

ผลของการใช้ *Saccharomyces cerevisiae* ในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวเพื่อเป็นอาหารสัตว์

Effects of *Saccharomyces cerevisiae* in single cell protein production as animal feedstuff

สุกัญญา บุญอุดม

สาขาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทคัดย่อ

สัมมนาฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของ *Saccharomyces cerevisiae* ในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียว (Single cell protein) เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาอาหารสัตว์ โดยเปรียบเทียบกับเชื้อจุลินทรีย์ *Bacillus subtilis* และ *Aspergillus niger* มีการใช้วัตถุดิบเหลือใช้ทางการเกษตร กากกะทิ กากปาล์มน้ำมัน เปลือกสับปะรดและเปลือกส้ม พบว่าการหมักวัตถุดิบเหลือใช้ทางการเกษตรด้วยเชื้อจุลินทรีย์ *Saccharomyces cerevisiae* ทำให้มีปริมาณของโปรตีนเซลล์เดียวเพิ่มขึ้น เมื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาของโปรตีนเซลล์เดียวจากกากกะทิและเปลือกสับปะรด พบว่าการใช้เชื้อผสมระหว่าง *Saccharomyces cerevisiae* และ *Bacillus subtilis* รวมกัน ทำให้ปริมาณโปรตีนเซลล์เดียวสูงกว่าการใช้เชื้อชนิดใดชนิดหนึ่ง ($P < 0.01$) ขณะที่การผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากกากปาล์มน้ำมัน พบว่าการใช้เชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* ให้ปริมาณโปรตีนเซลล์เดียวสูงกว่าการใช้เชื้อ *Bacillus subtilis* นอกจากนี้โปรตีนเซลล์เดียวที่ผลิตจากเปลือกส้ม พบว่าปริมาณโปรตีนเซลล์เดียวที่ใช้เชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* เพิ่มขึ้นจาก 12.27% เป็น 20.66 % และการใช้เชื้อ *Aspergillus niger* พบว่ามีปริมาณโปรตีนเซลล์เดียวเพิ่มขึ้นจาก 12.27% เป็น 25.46% ดังนั้นการใช้ *Saccharomyces cerevisiae* เป็นจุลินทรีย์ในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการผลิตอาหารสัตว์แหล่งโปรตีนจากเศษเหลือใช้ทางการเกษตร

คำสำคัญ : โปรตีนเซลล์เดียว *Saccharomyces cerevisiae*, เศษเหลือทางการเกษตร, อาหารสัตว์

บทนำ

ปัจจุบันโลกกำลังประสบปัญหาการขาดแคลนโดยเฉพาะแหล่งอาหารประเภทโปรตีน เนื่องจากความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรอาหารที่ลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น ทำให้ผลผลิตแหล่งอาหารประเภทโปรตีนมีจำนวนลดน้อยลงจึงก่อให้เกิดการแย่งชิงอาหารของมนุษย์และสัตว์ ทำให้โปรตีนมีราคาเพิ่มสูงขึ้น การพัฒนาแหล่งของโปรตีนขึ้นมาทดแทนมากขึ้นโดยการผลิตโปรตีนจากสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว ดังนั้นจึงจำเป็นต้องการแสวงหาวิธีการพัฒนาและแก้จุดด้อยเกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาและการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีการหมักโดยใช้เชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการเพิ่มคุณค่าทางโภชนา โดยการประยุกต์ใช้ผลพลอยได้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมในการใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบโปรตีนอาหารสัตว์และลดปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบโปรตีนในอนาคต โดยงานวิจัยที่เกี่ยวข้องศึกษา *Saccharomyces cerevisiae* เนื่องจากเป็นจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งที่มีปริมาณโปรตีนภายในเซลล์สูง โดยเฉลี่ยมีประมาณ 47-50% ของน้ำหนักแห้ง ดังนั้นจึงเหมาะสมที่จะใช้สำหรับเป็นอาหารเสริมโปรตีน นอกจากนี้ยังพบว่าประกอบไปด้วย คาร์โบไฮเดรต กรดนิวคลีอิก เกลือ ไขมัน และวิตามินหลายชนิด เช่น วิตามินบีรวม ใช้หมักร่วมกับ *Bacillus subtilis* และ *Aspergillus niger* ดังนั้นวัตถุประสงค์ของสัมมนาฉบับนี้เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของ *Saccharomyces cerevisiae* ในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียว โดยมีวัตถุดิบจากเศษเหลือทางการเกษตรจากเปลือกสับปะรด กากกะทิ กากปาล์มน้ำมันและเปลือกส้ม

โปรตีนเซลล์เดียว (Single Cell Protein)

โปรตีนเซลล์เดียวเป็น โปรตีนที่เหมาะสมในการเป็นอาหารเสริมในสัตว์ โดยการหมักโปรตีนเซลล์เดียวจากยีสต์มีส่วนประกอบของกรดอะมิโนที่จำเป็นคล้ายกับโปรตีนของสัตว์ ซึ่งการใช้ยีสต์มีชีวิตในอาหารสัตว์นั้นจะสามารถเจริญเพิ่มจำนวนเซลล์ในกระเพาะและในระบบทางเดินอาหารของสัตว์ โดยยีสต์จะใช้อาหารพวกคาร์โบไฮเดรต เยื่อใย และขับถ่ายอาหารที่ประกอบด้วยสารพวกโปรตีน ไบโตามีนและแร่ธาตุออกมาและสัตว์สามารถย่อยแล้วนำไปใช้ประโยชน์เพื่อเป็นอาหารแก่สัตว์ได้ นอกจากนี้ตัวเซลล์ยีสต์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อถูกย่อยสลายจะทำให้ได้สารอาหารโปรตีน

Saccharomyces cerevisiae

Saccharomyces cerevisiae คือ ยีสต์ (yeast) ชนิดหนึ่งที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมอาหาร ประโยชน์ที่สำคัญที่สุดของยีสต์คือการหมักเอทิลแอลกอฮอล์จากวัตถุดิบพวก คาร์โบไฮเดรต ซึ่งเป็นกระบวนการที่ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ได้แก่ เบียร์ สุรา และไวน์ทั้งในระดับอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่จำเป็นต้องอาศัยเชื้อยีสต์ และมีแนวโน้มว่าจะมีการนำเชื้อยีสต์มาใช้มากขึ้นเรื่อยๆ ในอนาคตเช่นในอุตสาหกรรมการผลิตโปรตีนเซลล์เดียว (Single cell protein) เนื่องจากยีสต์ชนิด *Saccharomyces cerevisiae* ประกอบด้วยเอนไซม์ที่มีอยู่แล้วในทางเดินอาหาร จึงเป็นการช่วยเพิ่มอัตราการย่อยได้เพิ่มขึ้นส่งผลให้สัตว์กินได้เพิ่มขึ้นช่วยเพิ่มน้ำหนักตัวหรือผลผลิตจากสัตว์ ตลอดจนรักษาสมดุลของจุลชีพในลำไส้และระบบทางเดินอาหารของสัตว์ ปัจจุบันนักวิชาการได้พยายามที่จะพัฒนาเทคนิคหรือวิธีการใหม่ๆ มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการการหมักเพื่อเพิ่มคุณภาพและปริมาณผลผลิตโปรตีนให้ดีขึ้น

ผลผลิตโปรตีนเซลล์เดียวโดยการใช้ *Saccharomyces cerevisiae* เปรียบเทียบกับ *Bacillus Subtilis*

จากการนำกากกะทิ กากปาล์ม น้ำมัน และเปลือกสับประดมาหมักกับ *Saccharomyces cerevisiae* *Bacillus subtilis* และเชื้อผสม S+B รวมกัน ผลการตรวจสอบค่าความเป็นด่างไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยระดับของ pH ที่เกิดอยู่ในช่วง 4-4.33 ซึ่งยีสต์สามารถเจริญได้ดีในระดับนี้ (pH 3.5-5.5) ทั้งนี้ยังสามารถช่วยยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียส่วนใหญ่ด้วยเนื่องจากแบคทีเรียส่วนใหญ่เจริญได้ดีในสภาพที่ pH เป็นกลาง จึงทำให้ *Saccharomyces cerevisiae* สามารถเจริญได้ดี อุณหภูมิอยู่ในช่วง 23.8-29.78 °C มนัสนันท์ และคณะ (2556) ยกงานวิจัยของ **ประสาท.(2553)** พบว่ายีสต์สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 20-30 °C และสาเหตุที่ผลผลิตลดลงเนื่องจากยีสต์จะใช้คาร์บอนจากน้ำตาลในกระบวนการเจริญเติบโตที่เปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และแอลกอฮอล์

มนัสนันท์ และคณะ (2558) ได้ทำการศึกษาผลผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากกากกะทิโดยการใช้ *Saccharomyces cerevisiae* และ *Bacillus subtilis* พบว่าเปอร์เซ็นต์ผลผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจะมีค่ามากที่สุดเมื่อใช้ *Saccharomyces cerevisiae*, *Bacillus subtilis* และ S+B ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งขัดแย้งกับ **มนัสนันท์ และคณะ (2557)** ได้ทำการศึกษาผลผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากกากปาล์ม น้ำมัน โดยการใช้ *Saccharomyces cerevisiae* และ *Bacillus subtilis* พบว่าไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ผลผลิตโปรตีนเซลล์เดียวที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งขัดแย้งกับ **มนัสนันท์ และคณะ (2556)** ได้ทำการศึกษาผลผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากเปลือกสับประดโดยการใช้

Saccharomyces cerevisiae และ *Bacillus subtilis* พบว่าเปอร์เซ็นต์ผลผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจะมีค่ามากที่สุดเมื่อใช้ *Saccharomyces cerevisiae* , *Bacillus subtilis* และ S+B มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีอิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาของการหมักที่แตกต่างกันและชนิดของจุลินทรีย์ (ดังตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลผลิตโปรตีนเซลล์เดียวโดยใช้ *Saccharomyces cerevisiae* และเชื้อ *Bacillus subtilis*

ทรีทเมนต์	สภาพการบ่ม			แหล่งที่มา
	pH	Temperature(C°)	Yield(%)	
- <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	4.23	29.38	34.82 ^a	มันสำนัง และคณะ(2558) การผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากกากกะทิ
- <i>Bacillus subtilis</i>	4.15	29.73	32.48 ^b	
-S+B	4.33	29.38	29.21 ^c	
SEM	0.52	0.50	1.36	
P-Value	NS	NS	**	
- <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	-	-	52.47	มันสำนัง และคณะ(2557)การผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากกากปาล์มน้ำมัน
- <i>Bacillus subtilis</i>	-	-	52.63	
-S+B	-	-	53.67	
SEM	-	-	0.21	
P-Value	-	-	NS	
- <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	4.00	29.42	14.18	มันสำนัง และคณะ(2556) การผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากเปลือกสับปะรด
- <i>Bacillus subtilis</i>	4.00	29.78	13.50	
-S+B	4.06	28.62	13.41	
SEM	0.18	0.33	0.59	
P-Value	NS	** ^z	** ^z	

^z = อิทธิพลรวมระหว่างระยะเวลาของการหมักที่แตกต่างกันและชนิดของจุลินทรีย์

^{a,b,c} = ตัวอักษรในคอลัมน์เดียวกันที่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99

จากการวิจัยโปรตีน ส่วนของค่าโภชนาอื่นที่เพิ่มขึ้นทั้งไขมัน เยื่อใย พลังงาน และ เถ้า แต่เห็นผลที่ไม่เด่นชัดนั้นอาจจะเป็นการเพิ่มขึ้นที่มีการแปรผันตรงกับปริมาณสิ่งแห้งที่ลดลง เพราะหาปริมาณสิ่งแห้งที่ลดลงนั้นจะแสดงถึงการสูญเสียในรูปของความชื้นออกจากผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณโภชนาในการหมัก

ตารางที่ 2 องค์ประกอบของโภชนาโปรตีนเซลล์เดียวที่ผลิตโดยการ ใช้ *Saccharomyces cerevisiae* และ *Bacillus subtilis*

ทรีทเมนต์	องค์ประกอบทางโภชนา (%)							แหล่งที่มา
	DM	CP	CF	EE	Ash	GE (Kcal/kg)	PD	
-	93.13 ^b	7.69 ^b	29.24	30.94 ^a	2.28	5,224.98	42.24 ^b	มันสำนัง และคณะ (2558) การผลิต โปรตีนเซลล์เดียว โดยใช้กากกะทิ
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>								
- <i>Bacillus subtilis</i>	94.87 ^a	6.62 ^b	27.54	30.38 ^a	2.12	5,201.92	44.62 ^b	
-S+B	92.74 ^b	14.74 ^a	26.90	27.89 ^b	2.41	5,222.34	52.22 ^a	
SEM	0.26	0.51	0.41	0.44	0.05	32.71	2.68	
P-Value	NS	**	*	NS	NS	NS	**	
-	95.93	10.38	22.85	8.94	8.40	4,524.74	70.63	มันสำนัง และคณะ (2557) การผลิต โปรตีนเซลล์เดียว โดยใช้กากปาล์ม น้ำมัน
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>								
- <i>Bacillus subtilis</i>	95.52	10.14	24.13	9.05	8.14	4,623.23	71.98	
-S+B	96.06	10.00	24.96	10.22	7.99	4,552.24	72.99	
SEM	0.05	0.06	0.08	0.09	0.06	20.08	0.07	
P-Value	** ^z	* ^z	** ^z	** ^z	* ^z	NS	NS	

-	91.54	8.86	8.12 ^a	3.57	7.09	4,232.80	60.66	มนัสนันท์ และคณะ
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>								(2556) การผลิต
- <i>Bacillus subtilis</i>	91.75	7.86	14.26 ^b	3.58	7.65	3,960.83	57.34	โปรตีนเซลล์เดียว
-S+B	92.12	10.10	12.69 ^b	3.52	7.28	4,021.41	57.10	โดยใช้เปลือก
SEM	0.77	1.09	1.63	0.40	0.59	162.47	9.17	สับประด
P-Value	NS	** ^z	*	NS	NS	NS	NS	

^z=อิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาการหมักที่แตกต่างกันและชนิดของจุลินทรีย์

NS,*,** : NS = ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ, * = พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ** = พบความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

^{a,b,c} = ตัวอักษรในคอลัมน์เดียวกันที่แตกต่างทางสถิติ

มนัสนันท์ และคณะ (2558) ทำการศึกษาการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากกากกะทิโดยการใช้น้ำ *Saccharomyces cerevisiae* และ *Bacillus subtilis* เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าโปรตีนหยาบ พบว่าค่าโปรตีนหยาบจะสูงที่สุดเมื่อใช้เชื้อร่วม S+B, *Saccharomyces cerevisiae* และ *Bacillus subtilis* คือ 14.74 7.69 และ 6.62 ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) ค่าการย่อยได้ของเอนไซม์เปปซินจะสูงที่สุดเมื่อใช้เชื้อจุลินทรีย์ชนิด S+b, *Bacillus subtilis* และ *Saccharomyces cerevisiae* ตามลำดับคือ 52.22 44.62 และ 42.24 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) ค่าเชื้อใยหยาบจะสูงที่สุด เมื่อใช้จุลินทรีย์ชนิด *Saccharomyces cerevisiae*, *Bacillus subtilis* และ S+b ตามลำดับ คือ 29.24, 27.54 และ 26.90 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ชนิดของเชื้อที่ใช้ในการหมักจะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าวัตถุแห้ง ไขมัน เถ้า และพลังงานรวมที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ซึ่งขัดแย้งกับมนัสนันท์ และคณะ (2557) ได้ทำการศึกษาการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากกากปาล์มน้ำมันโดยการใช้น้ำเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* และ *Bacillus subtilis* เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าโปรตีนหยาบพบว่าการหมักโดยการใช้น้ำเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae*, *Bacillus subtilis* และ S+B จะทำให้โปรตีนหยาบสูงขึ้นคือ 10.38, 10.14 และ 10.00 ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีอิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาของการหมักที่แตกต่างกันและชนิดของจุลินทรีย์ ค่าเถ้าจะสูงที่สุดเมื่อใช้เชื้อจุลินทรีย์ชนิด *Saccharomyces cerevisiae*, *Bacillus subtilis* และ S+B ตามลำดับคือ

8.40, 8.14 และ 7.99 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$) โดยมีอิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาของการหมักที่แตกต่างกันและชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ แล้วค่าของวัตถุแห้ง เยื่อใยหยาบและไขมันรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.01$) โดยมีอิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาของการหมักที่แตกต่างกันและชนิดของจุลินทรีย์ แต่ชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ในการหมักไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าพลังงานรวมและค่าการย่อยได้ของเอนไซม์เปปซินที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ซึ่งขัดแย้งกับ มั่นสนันท์ และคณะ (2556) ได้ทำการศึกษาการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากเปลือกสับปะรดโดยการใส่ *Saccharomyces cerevisiae* และ *Bacillus subtilis* เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าโปรตีนหยาบพบว่า ค่าโปรตีนจะสูงที่สุดเมื่อการหมักที่ใช้เชื้อ S+B , *Saccharomyces cerevisiae* และ *Bacillus subtilis* ตามลำดับ คือ 10.10, 8.86 และ 7.86 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.01$) โดยมีอิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาของการหมักที่แตกต่างกันและชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ ค่าเยื่อใยหยาบ จะสูงที่สุดเมื่อใช้เชื้อ *Bacillus subtilis*, S+B และ *Saccharomyces cerevisiae* ตามลำดับ คือ 14.26, 12.69 และ 8.12 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนค่าวัตถุแห้ง ค่าการย่อยได้ของเอนไซม์เปปซิน ไขมัน เถ้าและพลังงานรวมไม่มีอิทธิพลร่วมต่อค่าโภชนาที่เปลี่ยนแปลงไปหรือไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เนื่องจาก *Saccharomyces cerevisiae* สามารถที่จะเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนเซลล์โดย *Saccharomyces cerevisiae* และ *Bacillus subtilis* จะให้ประโยชน์จากสารอาหารพวกคาร์โบไฮเดรต รวมถึงการสร้างเอนไซม์ของ *Bacillus subtilis* ในการย่อยสลายเยื่อใยให้เป็นคาร์โบไฮเดรตสายสั้นๆ ที่เป็นอาหารตั้งต้นให้ *Saccharomyces cerevisiae* ให้เป็นสารอาหารในการดำรงชีวิตและการเพิ่มจำนวนด้วย นอกจากนั้นแล้วเชื้อจุลินทรีย์ยังจะขั้นถ่ายอาหารที่ประกอบด้วยสารพวกโปรตีน ไวตามิน แร่ธาตุออกมา ซึ่งสัตว์กระเพาะเคี้ยวทั้งสุกรและสัตว์ปีกจะสามารถย่อยและใช้ประโยชน์ได้

ผลผลิตโปรตีนเซลล์เดียวโดยการใช้ *Saccharomyces cerevisiae* เปรียบเทียบกับ *Aspergillus niger*

จากรายงานวิจัยของ Sadiq et al. (2014) ที่ทำการศึกษาการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากเปลือกส้ม 3 ชนิดคือ citrus aurantium, citrus sinensis และ citrus paradisi โดยใช้ *Saccharomyces cerevisiae* และ *Aspergillus niger* โดยผู้จัดทำสัมมนาได้มีการคัดแปลงรายละเอียดข้อมูลจากรูปภาพกราฟแท่งมาเป็นการตาราง เนื่องจากงานวิจัยไม่มีการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางโภชนาของโปรตีนเซลล์เดียวที่ผลิตโดยใช้ *Saccharomyces cerevisiae* และ *Aspergillus niger*

ทรีทเมนต์	องค์ประกอบทางโภชนา (%)			
	CP	CF	EE	Ash
ชนิดของจุลินทรีย์				
เปลือกส้ม	12.27±0.97	2.70±0.14	1.33±0.29	4.40±4.00
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	20.66±2.21	2.10±0.10	0.79±0.13	3.31±0.36
<i>Aspergillus niger</i>	25.46±3.24	2.00±0.10	0.74±0.18	3.82±0.29

ที่มา : ดัดแปลงจาก Sadiq et al. (2014)

ผลของการใช้ *Saccharomyces cerevisiae* และ *Aspergillus niger* หมักเปลือกส้มในการผลิตโปรตีนผลจากงานวิจัยพบว่าการใช้ *Aspergillus niger* ปริมาณค่าโปรตีนในผลิตภัณฑ์สูงกว่าการใช้เชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* เนื่องจาก *Aspergillus niger* มีปริมาณของโมโนแซ็กคาไรด์สูงกว่าเมื่อเทียบกับเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* นอกเหนือจากนั้นโปรตีนเซลล์เดียวได้แสดงให้เห็นถึงการลดลงของเชื้อยีส ไนมัน และปริมาณเถ้า

สรุปและข้อเสนอแนะ

การผลิตโปรตีนเซลล์เดียวเซลล์เดียวโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ *Saccharomyces cerevisiae*, *Bacillus subtilis* และ *Aspergillus niger* ช่วยให้มีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบหมักด้วยจุลินทรีย์ชนิด *Saccharomyces cerevisiae* และ *Bacillus subtilis* พบว่า การหมักโดยใช้ *Saccharomyces cerevisiae* ให้โปรตีนเซลล์เดียวมากกว่า แต่เมื่อเปรียบเทียบกับจุลินทรีย์ชนิด *Aspergillus niger* พบว่าจุลินทรีย์ *Saccharomyces cerevisiae* มีปริมาณผลผลิตโปรตีนเซลล์เดียวน้อยกว่า แต่อย่างไรก็ตามเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 3 ชนิดสามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนและสามารถนำไปพัฒนาเป็นโปรตีนสำหรับอาหารสัตว์ได้

เอกสารอ้างอิง

มนัสนันท์ นพรัตน์ไมตรี, จิรัฏฐวัฒน์ ศรีอ่อนเลิศ, วุฒิกกร สระแก้ว และ วรางคณา กิจพิพิธ. 2557. “การปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาของกากปาล์มน้ำมันรวมโดยใช้ยีสต์และบาซิลลัสเพื่อเป็นแหล่งอาหารโปรตีนสำหรับสัตว์”. **แก่นเกษตร** 42 (1): 351-357.

มนัสนันท์ นพรัตน์ไมตรี, พรพรรณ แสนภูมิ, วรางคณา กิจพิพิธ และ กฤติยา เลิศขุนหะเกียรติ. 2556.

“การศึกษาการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากเปลือกสับปะรดโดยใช้ยีสต์และบาซิลลัสขัปลดิสเพื่อพัฒนาเป็นอาหารสัตว์”. **แก่นเกษตร** 41 (1): 80-85.

มนัสนันท์ นพรัตน์ไมตรี, วรางคณา กิจพิพิธ, อณัญญา ปานทอง และ กฤติยา เลิศขุนหะเกียรติ. 2558.

“การผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากเศษเปลือกากกะทิโดยใช้ยีสต์และบาซิลลัสขัปลดิสเพื่อพัฒนาเป็นอาหารสัตว์”. **วารสารวิชาการและวิจัย มทร. พระนคร ฉบับพิเศษ การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล. ครั้งที่ 5**: 72-78.

Sadiq Azam, Zeeshan Khan, Bashis Ahmad, Ibrar Khan and Javid Ali. 2014. “Production of Single Cell protein from Orange Peels Using *Aspergillus niger* and *Saccharomyces cerevisiae*”. **Global Journal of Biotechnology & Biochemistry** 9 (1): 14-18.

Yeast Extract. 2555. *Saccharomyces cerevisiae*. แหล่งที่มา: <http://ยีสต์>

[ยีสต์.blogspot.com/2012/07/saccharomyces cerevisiae](http://ยีสต์.blogspot.com/2012/07/saccharomyces-cerevisiae), 10 กุมภาพันธ์ 2560.

ณรงค์ ชัยเลิศ. ม.ป.ป.. เซลล์โปรตีนสูงจากของเสียอุตสาหกรรมเกษตร. แหล่งที่มา:

<https://www.classstart.org/classes/74>, 10 กุมภาพันธ์ 2560.