG919, P339, NS3 และ KP102 ที่ยังไม่ทำการเพาะงอก (Control) ดังตารางที่ 1 เมื่อทำการเพาะงอกทำการเพาะงอกที่อุณหภูมิที่แตกต่างกันคือ 15, 20, 25, 30 และ 35 °C พบว่าอุณหภูมิที่ส่งผลต่อการลดลงของคาร์โบไฮเดรตให้มีการเปลี่ยนแปลงลงเหลือน้อยที่สุดมี ดังนี้ CG919 ที่อุณหภูมิ 25 °C มีคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 33.06%, P339 ที่อุณหภูมิ 30 °C มีคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 27.29%, NS3 ที่อุณหภูมิ 25 °C มีคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 29.05% และ KP 102 ที่อุณหภูมิ 35 °C มีคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 12.21%

ตารางที่ 1 โภชนะของข้าวโพด 4 สายพันธุ์เมื่อทำการเพาะงอกในสภาวะที่เหมาะสม

สายพันธุ์	โภชนะ (%)					
	ความชื้น	เถ้า	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	คาร์โบไฮเดรต
						ก่อนเพาะงอก/เพาะงอก/ ผลต่าง
CG919	45.40	3.02	11.07	4.96	2.48	78.00/33.06/44.94
P339	53.94	2.15	8.38	3.89	3.48	76.04/27.29/48.75
NS3	49.28	3.91	10.60	5.02	2.14	75.25/29.05/46.20
KP102	54.92	1.36	7.81	4.62	3.56	77.87/23.87/54.00

4. การคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวโพดที่เหมาะสมต่อการนำไปผลิตเบียร์

4.1 ความสามารถในการดูดน้ำ

ระดับความชื้น (%Water absorption) การดูดน้ำของเมล็ดธัญพืชที่จะนำมาผลิตมอลต์ต้องไม่

ต่ำกว่า 40% ซึ่งมอลต์บาร์เลย์จะมีความชื้น 44–46% [10] จากการทดลองพบว่าข้าวโพดเพาะงอกในสภาวะที่เหมาะสมทุกสายพันธุ์มีความชื้นมากกว่า 40% โดยสายพันธุ์ CG919, P339, NS3 และ KP102 มีความชื้น 45.40, 53.94, 49.28 และ 54.92% ตามลำดับ

4.2 กิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลส

คาร์โบไฮเดรตในเมล็ดข้าวโพดส่วนใหญ่จะเป็น อะมิโลส และอะมิโลเพกทิน ในขณะที่เมล็ดมีการงอก จะมีการสังเคราะห์ α -amylase เพิ่มขึ้น เพื่อย่อยอะมิโลส และ อะมิโลเพกทินให้โมเลกุลเล็กลง [11] เมื่อกิจกรรมของเอนไซม์ α -amylase เพิ่มขึ้น ปริมาณแป้งจะลดลง ซึ่งสิ่งที่เกิดขึ้นคือการเพิ่มของน้ำตาล Reducing และ Nonreducing [15] โดยธัญพืชที่นำมาผลิตมอลต์ต้องมีกิจกรรมการลดลงของแป้งสูงที่สุดในระหว่างการ Malting [16] พบว่าข้าวโพดเพาะงอกในสภาวะที่เหมาะสม สายพันธุ์ CG919, P339, NS3 และ KP102 มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตลดลง 44.94, 48.75, 46.20 และ 54.00% ตามลำดับ โดยสายพันธุ์ที่คาร์โบไฮเดรตลดลงมากที่สุดคือ KP102, P339, NS3 และ CG919 ตามลำดับ

4.3 เปอร์เซ็นต์โปรตีน, เถ้า และ ไขมัน

4.3.1 เปอร์เซ็นต์โปรตีน โดยต้องอยู่ในช่วง 9.00–11.50% [12] เนื่องจากปริมาณโปรตีนที่สูงไม่เหมาะสำหรับการทำมอลต์ เพราะจะส่งผลทำให้เบียร์ขุ่นเป็นอาหารสำหรับแบคทีเรีย และทำให้คุณภาพการเก็บของเบียร์ลดต่ำลง [17] จากการทดลองพบว่าข้าวโพดสายพันธุ์ CG919, P339, NS3 และ KP102 เมื่อเพาะงอกในสภาวะที่

เหมาะสม มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนเท่ากับ 11.07%, 8.38%, 10.60% และ 7.81% ตามลำดับ โดยสายพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์โปรตีน อยู่ในช่วง 9.00–11.50% คือ CG919 และ NS3

4.3.2 เปอร์เซ็นต์ไขมัน มอลต์คุณภาพดีต้องมีปริมาณไขมัน อยู่ในช่วง 2.0–3.0% ผลการทดลองพบว่าข้าวโพดสายพันธุ์ CG919, P339, NS3 และ KP102 เมื่อเพาะงอกในสภาวะที่เหมาะสม มีเปอร์เซ็นต์ไขมันเท่ากับ 4.96%, 3.89%, 5.02% และ 4.62% ตามลำดับ ซึ่งจากการทดลองพบว่าไม่มีข้าวโพดสายพันธุ์ใดมีปริมาณไขมันในช่วงดังกล่าว [12]

3) เปอร์เซ็นต์เถ้า มอลต์คุณภาพดีต้องมีปริมาณเถ้าอยู่ในช่วง 2.50–3.50% [12] จากการทดลองพบว่าข้าวโพดสายพันธุ์ CG919, P339, NS3 และ KP102 เมื่อเพาะงอกในสภาวะที่เหมาะสม มีเปอร์เซ็นต์เถ้าเท่ากับ 3.02%, 2.15%, 3.91% และ 1.36% ตามลำดับ โดยสายพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์เถ้าอยู่ในช่วงดังกล่าว คือ CG919

จากเกณฑ์การคัดเลือกและผลการทดลองทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 1 ดังกล่าวนั้นพบว่าข้าวโพดเพาะงอกสายพันธุ์ CG919 มีคุณสมบัติเหมาะสมแก่การทำมาทำมอลต์มากที่สุด

ตารางที่ 2 ปริมาณโภชนาในกากเบียร์ที่ได้จากการผลิตเบียร์ข้าวโพดเพาะงอก

โภชนา	ร้อยละต่อน้ำหนักแห้ง		
	กากเบียร์ข้าวโพด	¹ กากธัญชาติ	² กากเบียร์
ความชื้น (Moisture)	3.84	-	7.00
เถ้า (Ash)	0.90	4.20	3.70
เยื่อใย (Crude Fiber)	2.98	17.60	14.20
ไขมัน (Ether Extract)	2.70	6.90	6.50
โปรตีน Crude Protein	13.11	27.50	27.50
คาร์โบไฮเดรต (Nitrogen Free Extract)	76.46	36.10	41.10
พลังงานรวม (kcal/kg)	4439.36	-	-

ที่มา : ¹[18]

²[19]

5. ปริมาณโภชนะในกากเบียร์ที่ได้จากการผลิตเบียร์ข้าวโพดเพาะงอก

จากการทดลองการหมักเบียร์ด้วยข้าวโพดเพาะงอกสายพันธุ์คาร์กิลล์ 919 ตามวิธีการผลิตเบียร์จากข้าวไทย [14] กากเบียร์ข้าวโพดเพาะงอกที่ถูกกรองในขั้นตอนการกรองเวิร์ท เมื่อทำการวิเคราะห์โภชนะ พบว่ามีโภชนะดัง แสดงในตาราง

ที่ 2 เมื่อทำการเปรียบเทียบกับโภชนะในกากธัญชาติ [18] ที่ทำการศึกษาการเตรียมผลิตภัณฑ์โปรตีนจากกากธัญชาติของการผลิตเบียร์ (ตารางที่ 2) พบว่าในกากเบียร์ข้าวโพด เพาะงอกมีปริมาณเปอร์เซ็นต์เถ้า เยื่อใย ไขมัน และโปรตีน น้อยกว่ากากธัญชาติ แต่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงกว่า

ตารางที่ 3 ปริมาณโภชนะในกากยีสต์ที่ได้จากการผลิตเบียร์ข้าวโพดเพาะงอก

โภชนะ	ร้อยละต่อน้ำหนักแห้ง		
	กากยีสต์เบียร์ข้าวโพด	¹ กากยีสต์	² กากยีสต์
ความชื้น (Moisture)	6.66	-	5.00
เถ้า (Ash)	2.24	10.00	6.00
เยื่อใย (Crude Fiber)	2.23	0.50	9.00
ไขมัน (Ether Extract)	11.62	0.50	6.00
โปรตีน (Crude Protein)	17.40	50.00	50.00
คาร์โบไฮเดรต (Nitrogen Free Extract)	59.85	-	42.00
พลังงานรวม (kcal/kg)	4712.80	-	-

ที่มา : ¹[18]

²[20]

6. ปริมาณโภชนะในกากยีสต์ที่ได้จากการผลิตเบียร์ข้าวโพดเพาะงอก

จากการทดลองการหมักเบียร์ด้วยข้าวโพดเพาะงอก กากยีสต์ที่ถูกกรองออก หลังจากสิ้นสุดกระบวนการหมักเบียร์ข้าวโพด เมื่อทำการวิเคราะห์โภชนะ พบว่ามีโภชนะแสดงในตารางที่ 3 โภชนะในกากยีสต์ที่ได้จากกระบวนการหมักเบียร์ข้าวโพดเพาะงอกมีปริมาณแตกต่างจากการศึกษา [18] ที่ทำการศึกษาการเตรียมผลิตภัณฑ์โปรตีนจากกากธัญชาติของการผลิตเบียร์ โดยพบว่าในกากยีสต์มีปริมาณเถ้า เยื่อใย ไขมัน และโปรตีน คือ 10.00%, 0.50%, 0.50% และ 50.00% ตามลำดับ และแตกต่างจากการศึกษาการดูดซับโลหะหนักโดยใช้กากยีสต์โรงงานเบียร์ ได้ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในกากยีสต์แห้ง โดยพบว่าในกากยีสต์แห้งมีปริมาณ

โปรตีนสูงถึง 50.00% และมีคาร์โบไฮเดรต 42.00% [20]

ปริมาณ %โปรตีนในกากยีสต์ข้าวโพดมีปริมาณต่ำกว่าในรายงานของ [18] และ [20] เนื่องจากกากยีสต์ที่ได้จากโรงงานผลิตเบียร์ นอกจากจะเป็นยีสต์ที่ตายแล้ว คงเหลือแต่ผนังเซลล์ของยีสต์ และยังคงเหลือส่วนผสมอย่างอื่นที่เหลือจากการกรองเวิร์ทตามมวดด้วย นั่นคือกากของธัญพืชต่าง ๆ ที่นำมาทำเบียร์ ทำให้คุณค่าทางอาหารที่มีในกากยีสต์มีคุณค่าสูง [21]

ในกากยีสต์เบียร์ข้าวโพด พบว่ามีปริมาณโปรตีน 17.40% และคาร์โบไฮเดรต 59.85% เมื่อเซลล์ยีสต์มีอายุมากขึ้น ปริมาณโปรตีนจะลดลง แต่จะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น [20] พบว่ายีสต์สายพันธุ์ *S. cerevisiae* ที่เลี้ยงเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จะมีโปรตีน 36.60% ส่วนยีสต์ที่ถูกเลี้ยงเป็นเวลา 96

ข้าวโม่ จะมีโปรตีน 28.7% ซึ่งเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการหมักเบียร์ข้าวโพดคือ 96 ชั่วโมง [22]

ตารางที่ 4 ปริมาณสารต่างๆ ในเบียร์ข้าวโพดเพาะงอก

ชนิดของสาร	ปริมาณสาร	
	น้ำเวิร์ท	เบียร์ข้าวโพด
โปรตีน (Crude Protein) (%)	-	0.64
ไขมัน (Ether Extract) (%)	-	3.51
แอลกอฮอล์ % (v/v)	0	1.80
น้ำตาลทั้งหมด (g/L)	38.00	27.00

7. ปริมาณสารต่าง ๆ ในเบียร์ข้าวโพดเพาะงอก

จากการทดลองการหมักเบียร์ข้าวโพดเพาะงอก (ตารางที่ 4) พบว่าในเบียร์ข้าวโพดเพาะงอกมีปริมาณโปรตีน 0.64% เนื่องจากจะมีการสูญเสียระหว่างกระบวนการผลิตเบียร์ เช่น กระบวนการต้มเวิร์ท และในกระบวนการหมัก แอดจังก์ (Adjunct) ที่มีปริมาณโปรตีนต่ำ เช่น ข้าว และข้าวโพด หากนำมาใช้ปริมาณมากในกระบวนการผลิตเบียร์ โปรตีนที่เกิดการสูญเสียระหว่างการผลิตเบียร์จะส่งผลให้มีปริมาณโปรตีนน้อย และยังส่งผลให้ความคงตัวของฟองเบียร์น้อยลง [22]

ปริมาณไขมันในเบียร์ข้าวโพดที่มีค่าเท่ากับ 3.51% โดยระดับไขมันในเบียร์จะขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตเบียร์ มอลต์ที่ใช้มีปริมาณไขมันค่อนข้างมาก แต่เนื่องจากไขมันที่พบในมอลต์มีความสามารถในการละลายน้อยจึงทำให้ถูกสกัดออกมากับน้ำเวิร์ทได้น้อย และยังสูญเสียไปในกระบวนการเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำตาลมากกว่า 30% และยังสูญเสียในกระบวนการผลิตเบียร์ขั้นอื่นๆ อีก เช่น ตะกอนโปรตีนต่างๆ และยีสต์ เป็นต้น ซึ่งปริมาณไขมันที่สูงจะไปทำลายความคงตัวของฟองเบียร์ และอาจทำให้เกิดกลิ่น รสที่ผิดปกติในเบียร์ได้

ปริมาณแอลกอฮอล์ในเบียร์ข้าวโพดเท่ากับ 1.80% ซึ่งยีสต์เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดกระบวนการหมักเพื่อให้ได้แอลกอฮอล์ โดยน้ำตาลจัดว่าเป็นแหล่งอาหารหลักของยีสต์ ซึ่งถ้าในน้ำเวิร์ทมีน้ำตาลสูงจะทำให้ได้ปริมาณแอลกอฮอล์ที่สูงด้วยเช่นกัน [23]

ในการทดลองพบว่าในน้ำเวิร์ทข้าวโพดมีน้ำตาลเพียง 38.00 กรัมต่อลิตร เมื่อทำการหมักพบว่าในเบียร์มีน้ำตาลเหลือ 27.00 กรัม/ลิตร ปริมาณน้ำตาลหลังหมักลดลงเพียงเล็กน้อยทำให้มีผลต่อรสชาติของเบียร์ และปริมาณแอลกอฮอล์น้อย ซึ่งอาจเกิดจากความแข็งแรงของยีสต์ที่ใช้หมักไม่แข็งแรงพอ จึงทำให้ยีสต์ใช้น้ำตาลไปเป็นอาหารได้ไม่เต็มที่ [23]

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตข้าวโพดเพาะงอก

1.1 การศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการเพาะเมล็ดข้าวโพดเพาะงอก 4 สายพันธุ์

CG919, P339, NS3 และ KP102 พบว่าปริมาณน้ำที่ส่งผลต่อการลดลงของคาร์โบไฮเดรตในเมล็ดข้าวโพดเพาะงอกแต่ละสายพันธุ์ คือ 50, 60, 40 และ 50 ml. ตามลำดับ ปริมาณน้ำดังกล่าวส่งผลให้เมล็ดข้าวโพดเพาะงอกมีความชื้น 39.53, 52.82, 43.40 และ 57.45% ตามลำดับ และพบว่าปริมาณน้ำดังกล่าวส่งผลให้มีคาร์โบไฮเดรตอยู่ในเมล็ดข้าวโพดเพาะงอก 40.80, 31.59, 34.80 และ 25.61% ตามลำดับ โดยความชื้นของเมล็ดข้าวโพดเมื่อได้รับปริมาณน้ำในระดับที่เหมาะสมพบว่าผลที่ได้สอดคล้องกับรายงานที่กล่าวว่าเมล็ดข้าวโพดต้องการความชื้นในการงอกประมาณ 30–60% และเมล็ดพืชแต่ละชนิดหรือชนิดเดียวกันแต่สายพันธุ์ต่างกัน ต่างต้องการน้ำสำหรับการงอกแตกต่างกัน โดยน้ำเป็น

ปัจจัยแรกที่จะกระตุ้นให้เมล็ดพันธุ์ตื่นตัว กระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาเคมี และกระบวนการเมตาบอลิซึมในเบื้องต้น โดยเมล็ดพันธุ์จะดูดน้ำเข้าไปทำให้เปลือกเมล็ดอ่อนนุ่ม ทำให้รากแทงผ่านเปลือกได้สะดวกมากขึ้น [24]

1.2 การศึกษาระยะเวลาในการเพาะงอกที่เหมาะสมในการเพาะเมล็ดข้าวโพดเพาะงอก 4 สายพันธุ์

CG919, P339, NS3 และ KP102 พบว่าระยะเวลาในการเพาะงอกที่ส่งผลต่อการลดลงของคาร์โบไฮเดรตในเมล็ดข้าวโพดเพาะงอกแต่ละสายพันธุ์ คือ 108, 108, 120 และ 120 ชั่วโมง ตามลำดับ และพบว่าระยะเวลาในการเพาะงอกดังกล่าวส่งผลให้มีคาร์โบไฮเดรตอยู่ในเมล็ดข้าวโพดเพาะงอก คือ 33.06, 29.14, 29.05 และ 23.86% ตามลำดับ การที่คาร์โบไฮเดรตลดลงในกระบวนการงอกนั้น เกิดจากสภาวะที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์อะไมเลสที่ย่อยสลายแป้งจึงส่งผลให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในเมล็ดข้าวโพดลดลง [15] โดยช่วงของระยะเวลาในการงอกที่ส่งผลให้คาร์โบไฮเดรตลดลงมากที่สุด แตกต่างจากผลการทดลอง ที่ทำการศึกษาอุณหภูมิในการงอกที่ส่งผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของแป้งข้าวโพด พบว่าเวลาในการงอกของเมล็ดข้าวโพดที่ส่งผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสสูงที่สุดคือวันที่ 3, 4 และ 5 ของการเพาะงอก โดยมีกิจกรรมเอนไซม์อะไมเลส เท่ากับ 58.96, 38.01 และ 37.03 μMole ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตาม [25] รายงานว่ากิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสที่เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในระหว่างการงอกของเมล็ดธัญพืชนั้นไม่คงที่ขึ้นกับอยู่ชนิดของเมล็ดธัญพืช และสภาวะการงอก [16]

1.3 การศึกษาอุณหภูมิในการเพาะงอกที่เหมาะสมในการเพาะเมล็ดข้าวโพดเพาะงอก 4 สายพันธุ์

CG919, P339, NS3 และ KP102 พบว่าอุณหภูมิในการเพาะงอกที่ส่งผลต่อการลดลงของคาร์โบไฮเดรตในเมล็ดข้าวโพดเพาะงอกแต่ละสายพันธุ์ คือ 25, 30, 25 และ 25 °C ตามลำดับ และพบว่าอุณหภูมิในการเพาะงอกดังกล่าวส่งผลให้มี

คาร์โบไฮเดรตอยู่ในเมล็ดข้าวโพดเพาะงอก คือ 33.06, 27.29, 29.05 และ 23.87% ตามลำดับ ข้าวโพดสามารถงอกได้ที่อุณหภูมิ 5–40 °C และอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดข้าวโพดคือ 25 °C [26] ในสภาวะที่เมล็ดธัญพืชได้รับน้ำ อุณหภูมิและมีระยะเวลาในการงอกที่เหมาะสมจะส่งผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์ Amylase และ Maltase ที่เพิ่มขึ้นในระหว่างการงอก ทำให้ปริมาณแป้งลดลง ซึ่งสิ่งที่เกิดขึ้น คือ การเพิ่มของน้ำตาล Reducing และ Non-reducing ในระหว่างการงอกของเมล็ดธัญพืช [27]

2. ปริมาณโภชนาในกากเบียร์ กากยีสต์ และเบียร์ข้าวโพดเพาะงอก

2.1 โภชนาในกากเบียร์

พบว่า มีเปอร์เซ็นต์ความชื้น, เถ้า, เยื่อใย, ไขมัน, โปรตีน, คาร์โบไฮเดรต และพลังงานรวมเท่ากับ 3.84%, 0.90%, 2.98%, 2.70%, 13.11%, 76.46% และ 4439.36 kcal/kg ตามลำดับ กากเบียร์จากข้าวโพดเพาะงอกมีโภชนาที่เหมาะสมที่จะนำไปเป็นอาหารชั้นสำหรับโคเนื้อ แม้ว่าในกากเบียร์ข้าวโพดจะมีปริมาณโปรตีนเพียง 13.11% และเถ้า 0.90% แต่ในกากเบียร์จากข้าวโพดเพาะงอกถือได้ว่าเป็นแหล่งพลังงาน เนื่องจากมีปริมาณ คาร์โบไฮเดรตสูงถึง 76.46% สอดคล้องกับการศึกษาการให้อาหารโคนมเพศผู้เพื่อผลิตเนื้อ โดยอาหารชั้นแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มหลัก คือ อาหารชั้นพลังงาน และอาหารชั้นโปรตีน ซึ่งอาหารชั้นพลังงานจะให้แป้งหรือคาร์โบไฮเดรตประมาณ 70–80% แต่มีปริมาณโปรตีนค่อนข้างต่ำ (ประมาณ 8–12%) [3]

2.2 โภชนาในกากยีสต์ข้าวโพดเพาะงอก

พบว่า มีเปอร์เซ็นต์ ความชื้น, เถ้า, เยื่อใย, ไขมัน, โปรตีน, คาร์โบไฮเดรต และพลังงานรวมเท่ากับ 6.66%, 2.24%, 2.23%, 11.62%, 17.40%, 59.85% และ 4712.80 kcal/kg ตามลำดับ จากโภชนาข้างต้นคาดว่าจะสามารถนำ กากยีสต์ได้จากการผลิตเบียร์ข้าวโพดเพาะงอกไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารสัตว์ได้

2.3 ปริมาณสารต่าง ๆ ในเบียร์ข้าวโพด

เพาะออก

พบว่ามี %โปรตีน, %ไขมัน, แอลกอฮอล์ % (v/v), น้ำตาลทั้งหมด (g/l) เท่ากับ 0.64, 3.51, 1.80 และ 27.00 ตามลำดับ ปริมาณความเข้มข้น แอลกอฮอล์ที่วัดได้ในเบียร์ข้าวโพดจัดได้ว่าอยู่ในกลุ่มเบียร์ที่มีดีกรีต่ำ

เอกสารอ้างอิง

- [1] สุรัช ชาศรีรัตน์. การผลิตโค-กระบือ. กรุงเทพฯ : 2541. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [2] ศรเทพ ธีรवास. การเลี้ยงโคเนื้อ. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร. กรุงเทพฯ : 2539. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [3] สุมณ โปธิจันทร์. การให้อาหารโคนมเพศผู้เพื่อผลิตเนื้อ. กลุ่มวิจัยอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์. กรุงเทพฯ : 2551. กรมปศุสัตว์.
- [4] Lunt. D.K. (n.d.). **Wagyu Research Reports. Agricultural Research Center at Mcgregor,** Department of Animal science. Texas A&M University.
- [5] กัลยา บุญญานวัตร, 2554. “ประวัติโคทาจิเมะในประเทศไทย”. [สืบค้นเมื่อ 20 มกราคม 2554]. URL:<http://www.dld.go.th>.
- [6] ฉันทนา น่วมนวล. กรรมวิธีการผลิตข้าวโพดหมักคุณภาพดี และการประเมินคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการเพื่อใช้เลี้ยงโคนม. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์). เชียงใหม่ : 2543. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [7] จีรสิทธิ์ สงค์ประเสริฐ. การขุนโค-กระบือ. พิมพ์ครั้งที่ 5. เชียงใหม่ : 2549. อาร์ จี บี แอดเวอร์ไทซิงเอเจนซี.
- [8] อัมพร แซ่เอียว. คุณค่าทางโภชนาการและการใช้ประโยชน์จากเมล็ดพืชงอก. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร). กรุงเทพฯ : 2543. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [9] ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์, 2554. “ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์”. [สืบค้นเมื่อ 20 กรกฎาคม 2554]. URL:www.doae.go.th.
- [10] Agu, R.C. and Palmer, G.H. 1998. A Reassessment of Sorghum for Lager-beer Brewing. **Bioresour. Technol.** p. 253–261.
- [11] Pathirana, R.A., Sivayoyasundavam, K. and Jayatissa, P.M. 1988. Optimization of Condition for Malting of Sorghum. **Journal of Food Science and Technology.** p. 327-329.
- [12] Brummer, J. G. 1990. **Barley for Malt.** In National Barley and Wheat Conference. Chiang Rai : Golde Triangle Resort Hotel. p. 305.
- [13] A.O.A.C. 1990. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists.** Vol.1, 15th ed. Washington D.C.
- [14] หรั่ง เตียอ่ำรุ่ง, นันทกร บุญเกิด และโชคชัย วณู. การผลิตเบียร์จากข้าวไทย. สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร. นครราชสีมา : 2553. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- [15] Bhise, V. J., Chavan, J.K. and Kadam, S.S. 1988. Effect of Malting on Proximate Composition and In Vitro Protein and Starch Digestibilities of Grain Sorghum. **Food Science and Technology.** p. 327–330.
- [16] Dronzek B.L., Hwang P. and Bushuk W. 1972. Scanning Electron Microscopy of Starch from Sprouted Wheat. **Cereal Chem.** p. 232–239.
- [17] ปาริฉัตร สงฆ์สะอาด. การใช้รูปแบบโปรตีน **Hordein** ในการประเมินคุณภาพมอลต์ของสายพันธุ์ข้าวบาร์เลย์. สาขาวิชาพืชไร่

- ภาควิชาชีพไร่. กรุงเทพฯ : 2542.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [18] กาญจนา อินทรคิล. การเตรียมผลิตภัณฑ์โปรตีนจากกากธัญชาติของการผลิตเบียร์. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. กรุงเทพฯ : 2549. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [19] อรอนงค์ นัยวิกุล. องค์ประกอบทางเคมีในเมล็ดธัญพืช. เคมีธัญญาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร. กรุงเทพฯ : 2538. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [20] รพีพร คำรัตน์. การดูดซับโลหะหนักโดยใช้กากยีสต์. วิทยาสตรมหาบัณฑิต. สาขาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ : 2542. มหาวิทยาลัยมหิดล.
- [21] Raghavan, v. 1990. **Feed Lot Cattle**. Feed Magazine International. p. 62–70.
- [22] Bamforth, C. 2000. Brewing and Brewing Research: Past, present and future. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. p. 1371–1378.
- [23] จันทน์ อริยะพงศ์สุวรรณ, เทพฤทธิ์ ปิติฤทธิ์ และก่อเกียรติ ใจอ่อน. ผลของโปรตีนจับไขมันในข้าวหักต่อความคงตัวของฟองเบียร์. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี. ขอนแก่น :2551. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- [24] จวงจันทร์ ดวงพัตรา. การทดสอบ และวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดพันธุ์. กรุงเทพฯ :2529. กลุ่มหนังสือเกษตร.
- [25] Prakash Bhattacharyya., Uma Ghosh., Hiranmay Gangopadhyay. and Utpal Raychaudhuri. 2006. Effects of Thermal Treatments and Germination on Physico-Chemical Properties of Corn Flour. **Journal of Biotechnology**. African. p. 995–999.
- [26] ไสว พงษ์เก่า. บทปฏิบัติการวิชาชีพไร่ (หลักการกลั่นกรอง). ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ : 2524. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [27] อรทัย ขำคำ. ปัจจัยที่มีผลต่อการงอกและคุณค่าทางอาหารของต้นอินธนูพืช. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. ภาควิชาการจัดการทรัพยากรชีวภาพ คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ : 2553. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.