ผลการทดลอง

การแยกเชื้อ Aspergillus ต่าง ๆ สายพันธุ์จากแหล่งอาหารที่รับประทานได้

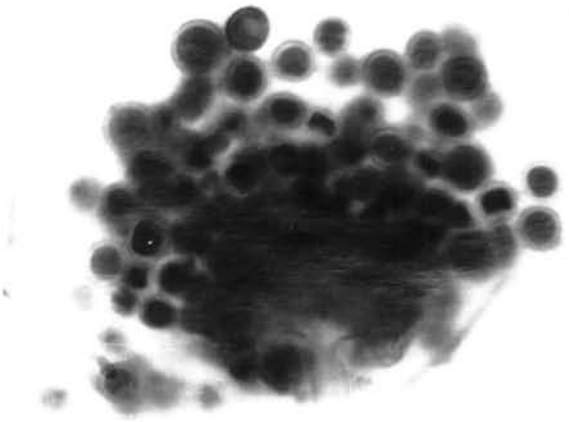
สายพันธุ์ที่แยกได้จากลูกแป้งที่เก็บได้จาก 52 แห่งของประเทศ พบว่า ลูกแป้งจาก 7 แห่งของ 6 จังหวัด ที่พบรา Aspergillus ใช้ระหัสย่อเพื่อสะดวกต่อการทดลอง คือ A หมายถึงสายพันธุ์ที่แยกได้จากลูกแป้ง ในที่นี้แยกได้ทั้งหมด 7 สายพันธุ์ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 เป็นลูกแป้งซึ่งนำมาจากตลาดสมเด็จ จังหวัดกรุงเทพมหานคร แยกได้ A. niger (A3) จากชัยภูมิ เป็น A. oryzae (A6) จากบุรีรัมย์ ลำปาง และพิษณุโลก มี 2 แห่ง เป็น Aspergillus sp. (A8, A10, A12 และ A13 ตามลำดับ) จากปากน้ำโพ จังหวัดนครสวรรค์ เป็น A. niger (A14)

จากเชื้อหมักที่ได้จากโรงงานสุราแอลกอฮอล์ ใช้ระหัสย่อว่า B แยกได้ 2 สายพันธุ์ คือ A. niger(B1) และ A. oryzae (B2) จากเชื้อหมักเต้าเจี้ยว ใช้ระหัสย่อว่า C แยกได้ 1 สายพันธุ์ คือ A. oryzae (C) A. niger สายพันธุ์ A21 เป็นสายพันธุ์มาตรฐานที่ใช้เปรียบเทียบการทดลองเพื่อหาปริมาณโปรตีน ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่ได้จากห้องปฏิบัติการของบริษัท Tate and Lyte Limited ในประเทศอังกฤษ ใช้ผลิตโปรตีนจากเชื้อรา โดยมีแหล่งคาร์บอนเป็นซูโครส ซึ่งสกัดจากฝักเคร็อบ (carob)

ตั้งแต่ตารางที่ 6 - 31 ได้จัดไว้ในภาคผนวก

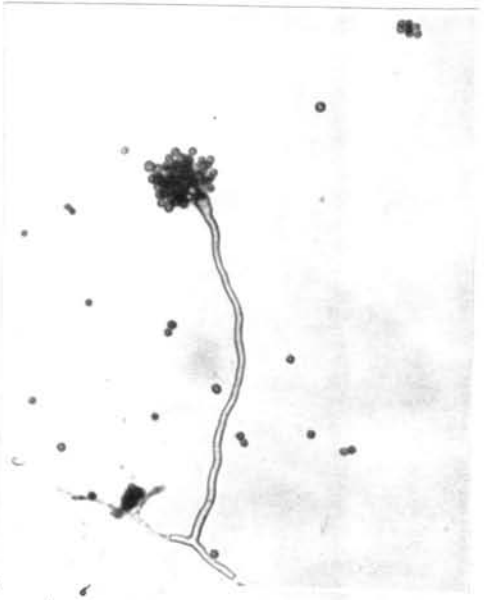
การเตรียมอาหารเหลวจากเศษมันสำปะหลัง และการหาปริมาณแป้ง

ผลแสดงไว้ในตารางที่ 2 เป็นค่า OD ที่ได้จากน้ำแป้งที่ทราบความเข้มข้น และกราฟที่ 1 แสดงเส้นกราฟมาตรฐานที่ได้จากแป้งมันสำปะหลัง เอส อาร์ จำกัด เป็นมาตรฐานของปริมาณแป้ง แทนที่จะใช้ soluble starch จากบริษัทที่จำหน่ายจากต่างประเทศ เพื่อต้องการได้เปอร์เซนต์แป้งที่เป็นแป้งมันสำปะหลังที่แท้จริง



หอสมุดกลาง
จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

รูปที่ 6 แสดงลักษณะ ซ่อสปอร์ของรา Aspergillus niger สายพันธุ์ B$_4$ ที่แยกได้จากลูกแป้งแอลกอฮอร์ จังหวัดอยุธยา



รูปที่ 7 แสดงลักษณะ ซ่อสปอร์ของรา Aspergillus niger สายพันธุ์ A$_{14}$ ซึ่งแยกได้จากลูกแป้งแอลกอฮอร์ของ[illegible]

ตารางที่ 1 แสดงผลการแยกเชื้อ Aspergillus สายพันธุ์ต่าง ๆ จากลูกแป้ง เชื้อหมักของโรงงานสุราแอลกอฮอร์อยุธยา เชื้อหมักจากโรงงานเต้าเจี้ยวและจากห้องปฏิบัติการของบริษัท Tate and Lyte Limited

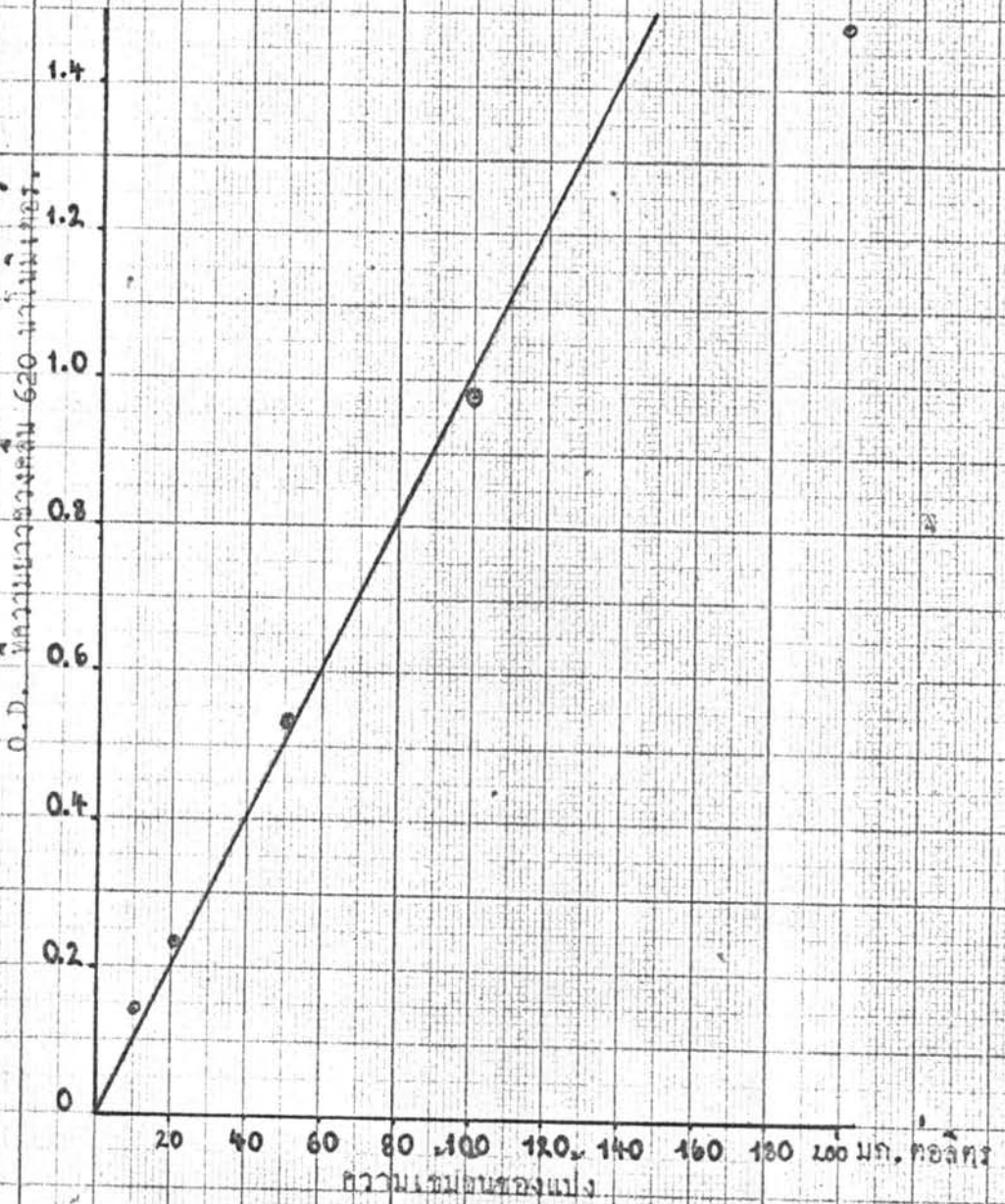
อันดับที่	แหล่งอาหารที่แยก	จังหวัดที่เก็บตัวอย่าง	ชื่อเชื้อ	ระหัสย่อ
1	ลูกแป้ง	ตลาดสมเด็จ (กรุงเทพฯ)	Aspergillus niger	A 3
2	ลูกแป้ง	ชัยภูมิ	Aspergillus oryzae	A 6
3	ลูกแป้ง	บุรีรัมย์	Aspergillus sp.	A 8
4	ลูกแป้ง	ลำปาง	Aspergillus sp.	A10
5	ลูกแป้ง	พิษณุโลก	Aspergillus sp.	A12
6	ลูกแป้ง	พิษณุโลก	Aspergillus sp.	A13
7	ลูกแป้ง	ปากน้ำโพ (นครสวรรค์)	Aspergillus niger	A14
8	เชื้อหมักของโรงงานสุรา	อยุธยา	Aspergillus niger	B1
9	เชื้อหมักของโรงงานสุรา	อยุธยา	Aspergillus niger	B2
10	เชื้อหมักเต้าเจี้ยว	เพชรบุรี	Aspergillus oryzae	C
11	-	อังกฤษ	Aspergillus niger	A21+

+ เป็นสายพันธุ์จากห้องปฏิบัติการของบริษัท Tate and Lyte Limited.

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณของแป้งมันสำปะหลังโดยใช้แป้งมันสำปะหลัง เอส อาร์ จำกัด เป็นค่ามาตรฐานของแป้งและใช้วิธีของ Gram iodine หาปริมาณแป้ง แล้ววัด หาค่า OD ที่ ความยาวช่วงคลื่น 620 นาโนมิเตอร์

ความเข้มข้นของแป้งมันสำปะหลัง มก. ต่อลิตร	Absorbance		
	OD 1	OD 2	Average OD
0	0	0	0
10	0.142	0.142	0.142
20	0.235	0.235	0.235
50	0.548	0.525	0.536
100	0.977	0.977	0.977
200	1.515	1.455	1.485

17061301



กราฟที่ 1 แสดงกราฟมาตรฐานของแป้งมันสำปะหลัง โดยใช้ไอโอดีน ที่ความยาวคลื่น 620 นาโนมิเตอร์

โดยเตรียมแป้งมันสำปะหลังให้มีความเข้มข้น 10, 20, 50, 100 และ 200 มก.ต่อลิตร แล้วทำปฏิกริยากับกรัมไอโอดีน ได้ปริมาณแป้งเป็นค่า OD ต่าง ๆ กัน แสดงในตารางที่ 2 นั้น และได้นำค่า OD มาแสดงโดยกราฟที่ 1 เพื่อเป็นกราฟมาตรฐานสำหรับหาค่าปริมาณของแป้งในน้ำแป้งที่เตรียมได้ต่อไป

การเตรียมอาหารเหลวโดยใช้เศษมันสำปะหลังเป็นแหล่งคาร์บอน อาหารเหลวที่ได้มีสีค่อนข้างขาวขุ่น เนื่องจากใช้เศษมันสำปะหลังที่เป็นของทิ้งแล้ว มีเศษดินติดมาด้วย ล้างด้วยน้ำประปาพอหมดเศษดินที่ติดมาก่อนนำมาเตรียมเป็นอาหารเหลว ดังนั้นอาหารเหลวที่ใช้ทดลองนี้น่าจะมีพวกแร่ธาตุ minor element เกือบสมบูรณ์เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของราในช่วงสั้น ประมาณ 6 - 8 วัน

การเตรียมอาหารเหลว โดยใช้เศษมันสำปะหลังในสภาพต่าง ๆ ผลได้แสดงไว้ในตารางที่ 3 พบว่าปริมาณแป้งที่ละลายออกจากเศษมันในอาหารเหลว เปอร์เซนต์แป้งที่ได้มีหน่วยเป็นกรัมใน 100 มล. ของน้ำแป้งที่เตรียมได้ จะมีปริมาณต่าง ๆ กันตามสภาพของการเตรียม ดังนี้

สภาพที่ 1 แช่เศษมันสำปะหลัง150 กรัมในน้ำกลั่น 1000 มล. เป็นเวลา 1 2 และ 4 ชั่วโมง จะได้ปริมาณแป้งมันสำปะหลังที่ละลายออกมาในน้ำที่แช่ 0.44, 0.46 และ 0.50 % ตามลำดับ

สภาพที่ 2 ต้มน้ำเดือดแล้วใส่เศษมันสำปะหลัง 150 กรัม ในน้ำกลั่นเดือด 1000 มล. ต้มต่อเป็นเวลา 5 และ 10 นาที จะได้ปริมาณแป้งมันสำปะหลัง 1.44 และ 2.48 % ตามลำดับ

สภาพที่ 3 ต้มน้ำกลั่น 1000 มล. พร้อมเศษมันสำปะหลัง 150 กรัม ให้เดือดนานเป็นเวลา 5 และ 10 นาที ปริมาณแป้งมันสำปะหลังที่ได้ 2.30 และ 3.08% ตามลำดับ

สภาพสุดท้ายที่ทดลอง และได้ปริมาณแป้งมันสำปะหลังมากที่สุด คือเศษมันสำปะ-

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณแป้งมันสำปะหลังที่ได้จากเศษมันสำปะหลังโดยใช้สภาพต่าง ๆ เพื่อให้ได้ปริมาณแป้งพอเหมาะโดยใช้เศษมันสำปะหลัง 150 กรัม ต่อลิตร

อันดับที่	สภาพและลักษณะของการแช่เศษมันสำปะหลัง	%แป้งมันสำปะหลัง (น้ำหนักต่อปริมาตร)
+1	แช่ที่อุณหภูมิห้องนาน 1 ชั่วโมง	0.44 %
	แช่ที่อุณหภูมิห้องนาน 2 ชั่วโมง	0.46 %
	แช่ที่อุณหภูมิห้องนาน 4 ชั่วโมง	0.50 %
+2	ต้มน้ำเดือดแล้วใส่มันสำปะหลังต้มต่อ5 นาที	1.44 %
	ต้มน้ำเดือดแล้วใส่มันสำปะหลังต้มต่อ 10นาที	2.48 %
+3	ต้มน้ำพร้อมมันสำปะหลังเดือดต้มต่อ 5 นาที	2.30 %
	ต้มน้ำพร้อมมันสำปะหลังเดือดต้มต่อ 10 นาที	3.08 %
++4	เศษมันสำปะหลังหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ต้มพร้อมน้ำเดือดต้มต่อ 7 นาที	4.96 %

+ ขนาดเศษมันสำปะหลัง 3 ลบ.ซม.

++ ขนาดเศษมันสำปะหลัง 3 ลบ.มม.

หลังบดละเอียด 150 กรัม ต้มพร้อมน้ำกลั่น 1000 มล. ให้เดือดนานเป็นเวลา 7 นาที ได้ปริมาณแป้งมันสำปะหลัง 4.96 %

การคำนวนหาปริมาณโปรตีนจากกราฟมาตรฐาน

ตารางที่ 4 แสดงค่า absorbance ที่ได้จากการใช้ bovine serum albumin เป็นโปรตีนมาตรฐานและใช้วิธีของ Lowry กราฟที่ 2 เป็นกราฟมาตรฐานสำหรับหาค่าปริมาณลอรี่โปรตีนด้วยวิธี Lowry ของสายใยราแห้ง โดยใช้โปรตีน bovine serum albumin เป็นมาตรฐาน

ในตารางที่ 5 เป็นค่าabsorbance ที่ได้จากการใช้ $(NH_4)_2SO_4$ เป็นมาตรฐานของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด โดยใช้วิธีของKjeldahl และกราฟที่ 3 เป็นกราฟมาตรฐานสำหรับหาค่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ด้วยวิธีของ Kjeldahl ค่าไนโตรเจนทั้งหมดที่ได้ในสายใยแห้งของรา Aspergillus คูณด้วย 6.25 เป็นค่าเคดาวน์โปรตีน

ผลการศึกษาเบื้องต้น (Preliminary studies)

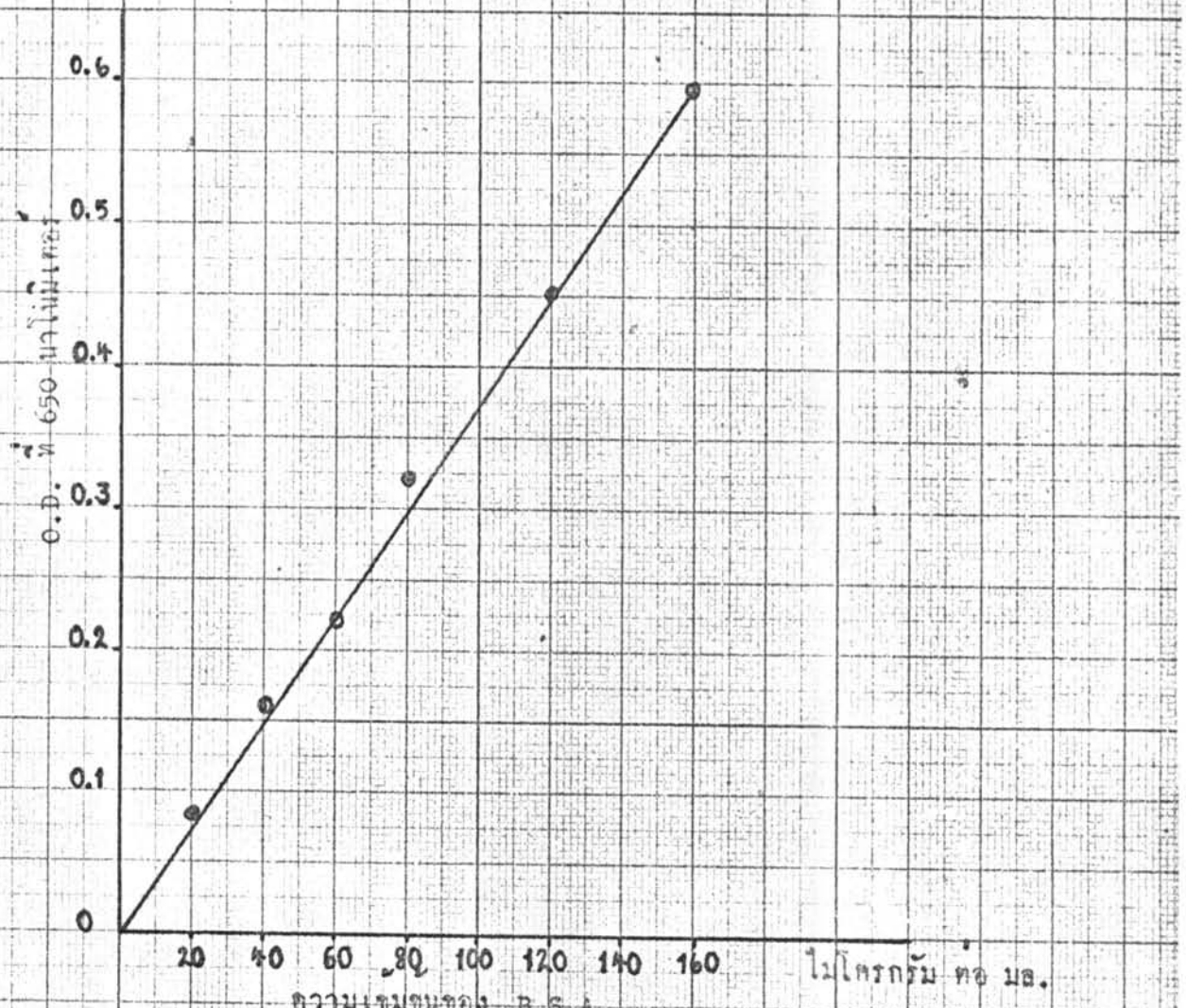
ก. ศึกษาจำนวนวันที่มีการสร้างโปรตีนสูงสุด ขนาดของเพลเล็ต pH และน้ำหนัก

เลือกรา Aspergillus 2 สายพันธุ์ โดยการสุ่มได้ A10 และ A14 จาก 11 สายพันธุ์ที่ใช้ทดลอง เลี้ยงในอาหารเหลวที่เตรียมขึ้นโดยมีแป้งมันสำปะหลัง 2.3% $(NH_4)_2SO_4$ 0.5%, KH_2PO_4 0.2 % pH เริ่มต้น 5.6 แล้วเก็บสายใยในเวลาต่าง ๆกันคือ 1, 2, 3, 4, 5, 7 และ 8 วัน ได้ผลการทดลองของ A10 ดังแสดงไว้ในตารางที่ 6 และนำผลมาแสดงด้วยกราฟในกราฟที่ 4 ส่วนผลการทดลองของ A14 แสดงไว้ในตารางที่ 7 และนำผลมาแสดงด้วยกราฟในกราฟที่ 5 พบว่า

A10 มีขนาดเพลเล็ต 1.0 มม. ในวันที่ 1 และขนาดจะโตขึ้นเรื่อย ๆ ถึง 2.3 มม. ในวันที่ 8 สายพันธุ์A14 มีขนาดเพลเล็ต 1.0 มม. ในวันที่ 1 และขนาดจะโตขึ้นเรื่อย ถึง 3.0 มม. ในวันที่ 8

ตารางที่ 4 แสดงค่า Absorbance ของ Bovine Serum Albumin (BSA) ที่ใช้เป็นมาตรฐานวัดค่าปริมาณเคอร์โปรตีน โดยใช้วิธีของ Lowry ที่ความยาวช่วงคลื่น 650 นาโนมิเตอร์

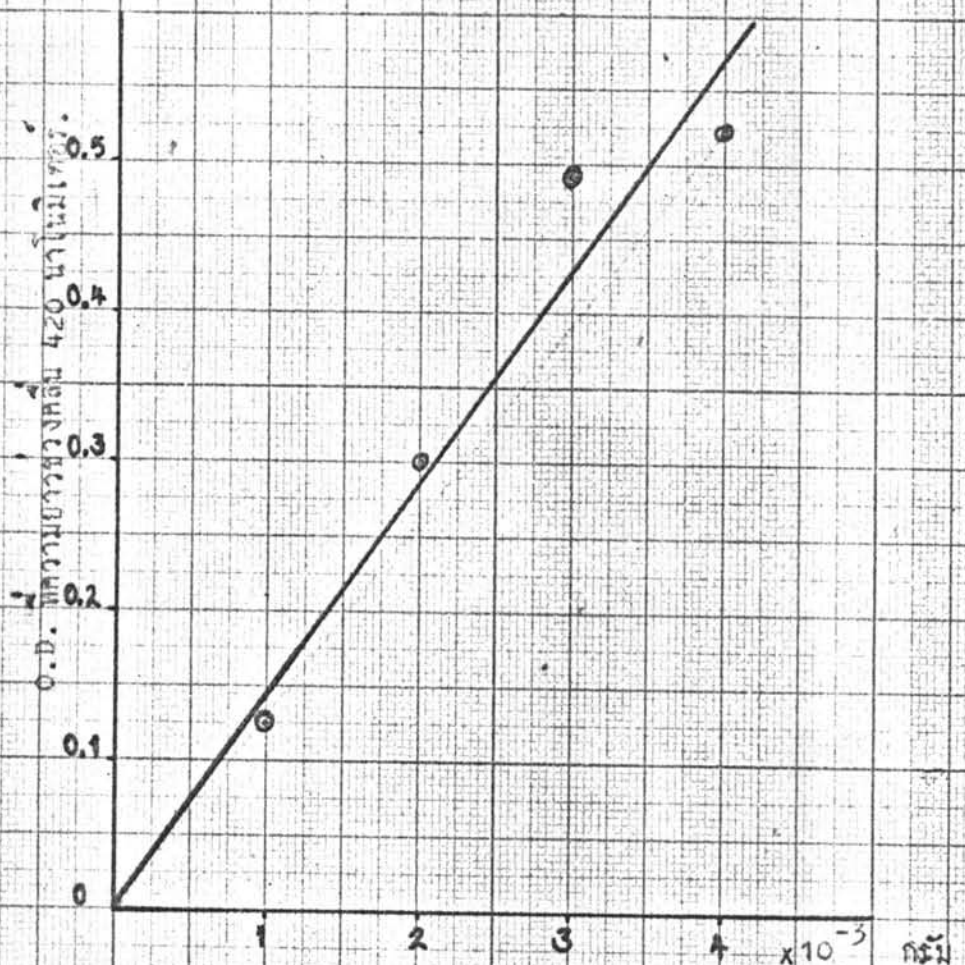
ไมโครกรัมต่อ ม.ล.ของ BSA	Absorbance		
	OD 1	OD 2	Average OD
20	0.100	0.070	0.085
40	0.167	0.160	0.161
60	0.221	0.221	0.221
80	0.317	0.330	0.324
120	0.458	0.450	0.454
160	0.597	0.597	0.597



กราฟที่ 2 แสดงเส้นกราฟมาตรฐานของปริมาณลอรี่โปรตีน โดยวิธี Lowry โดยใช้ B.S.A. (Bovine Serum Albumin) เป็นมาตรฐานลอรี่โปรตีน วัดที่ความยาวช่วงคลื่น 650 นาโนมิเตอร์.

ตารางที่ 5 แสดงค่า Absorbance ของ $(NH_4)_2SO_4$ โดยใช้เป็นมาตรฐานของการวัดปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ด้วยวิธีของ Kjeldahl ที่ความยาวช่วงคลื่น 420 นาโนมิเตอร์

อันดับที่	ปริมาณไนโตรเจน มก.	Absorbance		
		OD 1	OD 2	ค่าเฉลี่ย
1	1	0.120	0.130	0.125
2	2	0.305	0.300	0.303
3	3	0.498	0.490	0.494
4	4	0.470	0.570	0.520
5	0	0	0	0



กราฟที่ 3 แสดงเส้นกราฟมาตรฐานของแอมโมเนียมซัลเฟต เพื่อใช้เทียบค่าปริมาณของไนโตรเจนทั้งหมดด้วยวิธี Kjeldahl ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนมิเตอร์.

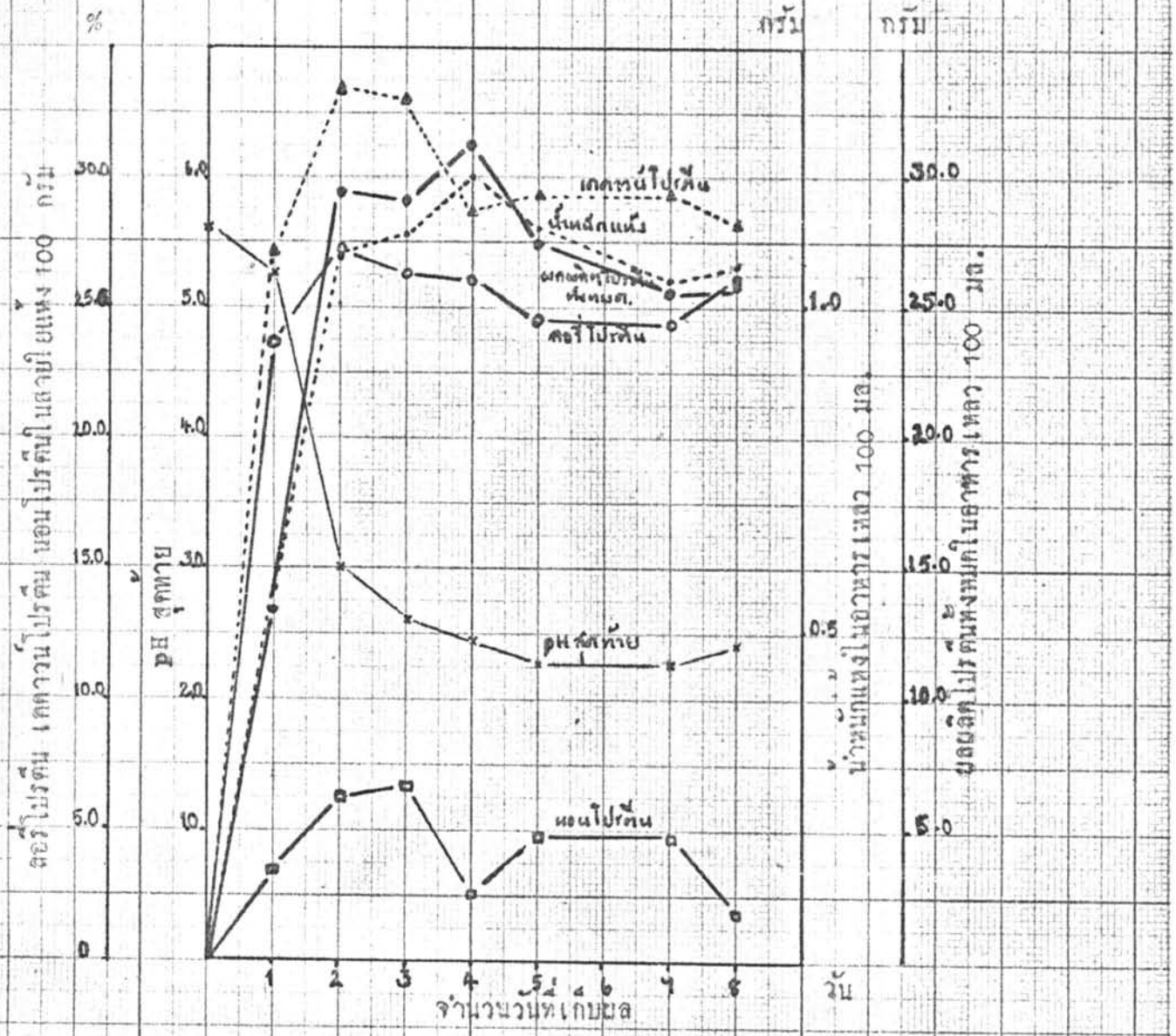
ผลของการทดลอง pH พบว่า เมื่อมีการเจริญเติบโตมากขึ้น pH ค่อย ๆ ลดลงทุกวันจาก pH เริ่มต้น 5.6 สำหรับสายพันธุ์ A10 ทน pH ต่ำสุด 2.28 ในวันที่ 7 ของการเลี้ยงและจะเริ่มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยหลังวันที่ 7 คือ เป็น pH 2.42 ในวันที่ 8 ส่วน A14 pH สุดท้าย วัดได้ 2.26 ในวันที่ 4 ต่ำสุดของการเลี้ยงใน 8 วัน หลังจากนั้น pH จะเพิ่มขึ้นจนถึง 2.77 ในวันที่ 8

การเจริญเติบโตของสายพันธุ์ทั้ง 2 โดยเก็บผลและชั่งน้ำหนักแห้ง กรัม ต่อ 100 มล. ซึ่งเลี้ยงในเวลาต่าง ๆ กัน พบว่า ในวันที่หนึ่ง A10 ชั่งน้ำหนักแห้งได้ 0.57 กรัม A14 หนัก 0.22 กรัม เมื่อเลี้ยงต่อ ๆ ไป พบว่า ทั้ง A10 และ A14 มีน้ำหนักแห้งเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ในวันที่ 4 เป็นน้ำหนัก 1.20 และ 1.39 กรัม ตามลำดับ หลังจากนั้น การเจริญเติบโตจะค่อย ๆ ลดลงจนถึงวันที่ 8 ชั่งน้ำหนักแห้งได้ 1.00 และ 1.02 กรัมของ A10 และ A14 ตามลำดับ การเพิ่มและการลดของน้ำหนักแห้งมีความสัมพันธ์ แปรตรงกับน้ำหนักสด

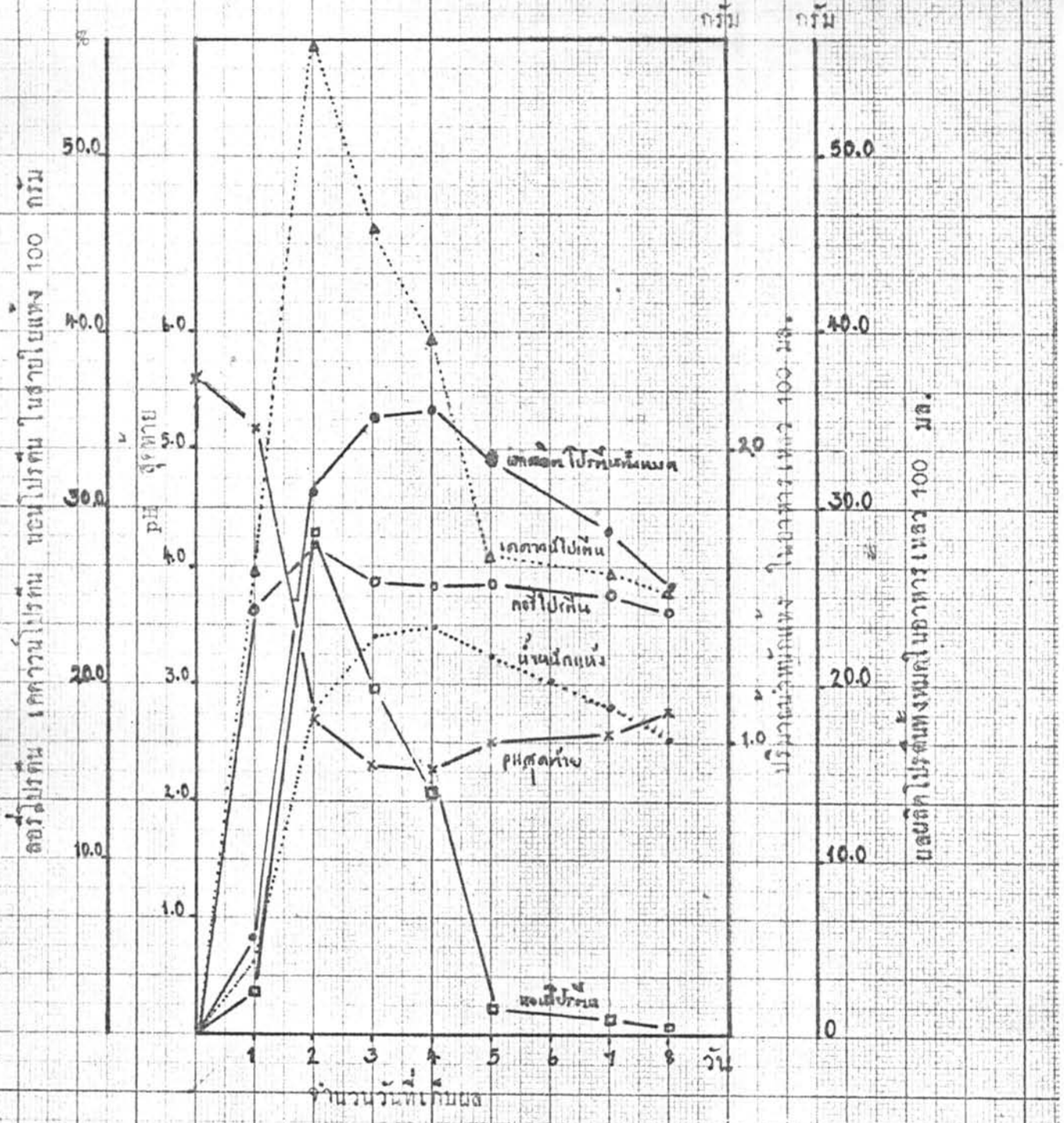
เมื่อตรวจปริมาณลอรี่โปรตีนในวันที่ 1 พบว่า A10 มีปริมาณลอรี่โปรตีน 23.64 % และ A14 มีปริมาณลอรี่โปรตีน 24.23 % ต่อมาปริมาณลอรี่โปรตีนของทั้ง 2 สายพันธุ์จะสูงที่สุดในวันที่ 2 ถึง 27.23 % ของสายพันธุ์ A10 และสายพันธุ์ A14 ได้ลอรี่โปรตีน 27.91 % ในวันที่สองของการทดลอง และปริมาณลอรี่โปรตีนจะลดลงหลังวันที่ 2 คือมีปริมาณลอรี่โปรตีนในวันที่ 8 เป็น 26.14 % ในสายพันธุ์ A10 และ 24.54 % ของสายพันธุ์ A14 แสดงว่าน้ำหนักแห้งของทั้ง 2 สายพันธุ์มีมากที่สุดในวันที่ 4 แต่ปริมาณลอรี่โปรตีนสูงที่สุดในวันที่ 2

ปริมาณของเคดาวน์โปรตีนมีความสัมพันธ์ตามลอรี่โปรตีน พบว่า ทั้ง 2 สายพันธุ์สร้างเคดาวน์โปรตีนมากที่สุดในวันที่ 2 ของการเลี้ยง คือ 33.39 % ของสายพันธุ์ A10 และสายพันธุ์ A14 สร้างเคดาวน์โปรตีนได้ 56.50 %

จากกราฟที่ 4 และกราฟที่ 5 พบว่า สายพันธุ์ A10 มีปริมาณนอนโปรตีนมีค่ามากที่สุดในวันที่ 3 คือ 6.69 % ของสายพันธุ์ A10 และสายพันธุ์ A14 มีค่ามากที่สุด



กราฟที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโต ปริมาณโปรตีน นอนโปรตีน และ pH สุดท้าย ที่เลี้ยงรา Aspergillus niger (A10) ในอาหารเหลวที่มีแป้งมันสำปะหลัง 2.3% 0.5% $(NH_4)_2SO_4$ KH_2PO_4 0.2% pH 5.6 ในช่วงเวลา 8 วัน



กราฟที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโต ปริมาณโปรตีน นอนโปรตีน และ pH สุดท้าย ที่เลี้ยงรา Aspergillus niger(A14) ในสภาพที่มีแป้งมันสำปะหลัง 2.3% $(NH_4)_2SO_4$ 0.5% KH_2PO_4 0.2% ในอาหารเหลว ในช่วงเวลา 8 วัน

ในวันที่ 2 ได้ 28.59 % หลังจากวันที่ 3 ในสายพันธุ์A10และวันที่ 2 ในสายพันธุ์A14 มีค่าลดลงจนถึงวันที่ 8 ได้ 1.98 % ของ A10และ 0.46 % ของ A14

จากผลการทดลองของ A10 ที่แสดงไว้ในตารางที่ 6 และ กราฟที่ 4 ผลการทดลองของA14 ที่แสดงไว้ในตารางที่ 7 และกราฟที่ 5 พบว่าปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมดของA10 และA14 มีค่าเพิ่มจากวันที่ 1 มากขึ้นจนสูงสุดในวันที่ 4 ได้ 31.30 และ 35.51 กรัมต่อ 100 มล. ตามลำดับ หลังจากวันที่ 4 นี้จะมีปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมดนี้ลดลงจนถึง วันที่ 7 ของA10 ได้ 25.60 กรัมต่อ 100 มล. และ 25.03 กรัมต่อ 100 มล. ของA14 ในวันที่ 8

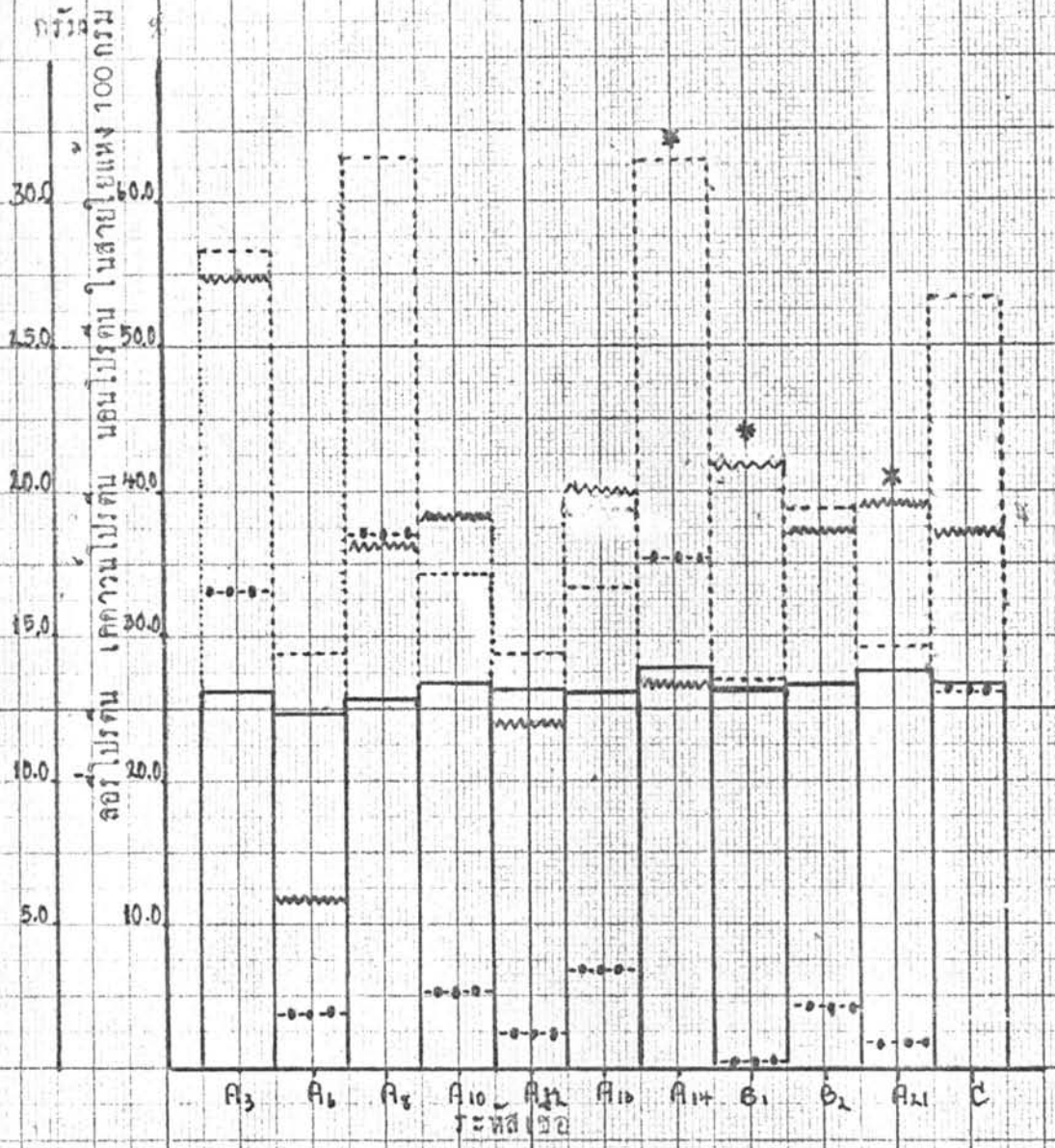
ข. ผลการคัดเลือกสายพันธุ์ที่สร้างโปรตีนสูงและนอนโปรตีนต่ำ

ได้นำรา Aspergillus ทั้ง 11 สายพันธุ์ เลี้ยงในอาหารเหลวที่มีคุณสมบัติและองค์ประกอบทางอาหาร คือ แป้งมันสำปะหลัง 2.3 %, $(NH_4)_2SO_4$ 0.5 %, KH_2PO_4 0.2 % และ pH เริ่มต้น 5.4 ผลแสดงไว้ในตารางที่ 8 และกราฟที่ 6 พบว่าเมื่อเก็บผลในวันที่ 2

สายพันธุ์ A14มีปริมาณลอรี่โปรตีนสูงสุด 27.79 % เคดาวน์โปรตีนสูงเป็นอันดับที่ 2 ได้ 62.87 % ปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมดต่ำเป็นอันดับที่ 3 คือ 13.39 กรัมต่อ 100 มล. และนอนโปรตีน 35.08 % ซึ่งมีปริมาณนอนโปรตีนสูงเป็นอันดับที่ 2

สายพันธุ์ A21 มีปริมาณลอรี่โปรตีนสูงรองจาก A14 ได้ 27.73 % เคดาวน์โปรตีน 29.37 % ปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมดมีมากเป็นอันดับที่ 4 คือ 19.41 กรัมต่อ 100 มล. และนอนโปรตีนน้อยเป็นอันดับที่ 2 คือ 1.64 %

สายพันธุ์ B1 มีปริมาณลอรี่โปรตีนปานกลาง 26.51 % เคดาวน์โปรตีนน้อยที่สุด 26.81 % ผลผลิตโปรตีนทั้งหมดสูงเป็นอันดับที่ 2 คือ 20.94 กรัมต่อ 100 มล. และนอนโปรตีนน้อยที่สุด 0.30 %



กราฟที่ 6 จาก 11 สายพันธุ์ของรา Aspergillus ที่แยกได้จากแหล่งอาหารที่ใช้รับประทานใน คัดไว้ 3 สายพันธุ์โดยวิธีหาปริมาณโปรตีนของ Lowry และวิธีของ Kjeldahl ราที่เลี้ยงในอาหารที่มีแป้งมันสำปะหลัง 2.3% $(NH_4)_2SO_4$ 0.5% และ KH_2PO_4 0.2% pH 5.4 ในช่วงเวลา 2 วัน. (* เป็นสายพันธุ์ราที่คัดเลือกไว้ —ปริมาณดอโปรตีน ---เคดาวน์-โปรตีน •-•-• นอนโปรตีน ~~ ผลผลิตโปรตีนทั้งหมด)

จากปริมาณลอรี่โปรตีนสูงที่สร้างใน A14 และผลผลิตโปรตีนทั้งหมดมีค่ามากในB1 จึงเลือกทั้ง 2 สายพันธุ์ ทดลองต่อโดยมี A21 เป็นสายพันธุ์มาตรฐานเปรียบเทียบ

ส่วนสายพันธุ์ที่เหลือ A3, A6, A8, A10, A12, A13, B1 และ C ไม่ได้นำมาทดลองต่อ เพราะพบว่าปริมาณโปรตีนไม่สูง

การศึกษาสภาพที่เหมาะสมต่อการสร้างโปรตีน

ก. การศึกษาความเป็นกรดและด่างของอาหารเหลว ต่อการสร้างโปรตีนและขนาดเพลเล็ต

หลังจากได้นำสายพันธุ์ A21, A14 และB1 เลี้ยงในอาหารเหลวที่มี pH เริ่มต้นต่าง ๆ กัน ดังนี้คือ 2.5, 3.5, 4.5, 5.0, 5.4 และ 6.0 พบว่า สายพันธุ์ A21 ซึ่งแสดงผลในตารางที่ 9 หลังจากเก็บสายใยในเวลา 2 วัน และสกัดหาปริมาณลอรี่โปรตีนของ A21 คือ 29.26 % สูงมากที่สุด เมื่อมี pH เริ่มต้น 3.5, เคดาวน์โปรตีน 33.12 % ผลผลิตโปรตีนทั้งหมด 12.58 กรัมต่อ 100 มล. และนอนโปรตีนสูง 3.86 % จากกราฟที่ 7 พบว่า ลอรี่โปรตีนที่ pHเริ่มต้น 3.5 จะมีค่าเท่ากับลอรี่โปรตีนที่ pHเริ่มต้น 2.5 คือ 29.26 % แต่ปริมาณนอนโปรตีนที่ pH เริ่มต้น 2.5 มีค่ามากที่สุด คือ 15.36 % ดังนั้นจึงเลือก pH เริ่มต้นที่เหมาะสมที่ 3.5 เพราะมีลอรี่โปรตีนสูงที่สุด 29.26 %, นอนโปรตีน 3.86 % และผลผลิตโปรตีนทั้งหมด 12.58 กรัม

จากตารางที่ 10 เป็นผลการทดลองของสายพันธุ์ A14 ที่เก็บสายใยในเวลา 2 วัน พบว่า pH เริ่มต้น 5.0 มีการสร้างลอรี่โปรตีนสูงที่สุด 30.58 %, เคดาวน์โปรตีนสูงปานกลาง 59.75 % ปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมดมากเป็นอันดับที่ 2 26.60 กรัมต่อ 100 มล., นอนโปรตีนน้อยเป็นอันดับที่ 2 คือ 29.17 %

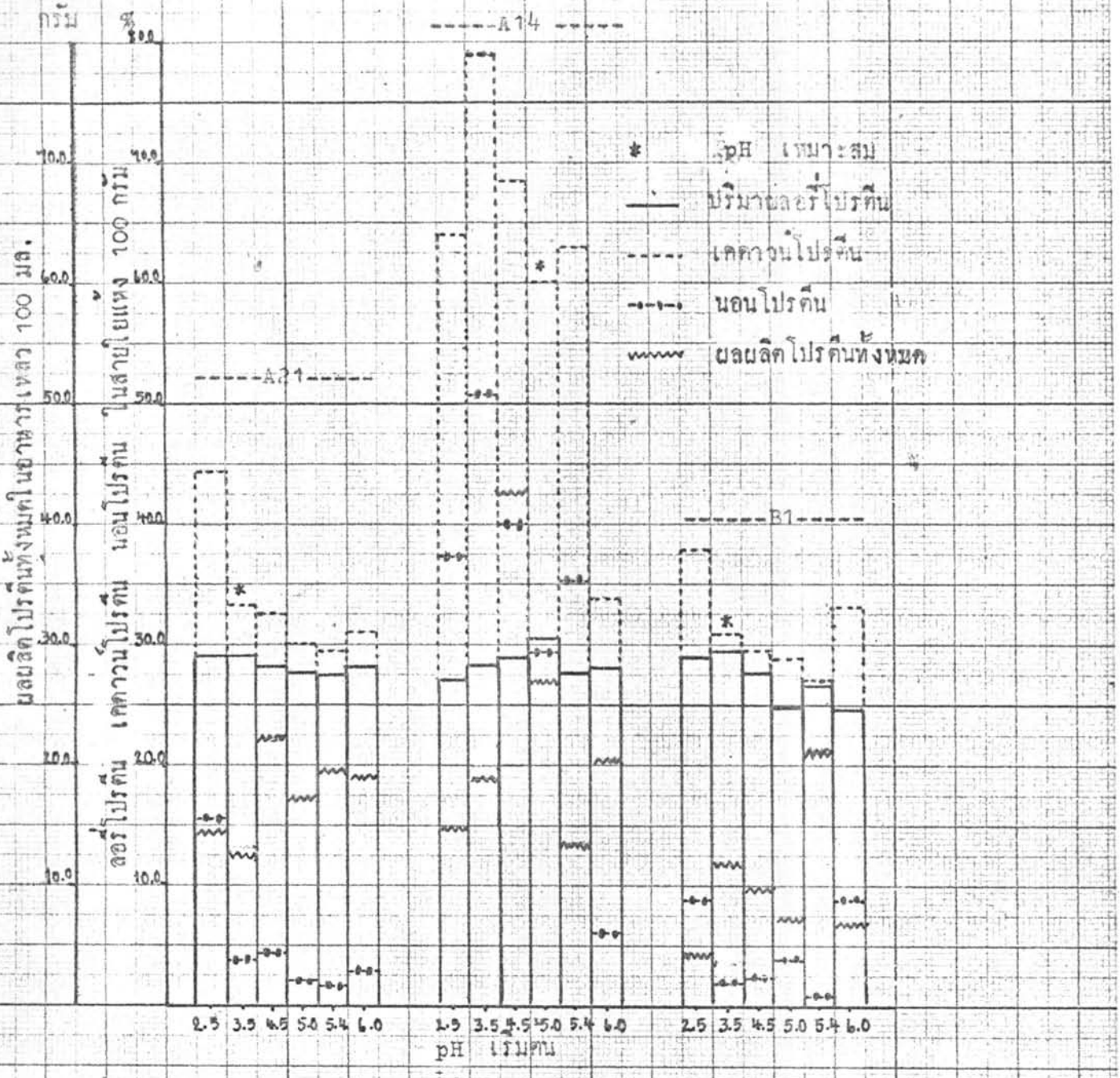
จากกราฟที่ 7 พบว่า สายพันธุ์ A14 สร้างลอรี่โปรตีนสูงที่สุด ที่ pH5.0 ถ้าเริ่มต้นต่ำลงเป็น 2.5, 3.5 และ 4.5 ได้ลอรี่โปรตีนต่ำ คือ 27.17, 28.34 และ 28.85 % ตามลำดับ ถ้า pH เริ่มต้นสูงกว่า pH 5.0 ได้ลอรี่โปรตีนต่ำด้วย คือที่ pH เริ่มต้น 5.4 และ 6.0 ได้ลอรี่โปรตีน 27.78 และ 28.06 % ตามลำดับ ปริมาณเคดาวน์โปรตีน นอนโปรตีนและปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมดมีค่าไม่แปรตาม pH เริ่มต้น

ตารางที่ 11 แสดงผลการทดลองของสายพันธุ์ B1 พบว่า สายใยแห้งเมื่อเก็บในวันที่ 2 มีลอรี่โปรตีนสูงที่สุดที่ pH เริ่มต้น 3.5 พบ 29.22 %, เคดาวน์โปรตีนสูงปานกลาง 30.87 %, ผลผลิตโปรตีนทั้งหมดสูงเป็นอันดับที่ 2 11.98 กรัมต่อ 100 มล. นอนโปรตีนน้อยเป็นอันดับที่ 2 1.65 % และขนาดเพลเล็ตใหญ่ที่สุด 3.0 มม. แต่ที่ pH 2.5 ขนาดเพลเล็ตเล็กมากมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0 มม. จากกราฟที่ 7 พบว่า ปริมาณนอนโปรตีนและผลผลิตโปรตีนทั้งหมดไม่ได้มีมากน้อยตาม pH เริ่มต้น แต่ปริมาณเคดาวน์โปรตีนมีมากที่สุดที่ pH เริ่มต้น 2.5 ได้ 37.75 % หลังจากนั้น pH เริ่มต้นเพิ่มขึ้น เคดาวน์โปรตีนจะลดลงจนถึง pH เริ่มต้น 5.4 ถึงได้เคดาวน์-โปรตีน 26.81 % และที่ pH เริ่มต้น 6.0 จะมีเคดาวน์โปรตีนสูงขึ้น 33.12 %

ข. ผลของการศึกษาปริมาณไนโตรเจนต่อการสร้างโปรตีน

แหล่งไนโตรเจนที่ใช้ในการทดลอง คือ $(NH_4)_2SO_4$ ที่มีปริมาณต่าง ๆ คือ 0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.8 และ 1.0 % และคงที่ปริมาณแป้งมันสำปะหลัง 2.3 %

จากการทดลองสายพันธุ์ A21 ดังแสดงในตารางที่ 12 และกราฟที่ 8 ที่ $(NH_4)_2SO_4$ 0 % A21 สร้างลอรี่โปรตีนและปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมดน้อยที่สุด คือ 26.87 % และ 10.48 กรัมต่อ 100 มล. ตามลำดับ แต่มีนอนโปรตีนค่อนข้างสูง คือ 31.25 % ที่ความเข้มข้น 0.5 % $(NH_4)_2SO_4$ A21 สามารถสร้างลอรี่โปรตีนได้มากถึง 29.26 % เคดาวน์โปรตีน 33.12 % นอนโปรตีน 3.86 % และปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมด 12.58 กรัมต่อ 100 มล. แต่ความเข้มข้น 0.8 และ 1.0 % มีการสร้างลอรี่โปรตีนไม่สูงนัก คือ 27.73 และ 27.01 % ตามลำดับ



กราฟที่ 7 แสดงปริมาณของเอสโปรตีน เคตาวันโปรตีน นอนโปรตีน ผลผลิตโปรตีนทั้งหมด

Aspergillus niger 3 สายพันธุ์ (A21 , A14 และ B1)

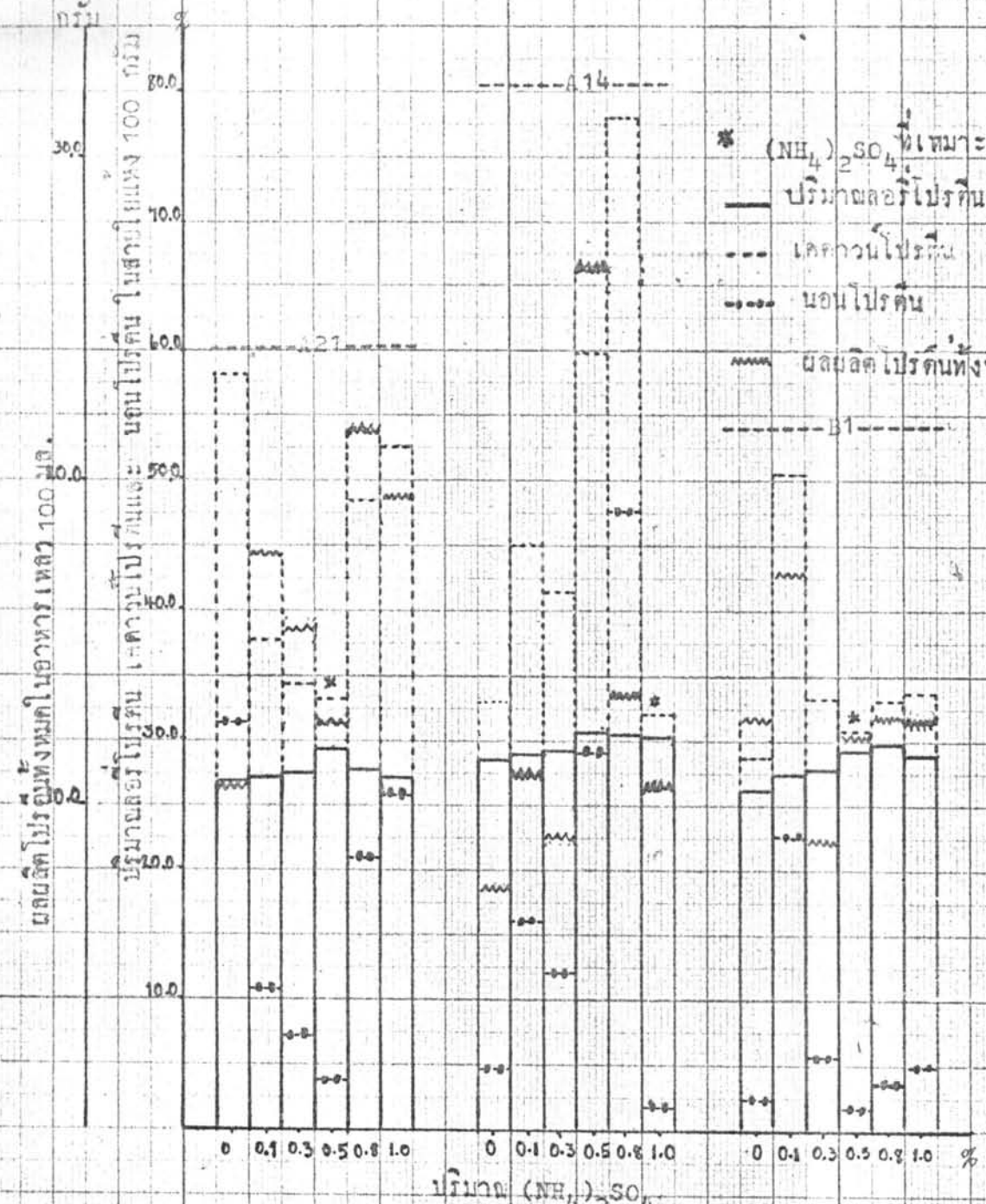
ที่เจริญในอาหารเหลว ใช้ pH เริ่มต้นต่าง ๆ กัน 2.5 3.5

4.5 5.0 5.4 6.0 และมีแป้งมันสำปะหลัง 2.3% $(NH_4)_2SO_4$ 0.5%

NaH_2PO_4 0.2% คงที่ ในช่วงเวลา 2 วัน

ผลการทดลองของสายพันธุ์ A14 สรุปไว้ในตารางที่ 13 และกราฟที่ 8 เมื่อไม่มีความเข้มข้นของ $(NH_4)_2SO_4$ มีลอรี่โปรตีน เคดาวน์โปรตีน นอนโปรตีน และปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมด เป็น 28.75 %, 33.25 %, 4.50 % และ 7.48 กรัมต่อ 100 มล. ตามลำดับ ถ้าเพิ่มความเข้มข้นเป็น 0.5 % ลอรี่โปรตีนมีค่าสูงถึง 30.58 % นอนโปรตีน 29.17 % และปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมดมีค่ามากด้วย คือ 26.60 กรัมต่อ 100 มล. ถ้าความเข้มข้นของ $(NH_4)_2SO_4$ เพิ่มเป็น 1.0 % ลอรี่โปรตีนค่อนข้างสูงขึ้นจากที่ใช้ความเข้มข้นที่ 0.5 และ 0.8 % $(NH_4)_2SO_4$ คือมีปริมาณลอรี่โปรตีน 30.41 % ผลผลิตโปรตีนทั้งหมดค่อนข้างน้อย คือ 10.64 กรัมต่อ 100 มล. แต่นอนโปรตีนค่อนข้างต่ำ 1.71 % ดังนั้นที่ความเข้มข้น 1.0 % $(NH_4)_2SO_4$ จึงเป็นปริมาณ $(NH_4)_2SO_4$ ที่เหมาะสมต่อการสร้างลอรี่โปรตีนสูง และให้นอนโปรตีนต่ำ

ผลการทดลองของสายพันธุ์ B1 ดังแสดงในตารางที่ 14 และกราฟที่ 8 พบว่าถ้าไม่มีความเข้มข้นของ $(NH_4)_2SO_4$ เลย ลอรี่โปรตีนมีปริมาณค่อนข้างต่ำ 26.15 % ถ้าเพิ่มความเข้มข้นมากขึ้น $(NH_4)_2SO_4$ ถึง 0.8 % ลอรี่โปรตีนมีปริมาณค่อนข้างสูงถึง 29.76 %, เคดาวน์โปรตีน 33.37 %, นอนโปรตีน 3.59 % และปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมด 12.80 กรัมต่อ 100 มล. ความเข้มข้นของ $(NH_4)_2SO_4$ สูงถึง 1.0 % ลอรี่โปรตีนลดลงเป็น 29.00 % และปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมดปานกลาง 12.76 กรัมต่อ 100 มล. แต่ที่ความเข้มข้น 0.5 % $(NH_4)_2SO_4$ มีปริมาณลอรี่โปรตีนค่อนข้างสูง รองจากที่ความเข้มข้น 0.8 % $(NH_4)_2SO_4$ คือมีลอรี่โปรตีน 29.22 % ปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมด 11.98 กรัมต่อ 100 มล. เคดาวน์โปรตีน 30.87 % และนอนโปรตีนค่อนข้างต่ำ 1.65 % ดังนั้นปริมาณ $(NH_4)_2SO_4$ ที่เหมาะสมต่อการสร้างลอรี่โปรตีนสูง และนอนโปรตีนต่ำ ของสายพันธุ์ B1 คือ 0.5% $(NH_4)_2SO_4$



กราฟที่ 8 แสดงปริมาณลอรี่โปรตีน เคลาวน์โปรตีน นอนโปรตีน ผลผลิตโปรตีนทั้งหมด

Asnergillus niger 3 สายพันธุ์ (A21 A14 และ B1)
ที่เก็บได้จากเส้นใยในอาหารเหลวที่มี $(NH_4)_2SO_4$ ความเข้มข้นต่างกัน
0 0.1 0.3 0.5 0.8 1.0% และมีแป้งมันสำปะหลัง 2.3%
KH_2PO_4 0.2% คงที่ ในช่วงเวลา 2 วัน

จากตารางที่ 12 - 14 พบว่า ไม่ว่าจะมีหรือไม่มีปริมาณ $(NH_4)_2SO_4$ ก็มีการสร้างเพลเล็ตทั้ง 3 สายพันธุ์ ขนาดเพลเล็ตค่อนข้างเล็ก ในอาหารเหลวที่มีปริมาณ $(NH_4)_2SO_4$ ต่ำ หรือไม่มี ขนาดเพลเล็ตใหญ่ขึ้นเมื่อ $(NH_4)_2SO_4$ ปริมาณมากขึ้น คือขนาดเพลเล็ตของ A21, A14 และ B1 ที่ไม่มีความเข้มข้นของ $(NH_4)_2SO_4$ เป็น 1.0, 1.0 และ 1.5 มม. ตามลำดับ ถ้าเพิ่มความเข้มข้นของ $(NH_4)_2SO_4$ มากถึง 1.0 % ขนาดเพลเล็ตเป็น 5.0, 2.0 และ 3.0 มม. ตามลำดับ

ค. ความสามารถทนต่อความร้อนที่อุณหภูมิต่างกัน

โดยใช้วิธีการวัดความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางของโคโลนี ที่เจริญบนอาหารแข็งในเวลา 2 วัน แสดงไว้ในตารางที่ 15 และกราฟที่ 9 พบว่า

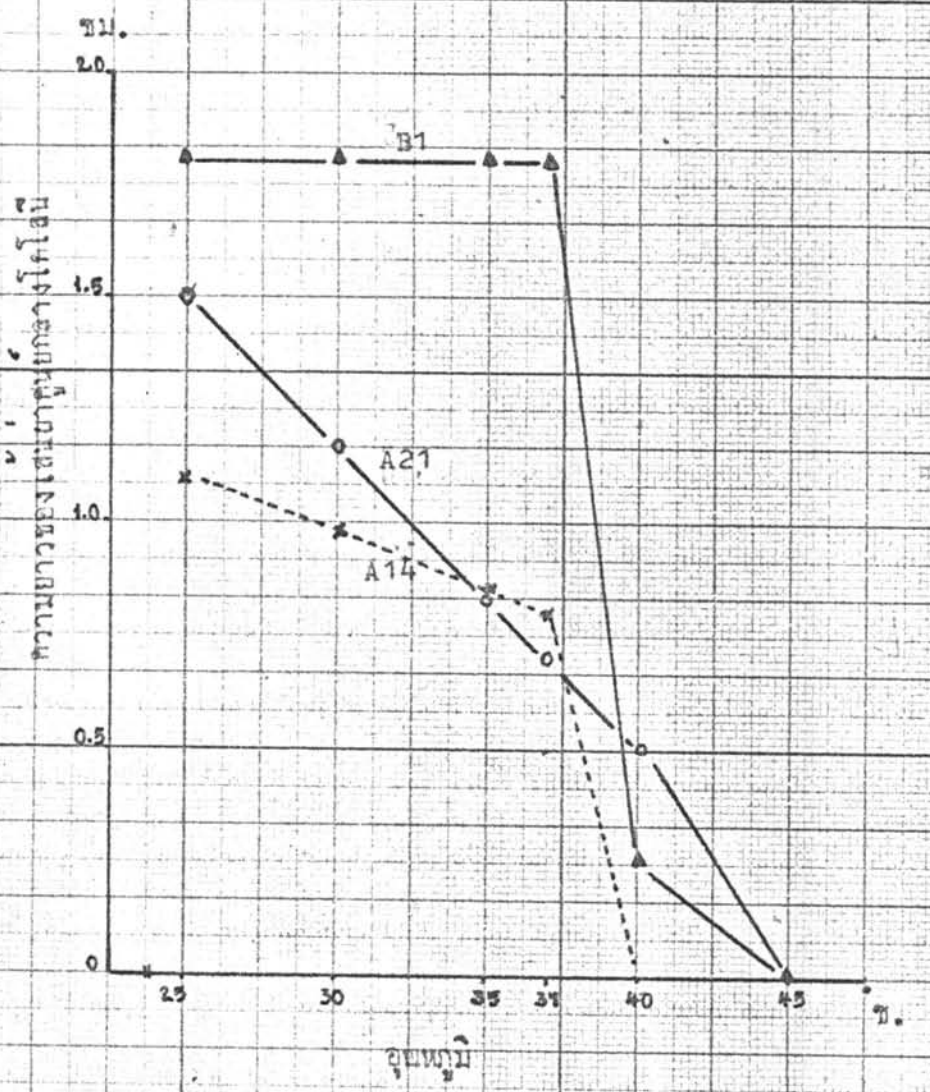
สายพันธุ์ A21 เจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 25 °ซ วัดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีได้ 1.50 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีค่อย ๆ ลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิขึ้นถึง 40 °ซ วัดความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางได้ 0.50 ซม. และที่อุณหภูมิ 45 °ซ พบว่าสายพันธุ์ A21 เจริญเติบโตไม่ได้เลย

สายพันธุ์ A14 เจริญได้ดีที่ 25 °ซ วัดเส้นผ่าศูนย์กลางได้ 1.10 ซม. เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงถึง 37 °ซ ความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางวัดได้ 0.8 ซม. และเมื่ออุณหภูมิเพิ่มเป็น 40 และ 45 °ซ ไม่มีการเจริญเติบโต

สายพันธุ์ B1 เจริญได้ดีที่ 25 °ซ วัดเส้นผ่าศูนย์กลางได้ 1.8 ซม. การเจริญเติบโตจะคงที่ไปเรื่อย ๆ จนถึง 37 °ซ หลังจากนั้นเมื่ออุณหภูมิสูงถึง 40 °ซ การเจริญเติบโตลดลง วัดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีได้ 0.25 ซม. อุณหภูมิสูงถึง 45 °ซ เจริญเติบโตไม่ได้

ดังนั้น ช่วงอุณหภูมิระหว่าง 25 ° - 37 °ซ ราทั้ง 3 สายพันธุ์เจริญได้ดี แต่อุณหภูมิสูงถึง 45 °ซ ทั้ง 3 สายพันธุ์ ไม่สามารถเจริญเติบโตได้

ง. ผลการทดลองแหล่งคาร์บอนต่อการเจริญเติบโต การสร้างโปรตีนและนอนโปรตีน



กราฟที่ 9 แสดงผลของอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตของ Aspergillus niger 3 สายพันธุ์ (A21 A14 และ B1) บนอาหารแข็งที่มีแป้งมันสำปะหลัง 2.5% ในช่วงเวลา 2 วัน

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

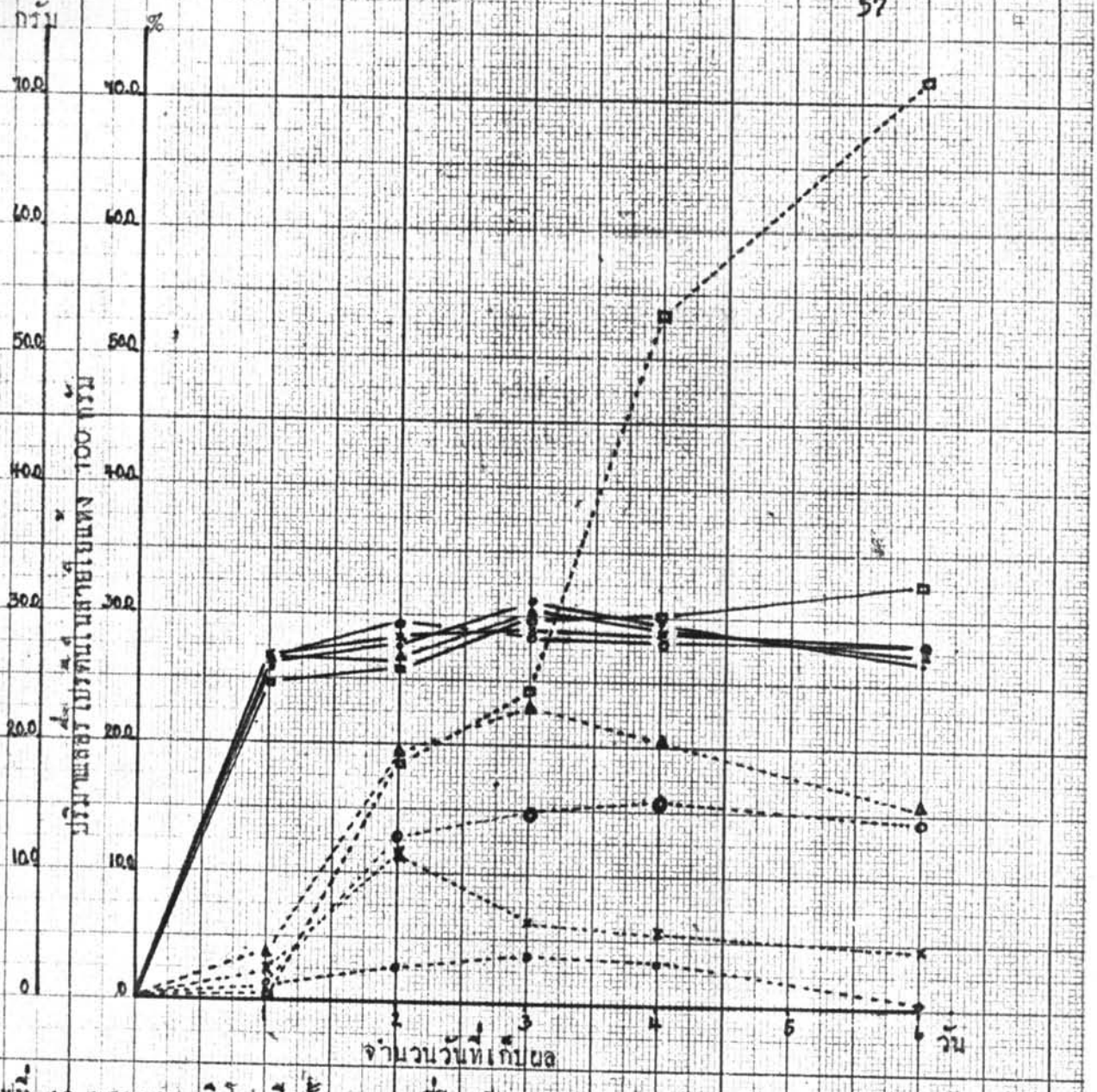
เลี้ยงสายพันธุ์A21,A14และ B1 ในอาหารเหลว 100 มล. ที่มีความเข้มข้นของแป้งมันสำปะหลังต่างกัน คือ 0.5, 1.0, 2.3, 3.0 และ 5.0 % แต่ละสายพันธุ์เลี้ยงในอาหารเหลวที่มีสภาพเหมาะสม จากข้อ ก.ข.และ ค.เป็นค่าคงที่ ซึ่งมีผลต่อการสร้างโปรตีนที่ทดลองมา

ตารางที่ 16 และกราฟที่ 10 เป็นผลการทดลองของสายพันธุ์ A21 พบว่าที่ปริมาณแป้งมันสำปะหลัง 0.5 % ในวันที่ 1 และวันที่ 6 มีน้ำหนักแห้งตอนข้างต่ำ คือ 0.04 และ 0.01 กรัม ตามลำดับ ลอรี่โปรตีนค่อนข้างต่ำ 26.00 และ 26.79 % ตามลำดับ และปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมดค่อนข้างต่ำด้วย คือ 1.04 และ 0.27 กรัมต่อ 100 มล. เมื่อเวลาในการเจริญเติบโตมากขึ้นจากวันที่ 1 มาเป็นวันที่ 3 ปริมาณลอรี่โปรตีน เคดาวน์โปรตีน และผลผลิตโปรตีนทั้งหมดสูงถึง 31.05 %, 31.50 % และ 3. 73 กรัม ตามลำดับ

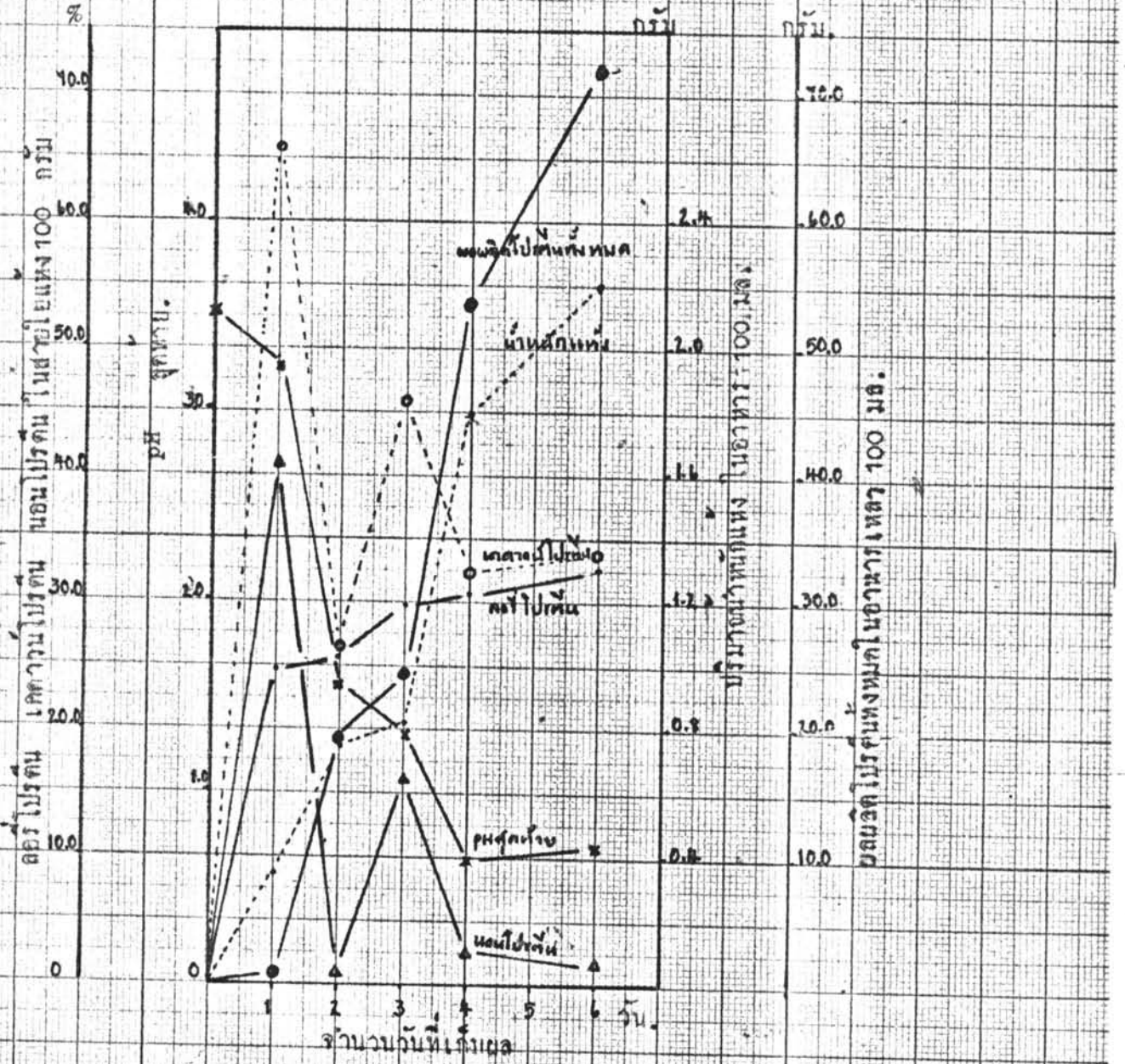
ตารางที่ 17 และกราฟที่ 10 เป็นผลการทดลองของสายพันธุ์ A21 ในอาหารเหลวที่มีปริมาณแป้งมันสำปะหลัง 1.0 % ลอรี่โปรตีนค่อนข้างสูงในวันที่ 3 28.91 % ลอรี่โปรตีน เคดาวน์โปรตีน 35.62 % ปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมด 6. 36 กรัม และนอนโปรตีน 6.71 % หลังจากวันที่ 3 ลอรี่โปรตีน และผลผลิตโปรตีนทั้งหมดลดลงจนถึงวันที่ 6 ได้ลอรี่โปรตีน 27.60 % และผลผลิตโปรตีนทั้งหมด 4. 69 กรัม

ตารางที่ 18 และกราฟที่ 10 เป็นผลการทดลองของ A21 ในแป้งมันสำปะหลัง 2.3 % พบว่า ลอรี่โปรตีนถูกสร้างขึ้นตั้งแต่วันที่ 1 ได้ 26.32 % และปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมดได้ 1.05 กรัม ลอรี่โปรตีนสูงมากขึ้นในวันที่ 2 ได้ลอรี่โปรตีน 29.25 % และปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมดปานกลาง 12. 58 กรัม หลังจากวันที่ 2 ลอรี่โปรตีนลดลงจนถึงวันที่ 6 ได้ลอรี่โปรตีน 27.69 % แต่ผลผลิตโปรตีนทั้งหมดเพิ่มขึ้นถึง 15. 76 กรัม ในวันที่ 4 และลดเป็น 14.40 กรัมในวันที่ 6

ตารางที่ 19 และกราฟที่ 10 เป็นผลการทดลองของ A21 ใน 3.0 % แป้งมันสำปะหลัง ลอรี่โปรตีน และผลผลิตโปรตีนทั้งหมดค่อย ๆ เพิ่มจากวันที่ 1 ได้ 26.19%



กราฟที่ 10 แสดงผลผลิตโปรตีนทั้งหมด ลอรี่โปรตีน ของ A. niger (A21) ที่เลี้ยงในอาหารเหลวที่มีปริมาณแป้งมันสำปะหลังต่าง ๆ กัน 0.5 1.0 2.3 3.0 5.0% และคงที่ปริมาณ $(NH_4)_2SO_4$ 0.5% KH_2PO_4 0.2% pH3.5 ในช่วงเวลา 6 วัน(---- ผลผลิตโปรตีนทั้งหมด —— ลอรี่โปรตีน
● 0.5% แป้งมันสำปะหลัง × 1.0% แป้งมันสำปะหลัง
◎ 2.3% แป้งมันสำปะหลัง ▲ 3.0% แป้งมันสำปะหลัง
□ 5.0% แป้งมันสำปะหลัง.)



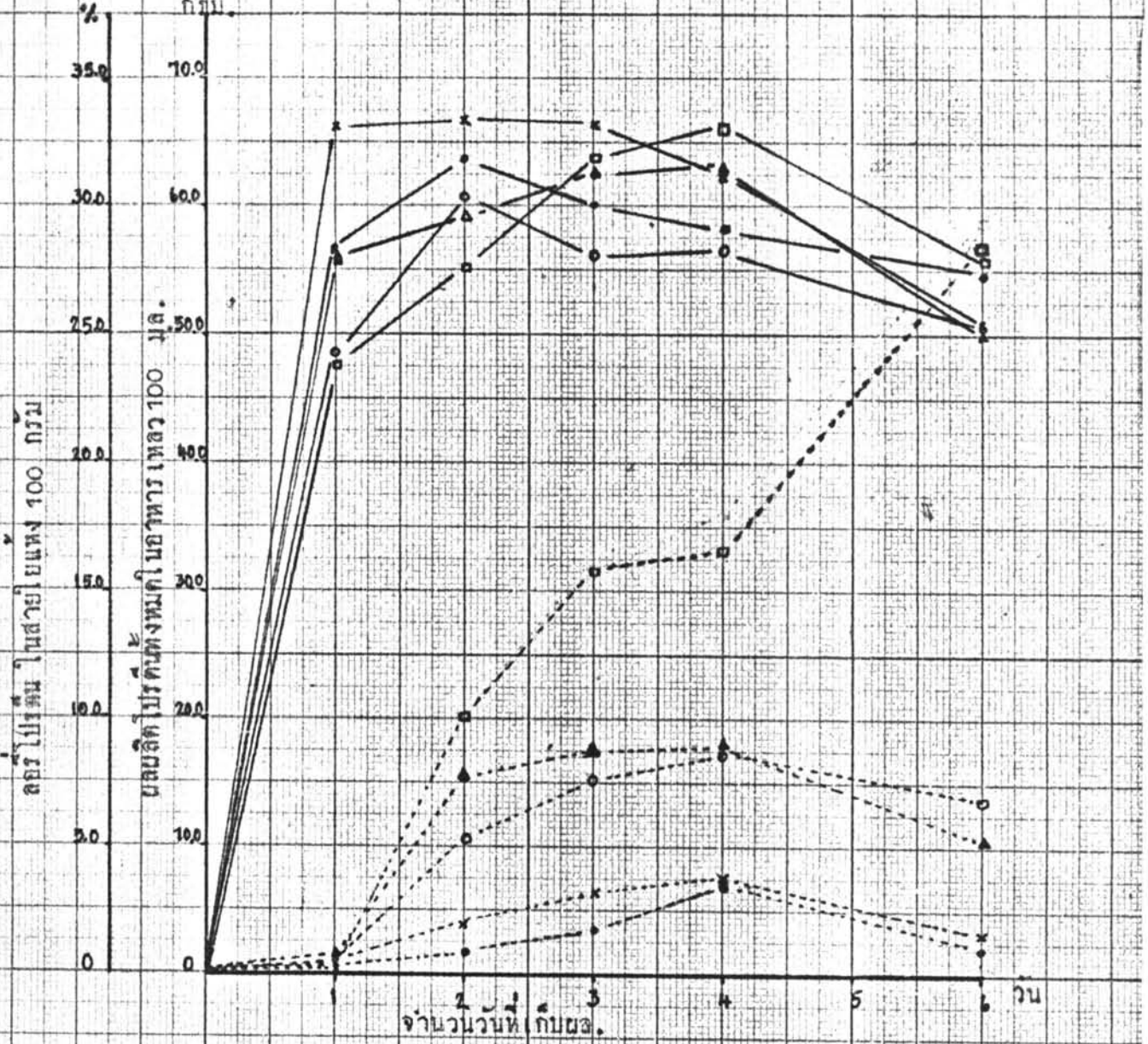
กราฟที่ 11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ลอรี่โปรตีน ผลผลิตโปรตีนทั้งหมด น้ำหนักแห้ง เคราะโปรตีน นอนโปรตีน และ pH สุดท้าย ที่เลี้ยงรา Aspergillus niger (A21) ในอาหารเหลวที่เหมาะสม โดยมีแป้งมันสำปะหลัง 5.0% $(NH_4)_2SO_4$ 0.5% KH_2PO_4 0.2% pH-เริ่มต้น 5.5 ในช่วงเวลา 6 วัน

ลอรี่โปรตีน และปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมด 3.92 กรัม มาเป็นลอรี่โปรตีน 30.36 % และปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมด 22.77 กรัม ในวันที่ 3 หลังจากวันที่ 3 ทั้งลอรี่โปรตีน และผลผลิตโปรตีนทั้งหมดค่อย ๆลดลง

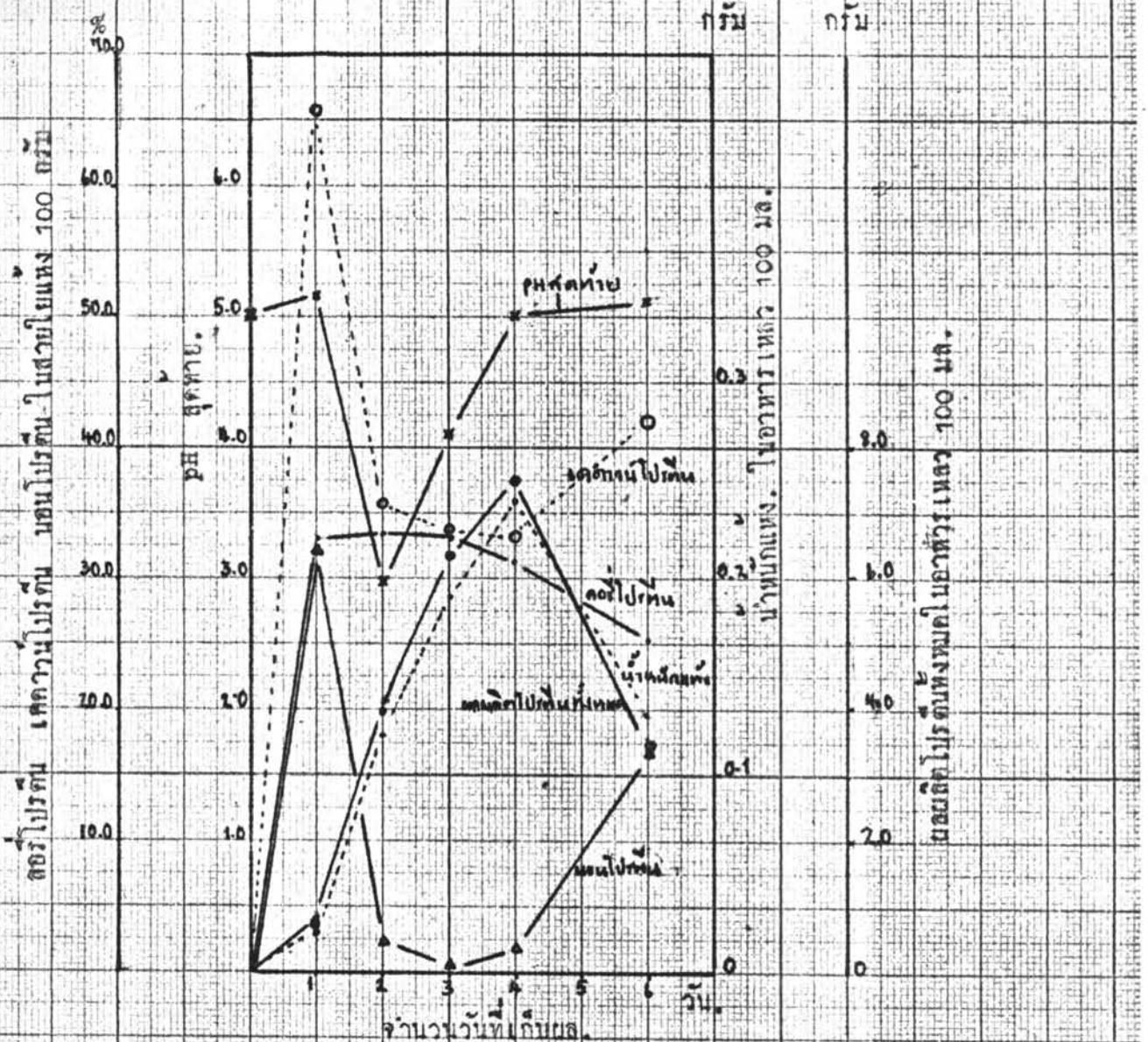
ตารางที่ 20 และกราฟที่ 10 - 11 เป็นผลการทดลองของ A21 ในแป้งมันสำปะหลัง 5.0 % พบว่า ในวันที่ 1 ทั้งลอรี่โปรตีน ผลผลิตโปรตีนทั้งหมด และน้ำหนักแห้ง มีปริมาณค่อนข้างต่ำ คือ 24.70 %, 0.74 กรัม และ 0.03 กรัม ตามลำดับ แต่เคดาวน์โปรตีนและนอนโปรตีนค่อนข้างสูงถึง 65.62 % และ 40.92 % ตามลำดับ เมื่อเวลาในการเจริญเติบโตสูงขึ้น น้ำหนักแห้ง ลอรี่โปรตีน และผลผลิตโปรตีนทั้งหมดสูงขึ้นด้วย คือในวันที่ 6 ได้ลอรี่โปรตีน 32.55 % น้ำหนักแห้ง 2.20 กรัม และปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมด 71.61 กรัม ปริมาณเคดาวน์โปรตีนและนอนโปรตีนไม่สูงนักได้ 33.75 % และ 1.20 % ตามลำดับ ตลอดการทดลองในเวลา 6 วัน เพลเล็ตไม่ถูกสร้างขึ้นในอาหารเหลว 5.0 % แป้งมันสำปะหลังและ pH สุดท้ายค่อนข้างต่ำ pH สุดท้ายต่ำที่สุดเป็น 0.62 ในวันที่ 4 หลังจากวันที่ 4 pH สุดท้ายค่อย ๆ เพิ่มเป็น 0.70ในวันที่ 6

สายพันธุ์ A 14 เลี้ยงในอาหารเหลวที่มี 0.5 % แป้งมันสำปะหลัง ดังแสดงผลไว้ในตารางที่ 21 และกราฟที่ 12 ลอรี่โปรตีนและผลผลิตโปรตีนทั้งหมดสูงขึ้นจากวันที่ 1 คือ ลอรี่โปรตีน 28.39 % และปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมด 0.28 กรัม มาเป็นลอรี่โปรตีนสูงถึง 31.92 % และปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมด 1.60 กรัมในวันที่ 2 หลังจากนั้นลอรี่โปรตีนลดลงจนได้ลอรี่โปรตีน 27.30 % ในวันที่ 6 แต่ปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมดจะสูงขึ้นถึง 7.26 กรัม ในวันที่ 4 และ 1.91 กรัม ในวันที่ 6

ตารางที่ 22 และกราฟที่ 12 - 13 พบว่า สายพันธุ์ A14 ที่เลี้ยงในอาหารเหลว 1.0 % แป้งมันสำปะหลัง ในวันที่ 2 มีการสร้างลอรี่โปรตีนสูงถึง 33.24% แต่ปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมดสูงปานกลาง คือ 3.99 กรัม น้ำหนักแห้งค่อนข้างต่ำ 0.12 กรัม เคดาวน์โปรตีนปานกลาง 35.62 % และนอนโปรตีน 2.38 % หลังจาก



กราฟที่ 12 แสดงลอรีโปรตีนและยอดลิตโปรตีนทั้งหมดของ A. niger (A14) ที่เลี้ยงในอาหารเหลวที่มีปริมาณแป้งมันสำปะหลังต่าง ๆ กัน 0.5 1.0 2.3 3.0 5.0% และคงที่ปริมาณ $(NH_4)_2SO_4$ 1.0% KH_2PO_4 0.2% pH เริ่มต้น 5.0 ในช่วงเวลา 6 วัน — ลอรีโปรตีน .... ยอดลิตโปรตีนทั้งหมด • 0.5% แป้งมันสำปะหลัง × 1.0% แป้งมันสำปะหลัง O 2.3% แป้งมันสำปะหลัง ▲ 3.0% แป้งมันสำปะหลัง □ 5.0% แป้งมันสำปะหลัง.)



กราฟที่ 13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโต ปริมาณดีสโปรตีน เดกซ์ทรินโปรตีน นอนโปรตีน ยอดดิสโปรตีนทั้งหมดและ pH สุดท้าย ที่เลี้ยงรา Aspergillus niger(A14)ในอาหารเหลวที่เหมาะสม โดยมีแป้งมันสำปะหลัง 1.0% $(NH_4)_2SO_4$ 1.0% KH_2PO_4 0.2% pH เริ่มต้น 5.0 ในช่วงเวลา 6 วัน

วันที่ 2 ลอรี่โปรตีนลดลงเป็น 25.38 % ในวันที่ 6 แต่ผลผลิตโปรตีนทั้งหมดมีค่าสูงขึ้นถึง 7.50 กรัมในวันที่ 4 และลดลงเป็น 3.30 กรัม ในวันที่ 6 น้ำหนักแห้งเพิ่มจากวันที่ 1 0.02 กรัม มาเป็น 0.24 กรัมในวันที่ 4 และ 0.13 กรัม ในวันที่ 6 ส่วน pH สุดท้ายค่อย ๆ ลดจากวันที่ 1 คือ 5.15 มาเป็น pH สุดท้าย 5.00 ในวันที่ 4 และ pH สุดท้าย 5.11 ในวันที่ 6 ส่วนนอนโปรตีนค่อนข้างสูงในวันที่ 1 32.48 % หลังจากนั้นนอนโปรตีนค่อย ๆ ลดลงไปเป็น 0.55 % ในวันที่ 3 และเพิ่มเป็น 16.68% ในวันที่ 6 ทำนองเดียวกับเคดาวน์โปรตีนสูงถึง 65.62 % ในวันแรก หลังจากนั้นลดเป็น 33.12 % ในวันที่ 4 และเพิ่มเป็น 42.06 % ในวันที่ 6

ตารางที่ 23 และกราฟที่ 12 เป็นผลการทดลองของ A14 ในอาหารเหลว 2.3 % แป้งมันสำปะหลัง ลอรี่โปรตีนสูงถึง 30.41 % ในวันที่ 2 หลังจากนั้นลอรี่-โปรตีนลดลงเป็น 25.12 % ในวันที่ 6 แต่ผลผลิตโปรตีนทั้งหมดค่อย ๆสูงขึ้นจากวันที่ 1 1.21 กรัม มาเป็น 17.52 กรัมในวันที่ 4 หลังจากนั้นในวันที่ 6 ปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมดลดลงได้ 13.82 กรัม

ตารางที่ 24 และกราฟที่ 12 เป็นผลการทดลองของสายพันธุ์ A14 ในอาหารเหลวที่มี 3.0 % แป้งมันสำปะหลัง ลอรี่โปรตีนมีค่าสูงถึง 31.56 % ในวันที่ 4 และลอ-รี่โปรตีนลดลงในวันที่ 6 คือ 25.25 % ส่วนปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมดค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจากวันที่ 1 1.40 กรัม มาเป็นปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมด 17.63 กรัม ในวันที่ 4 หลังจากนั้นในวันที่ 6 ปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมดลดลงเป็น 10.35 กรัม

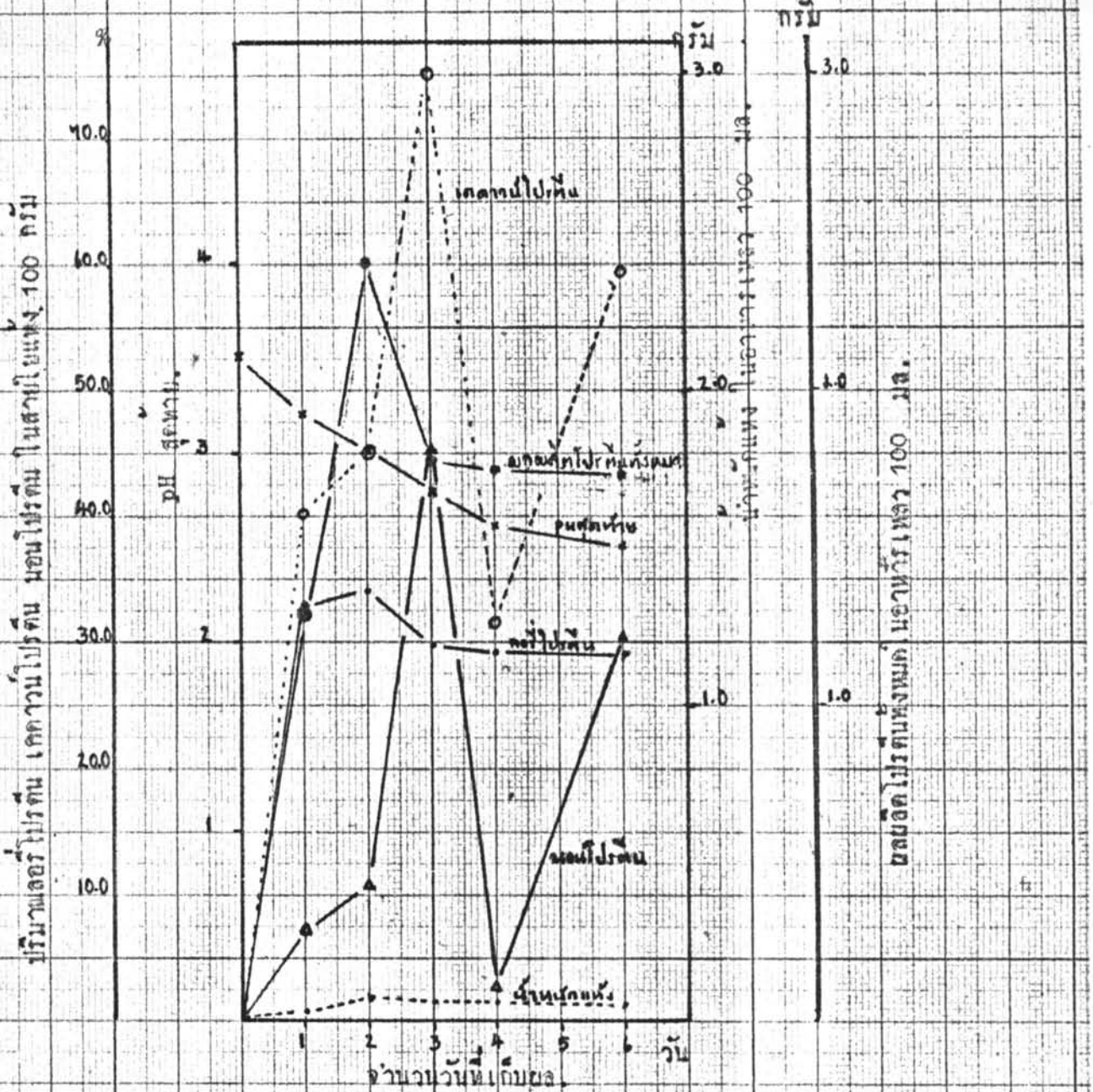
ตารางที่ 25 และกราฟที่ 12 เป็นผลการทดลองของ สายพันธุ์ A14 ในอาหารเหลวที่มีแป้งมันสำปะหลัง 5.0 % พบว่า ในวันที่ 1 มีการสร้างลอรี่โปรตีน 23.79 % และมีปริมาณลอรี่โปรตีนสูงขึ้นถึง 33.00 % ในวันที่ 4 หลังจากนั้นลอรี่โปรตีนลดลงเป็น 27.80 % ในวันที่ 6 ส่วนปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมดมีค่อนข้างต่ำในวันที่ 1 คือ 0.24 กรัม และหลังจากนั้นมีปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมดสูงขึ้นเป็น 56.69 กรัมในวันที่ 6

สายพันธุ์ B1 เลี้ยงในอาหารเหลวมีแป้งมันสำปะหลัง 0.5 % ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 26 และนำผลมาเขียนกราฟ กราฟที่ 14 - 15 พบว่า B1 สามารถสร้างลอรี่โปรตีนมีปริมาณสูงถึง 34.25 % ในวันที่ 2 หลังจากนั้นลอรี่โปรตีนมีปริมาณลดลงจนเป็น 29.07 % ในวันที่ 6 ผลผลิตโปรตีนทั้งหมดมีปริมาณค่อนข้างต่ำในวันที่ 1 1.32 กรัม หลังจากนั้นจะมีปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมดสูงขึ้นได้ 2.40 กรัมในวันที่ 2 และมีปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมดลดลงเป็น 1.74 กรัมในวันที่ 6 เคดาวน์โปรตีนมีปริมาณสูงถึง 75.00 % ในวันที่ 3 และปริมาณเคดาวน์โปรตีนลดลงเป็น 31.87 % ในวันที่ 4 หลังจากนั้นมีปริมาณเพิ่มเป็น 59.37 % ส่วนนอนโปรตีนมีปริมาณสูงถึง 45.18 % หลังจากนั้นมีปริมาณนอนโปรตีนลดลงเป็น 2.65 และ 30.30% ในวันที่ 4 และ 6 ตามลำดับ ปริมาณน้ำหนักแห้งค่อนข้างต่ำในวันที่ 1 คือ 0.04 กรัม และมีปริมาณน้ำหนักแห้งสูงขึ้นถึง 0.07 กรัมในวันที่ 2 หลังจากนั้นปริมาณน้ำหนักแห้งลดลงเป็น 0.06 กรัมในวันที่ 6

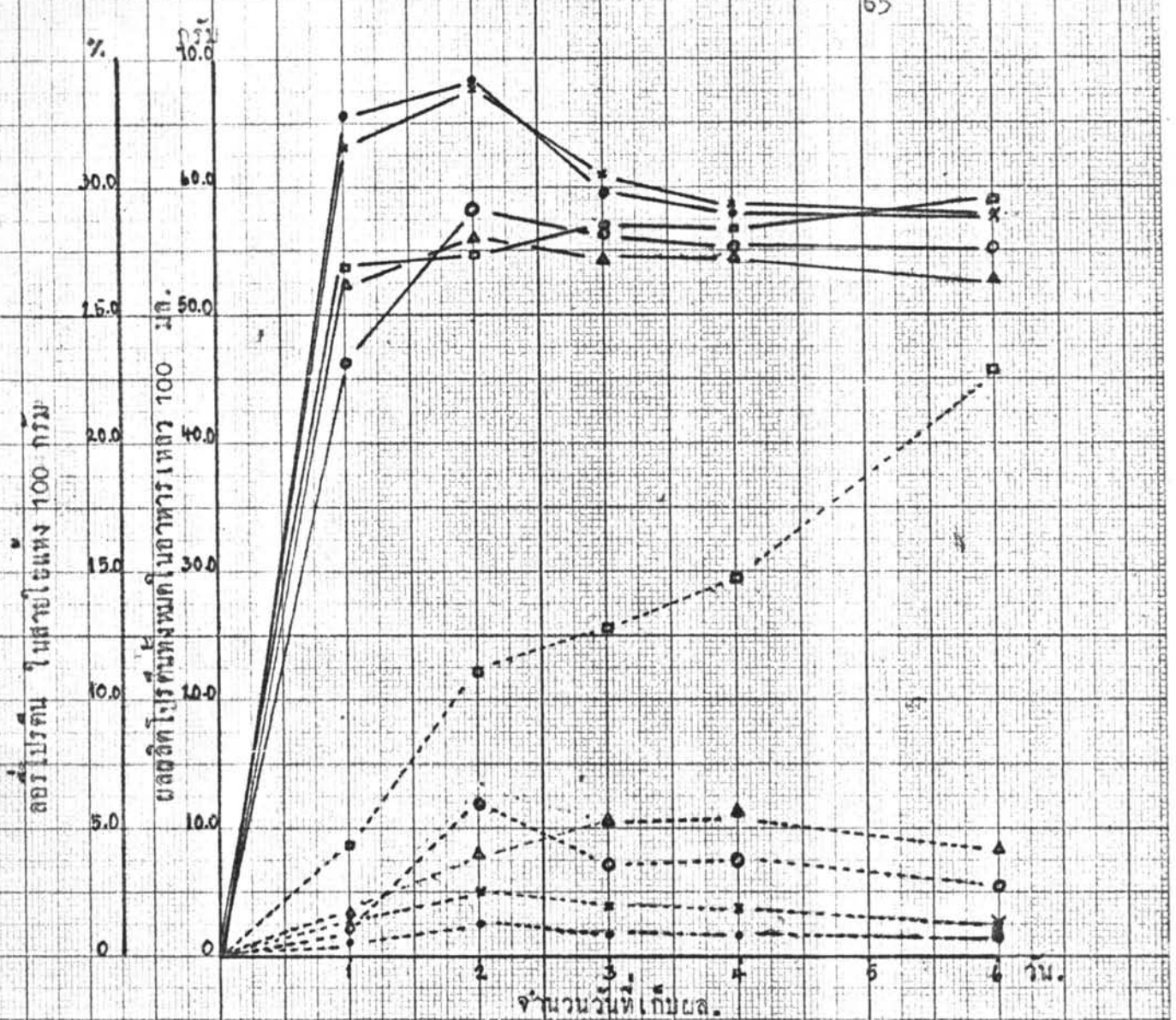
ตารางที่ 27 และกราฟที่ 15 เป็นผลการทดลองของสายพันธุ์ B1 ที่เลี้ยงในแป้งมันสำปะหลัง 1.0 % มีปริมาณลอรี่โปรตีนสูงถึง 33.95 % ในวันที่ 2 หลังจากวันที่ 2 ปริมาณลอรี่โปรตีนลดลงเป็น 29.07 % ในวันที่ 6 ส่วนปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมดค่อย ๆ สูงขึ้นจากวันที่ 1 คือ 2.85 กรัม จนได้ปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมดเป็น 5.09 กรัมในวันที่ 2 หลังจากนั้นปริมาณลดลงเป็น 2.62 กรัมในวันที่ 6

ตารางที่ 28 และกราฟที่ 15 เป็นผลการทดลองของสายพันธุ์ B1 เลี้ยงในอาหารเหลวที่มีแป้งมันสำปะหลัง 2.3 % พบว่า ในวันที่ 2 B1 สร้างลอรี่โปรตีนสูงถึง 29.22 % หลังจากนั้นปริมาณลอรี่โปรตีนจะลดลงเป็น 27.61 % ในวันที่ 6 ส่วนปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมดสูงถึง 11.98 กรัม ในวันที่ 2 หลังจากวันที่ 2 ปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมดลดลงเป็น 5.80 กรัม ในวันที่ 6

ตารางที่ 29 และกราฟที่ 15 เป็นผลการทดลองของสายพันธุ์ B1 เลี้ยงในอาหารเหลวที่มีแป้งมันสำปะหลัง 3.0 % ได้ผลดังนี้คือ ลอรี่โปรตีนมีปริมาณสูงถึง



กราฟที่ 14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโต ลอรีโปรตีน เคลวานโปรตีน นอนโปรตีน ผลผลิตโปรตีนทั้งหมดและ pH สุดท้าย ที่เลี้ยงรา A. niger (B1) ในอาหารเหลวที่เหมาะสม โดยมีแป้งมันสำปะหลัง 0.5% $(NH_4)_2SO_4$ 0.5% KH_2PO_4 0.2% และ pH เริ่มต้น 3.5 ในช่วงเวลา 6 วัน



กราฟที่ 15 แสดงผลผลิตโปรตีนทั้งหมดและลอรี่โปรตีน ที่เลี้ยงรา A. niger (B1) ในอาหารเหลว 100 มล. ของแป้งมันสำปะหลังต่าง ๆ กัน 0.5 1.0 2.3 3.0 5.0% และคงที่ $(NH_4)_2SO_4$ 0.5% KH_2PO_4 0.2% pH-เริ่มต้น 3.5 ในช่วงเวลา 6วัน —— ล่อรี่โปรตีน ---- ผลผลิตโปรตีนทั้งหมด

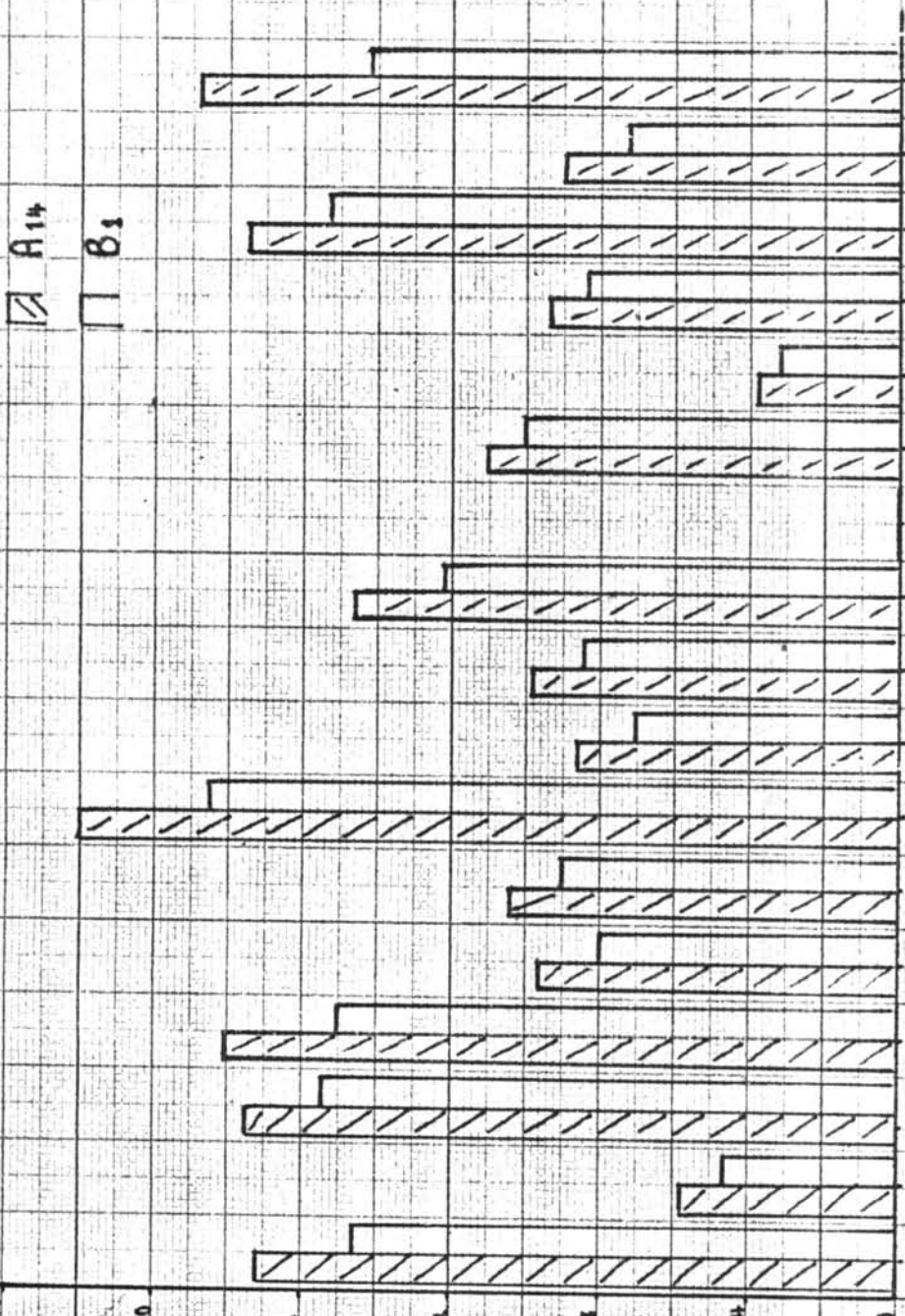
- ● 0.5% แป้งมันสำปะหลัง
- ✕ 1.0% แป้งมันสำปะหลัง
- ○ 2.3% แป้งมันสำปะหลัง
- △ 3.0% แป้งมันสำปะหลัง
- □ 5.0% แป้งมันสำปะหลัง.)

28.01 % ในวันที่ 2 หลังจากนั้นปริมาณลอรี่โปรตีนลดลงเป็น 26.37 % ในวันที่ 6 ส่วนปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมดมีปริมาณสูงขึ้นตามระยะเวลาในการเจริญเติบโต ผลผลิตโปรตีนทั้งหมดสูงถึง 11.13 กรัม ในวันที่ 4 และปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมดลดลงในวันที่ 6 ได้ 8.44 กรัม

ตารางที่ 30 และกราฟที่ 15 แสดงผลการทดลองของสายพันธุ์ B1 ที่เลี้ยงในอาหารเหลวที่มีแป้งมันสำปะหลัง 5.0 % พบว่า ในวันที่ 1 ลอรี่โปรตีนถูกสร้างในปริมาณต่ำ 26.89 % หลังจากนั้นจะมีปริมาณสูงขึ้นถึง 29.51 % ในวันที่ 6 ส่วนปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมดในวันแรกค่อนข้างต่ำ 8.87 กรัม และปริมาณผลผลิตโปรตีนทั้งหมดนี้สูงขึ้นเมื่อมีการเจริญเติบโตถึงวันที่ 6 คือ 45.74 กรัม

การวิเคราะห์หาปริมาณและชนิดของกรดอะมิโนในสายใยแห้ง

จากการวิเคราะห์ปริมาณและชนิดของกรดอะมิโน 17 ชนิดในสายใยแห้ง A14 และ B1 โดยบริษัท Tate and Lyte Limited พบว่า A14 และ B1 มีกรดอะมิโนอยู่ 16 ตัว คือ ในตารางที่ 31 และนำผลมาสร้างกราฟที่ 16 lysine histidine arginine aspartic acid threonine serine glutamic acid proline glycine alanine valine methionine isoleucine leucine tyrosine phenylalanine กรดอะมิโนที่ตรวจไม่พบคือ ซิสติน ใน 16 ตัวนี้เป็น essential amino acid 10 ตัวที่คนและสัตว์ชั้นสูงต้องการคือ lysine histidine arginine threonine valine methionine isoleucine leucine tyrosine และ phenylalanine กรดอะมิโนที่มีมากที่สุดใน A14 และ B1 คือ glutamic acid มี 2.21 และ 1.85 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง มากรองลงมาตามลำดับใน A14 คือ phenylalanine aspartic acid arginine และ leucine มีปริมาณ 1.88, 1.81, 1.75 และ 1.75 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ใน B1 นั้นมี arginine leucine lysine และ phenylalanine มากรองลงมาตามลำดับ มีปริมาณ 1.55, 1.53, 1.46 และ 1.42 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง กรดอะมิโนที่ตรวจไม่พบเลยมีซิสติน และมีเมไธโอนินน้อยมากในทั้งสองสายพันธุ์



กราฟที่ 16 แสดงชนิดและปริมาณของกรดอะมิโน ในสายใยแห้งของรา A. niger สายพันธุ์ A14 และ B1 ที่เลี้ยงในอาหารเหลวที่มีแป้งมันสำปะหลัง 2.3% $(NH_4)_2SO_4$ 0.5% และ KH_2PO_4 0.2% ในช่วงเวลา 2 วัน