การคัดเลือกเชื้อรา *Mucor* sp. ที่สามารถผลิตเอนไซม์กลูโคอะไมเลสจากลูกแป้งข้าวหมากในท้องถิ่น

Screening of *Mucor* sp. glucoamylase - producing from Look-pang khaomak in Locality

นูรมา เจ๊ะเลาะ[1] และนูรอัยนี หะยียูโซะ[2]*

Nurma Jekloh and Nur-ainee Hayeeyusoh

บทคัดย่อ

การคัดเลือกเชื้อรา *Mucor* sp. ที่มีแนวโน้มสามารถผลิตเอนไซม์กลูโคอะไมเลสจากลูกแป้งข้าวหมากในท้องถิ่น โดยเก็บตัวอย่างลูกแป้งข้าวหมากจาก 15 ตำบล ของ จ. ยะลา จ.ปัตตานี และจ.นราธิวาส โดยเพาะเลี้ยงบนอาหาร Potato dextrose agar (PDA) บ่มที่ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-5 วัน สามารถคัดแยกได้ทั้งหมด 3 ไอโซเลต คือ *Mucor* sp. LPM1 คัดแยกได้จาก ต. แว้ง *Mucor* sp. LPM2 คัดแยกได้จาก ต. เอราวัณ และ *Mucor* sp. LPM3 คัดแยกได้จาก ต. ยี่งอ เมื่อนำเชื้อราทั้ง 3 ไอโซเลต มาทำการทดสอบความสามารถในการสร้างเอนไซม์ย่อยแป้งในอาหาร PDA ที่ผสมแป้ง 1% บ่มที่ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน พบว่าไอโซเลตที่สร้างเอนไซม์กลูโคอะไมเลสได้สูงสุด คือ *Mucor* sp. LPM 1 โดยมีอัตราส่วนเฉลี่ย CZ/CS เท่ากับ 0.34 เซนติเมตร ส่วนลักษณะโคโลนี ขาวฟู สร้างสปอร์ได้น้อย ลักษณะภายใต้กล้อง เส้นใย non-septate มีการสร้างสปอร์แรงจิโอสปอร์ สปอร์เป็น สีใส ผนังเรียบ ไม่มี Rhizoid และ Stolon ดังนั้นมีแนวโน้มว่าเชื้อรา *Mucor* sp. LPM 1 มีประสิทธิภาพในการผลิตเอนไซม์กลูโคอะไมเลส และคาดว่าสามารถนำเอนไซม์ดังกล่าวไปต่อยอดในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

คำสำคัญ: เชื้อรา *Mucor* sp. , ลูกแป้งข้าวหมาก, เอนไซม์กลูโคอะไมเลส

Abstracts

Screening of *Mucor* sp. sampled Look-pang Khaomak from 15 sub-districts of 3 Provinces (Pattani, Yala and Narathiwart). All samples were cultivated on Potato Dextrose Agar (PDA) and incubate at temperature 30ºC for 3-5 days. The study were following 3 isolates found; *Mucor* sp. LPM 1 isolated from Waeng Sub-district, *Mucor* sp. LPM 2 from Erawan Sub-district and *Mucor* sp. LPM 3 from Yingo Sub-district. The testing result of capability of these 3 isolated in producing glucoamylase in PDA with the mixture of 1% of soluble starch and incubate at temperature 30ºC for 4 days. Results were shown *Mucor* sp. LPM1 has highest capability in producing the glucoamylase (CZ/CS ratio is 0.34 cm). The morphological characterization the genus, they created colony with white fluffy hyphae and producing little spores. The hyphae were non-septate and having sporangium. Their spores were clear with flat core wall and having no rhizoid and stolon. It is expected that, in the future and future research and development, the enzyme will be used in industrial level.

Keywords : *Mucor* sp. , Look-pang Khaomak , Glucoamylase.

[1] นิสิตศึกษา สาขาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 95000

[2] อ., สาขาจุลชีววิทยา ภาควิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 95000

*Corresponding author: e-mail: hnurainee@yahoo.com

บทนำ

การผลิตลูกแป้งเป็นภูมิปัญญาพื้นบ้านและยังเป็นกล้าเชื้อจุลินทรีย์ที่เก็บไว้ในรูปเชื้อแห้ง คนสมัยโบราณคัดเลือกจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในธรรมชาติใช้ในรูปแบบของลูกแป้ง นำมาผลิตอาหารหมักหลายชนิดในประเทศเอเชียเข้าใจว่าลูกแป้งมีกำเนิดมาจากประเทศจีนแล้วเผยแพร่ไปยังประเทศต่างๆรวมทั้งประเทศไทยลูกแป้งมีชื่อเรียกที่แตกต่างกันไป เช่นประเทศอินเดีย ประเทศเนปาล และประเทศภูฐานเรียกว่า“บุคคาร์”ประเทศอินเดียเรียกว่า “ราจิ”ประเทศเกาหลีเรียกว่า“นูรุก” ประเทศจีนเรียกว่า“เป๊ะเหยว”ประเทศญี่ปุ่นเรียกว่า“โคจิ”ประเทศมาเลเซียเรียกว่า“ราจิตาไปย” ซึ่งลูกแป้งสามารถนำมาผลิตเป็นอาหารหมักเป็นข้าวหมากโดยหมักพร้อมกับข้าวเหนียวโดยการย่อยข้าวด้วยเอนไซม์ของเชื้อราในลูกแป้งเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาลซึ่งราที่มีบทบาทสำคัญในลูกแป้งข้าวหมากพบเพียงไม่กี่สกุลเท่านั้น ราที่พบส่วนใหญ่คือ *Mucor* sp., *Amylomyces rouxii*, *Rhizopus* sp. และ *Aspergillus* sp. ซึ่งมีความสามารถผลิตเอนไซม์กลูโคอะไมเลสและแอลฟาอะไมเลส นอกจากมีบทบาทในการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์แล้วยังสามารถผลิตเอนไซม์กลูโคอะไมเลสออกมาย่อยแป้งที่เหลือเป็นน้ำตาลได้อีกด้วย [1,10]

กลูโคอะไมเลส (glucoamylase) เป็นเอนไซม์ที่สามารถเร่งปฏิกิริยาการย่อยแป้งโดยแป้งจะถูกย่อยด้วยอะไมเลสจะเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติ คือ มีความเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ได้สูงขึ้น และย่อยแป้งได้อย่างสมบูรณ์จากทางด้าน non-reducing end ที่ตำแหน่ง α-D-(1,4) และ α-D-(1,6) glycosodic bonds เข้าไปทีละหนึ่งหน่วยกลูโคส ดังนั้นการย่อยที่สมบูรณ์จะได้น้ำตาลกลูโคสเพียงอย่างเดียว [4]

กลุ่มเอนไซม์ที่ย่อยแป้งมีบทบาทสำคัญอย่างมากในอุตสาหกรรมอาหารโดยเฉพาะในส่วนของ starch processing เนื่องจากเอนไซม์ที่ผลิตจากจุลินทรีย์มีสมบัติในการเร่งปฏิกิริยาที่แตกต่างกัน มีผลทำให้เกิดผลิตภัณฑ์น้ำตาลชนิดต่างๆซึ่งไม่เพียงแต่จะทดแทนน้ำตาลที่ได้จากธรรมชาติแล้ว สมบัติของน้ำตาลบางชนิดที่ได้ยังมีผลต่อการนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารอื่นๆ เช่น อุตสาหกรรมขนม ของหวาน อุตสาหกรรมการผลิตกลูโคสผง อุตสาหกรรมการผลิตน้ำเชื่อมกลูโคสและฟรุกโตส ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้กันมากในอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม ผลิตลูกกวาด การทำขนมอบ ลูกอม เป็นต้น เนื่องจากให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีกว่าการใช้น้ำตาลทราย [9] นอกจากนี้การนำเอนไซม์กลูโคอะไมเลสไปใช้ทางการค้าได้นั้นจะต้องทำให้เอนไซม์บริสุทธิ์และหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเพื่อที่จะเพิ่มปริมาณเอนไซม์กลูโคอะไมเลสให้มากยิ่งขึ้น [3]

Mucor sp. เป็นราขาว เนื่องจากมีเส้นใยขาว สร้างสปอร์ได้น้อย เชื้อราชนิดนี้จะสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยการสร้างสปอร์แรงจิโอสปอร์ อยู่ภายในสปอร์แรงเจียม สปอร์แรงจิโอฟอร์อาจแตกแขนงหรือไม่แตกแขนง สร้างบนส่วนของเส้นใยที่เติบโตบนอาหาร ที่ปลายสปอร์แรงจิโอฟอร์มีส่วนที่โป่งพองออกมาเรียกว่า คอลลูเมลลา (columella) ซึ่งอาจมีรูปกลมหรือทรงกระบอก สปอร์แรงจิโอสปอร์ รูปกลมหรือ ผนังเรียบไม่มีสี บางชนิดอาจสร้างสปอร์อาศัยเพศแบบไซโกสปอร์ (zygospore) จะต่างจาก *Rhizopus* sp.คือ ไม่สร้าง rhizoid และ stolons [8]

การวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะคัดเลือกเชื้อรา *Mucor* sp. ที่สามารถผลิตเอนไซม์กลูโคอะไมเลสจากลูกแป้งข้าวหมากในท้องถิ่น เพื่อสามารถนำไปต่อยอดงานวิจัยขั้นต่อไปและนำไปสู่การผลิตเอนไซม์กลูโคอะไมเลสในระดับอุตสาหกรรม อีกทั่งยังสามารถผลิตกล้าเชื้อในการผลิตข้าวหมากในท้องถิ่น ที่ทำให้มีรสชาติหวาน หอม และอร่อย เป็นแนวทางที่จะทำให้เพิ่มมูลค่าของข้าวหมากและต่อยอดผลิตภัณฑ์เข้าสู่ระดับอุตสาหกรรมในอนาคต

วิธีการวิจัย

การเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างลูกแป้งข้าวหมากในท้องถิ่น จำนวน 15 ตำบล ใน 3 จังหวัด ได้แก่ 1.จังหวัดปัตตานี ได้แก่ ต.กระโด, ลูโบะยีไร, ยะหริ่ง, สะกำ และเกาะจัน 2. จังหวัดยะลา ได้แก่ต. บาลอ, ยะหา, บ้านแหร, บันนังสตา และกรงปินัง 3.

จังหวัดนราธิวาส ได้แก่ ต.โคกสะตอ, แว้ง, สุวารี,เอราวัณ และ ยี่งอ ใส่ลงในถุงพลาสติกที่ปราศจากเชื้อแล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 ซ เพื่อนำไปคัดแยกเชื้อราในห้องปฏิบัติการ

การแยกเชื้อรา *Mucor* sp. จากลูกแป้งข้าวหมากในท้องถิ่น

ทำการแยกเชื้อราจากลูกแป้งในท้องถิ่นโดยนำตัวลูกแป้งมาบดให้ละเอียดด้วยโกร่งบดสารแล้วนำไปชั่งผงลูกแป้งให้ได้ประมาณ 1 กรัม ใส่ลงในน้ำกลั่นที่ผสมโซเดียมคลอไรด์ 0.85 % ปริมาณ 9 ml ที่ปราศจากเชื้อ และทำการเจือจางที่ระดับความเข้มข้น 10^{-1}-10^{-5} ตามลำดับ ดูดตัวอย่างแต่ละระดับความเจือจางมา 0.1 ml ลงในอาหาร PDA และทำการ Speread plate โดยเกลี่ยเชื้อให้ทั่วผิวหน้าอาหารโดยทำ 2 ซ้ำของแต่ละระดับความเจือจาง จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง 30 ซ เป็นเวลา 3-5 วัน เมื่อเชื้อเจริญใช้เข็มเขี่ยเชื้อราเขี่ยสปอร์หรือเส้นใยรา โดยเลือกเฉพาะโคโลนีที่คาดว่าเป็นเชื้อรา *Mucor* sp. สังเกตลักษณะโคโลนีที่มีเส้นใยสีขาว สร้างสปอร์ได้น้อย และตรวจสอบโดยการสังเกตด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยดูลักษณะสัณฐานวิทยาของเชื้อราเก็บเชื้อที่แยกได้ในอาหาร PDA Slant เพื่อศึกษาต่อไป

การพิสูจน์เอกลักษณ์ของเชื้อรา [8]

ศึกษาลักษณะทาง Macroscopic และ Microscopic morphology

การทดสอบเชื้อรา *Mucor* sp. ที่มีความสามารถย่อยแป้งได้

นำเชื้อราที่แยกได้จากลูกแป้งข้าวหมากทั้งหมด 3 ไอโซเลต โดยนำเชื้อราแต่ละไอโซเลตมาเพาะเลี้ยงลงในอาหารในอาหาร PDA บ่มที่อุณหภูมิ 30 ซ เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นตัดส่วนเส้นใยเชื้อรา ด้วย cork borer ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 cm และนำชิ้นส่วนเส้นใยราที่ตัดไว้ลงเลี้ยงตรงกลางอาหาร PDA ที่มีส่วนประกอบของสารละลายแป้ง ร้อยละ 1(W/V) และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 ซ เป็นเวลา 3-5 วัน และราดด้วยสารละลายไอโอดีนเข้มข้นร้อยละ 2.5 (W/V) ปริมาตร 20 ml จากนั้นทำการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของโคโลนี โดยเทสารละลายไอโอดีนลงบนโคโลนีของเชื้อ ทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที เทสารละลายไอโอดีนออก สังเกตการสร้างวงใสของเชื้อแสดงว่าเชื้อได้ย่อยแป้งแล้วและวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของบริเวณวงใสรอบโคโลนี โดยจะดูระยะการเจริญของเชื้อในการสร้างวงใสเป็นระยะเวลา 4 วัน [7]

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

การคัดแยกเชื้อรา *Mucor* sp.

ตัวอย่างลูกแป้งข้าวหมากที่ทำการคัดแยกเชื้อรา *Mucor* sp. นำมาจาก 15 ตำบล ใน 3 จังหวัด 1. จังหวัดปัตตานี ได้แก่ ต.กระโด, โบะยีไร, ยะหริ่ง, สะกำ และ เกาะจัน 2. จังหวัดยะลา ได้แก่ ต. บาลอ, ยะหา, บ้านแหร ,บันนังสตา และ กรงปินัง 3. จังหวัดนราธิวาส ได้แก่ ต.โคกสะตอ, แว้ง, สุวารี, เอราวัณ และ ยี่งอ โดยแต่ละตำบลทำการเก็บตัวอย่าง 3 ครั้งด้วยกัน พบว่ามีเพียง 3 ตำบลได้แก่ ต. แว้ง เอราวัณ และ ยี่งอ จ.นราธิวาส เท่านั้นที่สามารถแยกเชื้อรา *Mucor* sp. ได้ทั้งหมด 3 ไอโซเลต ได้แก่ LPM 1, LPM 2 และ LPM 3 (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 จำนวนเชื้อราที่คัดแยกได้จากลูกแป้งข้าวหมาก

แหล่งเก็บตัวอย่าง	ครั้งที่ / จำนวนชนิดราแยกได้พบ			ครั้งที่ / *Mucor* sp.		
	1	2	3	1	2	3
ต. แว้ง จ.นราธิวาส	4	4	3	LPM 1	LPM 1	LPM 1
ต. เอราวัณ จ.นราธิวาส	3	4	3	LPM 2	LPM 2	LPM 2
ต. ยีงอ จ.นราธิวาส	3	3	3	LPM 3	LPM 3	LPM 3

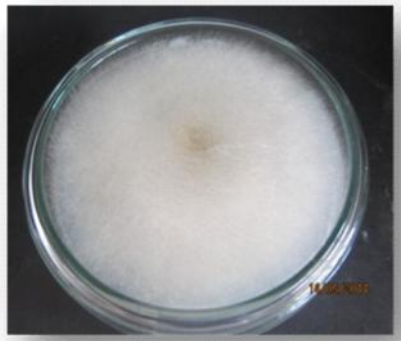
Mucor sp. LPM1 มี ลักษณะโคโลนี ขาวฟู เนื่องจากเส้นใยราขาว ช่วงแรกของการเจริญเส้นใยราจะชูตรงขึ้น สร้างสปอร์ได้น้อย เมื่อบ่มถึง 3-5 วัน จะเห็นเส้นใยม้วนขดพันกันเข้าตรงศูนย์กลาง sporangia และเห็นสปอร์ชัดขึ้น เมื่อเชื้อราเจริญแก่เต็มที่เส้นใยราจะกล้ายเป็นสีเทาอ่อนด้านหลังโคโลนีจะออกสีเหลืองๆ เมื่อส่องกล้องจุลทรรศน์พบว่า ไม่มีผนังกั้น เส้นใยใส มีการสร้างสปอร์แรงจิโอสปอร์ อยู่ภายในสปอร์แรงเจียม สปอร์แรงจิโอฟอร์ไม่แตกแขนง ปลายของสปอร์แรงจิโอฟอร์จะมีส่วนที่โปร่งออก เรียกว่า columella เป็นรูปกลม สปอร์เป็นสีใส ผนังเรียบ เมื่อสปอร์แก่เต็มที่จะหลุดออกได้ง่าย ลักษณะเด่นของเชื้อจะไม่มี rhizoid เหมือน *Rhizopus* sp. (ตารางที่2)

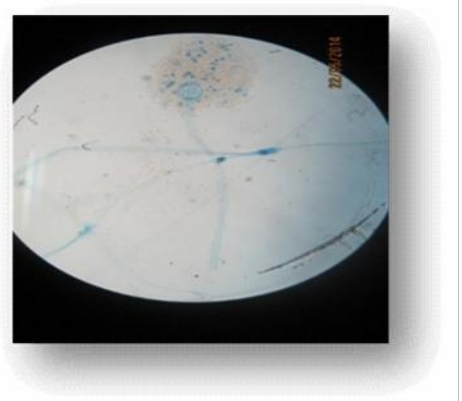
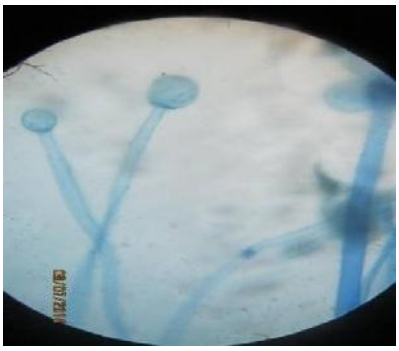
Mucor sp. LPM2 ช่วงแรกของการเจริญเป็นเส้นใยสีขาวอมน้ำตาลและจะเป็นสีน้ำตาลเข้มเมื่อแก่เต็มที่ จะแตกต่างจาก *Mucor* sp. LPM1 เส้นใยของราชนิดนี้เป็นส้นใยขนาดเล็ก สปอร์สร้างได้มากกว่าและเห็นได้ชัดตั้งแต่ช่วงที่ 2 ของการบ่ม สปอร์สีน้ำตาล เม็ดใหญ่กว่าสปอร์ของ *Mucor* sp. LPM1 ด้านหลังโคโลนีเป็นน้ำตาลเข้ม เมื่อส่องกล้องจุลทรรศน์พบว่าไม่มีผนังกั้น เส้นใยยาวใสพันกัน สปอร์แรงจิโอฟอร์แตกแขนง ขนาดและความกว้างของเส้นใยมีขนาดเล็กกว่า *Mucor* sp. LPM1 สปอร์แรงจิโอสปอร์หลุดออกจากสปอร์แรงเจียม สปอร์กลมขอบเรียบขนาดเล็กสีน้ำตาล มี columella โปร่งออกจากปลายสปอร์แรงจิโอฟอร์ เส้นใยไม่มีการสร้าง rhizoid (ตารางที่ 2)

Mucor sp. LPM3 ลักษณะโคโลนีสีขาวตอนช่วงแรกการเจริญ โคโลนีแบนเรียบ เจริญเต็มจานเพาะเชื้ออย่างรวดเร็ว พอถึงช่วงที่ 3-5 วันของการบ่มจะเห็นเส้นใยชูตรงขึ้นและฟู สังเกตได้ว่าเชื้อมีการสร้างสปอร์ได้น้อยมาก และสปอร์จะเป็นสีขาวในส่วนที่เส้นใยมีการสร้างสปอร์ ด้านหลังโคโลนีเป็นสีขาวครีมๆ เมื่อส่องกล้องจุลทรรศน์พบว่าไม่มีผนังกั้น เส้นใยสีใส เส้นใยจะมีขนาดใหญ่กว่า *Mucor* sp. LPM1 และ *Mucor* sp. LPM2 ไม่มีการแตกเขนงกิ่งก้าน columella ที่โปร่งออกรูปปร่างกลม สปอร์ที่อยู่ภายในสปอร์แรงเจียม สปอร์มีสีใสมากกลมขอบเรียบเล็กน้อยและอยู่ติดกันเหมือนไข่ปลา (ตารางที่ 2)

ลักษณะสัณฐานวิทยาที่ได้ทำการศึกษาทั้ง Macro และ microscopic morphology พบว่าเชื้อราทั้ง 3 ไอโซเลต [5], [8] และ ที่ได้กล่าวว่า ลักษณะของเชื้อรา *Mucor* sp. คือเส้นใยไม่มีผนังกั้น บนส่วนของเส้นใยที่เติบโตบนอาหาร สปอร์แรงจิโอฟอร์อาจแตกแขนงหรือไม่แตกแขนง สปอร์แรงเจียมอยู่ที่ปลาย ภายในมีสปอร์แรงจิโอสปอร์ ผิวเรียบ รูปกลมหรือรี ไม่มีสี รากลุ่มนี้ไม่มีไรซอยด์ที่ฐานของสปอร์แรงจิโอฟอร์ ไม่มีสโตลอน และสปอร์แรงจิโอลเจริญเติบโตรวดเร็ว ลักษณะโคโลนีฟูคล้ายสำลี บางชนิดสร้างไซโกสปอร์สีดำ”

ตารางที่ 2 ลักษณะของเชื้อรา *Mucor* sp. ที่คัดแยกได้ทั้ง 3 ไอโซเลต

เชื้อราที่คัดแยกได้	Macroscopic morphology **(บนอาหาร PDA)**	Microscopic morphology **(400x)**
Mucor sp. LPM 1		

Mucor sp. LPM 2		
Mucor sp. LPM 3		

การทดสอบความสามารถของเชื้อรา *Mucor* sp. ในการย่อยแป้ง

จากผลการทดสอบความสามารถในการสร้างเอนไซม์ย่อยแป้งของเชื้อรา Mucor sp. ที่คัดแยกได้ ดังกล่าวได้ทดสอบบนอาหาร PDA ที่ผสม Soluble starch บ่มเชื้อได้ 4 วันราดด้วยสารละลายไอโอดีนเพื่อที่จะวัดปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงของสีไอโอดีนกับแป้งและสังเกตได้ว่าประสิทธิภาพของการย่อยแป้งเปรียบเทียบได้จากการสร้างวงใสของแต่ละเชื้อในบริเวณที่แป้งถูกย่อย เมื่อราดด้วยสารละลายไอโอดีนจะเกิดสีน้ำเงินในบริเวณที่มีแป้ง แต่บริเวณที่แป้งถูกย่อยเป็นน้ำตาลแลวจะเห็นบริเวณวงใส ซึ่งจะสอดคล้องกับรายงาน[6] เมื่อทดสอบความสามารถในการสร้างเอนไซมหลังจากราดไอโอดีน และวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณวงใสที่มีความสามารถในการสร้างเอนไซม์ย่อยแป้งพบว่าเชื้อรา *Mucor* sp. LPM 1 มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของบริเวณวงใส (CZ) เท่ากับ 3.10 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของโคโลนี (CS) เท่ากับ 9.00 เซนติเมตร มีค่า CZ/ CS เท่ากับ 0.34 เซนติเมตร ส่วนเชื้อรา *Mucor* sp.LPM 2 และ *Mucor* sp.LPM 3 มีค่า CZ/ CS เท่ากับ 0.27 และ 0.25 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 3 ไอโซเลต พบว่าไอโซเลตที่มีค่าอัตราส่วนระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางของบริเวณวงใส(และเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนี สูงสุดคือ *Mucor* sp. LPM1 โดยมีค่า CZ/CS เท่ากับ 0.34 เซนติเมตร ซึ่งจะสอดคล้องกับ [2] รายงานว่า *Mucor* sp. มีการสร้างเอนไซม์ย่อยแป้งเป็นน้ำตาลกลูโคสได้ โดยราแต่ละไอโซเลตจะสร้างในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยราทั้ง 3 ไอโซเลตมีความสามารถในการย่อยแป้งต่างกัน และมีรูปแบบการทำงานของเอนไซม์ที่แตกต่างกัน [11]

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบความสามารถของเชื้อรา *Mucor* sp. ทั้ง 3 ไอโซเลตในการย่อยแป้ง

เชื้อราที่คัดแยกได้	CZ (cm.)	CS (cm.)	CZ/ CS (cm.)
Mucor sp. LPM1	3.10	9.00	0.34
Mucor sp. LPM2	2.51	9.00	0.27
Mucor sp. LPM3	2.33	9.00	0.25

สรุปผลการวิจัย

การคัดเลือกเชื้อรา *Mucor* sp. ที่สามารถผลิตเอนไซม์กลูโคอะไมเลสจากลูกแป้งข้าวหมากในท้องถิ่น สามารถคัดแยกได้ 3 ไอโซเลต ได้แก่ *Mucor* sp. LPM1 จากตำบลแว้ง, *Mucor* sp. LPM2 จากตำบลเอราวัณ และ *Mucor* sp. LPM3 จากตำบลยี่งอ ซึ่งทั้ง 3 ตำบลอยู่ในจังหวัดนราธิวาส ผลการทดสอบความสามารถในการย่อยแป้งพบว่า *Mucor* sp. LPM1 มีความสามารถในการย่อยแป้งได้สูงสุดคือ CZ/CS เท่ากับ 0.34 เซนติเมตร ซึ่งแนวโน้มที่จะสามารถผลิตเอนไซม์กลูโคอะไมเลสได้สูงสุด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากหลักสูตรจุลชีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา (พ.ศ. 2556) และขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการทำวิจัยจนเสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

[1] จิราภรณ์ ยอดเถื่อน วลัยรัตน์ จันทรปานนท์ และ หทัยรัตน์ ริมคีรี. (2553). **การคัดเลือกเชื้อบริสุทธิ์โดยทดสอบการย่อยแป้งและการผลิตแอลกอฮอล์เพื่อใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำข้าวหมาก**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ

[2] เจริญ เจริญชัย .2548. **บทบาทของยีสต์และราจากลูกแป้งในการหมักข้าว** . คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

[3] บุณพา วณิชชาพลอยด์. 2548. **การคัดเลือกเชื้อรา *Rhizopus* sp. ทนร้อนที่ผลิตเอนไซม์กลูโคอะไมเลสและปัจจัยที่มีผลต่อการผลิต.** บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (ภาควิชาจุลชีววิทยา). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[4] ปิยะนุช เนียมทรัพย์ และคณะ. 2552. **การวิจัยและพัฒนาจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการจัดการสิ่งแวดล้อม. คณะวิทยาศาสตร์.** มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่

[5] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์และนิธิยา รัตยาปนนท์ .2557. ***Mucor* sp./มิวคอร์**. สืบเมื่อค้น 28 มกราคม 2557 จาก http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1618

[6] สุพัตรา รัตนตระกูลเดชา บุษบา ยงสมิทธ์ กล้าณรงค์ ศรีรอด และ วิเชียร์ กิจปรีชาวนิช .(2538). **การคัดเลือกเชื้อรา *Rhizopus* sp.ที่ผลิตกรดแลคติกได้จากแป้ง.** คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[7] สืบสกุล พึ่งตนเอง อาภรณ์ วงวิจารณ์ และ ศีวรรณ พูลพันธุ์ . (2550). **การเสริมสร้างเอนไซม์ช่วยย่อยในกากมันสำปะหลังโดยการหมักของเชื้อรา.** ภาควิชาจุลชีววิทยา.คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.กรุงเทพ ฯ

[8] สิริวรรณ สุนทรศารทูล. (2550) . **การศึกษาคุณสมบัติบางประการของเชื้อรา *Mucor* sp.และยีสต์ *Saccharomyces cerrevisiae* เพื่อการผลิตสาโทจากธัญพืชชนิดต่างๆ.** สาขาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปะศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ

[9] ศุภร เกียรติมานะโรจน์ .2548. **การผลิตเอนไซม์กลูโคอะไมเลสจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรโดยเชื้อยีสต์ *Saccharomycopsis fibuligera* CBS 6310** .บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ). สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[10] อรุณี ทรัพย์เจริญเลิศ . 2553. **การคัดแยกสายพันธุ์ราและยีสต์จากลูกแป้งเหล้า**.คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[11] Alves M H., Galba M. C.T., Ana L. F. P., and Adauto I M. (2002). Screening of *Mucor* sp. for the production of amylase, lipase, polygalacturonase and protease. **Microbiology.** 33, 325-330