วิจารณ์ผล

ผลของการแยกเชื้อรา Aspergillus 10 สายพันธุ์จากแหล่งอาหารที่รับประทานได้ คือ ลูกแป้ง เชื้อหมักเต้าเจี้ยว และลูกแป้งแอลกอฮอร์ พบว่า เชื้อราเหล่านี้ใช้ substrate ที่เป็นแป้ง ข้าวจาว ข้าวเหนียว ข้าวสาลี และอาหารเหลวที่เตรียมได้จากแป้งมันสำปะหลัง แสดงว่าราที่ทดลองมีคุณสมบัติในการใช้การ์โบไฮเดรต แล้วเปลี่ยนให้เป็นโปรตีนได้ และสามารถสะสมโปรตีนในสายใยได้ดี ราเหล่านี้มีคุณสมบัติเป็นราที่ให้แอมมิเลส หรือบางสายพันธุ์ที่แยกจากเชื้อหมักเต้าเจี้ยว ซึ่งมี substrate เป็นถั่วเหลือง จึงควรมีทั้งน้ำย่อยโปรทีเอส (protease) และแอมมิเลสอยู่ด้วย จากคุณสมบัติเหล่านี้ทำให้ชาวบ้านคัดเลือกพันธุ์เหล่านี้มาใช้ทำลูกแป้ง และเชื้อหมักแอลกอยอร์ตามธรรมชาติ โดยอาศัยคุณสมบัติทางลักษณะภายนอก เมื่อทดลองเลี้ยงราที่คัดเลือกจากคุณสมบัติดังข้างต้นในห้องปฏิบัติการ พบว่า สายพันธุ์ A21, A14 และ B1 สามารถใช้น้ำย่อยแอมมิเลสย่อยแป้งมันสำปะหลังให้เป็นกลูโคสแล้วเปลี่ยนกลูโคสเป็นโปรตีนสูงได้

สภาพที่ต้มเศษมันสำปะหลังขนาดประมาณชิ้นละ 3 ลบ.ซม. ให้เดือดนาน 5 นาที จะได้ปริมาณแป้ง 2.3 % ดังแสดงในตารางที่ 3 สภาพการเตรียมสะดวกและได้ปริมาณแป้ง เหมาะกับการเลี้ยงรา Aspergillus เพราะของเหลวที่ได้ไม่ข้นหรือใสจนเกินไป ต่อการละลายของก๊าซออกซิเจนในอาหารพอกับการเจริญเติบโตของรา เมื่อเลี้ยงบนเครื่องเขย่าที่มีความเร็ว 120 รอบต่อนาที ถ้าข้นเกินไปก๊าซออกซิเจนจะแทรกเข้าไปได้ยาก ดังนั้นสภาพอื่น ๆ เช่น 3.0 และ 5.0 % แป้งมันสำปะหลังได้ใช้ในการทดลองในกายหลัง พบว่า ก๊าซออกซิเจนในอาหารมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตของรา (26) และการสร้างเพลเล็ต ราพวกนี้เป็น heteroaerobic organism ราชนิดนี้เป็นราที่ต้องการออกซิเจน การทดลองนี้ใช้เศษมันสำปะหลังมาทดลอง โดยไม่มีการทำ pretreatment จากการทดลองของ Nagyและคณะ (46) โดยใช้เซลลูโลซที่ทำการย่อยด้วยกรดกำมะถันที่เจือจางก่อน พบว่าได้สารละลาย

ที่พอเหมาะกับการเจริญเติบโตของยีสต์ ถ้านำความรู้นี้มาใช้ในการทำ pretreatment ของน้ำแป้งมันสำปะหลังจน ๆ โดยเติมกรดกำมะถันที่เจือจางไปไฮโดรไลซ์บางส่วนของแป้งเสียก่อน เพื่อให้ได้โมเลกุลของกลูโคสจะช่วยให้ lag phase สั้นมากขึ้น ทั้งนี้เพราะแอมมิเลสจะถูกสร้างขึ้นภายหลังจากมีการกระตุ้นของ substrate (49) ซึ่งควรจะมีการศึกษาปริมาณของกลูโคสกับปริมาณแป้งที่พอเหมาะเพื่อที่จะให้ lag phase สั้น และมีแป้งเหลือพอจะกระตุ้นให้มีแอมมิเลสด้วย ดังนั้นการดูดน้ำกลูโคสไปใช้จะได้เริ่มมีในตอนพร้อมกับการสร้างโปรตีน อาจได้เร็วและมากขึ้น อาจเก็บผลได้ในเวลาน้อยกว่า 2 วัน ซึ่งสนับสนุนโดย Bellamy (12) การที่จะได้ปริมาณโปรตีนมากน้อยขึ้นอยู่กับความสามารถที่จะใช้โมเลกุลของกลูโคสที่ได้จาก pretreatment เพียงพอเพื่อเริ่มการเจริญเติบโต แต่การทดลองนี้ไม่ได้ทำ pretreatment เพราะได้ใช้สายพันธุ์ที่สร้างแอมมิเลสสูง ซึ่งถือว่าได้คัดเลือกมาแล้ว

ในการศึกษาเบื้องต้นใช้สายพันธุ์ A10 และ A14 โดยการสุ่ม เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของอัตราการเจริญเติบโตกับการสร้างโปรตีนจำนวนวันที่จะเก็บผล pH สุดท้ายและการสร้างนอนโปรตีน พบว่า ลอรี่โปรตีนสูงสุดในวันที่ 2 หลังจากเลี้ยงราในอาหารเหลวที่มีแป้งมันสำปะหลัง 2.3 % ดังแสดงในตารางที่ 6 และ 7 ปริมาณโปรตีนขึ้นสูงสุดในระยะกึ่งกลางของ log phase ของ growth curve ทั้งลอรี่และเคดาวน์โปรตีนสูงสุดในวันที่ 2 เช่นกัน ปริมาณลอรี่โปรตีนในระยะตอนกลาง log phase และตอนต้นของ stationary phase แตกต่างกันดังแสดงในกราฟที่ 4 และ 5 ค่าที่แตกต่างกันนี้ไม่มากนัก ซึ่งสนับสนุนโดย Christias และคณะ (19) พบว่า ลอรี่โปรตีนที่ระยะทั้ง 2 ไม่ต่างกันเลย แต่ลอรี่โปรตีนในระยะต้นของ stationary phase จะสูงกว่าลอรี่-โปรตีนในระยะกึ่งกลาง log phase เล็กน้อย โดยทำการทดลองกับ A. niger ที่เป็น wild type และ mutant แต่การทดลองที่ใช้สายพันธุ์ A10 และ A14 นั้นกลับมีลอรี่โปรตีนในระยะกลาง log phase สูงกว่าระยะต้นของ stationary phase แสดงว่าการสะสมโปรตีนได้สูง เริ่มในระยะของ log phase จนถึงสูงสุดในระยะกลาง log phase

เมื่อทดลองหา pH ที่เหมาะสมของอาหารที่ใช้เลี้ยงรา A. niger ทั้ง 3 สายพันธุ์ คือ A21, A14 และ B1 พบว่า pH เริ่มต้นที่เหมาะสมคือ 3.5, 5.0 และ 3.5 ตามลำดับ ดังกราฟที่ 7 แสดงว่า A21 และ B1 มีความสามารถที่จะเจริญเติบโตใน pH ต่ำ ๆ ได้ดี ดังมีหลักฐานสนับสนุนของ Imrie และ Vlitos (36) เมื่อ pH ลดถึง 2.5 จะมีผลยับยั้งการสร้างเพลเล็ตของสายพันธุ์ A21 และ A14 กับปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมดค่อนข้างต่ำด้วย คือ 14.34 และ 14.94 กรัมต่อ 100 มล. ตามลำดับ อาหารเหลวดังแสดงไว้ในตารางที่ 9 และ 10 การที่ราสามารถทนความเป็นกรดได้ดีนับว่าเป็นข้อดีข้อหนึ่งที่ใช้สำหรับงานทางด้านอุตสาหกรรม เพราะเป็นการลดการปะปนของเชื้อที่ไม่ต้องการในขณะที่มีการหมัก สายพันธุ์ A21 และ B1 สามารถสร้างโปรตีนได้สูงในอาหารเหลวที่มีสภาพความเป็นกรดสูงถึง pH 3.5 ซึ่งถ้าใช้ราในอุตสาหกรรมของการผลิตโปรตีนจะขจัดการเจริญของแบคทีเรียได้ดีกว่าการเลี้ยงจุลชีพอื่น เช่น การเลี้ยงยีสต์

กราฟที่ 8 และตารางที่ 12, 13, 14 เห็นได้ว่า ปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟตที่สายพันธุ์ A21, A14 และ B1 ใช้ในปริมาณค่อนข้างต่ำ คือ 0.5, 1.0 และ0.5% ตามลำดับ ที่จะให้ลอรี่โปรตีนสูงคือ 29.26, 30.41 และ 29.22 % ตามลำดับ ส่วนปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมดเป็น 12.58, 10.64 และ 11.98 กรัมต่อ 100 มล. อาหารเหลวซึ่งนับว่ามีค่าปานกลาง สายพันธุ์ A21 และ B1 เหมาะที่จะใช้ในอุตสาหกรรมผลิตโปรตีนด้วยราในอนาคต เพราะปริมาณไนโตรเจนอินทรีย์เพียง 0.5 % ก็เพียงพอต่อการดำรงชีพและสร้างโปรตีนสูง ส่วน A14 ต้องใช้ปริมาณไนโตรเจนอินทรีย์มากกว่าสายพันธุ์ดังกล่าวทั้ง 2 มากกว่าเป็นเท่าตัว

สารประกอบที่เติมมีผลต่อการเจริญเติบโตของรา คือ แอมโมเนียมซัลเฟตเป็นแหล่งไนโตรเจนและกำมะถัน (1, 2) ส่วนโปตัสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตเป็นแหล่งให้โปตัสเซียมและฟอสฟอรัส (1, 2, 36)

ถ้าไม่เพิ่มแอมโมเนียมซัลเฟตในอาหารจะทำให้ขนาดของเพลเล็ตมีขนาดเล็ก คือ 1.0, 1.0 และ 1.5 มม. ในรา Aspergillus สายพันธุ์ A21, A14 และ B1 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 12, 13, 14 ถ้าเพิ่มแหล่งไนโตรเจนมากขึ้นจะทำให้ขนาดของเพลเล็ตใหญ่ขึ้น แสดงว่าความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟตมีผลต่อการสร้างขนาดของเพลเล็ตที่เลี้ยงในอาหารเหลว

อาหารเหลวที่ได้จากเศษมันสำปะหลังนับว่ามีคุณค่าทางอาหารและมีแร่ธาตุ microelements ต่าง ๆ เพียงพอแก่การเจริญเติบโตและการสร้างโปรตีน ปริมาณลอรี่โปรตีนจะมีค่าน้อยที่สุดเมื่อไม่มีการเติมสารประกอบแอมโมเนียมซัลเฟต แต่ถ้ามีการเพิ่มปริมาณสารประกอบนี้เพียงเล็กน้อยจะทำให้ปริมาณลอรี่โปรตีนและปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมดสูงขึ้น แสดงว่าการเพิ่มของแอมโมเนียมซัลเฟตทำให้ปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมดเพิ่ม ดังแสดงในกราฟที่ 8 ตารางที่ 12, 13, 14

ตารางที่ 15 และกราฟที่ 9 แสดงให้เห็นว่า รา Aspergillus niger ทั้ง 3 สายพันธุ์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพของอุณหภูมิสูงถึง 45 °ซ A21และ B1 สามารถทนความร้อนได้ถึง 40 °ซ ในช่วงเวลา 2 วัน แต่ A14 สามารถทนความร้อนได้แค่ 37 °ซ ภายใน 2 วัน ทั้ง A21,B1 สามารถจะเจริญเติบโตได้ในอุณหภูมิถึง 40 °ซ นับเป็นข้อดีอย่างหนึ่งที่จะเลี้ยงรา B1 และ A21 ในถังหมักขนาดใหญ่ อุณหภูมิในถังหมักจะสูงขึ้น เพราะเมตะโบลิซึมของรา รา A21และ B1 ทนต่อความร้อนได้สูงไม่ต้องใช้ระบบความเย็นช่วยมาก เมื่อเกิดการขัดข้องทางเทคนิคของถังหมัก

เมื่อเลี้ยงราในอาหารเหลวที่มีความเข้มข้นของแป้งมันสำปะหลัง 0.5, 1.0 2.3, 3.0 และ 5.0 % ดูความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโต การสร้างโปรตีนและนอนโปรตีน พบว่า A21 ดังแสดงในตารางที่ 16, 17, 18, 19, 20 สามารถสร้างโปรตีนสูงถึง 32.55 % ในสภาพที่มีแป้งมันสำปะหลัง 5.0 % ในอาหารที่ปรับความเหมาะสม (optimized medium) ที่แสดงในกราฟที่ 10 และ 11 ในเวลา 6

วัน ส่วนสายพันธุ์ A14 สามารถสร้างโปรตีนสูงสุดในสภาพที่มีแป้งมันสำปะหลัง 1.0% ได้ลอรีโปรตีน 33.24 % ในเวลา 2 วัน ดังแสดงในตารางที่ 22 และกราฟที่ 12 และมีนอนโปรตีน 2.38 % ดังแสดงในกราฟที่ 13 สำหรับสายพันธุ์ B1 สร้างลอรี-โปรตีนสูงสุด 34.25 % ในเวลา 2 วัน ในอาหารเหลวที่มีแป้งมันสำปะหลัง 0.5 % ดังแสดงในกราฟที่ 14, 15 และมีนอนโปรตีน 10.75 % ดังแสดงในกราฟที่ 14 สายพันธุ์ B1 นี้ให้ปริมาณผลผลิตโปรตีนสูงสุดเมื่อเทียบกับอีก 2 สายพันธุ์ คือ A21 และ A14 ที่ใช้ทดลอง และใช้ปริมาณแป้งมันสำปะหลังค่อนข้างต่ำ คือ 0.5 % ในเวลาเพียง 2 วัน คิดว่าสายพันธุ์นี้เหมาะที่จะใช้ทดลองในการเพิ่มปริมาตรการเลี้ยง (scale up) ต่อไป คือ สายพันธุ์ B1 มีคุณสมบัติสามารถทนอุณหภูมิสูง ใช้ปริมาณ $(NH_4)_2SO_4$ ต่ำและเจริญเติบโตใน pH ต่ำได้ นับเป็นคุณสมบัติที่ดีที่จะใช้ในอุตสาห-กรรมผลิตโปรตีนต่อไป

กราฟที่ 11, 13, 14 พบว่า เปอร์เซนต์นอนโปรตีนในสายใยแห้งของ B1 ค่อนข้างสูง มีค่าถึง 10.75 % ดังนั้นน่าจะนำโปรตีนที่ได้จาก B1 ไปทำเป็นอาหารสัตว์เท่านั้น เนื่องจากมนุษย์ไม่มีน้ำย่อยมาทำลายกรดยูริค ซึ่งเป็น precur-sor ของนอนโปรตีน แต่สัตว์มีน้ำย่อยที่จะทำลายกรดนี้ได้ (59) เพราะฉะนั้นอันตรายที่เกิดจากโรคไขข้ออักเสบเนื่องจากสัตว์บริโภคโปรตีนที่มีนอนโปรตีนสูงก็ไม่มี มีรายงานยืนยันของ Stanton (59, 5) กล่าวว่า ไม่พบอันตรายที่เกิดจากคนที่บริ-โภคโปรตีนเซลเดียว ถึงแม้จะบริโภคโปรตีนเซลเดียวมากกว่า 2 กรัมของนอน-โปรตีนนี้ ก็ยังไม่เกิดอันตรายและปริมาณ 2 กรัมของนอนโปรตีน จากโปรตีนชนิดนี้เป็นที่ยอมรับเป็นมาตรฐานของ WHO/FAO และ Stanton (59) รายงานว่าโปร-ตีนยีสต์ที่ทำเป็นการค้า มีนอนโปรตีนมากกว่า 7 % ยังพบว่าไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ดังนั้นถ้าใช้สายใยแห้งจากสายพันธุ์ A21 และ A14 ไปเลี้ยงสัตว์หรือทำเป็นอาหารคนอาจจะไม่มีอันตรายเกิดขึ้น และมีปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมดมากกว่าของ

สายพันธุ์B1 ด้วย ส่วนสายใยแห้งจากสายพันธุ์ B1 ไปทำเป็นอาหารคน อันตรายที่จะเกิดกับการบริโภคโดยมนุษย์อาจมี ถ้ากินเป็นจำนวนมาก แต่คงไม่เป็นปัญหาถ้านำไปเลี้ยงสัตว์

จากกราฟที่ 10, 12 และ 15 พบว่า เมื่อเก็บผลโปรตีนทุกวันในการเลี้ยงราในอาหารเหลวที่มีปริมาณแป้งมันสำปะหลังแตกต่างกันที่ปริมาณแป้งต่ำ ๆ จะให้ผลลอรี่โปรตีนสูงกว่าในอาหารเหลวที่มีปริมาณแป้งสูง ๆ เมื่อเปรียบเทียบจำนวนวันที่เก็บผลวันเดียวกัน ทั้งนี้เป็นเพราะว่า Aspergillus ทั้ง 3 สายพันธุ์ นำน้ำตาลกลูโคสที่ได้มากขึ้นไปใช้ในการสร้างโครงสร้างของเซลมากกว่าการสร้างโปรตีนในอาหารเหลวที่มีปริมาณแป้งต่ำ ๆ จะมีช่องว่างอากาศมากกว่าในอาหารเหลวที่มีความข้นหนืดมาก ๆ ดังมีรายงานยืนยันจาก Dabbah (26) ว่าก๊าซออกซิเจนมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโต และการสร้างโปรตีน ถ้าปริมาณแป้งถูกใช้ไปบางจะทำให้ราทั้ง 3 ชนิดเจริญต่อไปได้ดี

เมื่อพิจารณาถึงผลผลิตโปรตีนทั้งหมดที่ได้จากอาหารเหลว 100 มล. พบว่าที่ปริมาณแป้งต่ำ ๆ 0.5 และ 1.0 % จะให้ผลผลิตโปรตีนทั้งหมดน้อยดังกราฟที่ 10, 12, 15 แต่ถ้าเพิ่มปริมาณแป้งมันสำปะหลังขึ้นเป็น 2.3, 3.0 และ 5.0 % จะทำให้ปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมดเพิ่มขึ้น ปริมาณแป้งข้น ๆ เริ่มจะถูกย่อยให้เป็นโมเลกุลของกลูโคสและมอลโตส และหน่วยย่อยนี้ก็เริ่มถูกดูดไปใช้เสริมสร้างภายในเซลเพื่อให้ได้น้ำหนักสายใยแห้งสูง และปริมาณลอรี่โปรตีนสูงด้วย ดังนั้นปริมาณแป้งมันสำปะหลังที่ 5.0 % เมื่อเลี้ยงได้ครบ 6 วัน จะเหมาะที่สุดที่จะให้ปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมดสูงที่สุดในทั้ง 3 สายพันธุ์ สายพันธุ์ A21 ให้ปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมดใน 100 มล. มากที่สุดคือ 71.61 กรัม รองลงมาคือ 56.99 กรัมใน A14 และ 45.74 กรัมในสายพันธุ์ B1

กราฟที่ 11, 13 และ 14 จะเห็นว่า pH สุดท้ายในแต่ละวันจะลดลงตามลำดับ แสดงว่า ระหว่างที่มีการเจริญเติบโต อาหารจะถูกย่อย และจะมีการสร้าง

กรดขึ้น (19, 20, 46, 72) เช่น กรดอะซิติค กรดโปรปิโอนิก กรดบิวทีริก ในสายพันธุ์ A21 จะมีการสร้างกรดถึงวันที่ 4 คือ pH 0.62 ต่อจากนั้น pH จะค่อยๆ สูงขึ้น ลอรี่โปรตีนเพิ่มขึ้นตามไปด้วย แสดงว่าสายพันธุ์ A21 สามารถใช้กรดที่มีอยู่ในอาหารมาสร้างสารภายในเซลได้ ยกเว้นสายพันธุ์ A14 ในกราฟที่ 13 ที่ไม่ได้เป็นตามดังกล่าวข้างต้น ดังมีรายงานยืนยันจาก Henry (33) พบว่า ยีสต์ Candida ingens จะสร้างกรดได้เร็ว และจะใช้กรดเหล่านี้เป็นแหล่งคาร์บอนต่อไป ทำให้ pH สุดท้ายเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นสายพันธุ์ A21 นี้จึงเป็นสายพันธุ์ที่สร้างกรดได้เร็ว คือ pH สุดท้าย 0.62 ภายใน 4 วัน และทนกรดได้ดี

เมื่อปรับสภาพต่าง ๆ ของอาหารเหลวตามผลการทดลองเป็นลำดับให้เหมาะสม พบว่า โปรตีนที่ได้จากสายพันธุ์ทั้ง 3 คือ A21, A14 และ B1 มีปริมาณลอรี่-โปรตีน 32 - 34 % น้ำหนักแห้งที่ได้โดยเฉลี่ย 0.06 -2.20 กรัมในอาหารเหลว 100 มล. จะเห็นได้ว่า ปริมาณลอรี่โปรตีนที่ได้จากสายพันธุ์ A14 และ B1 ดังแสดงในตารางที่ 22 และ 26 มีปริมาณลอรี่โปรตีนสูงกว่าสายพันธุ์มาตรฐาน A21 ที่ใช้ทดลองดังตารางที่ 21 แสดงว่าสายพันธุ์ทั้ง 2 ที่แยกได้จากอาหารในไทยสามารถให้ปริมาณโปรตีนได้สูงกว่าของต่างประเทศที่ทำเป็นอุตสาหกรรมแล้ว เมื่อเลี้ยงในอาหารเหลวที่ใช้แป้งมันสำปะหลังทำโปรตีนที่ได้มากกว่าโปรตีนที่ Christias (19) สกัดได้จากรา Aspergillus niger พบว่ามีปริมาณ 22 - 29 % แต่น้อยกว่าโปรตีนที่เขาสกัดได้จากรา Fusarium sp. ซึ่งมี 34 - 37 % ค่าโปรตีนที่ได้มีมากพอ ๆ กับการทดลองของ Morris และคณะ (45) ที่สกัดจากรา A. niger ที่ให้โปรตีนถึง 29 - 35 % แต่ทำการทดลองกับ Fusarium ได้โปรตีนถึง 50 % นับว่าโปรตีนที่ได้มีปริมาณมากพอควร เมื่อเทียบกับการทดลองของ Imrie และ Vlitos (36) ที่ทดลองกับ A. niger (M1) ได้โปรตีน 25 - 35 % แต่โปรตีนที่ได้จากสายพันธุ์ทั้ง 3 น้อยกว่าโปรตีนที่ได้จาก Volesky (71) ที่ทดลองกับ Graphium sp. ที่ให้โปรตีนมากถึง 50 %

จากตารางที่ 31 กราฟที่ 16 พบว่า กรดอะมิโนที่มีในสายใยแห้งของสายพันธุ์ A14และ B1 มีปริมาณใกล้เคียงกัน และมีเหมือนกัน คือ ตรวจไม่พบซีสติน และเมไธโอนินมีปริมาณค่อนข้างต่ำ ลักษณะของการขาดกรดอะมิโนที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบนี้เป็นคุณสมบัติของโปรตีนจากพวกราและยีสต์ (5, 9, 19, 25, 34 และ 71) ซึ่ง Tannenbaum กับคณะ (64) พบว่า โปรตีนของ Bacillus ก็ขาดกรดอะมิโนบางตัวเหมือนกับในโปรตีนรา Lin Khor (38) ได้ยืนยันว่าพบกรดอะมิโนในรา และยีสต์มีกรดซัลเฟอร์อะมิโนต่ำเช่นกัน ส่วนการทดลองของ Imrie และ Vlitos (36) พบว่า สายใยรา A. niger(M1) มีกรดซัลเฟอร์อะมิโนอยู่บ้าง แต่น้อย

ดังนั้นถ้าจะใช้โปรตีนจากราทำเป็นอาหารสัตว์ ก็ควรมีการเติมกรดซัลเฟอร์อะมิโนบางตัว เช่น ซีสติน และเมไธโอนินลงไปบ้างจะทำให้คุณค่าทางอาหารสมบูรณ์ขึ้น แต่ก็ไม่สำคัญนัก เพราะปกติอาหารสัตว์มักมีการผสมกรดซัลเฟอร์อะมิโนลงไปด้วยอยู่แล้ว

เฉพาะสายพันธุ์ B1 เหมาะสมที่จะใช้ทดลองต่อไปมากกว่า A14 เพราะสายพันธุ์ B1 สามารถเจริญเติบโตในอุตหภูมิสูง ใช้ปริมาณคาร์บอนต่ำ ใช้ปริมาณ$(NH_4)_2SO_4$ ต่ำ เจริญในอาหารที่มีสภาพความเป็นกรดสูงและได้ปริมาณโปรตีนสูงถึง 34 % ซึ่งนับว่าเหมาะที่จะทำการทดลองขยายปริมาณต่อไป

อันตรายที่จะเกิดขึ้นเนื่องจากการบริโภคโปรตีนจากจุลชีพนี้ คิดว่าไม่น่าจะมี โดยเฉพาะโปรตีนจากราสายพันธุ์ A14และ B1 เป็นสายพันธุ์ที่คัดเลือกจากแหล่งอาหารที่ใช้รับประทานในประเทศไทย ซึ่งเป็นสิ่งปกติที่มนุษย์บริโภคอยู่แล้ว ดังมีรายงานการทดลองของ พงษ์ และคณะ (3) ใช้ไก่กระทงบริโภคโปรตีนจากยีสต์เทียบกับอาหารปกติที่ใช้เลี้ยง พบว่า ได้ผลไม่แตกต่างกันเลย Volesky และคณะ (71) ได้ทดลองใช้โปรตีนจากรา Graphium sp. เลี้ยงหมู พบว่า ไม่มีความผิดปกติของเนื้อเยื่อภายในและอาการต่าง ๆ ให้เห็น นอกจากนี้มีเหตุผลสนับสนุนจากการทดลองของ Morris และคณะ (45) Imrie และ Vlitos (36) กับ Lin Khor (38) เป็นต้น ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า อันตรายที่เกิดจากบริโภคโปรตีนจากรานี้ยังไม่ปรากฏในรายงาน

แนวทางการวิจัยต่อไป

1. แปรสภาพต่าง ๆ ที่ยังไม่ได้ทดลอง เช่น ความเร็ว (รอบต่อนาที) ของเครื่องเขย่า การใช้ฝอาสก์ 500 มล. แทน 250 มล. เพื่อเพิ่มเนื้อที่ในการสัมผัสกับก๊าซออกซิเจน การใช้แหล่งไนโตรเจนอย่างอื่น เช่น ยูเรีย การใช้แหล่งไนโตรเจนที่เป็นอินทรีย์แทนอนินทรีย์ไนโตรเจน เช่น เปปโตน (peptone) และการเพิ่มวิตามินในอาหาร เป็นต้น

2. ลองแยกราที่ขึ้นตามธรรมชาติบนเศษมันสำปะหลัง ดูว่าจะให้โปรตีนได้มากกว่าที่แยกจากแหล่งอาหารที่รับประทานได้หรือไม่ ถ้าปรากฏว่าราจากเศษมันสำปะหลังเจริญเทียโต และให้ปริมาณโปรตีนได้สูงกว่าราที่ทำการวิจัยนี้ ก็น่าจะลองเอาโปรตีนจากราที่แยกได้จากธรรมชาตินี้มาทดลองกับหนู ดูสิ่งที่เป็นพิษ (Mycotoxin) อาจจะเกิดขึ้นเปรียบเทียบกับการวิจัยนี้

3. เพิ่มปริมาตรของอาหารเหลวให้มากขึ้น (scale up) ทำการทดลองในถังหมัก (fermenter) ศึกษาสภาพเหมาะสมที่จะใช้ทำในขั้นอุตสาหกรรม

4. นำสายใยแห้งหรือสิ่งที่ถูกสร้างในอาหารเหลวที่ผลิตโดยรา มาหาปริมาณวิตามิน เนื่องจากราเป็นจุลชีพที่สร้างวิตามินได้ดี และค้นหาสิ่งใหม่ ๆ ที่สร้างด้วยราให้แก่โลก

5. ลองแยกราพวกอื่นที่อยู่ในลูกแป้งมาทดลองทำโปรตีนเซลเดียว อาจได้ผลโปรตีนดีกว่า Aspergillus