บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การปรับปรุงสูตรอาหารสำหรับการผลิตเดกซ์แทรนเนสจากเชื้อรา *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU 3-14

4.1.1 ศึกษาปริมาณเดกซ์แทรนที่เจือปนในกากน้ำตาลจากโรงงานน้ำตาลอ้อย

นำกากน้ำตาลที่เก็บตัวอย่างมาจากโรงงานน้ำตาลอ้อยทั้งสิ้น 3 แหล่ง คือกากน้ำตาลจากโรงงานอ้อยในจังหวัดกาญจนบุรี สิงห์บุรี และนครปฐม วัดปริมาณเดกซ์แทรนที่เจือปนอยู่ ตามวิธีการข้อ 3.3.2.1 เพื่อใช้เป็นแหล่งเดกซ์แทรนในการผลิตเดกซ์แทรนเนส โดยใช้ตัวควบคุมเป็นเดกซ์-แทรนเกรดอุตสาหกรรมความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก ได้ผลเป็นดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ปริมาณเดกซ์แทรนที่เจือปนในกากน้ำตาลจากโรงงานน้ำตาลทราย

แหล่งกากน้ำตาลจากโรงงานน้ำตาล	ปริมาณเดกซ์แทรนที่เจือปน (กรัมต่อลิตร)
จังหวัดกาญจนบุรี	40
จังหวัดสิงห์บุรี	20
จังหวัดนครปฐม	35
ตัวควบคุม	9.4

จากตัวอย่างกากน้ำตาลที่ได้จากโรงงานทั้ง 3 แหล่ง กากน้ำตาลจากโรงงานในจังหวัดกาญจนบุรี มีปริมาณเดกซ์แทรนเจือปนอยู่มากที่สุดคือ 40 กรัมต่อลิตร โดยที่กากน้ำตาลจากจังหวัดสิงห์บุรี และนครปฐมมีปริมาณเดกซ์แทรนเจือปนอยู่ 20 และ 35 กรัมต่อลิตรตามลำดับ

4.1.2 ศึกษาหาแหล่งของกากน้ำตาลจากอ้อยที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเดกซ์แทรนเนส

ทำการเจือจางกากน้ำตาลทุกแหล่งให้อยู่ในความเข้มข้นเดียวกันคือร้อยละ 1 (โดยปริมาตร) จากนั้นปรับปริมาณเดกซ์แทรนในทุกแหล่งให้เท่ากันหมดคือร้อยละ 1 (โดยน้ำหนัก) โดยใช้ เดกซ์แทรนเกรดอุตสาหกรรมและเติมสารอาหารอื่นตามอาหาร Fukumoto สูตรปรับปรุง (เอก แสงวิเชียร, 2531) เลี้ยงเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้น 4.0 ให้ความเร็วการเขย่าขวดเพาะเลี้ยงรูปชมพู่ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศา

เซลเซียส โดยทำการเลี้ยงเชื้อเป็นเวลา 10 วัน ใช้เชื้อที่เลี้ยงในอาหาร Fukumoto สูตรปรับปรุง เป็นตัวควบคุม จากนั้นทำการวัดแอคติวิตี ปริมาณโปรตีน ในอาหารเลี้ยงเชื้อ ได้ผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงแอคติวิตี โปรตีน และแอคติวิตีจำเพาะ เมื่อเจือจางกากน้ำตาลด้วยความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยปริมาตร และปรับให้มีเดกซ์แทรนปริมาณสุดท้ายเป็นร้อยละ 1 (โดยน้ำหนัก) และเสริมธาตุอาหารตามสูตร Fukumoto สูตรปรับปรุง เพื่อใช้ในการเลี้ยงเชื้อราเพื่อผลิตเดกซ์แทรนเนสโดย *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14

แหล่งกากน้ำตาลจาก โรงงานน้ำตาลอ้อย	แอคติวิตี (หน่วย/มล.)	โปรตีน (มก./มล.)	แอคติวิตีจำเพาะ (หน่วย/มก.)
จังหวัดกาญจนบุรี	553.53	5.143	107.63
จังหวัดสิงห์บุรี	404.71	4.452	90.91
จังหวัดนครปฐม	521.21	5.024	103.74
อาหาร Fukumoto สูตรปรับปรุง	314.27	0.824	381.40

จากการทดลองพบว่าในการเจือจางกากน้ำตาลจากแหล่งทั้ง 3 ในปริมาตรเท่ากันคือร้อยละ 1 (โดยปริมาตร) และปรับปริมาณเดกซ์แทรนสุดท้ายเป็นร้อยละ 1 (โดยน้ำหนัก) และนำมาเลี้ยงเชื้อ เพื่อผลิตเดกซ์แทรนเนสนั้น กากน้ำตาลจากจังหวัดกาญจนบุรีให้แอคติวิตีของเดกซ์แทรนเนสที่สูงที่สุดคือ 553.53 หน่วยต่อ มล. โดยแหล่งกากน้ำตาลจากจังหวัดนครปฐม สิงห์บุรี และ อาหารฟุกุโมะโตะสูตรเดิมให้แอคติวิตีรองลงมาคือ 521.21, 404.71 และ 314.27 หน่วยต่อ มล. ตามลำดับ เมื่อเทียบเป็นร้อยละแล้วพบว่าอาหารสูตรฟุกุโมะโตะเดิมให้แอคติวิตีคิดเป็นร้อยละ 56.78 เปรียบเทียบกับกากน้ำตาลที่ได้จากโรงงานอ้อยจังหวัดกาญจนบุรี จึงเลือกกากน้ำตาลจากแหล่งดังกล่าวมาใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

4.1.3 ศึกษาหาการเจือจางกากน้ำตาลอ้อยที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเดกซ์แทรนเนส

นำกากน้ำตาลอ้อยจากแหล่งโรงงานจังหวัดกาญจนบุรี ทำการแปรผันค่าการเจือจางเป็นร้อยละ 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 5.0 และ 10.0 (โดยปริมาตร) ตามลำดับ และปรับให้มีเดกซ์แทรนปริมาณสุดท้ายเป็นร้อยละ 1 (โดยน้ำหนัก) จากนั้นเติมสารอาหารอื่นๆตามอาหาร Fukumoto สูตรปรับปรุง (เอก แสงวิเชียร, 2531) เลี้ยงเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 เพื่อผลิตเดกซ์แทรนเนส ที่ความเร็วรอบการเขย่า 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิห้อง (28-32 องศาเซลเซียส) ค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นเท่ากับ 4.0 เป็นเวลา 10 วัน ได้ผลแอคติวิตี โปรตีน ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แอคติวิตี โปรตีน และแอคติวิตีจำเพาะ เมื่อแปรผันค่าการเจือจางกากน้ำตาล และปรับให้มีเดกซ์แทรนปริมาณสุดท้ายเป็นร้อยละ 1 (โดยน้ำหนัก) และเสริมธาตุอาหารตามสูตรอาหาร Fukumoto สูตรปรับปรุง เพื่อใช้ในการเลี้ยงเชื้อราเพื่อผลิตเดกซ์แทรนเนสโดย *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14

ค่าการเจือจาง (ร้อยละโดยปริมาตร)	แอคติวิตี (หน่วย/มล.)	โปรตีน (มก./มล.)	แอคติวิตีจำเพาะ (หน่วย/มก.)
1.0	546.13	5.122	106.62
1.5	560.94	5.189	108.10
2.0	527.95	6.189	85.30
2.5	378.46	7.498	50.47
5.0	134.68	13.925	9.67
10.0	23.57	22.686	1.04
อาหาร Fukumoto สูตรปรับปรุง	320.53	0.818	391.85

เมื่อทำการแปรผันค่าการเจือจางกากน้ำตาลจากอ้อยให้มีความเข้มต้นต่างๆคือ ร้อยละ 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 5.0 และ 10.0 (โดยปริมาตร) และปรับให้มีปริมาณเดกซ์แทรนสุดท้ายเป็นร้อยละ 1 (โดยน้ำหนัก) แล้วทำการเลี้ยงเชื้อเพื่อผลิตเดกซ์แทรนเนส พบว่าที่ค่าการเจือจางร้อยละ 1.5 (โดยปริมาตร) ให้แอคติวิตีสูงสุดคือ 560.94 หน่วยต่อ มล. รองลงมาคือร้อยละ 1.0, 2.0 และ 2.5 (โดยปริมาตร) ตามลำดับ ซึ่งให้แอคติวิตี 546.13, 527.95 และ 378.46 หน่วยต่อ มล. ซึ่งอาหารสูตร Fukumoto สูตรปรับปรุงเดิมให้แอคติวิตี 320.53 หน่วยต่อ มล. คิดเป็นเพียงร้อยละ 57.14

เทียบกับอาหารที่มีการเติมกากน้ำตาลเจือจางลงไปร้อยละ 1.5 (โดยปริมาตร) จึงเลือกนำค่าการเจือจางนี้ไปใช้ในการทดลองต่อไป

4.1.4 ศึกษาหาปริมาณเดกซ์แทรนที่เหมาะสมในการผลิตเดกซ์แทรนเนส

เมื่อได้ค่าการเจือจางที่เหมาะสมของกากน้ำตาลจากแหล่งโรงงานจังหวัดกาญจนบุรี คือ ร้อยละ 1.5 (โดยปริมาตร) จึงทำการแปรผันปริมาณเดกซ์แทรนสุดท้ายในอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยเดกซ์แทรนเกรดอุตสาหกรรมเป็น 0.5%, 0.75%, 1.0%, 1.25% และ 1.50% (โดยน้ำหนัก) จากนั้นเสริมธาตุอาหารอื่นๆตามสูตรอาหาร Fukumoto สูตรปรับปรุง (เอก แสงวิเชียร, 2531) ปรับความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่ 4.0 จากนั้นทำการเลี้ยงเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU 3-14 ที่ความเร็วรอบการเขย่าขวดเพาะเลี้ยงรูปชมพู่ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิห้อง (28-32 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 10 วัน ได้ค่าแอคติวิตีและโปรตีนดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แอคติวิตี โปรตีน และแอคติวิตีจำเพาะ เมื่อเจือจางกากน้ำตาลร้อยละ 1 (โดยปริมาตร) โดยแปรผันปริมาณเดกซ์แทรนสุดท้ายในอาหารเลี้ยงเชื้อ และเสริมธาตุอาหารตามสูตร Fukumoto สูตรปรับปรุงเดิม เพื่อใช้ในการเลี้ยงเชื้อราเพื่อผลิตเดกซ์แทรนเนสโดย *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14

ปริมาณเดกซ์แทรนสุดท้ายในอาหารเลี้ยงเชื้อ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	แอคติวิตี (หน่วย/มล.)	โปรตีน (มก./มล.)	แอคติวิตีจำเพาะ (หน่วย/มก.)
0.50	275.42	5.213	52.83
0.75	406.73	5.237	77.66
1.00	562.28	5.237	107.37
1.25	545.45	5.213	104.63
1.50	487.54	5.213	93.52
อาหาร Fukumoto สูตรปรับปรุง	321.21	0.818	392.68

จากการทดลองพบว่าปริมาณเดกซ์แทรนสุดท้ายซึ่งเท่ากับร้อยละ 1.00 (โดยน้ำหนัก) ให้ค่าแอคติวีตีของเดกซ์แทรนเนสสูงที่สุดคือ 562.28 หน่วยต่อ มล. โดยรองลงมาได้แก่ปริมาณเดกซ์แทรนสุดท้ายร้อยละ 1.25, 1.50 และ 0.75 (โดยน้ำหนัก) ตามลำดับ ให้ค่าแอคติวิตี 545.45, 487.54 และ 406.73 หน่วยต่อ มล. เมื่อคิดเทียบเป็นร้อยละพบว่าอาหาร Fukumoto สูตรปรับปรุงเดิม ให้ค่าแอคติวิตีสัมพัทธ์เทียบกับอาหารสูตรที่ใช้ปริมาณเดกซ์แทรนสุดท้ายร้อยละ 1.00 (โดยน้ำหนัก) เพียงร้อยละ 57.13 เท่านั้น และเมื่อพิจารณาจากผลการทดลองที่ให้ปริมาณเดกซ์แทรนสุดท้ายเท่ากับร้อยละ 1.00 และ 1.25 (โดยน้ำหนัก) แล้วพบว่าให้แอคติวิตีของเดกซ์แทรนเนสใกล้เคียงกัน จึงเลือกใช้ปริมาณเดกซ์แทรนสุดท้ายเท่ากับร้อยละ 1.00 ในการทดลองต่อไปเพื่อความคุ้มทุนในการผลิต

4.1.5 การศึกษาความสำคัญของแหล่งไนโตรเจนในการผลิตเดกซ์แทรนเนสโดย *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14

ทำการเจือจางกากน้ำตาลจากอ้อยลงไปในอาหารเลี้ยงเชื้อ Fukumoto สูตรปรับปรุง (เอก แสงวิเชียร, 2531) (ที่ไม่มีแหล่งไนโตรเจนอยู่) ร้อยละ 1.5 (โดยปริมาตร) จากนั้นทำการทดลองโดยแบ่งชุดการทดลองออกเป็นทั้งหมด 4 ชุด ได้แก่ ชุดที่ 1 ปรับปริมาณเดกซ์แทรนสุดท้ายในอาหารเลี้ยงเชื้อให้เท่ากับร้อยละ 1.00 (โดยน้ำหนัก) เติมแหล่งไนโตรเจนคือโซเดียมไนเทรตและสารสกัดจากยีสต์เหมือนในอาหาร Fukumoto สูตรปรับปรุง อย่างละร้อยละ 0.2 (โดยน้ำหนัก) ชุดที่ 2 เติมเฉพาะแหล่งไนโตรเจนคือโซเดียมไนเทรตและสารสกัดจากยีสต์อย่างละร้อยละ 0.2 (โดยน้ำหนัก) ชุดที่ 3 ปรับปริมาณเดกซ์แทรนสุดท้ายในอาหารเลี้ยงเชื้อให้เท่ากับร้อยละ 1.00 (โดยน้ำหนัก) โดยไม่เติมแหล่งไนโตรเจนลงไป และชุดที่ 4 ไม่ปรับปริมาณเดกซ์แทรนสุดท้ายและไม่เติมแหล่งไนโตรเจน ปรับความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่ 4.0 ในทุกชุดการทดลอง จากนั้นทำการเลี้ยงเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU 3-14 ที่ความเร็วรอบการเขย่าขวดเพาะเลี้ยงรูปชมพู่ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิห้อง (28-32 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 10 วัน ได้ค่าแอคติวิตีและโปรตีนดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แอคติวิตี โปรตีน และแอคติวิตีจำเพาะ เมื่อทำการศึกษาความสำคัญของแหล่ง และเสริมธาตุอาหารตามสูตรอาหาร Fukumoto สูตรปรับปรุง เพื่อใช้ในการเลี้ยงเชื้อราเพื่อผลิตเดกซ์แทรนเนสโดย *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14

ชุดการทดลอง	แอคติวิตี (หน่วย/มล.)	โปรตีน (มก./มล.)	แอคติวิตีจำเพาะ (หน่วย/มก.)
ชุดที่ 1 1% เดกซ์แทรน + 0.2% $NaNO_3$ + 0.2% สารสกัดจากยีสต์	560.94	5.26	106.64
ชุดที่ 2 0.2% $NaNO_3$ + 0.2% สารสกัดจากยีสต์	24.91	5.59	4.46
ชุดที่ 3 1% เดกซ์แทรน ไม่เติมแหล่งไนโตรเจน	52.14	4.52	11.54
ชุดที่ 4 ไม่มีการเติมเดกซ์แทรนและแหล่งไนโตรเจน	6.734	4.45	1.51
อาหาร Fukumoto สูตรปรับปรุง	314.48	0.82	383.51

จากผลการทดลองพบว่าในการทดลองชุดที่ 1 ซึ่งมีครบทั้งเดกซ์แทรนและแหล่งไนโตรเจนคือโซเดียมไนเทรตให้แอคติวิตีของเดกซ์แทรนเนสสูงสุดเมื่อเทียบกับการทดลองชุดอื่นคือ 560.94 หน่วยต่อ มล. สำหรับการทดลองชุดที่ 2 ซึ่งมีแหล่งไนโตรเจนทั้ง 2 แหล่งดังกล่าวแต่ไม่มีการเสริมเดกซ์แทรนลงไปจึงทำให้มีเดกซ์แทรนในอาหารเลี้ยงเชื้อน้อยจึงมีการสร้างเดกซ์แทรนเนสน้อยตามลงด้วย (24.91 หน่วยต่อ มล.) สำหรับการทดลองชุดที่ 3 ซึ่งเสริมเดกซ์แทรนลงไปจนครบร้อยละ 1 (โดยน้ำหนัก) แต่ไม่มีแหล่งไนโตรเจนทำให้มีการสร้างเดกซ์แทรนเนสน้อยคือ 52.14 หน่วยต่อ มล. และชุดที่ 4 ซึ่งไม่มีการเสริมเดกซ์แทรนลงไปและไม่มีแหล่งไนโตรเจนเพิ่มเติม พบว่ามีแอคติวิตีที่น้อยมากเท่ากับ 6.73 หน่วยต่อ มล. แสดงเห็นได้ว่าในการผลิตเดกซ์แทรนเนสโดยใช้กากน้ำตาลจากอ้อยจำเป็นต้องเสริมแหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสมลงไปในอาหารที่เลี้ยงเชื้อเพราะในอาหารเลี้ยงเชื้อมีไม่เพียงพอ

4.1.6 การศึกษาแหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสมในการผลิตเดกซ์แทรนเนสจากเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14

เมื่อทำการศึกษาแหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการผลิตเดกซ์แทรนเนส โดยการเลี้ยงเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เสริมด้วยแหล่งไนโตรเจนต่างๆ ที่ได้รับการปรับให้มีไนโตรเจนเท่ากับร้อยละ 0.0537 (โดยน้ำหนัก) ตามที่มีในอาหาร Fukumoto สูตรปรับปรุง (ภาคผนวก ก) ปรับความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่ 4.0 จากนั้นทำการเลี้ยงเชื้อที่ความเร็วรอบการเขย่าขวดเพาะเลี้ยงรูปชมพู่ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิห้อง (28-32 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 10 วัน จากนั้นทำการวัดปริมาณเดกซ์แทรนเนสที่ผลิตได้เปรียบเทียบกัน ได้ผลดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 แอคติวิตี โปรตีน และแอคติวิตีจำเพาะ เมื่อทำการศึกษาแหล่งไนโตรเจนชนิดต่างๆ เพื่อใช้ในการเลี้ยงเชื้อราเพื่อผลิตเดกซ์แทรนเนสโดย *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14

	แอคติวิตี (หน่วยต่อ มล.)
สารสกัดจากยีสต์	339.5
สารสกัดจากเนื้อ	217.45
พอลิเปปโทน	168.35
ทริปโทน	144.5
กากถั่วเหลืองป่น	61.73
แอมโมเนียมซัลเฟต	49.10
แอมโมเนียมไนเทรต	41.39
โซเดียมไนเทรต	79.54
โปแทสเซียมไนเทรต	29.46

ผลการทดลองพบว่าแหล่งไนโตรเจนอินทรีย์ที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตเดกซ์แทรนเนส โดย *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 คือสารสกัดจากยีสต์ ซึ่งให้ค่าแอคติวิตีเท่ากับ 339.5 หน่วยต่อ มล. และแหล่งไนโตรเจนอนินทรีย์ที่เหมาะสมคือโซเดียมไนเทรต ซึ่งให้ค่าแอคติวิตีเท่ากับ 79.54 หน่วยต่อ มล. ดังนั้นจึงเลือกสารสกัดจากยีสต์และโซเดียมไนเทรต เป็นแหล่งไนโตรเจนสำหรับการผลิตเดกซ์แทรนเนส

4.1.7 ปริมาณไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 เพื่อการผลิตเดกซ์แทรนเนส

จากตารางที่ 4.6 รูปที่ 4.5 จะเห็นว่าแหล่งไนโตรเจนอินทรีย์ที่เหมาะสมต่อการผลิตเดกซ์แทรนเนสคือสารสกัดจากยีสต์ และแหล่งไนโตรเจนอนินทรีย์ที่เหมาะสมได้แก่โซเดียมไนเทรต ดังนั้นจึงทดลองนำ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 มาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีการผสมระหว่างสารสกัดจากยีสต์และโซเดียมไนเทรต โดยนำมาหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม โดยทำการวัดแอคติวิตีของเดกซ์แทรนเนสที่ผลิตได้ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 แอคติวิตีของเดกซ์แทรนเนสที่ผลิตโดย *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14เมื่อเลี้ยงในอาหารที่ใช้แหล่งไนโตรเจนอนินทรีย์ (โซเดียมไนเทรต) และแหล่งไนโตรเจนอินทรีย์ (สารสกัดจากยีสต์) ที่สัดส่วนต่างๆ

สารสกัดจากยีสต์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)[b]	โซเดียมไนเทรต (ร้อยละโดยน้ำหนัก)[a]				
	0	25	50	75	100
0.000	47.35	59.25	68.54	72.56	89.56
25	228.58	259.85	218.52	179.71	112.65
50	363.54	408.55	372.14	309.34	254.68
75	422.15	**630.40**	584.75	432.68	332.55
100	361.55	375.6	399.35	361.52	312.36

เมื่อ a คือ ความเข้มข้นของโซเดียมไนเทรตที่ 100% คือ 0.326 กรัมต่อ 100 มล.

b คือ ความเข้มข้นของสารสกัดจากยีสต์ที่ 100% คือ 0.516 กรัมต่อ 100 มล.

พบว่าในการผสมสารสกัดจากยีสต์และโซเดียมไนเทรตในอัตราส่วนร้อยละ 75 ต่อ 25 (โดยน้ำหนัก) นั้นจะให้แอคติวิตีของเดกซ์แทรนเนสสูงที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 630.4 หน่วยต่อ มล. ดังแสดงในตารางที่ 4.7 ซึ่งมากกว่าการใช้แหล่งไนโตรเจนอินทรีย์และไนโตรเจนอนินทรีย์เพียงอย่างใดอย่างหนึ่งชนิดเดียว (ดังแสดงในตารางที่ 4.6) ดังนั้นจึงเลือกใช้สารสกัดจากยีสต์ และโซเดียมไนเทรตเป็นแหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการผลิตเดกซ์แทรนเนสโดย *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 ที่อัตราส่วนร้อยละ 75 ต่อ 25 (โดยน้ำหนัก) ซึ่งเท่ากับสารสกัดจากยีสต์ 0.387 กรัมต่อลิตร และโซเดียมไนเทรต 0.082 กรัมต่อลิตร (ร้อยละของไนโตรเจนแต่ละชนิดเทียบกับปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในอาหารเลี้ยงเชื้อโดยร้อยละ 100 (โดยน้ำหนัก) ไนโตรเจนมีค่าเท่ากับ 0.05375 กรัมต่อ 100 มล.)

4.1.8 การศึกษาหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของแหล่งไนโตรเจนในการผลิตเดกซ์แทรน-เนสโดย *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14

จากการทดลองศึกษาอัตราส่วนระหว่างสารสกัดจากยีสต์และโซเดียมไนเทรตที่เหมาะสมในการใช้ผลิตเดกซ์แทรนเนสพบว่าในอาหารเลี้ยงเชื้อ 1 ลิตร เติมสารสกัดจากยีสต์และโซเดียมไนเทรต 3.87 และ 0.82 กรัมต่อลิตรตามลำดับ ในการทดลองนี้จึงทำการศึกษาหาความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดในการใช้ในการผลิตเดกซ์แทรนเนสโดยเลี้ยงเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU 3-14 โดยเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่ 4.0 ที่ความเร็วรอบการเขย่าขวดเพาะเลี้ยงรูปชมพู่ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิห้อง (28-32 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 10 วัน ได้ค่าแอคติวิตีและโปรตีนได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 แอคติวิตี โปรตีน และแอคติวิตีจำเพาะ จากการศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของแหล่งไนโตรเจนในการผลิตเดกซ์แทรนเนสโดย *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14

ความเข้มข้นของไนโตรเจนที่ใช้	แอคติวิตี (หน่วย/มล.)	โปรตีน (มก./มล.)	แอคติวิตีจำเพาะ
0.25 เท่า	113.8	2.713	41.95
0.5 เท่า	228.29	2.619	87.17
1.0 เท่า	640.4	5.618	113.99
2.0 เท่า	273.71	10.998	24.89
4.0 เท่า	207.41	21.472	9.66

จากการศึกษาพบว่า ความเข้มข้นที่เหมาะสมในการใช้แหล่งไนโตรเจนในการผลิตเดกซ์แทรนเนสยังคงเป็น 1.0 เท่าตามการทดลองในหัวข้อ 4.1.7 โดยให้แอคติวิตีของเดกซ์แทรนเนสสูงที่สุดเท่ากับ 640.40 หน่วยต่อ มล. ดังนั้นในสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อที่จะใช้ในการทดลองต่อไปจึงใช้สารสกัดจากยีสต์และโซเดียมไนเทรตร้อยละ 0.387 และ 0.082 (โดยน้ำหนัก) ตามลำดับ

4.1.9 การศึกษาหาปริมาณแมกนีเซียมซัลเฟตที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 เพื่อการผลิตเดกซ์แทรนเนส

ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้จากการทดลองในข้อ 4.1.8 เป็นสูตรอาหารตั้งต้นแล้วแปรผันปริมาณแมกนีเซียมซัลเฟต โดยเลี้ยงเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU 3-14 ความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่ 4.0 ที่ความเร็วรอบการเขย่าขวดเพาะเลี้ยงรูปชมพู่ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิห้อง (28-32 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 10 วัน และวัดแอคติวิตีของเดกซ์แทรนเนสที่ผลิตได้เปรียบเทียบกัน ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 แอคติวิตี โปรตีน และแอคติวิตีจำเพาะเมื่อทำการแปรผันร้อยละของแมกนีเซียมซัลเฟต (โดยน้ำหนัก) ในอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อผลิตเดกซ์แทรนเนส

แมกนีเซียมซัลเฟต ร้อยละ (โดยน้ำหนัก)	แอคติวิตี (หน่วย/มล.)	โปรตีน (มก./มล.)	แอคติวิตีจำเพาะ (หน่วย/มก.)
0.000%	560.94	5.26	106.64
0.025%	590.57	5.31	111.22
0.050%	619.53	5.31	116.67
0.075%	604.03	5.29	114.18
0.100%	600.67	5.33	112.70

เมื่อทำการแปรผันปริมาณแมกนีเซียมซัลเฟตที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 เพื่อการผลิตเดกซ์แทรนเนส พบว่าปริมาณแมกนีเซียมซัลเฟตที่เหมาะสมคือร้อยละ 0.05 (โดยน้ำหนัก) ซึ่งจะให้ค่าแอคติวิตีของเดกซ์แทรนเนสสูงสุดคือ 619.53 หน่วยต่อ มล. ดังแสดงในตารางที่ 4.9 แม้จะให้ค่าแอคติวิตีที่ใกล้เคียงกันระหว่างเมื่อใช้ร้อยละ 0.05 และ 0.075 (โดยน้ำหนัก) แต่เพื่อความคุ้มทุนจึงเลือกใช้ปริมาณแมกนีเซียมซัลเฟตเท่ากับร้อยละ 0.05

(โดยน้ำหนัก) ในอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อการผลิตเดกซ์แทรนเนสของ *Penicillium* sp. **สายพันธุ์** SMCU3-14

4.1.10 การศึกษาหาปริมาณเฟอร์รัสซัลเฟตที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 เพื่อการผลิตเดกซ์แทรนเนส

ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้จากการทดลองในข้อ 4.1.9 เป็นสูตรอาหารตั้งต้นแล้วแปรผันปริมาณเฟอร์รัสซัลเฟต โดยเลี้ยงเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU 3-14 ความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่ 4.0 ที่ความเร็วรอบการเขย่าขวดเพาะเลี้ยงรูปชมพู่ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิห้อง (28-32 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 10 วัน และวัดแอคติวิตีของเดกซ์แทรนเนสที่ผลิตได้เปรียบเทียบกัน ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 แอคติวิตี โปรตีน และแอคติวิตีจำเพาะเมื่อทำการแปรผันร้อยละของเฟอร์รัสซัลเฟต (โดยน้ำหนัก) ในอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อผลิตเดกซ์แทรนเนส

เฟอรัสซัลเฟต ร้อยละ (โดยน้ำหนัก)	แอคติวิตี (หน่วย/มล.)	โปรตีน (มก./มล.)	แอคติวิตีจำเพาะ (หน่วย/มก.)
0.00000%	637.71	5.308	120.14
0.00025%	637.03	5.261	121.09
0.00050%	635.02	5.332	119.10
0.00075%	634.34	5.285	120.03
0.00010%	624.92	5.308	117.73

เมื่อทำการแปรผันปริมาณเฟอร์รัสซัลเฟตที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเลี้ยงเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU 3-14เพื่อผลิตเดกซ์แทรนเนสโดย พบว่าที่ความเข้มข้นต่างๆ ให้ค่าแอคติวิตีของเดกซ์แทรนเนสไม่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.10 และรูปที่ 4.9 โดยเมื่อไม่ใส่เฟอร์รัสซัลเฟตลงไปให้ค่าแอคติวิตีเท่ากับ 637.71 หน่วยต่อ มล. เพราะฉะนั้นเพื่อความคุ้มทุนและสะดวกจึงเลือกไม่ใส่เฟอร์รัสซัลเฟตลงไปในอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อผลิตเดกซ์แทรนเนส

4.1.11 ปัจจัยทางกายภาพที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 เพื่อการผลิตเดกซ์แทรนเนส

จากอาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้จากการทดลองข้อ 4.1.10 ทำการศึกษาปัจจัยทางกายภาพที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 อันได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ และอัตราความเร็วรอบในการเขย่าที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงเชื้อเพื่อผลิตเดกซ์แทรนเนส

4.1.11.1 การศึกษาความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 เพื่อการผลิตเดกซ์แทรนเนส

โดยทำการแปรผันค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นของอาหารเลี้ยงเชื้อเป็น 3.0 – 8.0 เลี้ยงเชื้อด้วยความเร็วรอบการเขย่าขวดเพาะเลี้ยงรูปชมพู่ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิห้อง (28-32 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 10 วัน หลังจากนั้นนำมาวิเคราะห์ปริมาณเดกซ์แทรนเนสเปรียบเทียบกัน

ตารางที่ 4.11 แอคติวิตี โปรตีน และแอคติวิตีจำเพาะ เมื่อทำการแปรผันค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14

ค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้น	แอคติวิตี (หน่วย/มล.)	โปรตีน (มก./มล.)	แอคติวิตีจำเพาะ (หน่วย/มก.)
3.0	525.25	5.213	100.76
3.5	577.77	5.213	110.83
4.0	626.94	5.309	118.09
4.5	617.51	5.261	117.38
5.0	595.29	5.261	113.15
5.5	519.85	5.213	99.72
6.0	333.33	5.237	63.65
6.5	280.13	5.189	53.99
7.0	235.69	5.189	45.42
7.5	129.97	5.213	24.93
8.0	72.05	5.166	13.95

เมื่อทำการแปรผันค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นของอาหารเลี้ยงเชื้อในช่วง 3.0 ถึง 8.0 แล้วพบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงเชื้อเพื่อผลิตเดกซ์แทรนเนสคือ 4.0 โดยให้ค่าแอคติวิตีสูงที่สุดเท่ากับ 626.94 หน่วยต่อ มล. ดังแสดงในตารางที่ 4.11 จึงเลือกใช้ค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่เหมาะสมต่อการผลิตเดกซ์แทรนเนสของเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 ที่ 4.0

4.1.11.2 การศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 เพื่อการผลิตเดกซ์แทรนเนส

โดยทำการแปรผันค่าอุณหภูมิที่ใช้เลี้ยงเชื้อตลอดการทดลองเป็น 25, 30, อุณหภูมิห้อง (28-32 องศาเซลเซียส), 37 และ 40 องศาเซลเซียส เลี้ยงเชื้อด้วยความเร็วรอบการเขย่าขวดเพาะเลี้ยงรูปชมพู่ 200 รอบต่อนาที ค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้น 4.0 เป็นเวลา 10 วัน หลังจากนั้นนำมาวิเคราะห์ปริมาณเดกซ์แทรนเนสเปรียบเทียบกันได้ผลดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 แอคติวิตี โปรตีน และแอคติวิตีจำเพาะ เมื่อทำการแปรผันอุณหภูมิตลอดการทดลองที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14

อุณหภูมิ (^{O}ซ)	แอคติวิตี (หน่วย/มล.)	โปรตีน (มก./มล.)	แอคติวิตีจำเพาะ (หน่วย/มก.)
25	486.19	5.237	92.84
30	625.59	5.237	119.46
อุณหภูมิห้อง (28-32)	621.55	5.213	119.23
37	193.94	5.166	37.54
40	67.34	5.142	13.10

เมื่อทำการแปรผันอุณหภูมิในการเลี้ยงเชื้อเพื่อผลิตเดกซ์แทรนเนสแล้วพบว่า อุณหภูมิตลอดการทดลองที่เหมาะสมคือ 30 องศาเซลเซียส โดยให้ค่าแอคติวิตีสูงที่สุดเท่ากับ 625.59 หน่วยต่อ มล. ดังแสดงในตารางที่ 4.12 โดยให้ค่าแอคติวิตีของเดกซ์แทรนเนสใกล้เคียงกับการเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิห้อง (28-32 องศาเซลเซียส) ซึ่งให้แอคติวิตี 621.55 หน่วยต่อ มล. เพื่อความสะดวกสำหรับการทดลองต่อไปในถังหมัก จึงเลือกใช้อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการผลิต เดกซ์แทรนเนสของเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 เป็น 30 องศาเซลเซียส

4.1.11.3 การศึกษาอัตราความเร็วรอบของการเขย่าที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 เพื่อการผลิตเดกซ์แทรนเนส

โดยทำการแปรผันค่าอัตราความเร็วรอบของการเขย่าขวดแก้วทดลองรูปชมพู่ เป็น 0, 50, 100, 150, 200 และ 250 รอบต่อนาที เลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้น 4.0 เป็นเวลา 10 วัน หลังจากนั้นนำมาวิเคราะห์ปริมาณเดกซ์แทรนเนสเปรียบเทียบกัน ดังแสดงผลในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 แอคติวิตี โปรตีน และแอคติวิตีจำเพาะ เมื่อทำการแปรผันอัตราความเร็วรอบของการเขย่าที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14

อัตราความเร็วรอบในการเขย่า (รอบต่อนาที)	แอคติวิตี (หน่วย/มล.)	โปรตีน (มก./มล.)	แอคติวิตีจำเพาะ (หน่วย/มก.)
0	65.99	5.166	12.77
0.5	110.44	5.142	21.48
1	231.65	5.142	45.05
1.5	439.73	5.213	84.35
2	626.26	5.261	119.04
2.5	620.2	5.285	117.35

เมื่อปรับอัตราเร็วรอบของการเขย่าในการเลี้ยงเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 เป็น 0, 50, 100, 150, 200 และ 250 รอบต่อนาที พบว่าที่อัตราความเร็วรอบของการเขย่า 200 รอบต่อนาทีเป็นอัตราที่เหมาะสมที่สุดในการเลี้ยงเชื้อเพื่อผลิตเดกซ์แทรนเนส โดยให้แอคติวิตีสูงสุดคือ 626.26 หน่วยต่อ มล. โดยให้ค่าใกล้เคียงกับเมื่อเลี้ยงเชื้อที่อัตราความเร็วรอบ 250 รอบต่อนาทีซึ่งให้แอคติวิตีเดกซ์แทรนเนสเท่ากับ 620.20 หน่วยต่อ มล. แต่เพื่อความคุ้มทุนและความสะดวกในการทดลอง ในขั้นต่อไปจึงเลือกค่าอัตราความเร็วรอบในการเขย่าที่ 200 รอบต่อนาที ในการเลี้ยงเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14

เปรียบเทียบสูตรเดิมคือ Fukumoto สูตรปรับปรุง (เอก แสงวิเชียร, 2531) กับสูตรปรับปรุงและภาวะใหม่ที่เหมาะสม ซึ่งใช้ในการเลี้ยงเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 ได้ดังตารางที่ 4.14

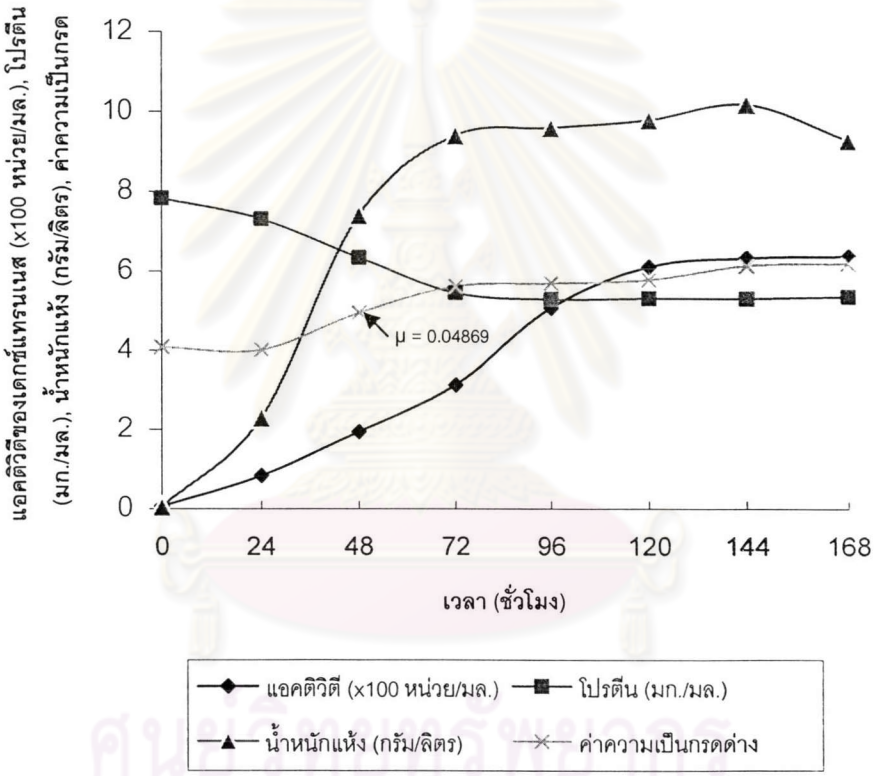
ตารางที่ 4.14 เปรียบเทียบสูตรอาหาร Fukumoto สูตรปรับปรุง (เอก แสงวิเชียร, 2531) ภาวะเดิม กับสูตรอาหารปรับปรุงและภาวะปรับปรุงที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 เพื่อผลิตเดกซ์แทรนเนส

	สูตรเดิม/ภาวะเดิม (กรัมต่อลิตร)	สูตรปรับปรุง/ภาวะปรับปรุง (กรัมต่อลิตร)
กากน้ำตาลอ้อย (ร้อยละโดยปริมาตร)	-	1.50
เดกซ์แทรนเกรดอุตสาหกรรม	10.00	9.40
สารสกัดจากยีสต์	2.00	3.87
โซเดียมไนเทรต	2.00	0.82
แมกนีเซียมซัลเฟต	0.50	0.50
เฟอร์รัสซัลเฟต	0.009	-
ไดโพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต	2.00	2.00
โพแทสเซียมคลอไรด์	0.50	0.50
ค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้น	4.0	4.0
อุณหภูมิ	อุณหภูมิห้อง (28-32 ^{o}C)	30 ^{o}C
อัตราเร็วรอบในการเขย่า	200 รอบต่อนาที	200 รอบต่อนาที

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.12 การศึกษารูปแบบการเจริญและการผลิตเดกซ์แทรนเนสของเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14

หลังจากได้สูตรอาหารปรับปรุงใหม่ และภาวะที่เหมาะสมทางกายภาพแล้ว จึงทำการเลี้ยงเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 เป็นเวลา 10 วัน โดยเลี้ยงเชื้อจากสปอร์ซึ่งมีความเข้มข้น 2 x 10^7 สปอร์ต่อ มล. เพื่อศึกษารูปแบบการเจริญและผลิตเดกซ์แทรนเนส ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.1 ลักษณะการเจริญเติบโตและการสร้างเดกซ์แทรนเนสของ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 เมื่อเลี้ยงในอาหารสูตรปรับปรุงใหม่เป็นเวลา 168 ชั่วโมง

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 ในการผลิตเดกซ์แทรนเนส พบว่า เชื้อมีช่วงการเจริญเติบโตมากที่สุดในช่วงชั่วโมงที่ 24 – 48 ชั่วโมงของการเลี้ยงและมีค่าการเจริญเติบโตจำเพาะเท่ากับ 0.0487 ต่อชั่วโมง จึงเลือกเวลา ณ ชั่วโมงที่ 32 (1.5 วัน) เป็นเวลาที่เหมาะสมที่สุด ในการเลี้ยงเชื้อสำหรับนำไปเป็นเชื้อตั้งต้นในการผลิตเดกซ์แทรนเนสในระดับถังหมักต่อไป และมีการสร้างเดกซ์แทรนเนสอย่างต่อเนื่องจนคงที่ที่ชั่วโมง

ที่ 144 และได้แอคติวิตีของเดกซ์แทรนเนสในชั่วโมงที่ 168 เท่ากับ 637.04 หน่วยต่อ มล. ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารเลี้ยงเชื้อ Fukumoto สูตรปรับปรุง (เอก แสงวิเชียร, 2531) ที่เลี้ยงใช้เวลา 10 วันให้ค่าแอคติวิตีของเดกซ์แทรนเนส 321.21 หน่วยต่อ มล. ซึ่งอาหารสูตรปรับปรุงใหม่ให้แอคติวิตีมากกว่าถึงร้อยละ 198.32 (1.98 เท่า)

4.2 <u>การศึกษาปัจจัยทางกายภาพที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยง เพื่อการผลิตเดกซ์แทรนเนสในระดับขยายขนาดในถังหมัก</u>

4.2.1 การศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเดกซ์แทรนเนสในถังหมักขนาด 1 ลิตร โดยมีปริมาตรการหมัก 0.5 ลิตร (ถังหมักรุ่น Biostat Q, บริษัท B Braun, เยอรมันนี)

หลังจากที่ได้สูตรอาหารใหม่ที่เหมาะสมโดยใช้กากน้ำตาลจากอ้อย และแปรผันภาวะทางกายภาพที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงเชื้อรา *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 ในระดับขวดเขย่าแล้ว จึงนำข้อมูลดังกล่าวเป็นพื้นฐานในการผลิตในระดับถังหมัก โดยทำการแปรผันปัจจัยทางกายภาพต่างๆ โดยเริ่มต้นจากค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสม ซึ่งทำการแปรผันดังดังนี้ ค่าความเป็นกรด-ด่างคงที่ที่ 4.0, 5.0, 6.0, ค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่ 4.0 และ 5.0 ตามลำดับ

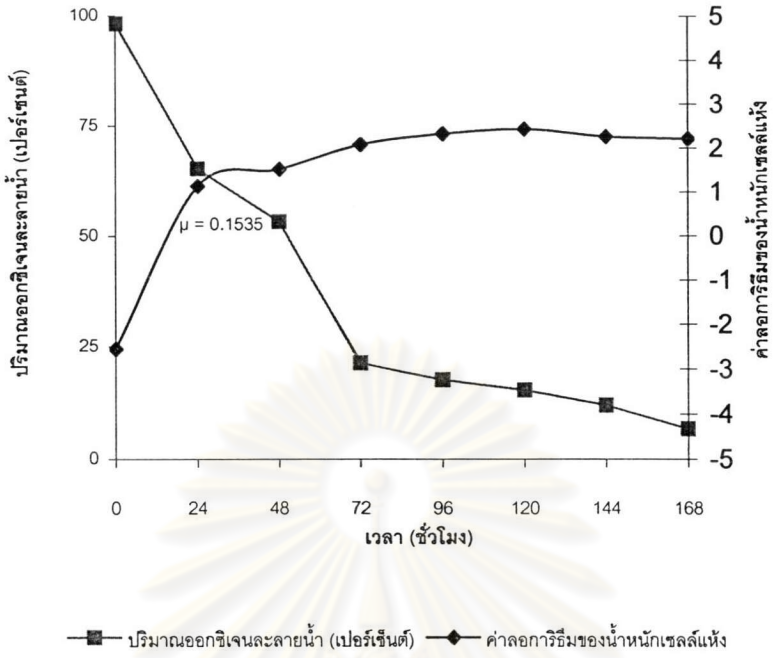
4.2.1.1 เลี้ยงเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 เพื่อผลิตเดกซ์แทรนเนสโดยแปรผันค่าความเป็นกรด-ด่างคงที่ที่ 4.0 โดยใช้อุณหภูมิในการหมัก 30 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีความเร็วในการปั่น 200 รอบต่อนาที และมีการให้อากาศเข้าไปในถังหมัก 2 vvm ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.15 และรูปที่ 4.2

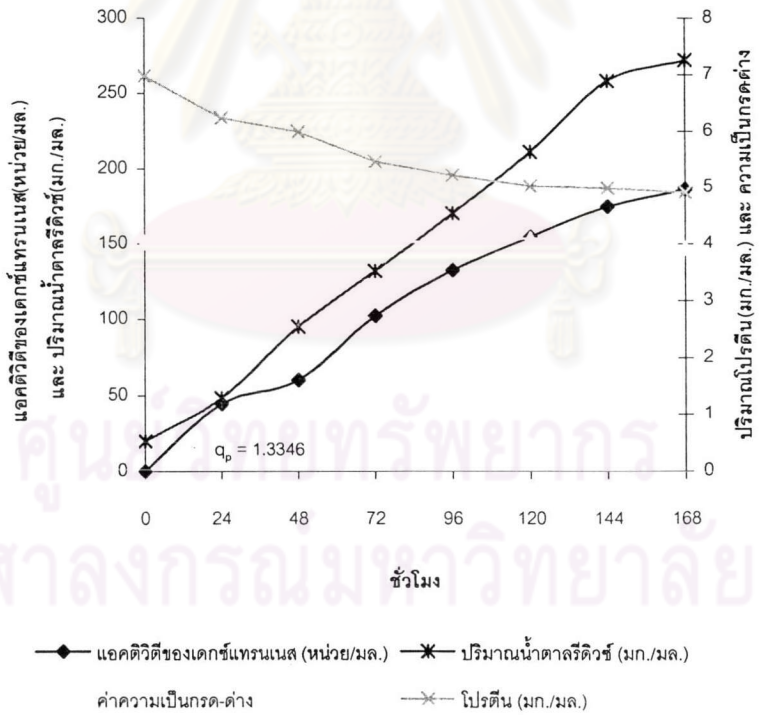
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.15 ผลการทดลองเมื่อแปรผันค่าความเป็นกรด-ด่างคงที่ที่ 4.0 โดยใช้อุณหภูมิในการหมัก 30 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีความเร็วในการปั่น 200 รอบต่อนาที และมีการให้อากาศเข้าไปในถังหมัก 2 vvm

ชั่วโมง	แอคติวิตี (หน่วย/มล.)	โปรตีน (มก./มล.)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัม/ลิตร)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มก./มล.)
0	0.09	6.97	0.078	4.02	98.2	20
24	44.5	6.23	3.105	4.08	65.3	48
48	59.8	5.98	4.566	3.96	53.3	95
72	102.3	5.45	8.012	4.05	21.4	132
96	132.4	5.21	10.110	4.01	17.6	170
120	154.1	5.01	11.220	4.09	15.3	211
144	174.6	4.98	9.555	4.02	11.9	258
168	186.5	4.91	9.113	3.92	6.70	272

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รูปที่ 4.2 ค่าพารามิเตอร์ในถังหมักเมื่อแปรผันค่าความเป็นกรด-ด่างคงที่ที่ 4.0 โดยใช้อุณหภูมิในการหมัก 30 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีความเร็วในการปั่น 200 รอบต่อนาที และมีการให้อากาศเข้าไปในถังหมัก 2 vvm

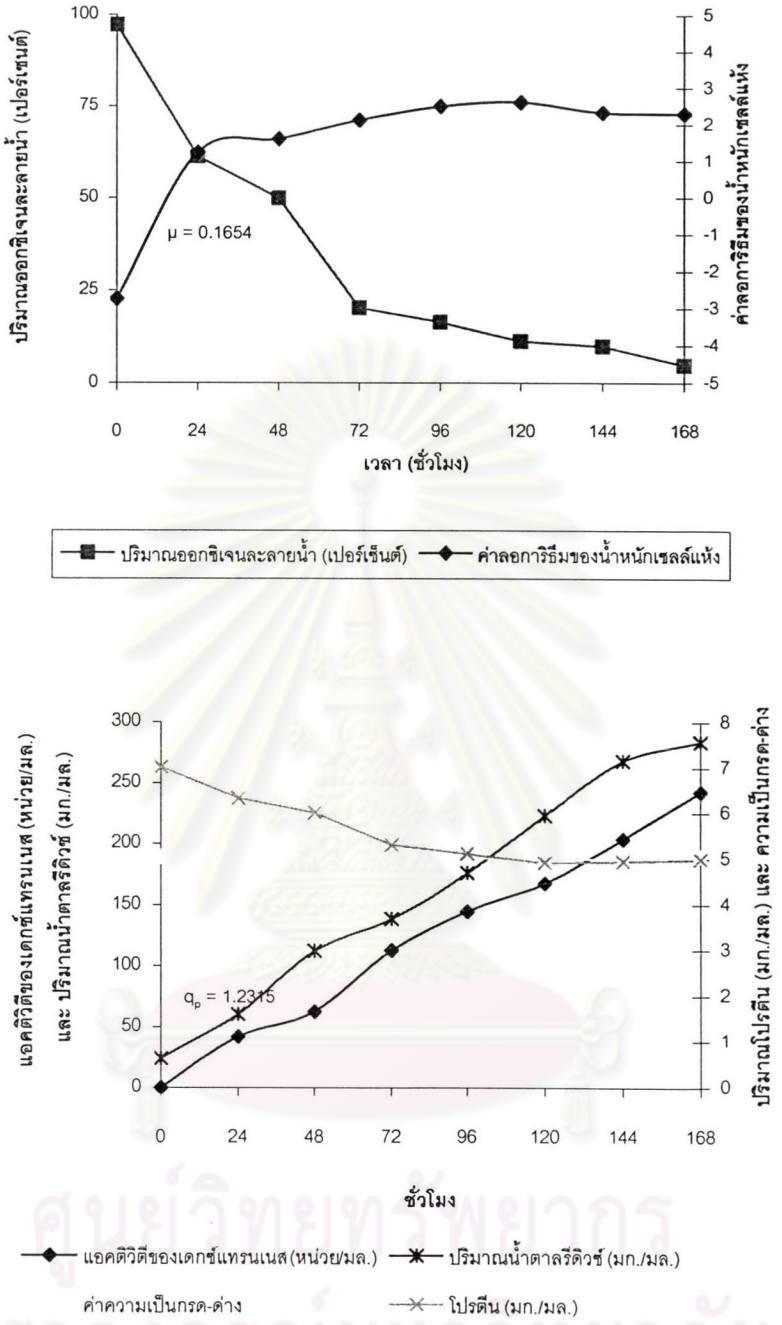
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.1.2 เลี้ยงเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 เพื่อผลิตเดกซ์แทรนเนส โดยแปรผันค่าความเป็นกรด-ด่างคงที่ที่ 5.0 โดยใช้อุณหภูมิในการหมัก 30 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีความเร็วในการปั่น 200 รอบต่อนาที และมีการให้อากาศเข้าไปในถังหมัก 2 vvm ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.16 และรูปที่ 4.3

ตารางที่ 4.16 ผลการทดลองเมื่อแปรผันค่าความเป็นกรด-ด่างคงที่ที่ 5.0 โดยใช้อุณหภูมิในการหมัก 30 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีความเร็วในการปั่น 200 รอบต่อนาที และมีการให้อากาศเข้าไปในถังหมัก 2 vvm

ชั่วโมง	แอคติวิตี (หน่วย/มล.)	โปรตีน (มก./มล.)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัม/ลิตร)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มก./มล.)
0	0.054	7.01	0.065	5.04	97.2	24
24	42.1	6.32	3.442	4.97	61.2	60
48	62.3	6.01	4.977	5.02	49.9	112
72	112.5	5.31	8.356	4.99	20.3	138
96	144.6	5.11	12.110	5.03	16.4	176
120	167.8	4.92	13.540	5.01	11.2	223
144	203.6	4.94	10.230	4.98	9.8	268
168	242.3	4.98	9.981	5.06	4.7	284

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.3 ค่าพารามิเตอร์ในถังหมักเมื่อแปรผันค่าความเป็นกรด-ด่างคงที่ที่ 5.0 โดยใช้อุณหภูมิในการหมัก 30 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีความเร็วในการปั่น 200 รอบต่อนาที และมีการให้อากาศเข้าไปในถังหมัก 2 vvm

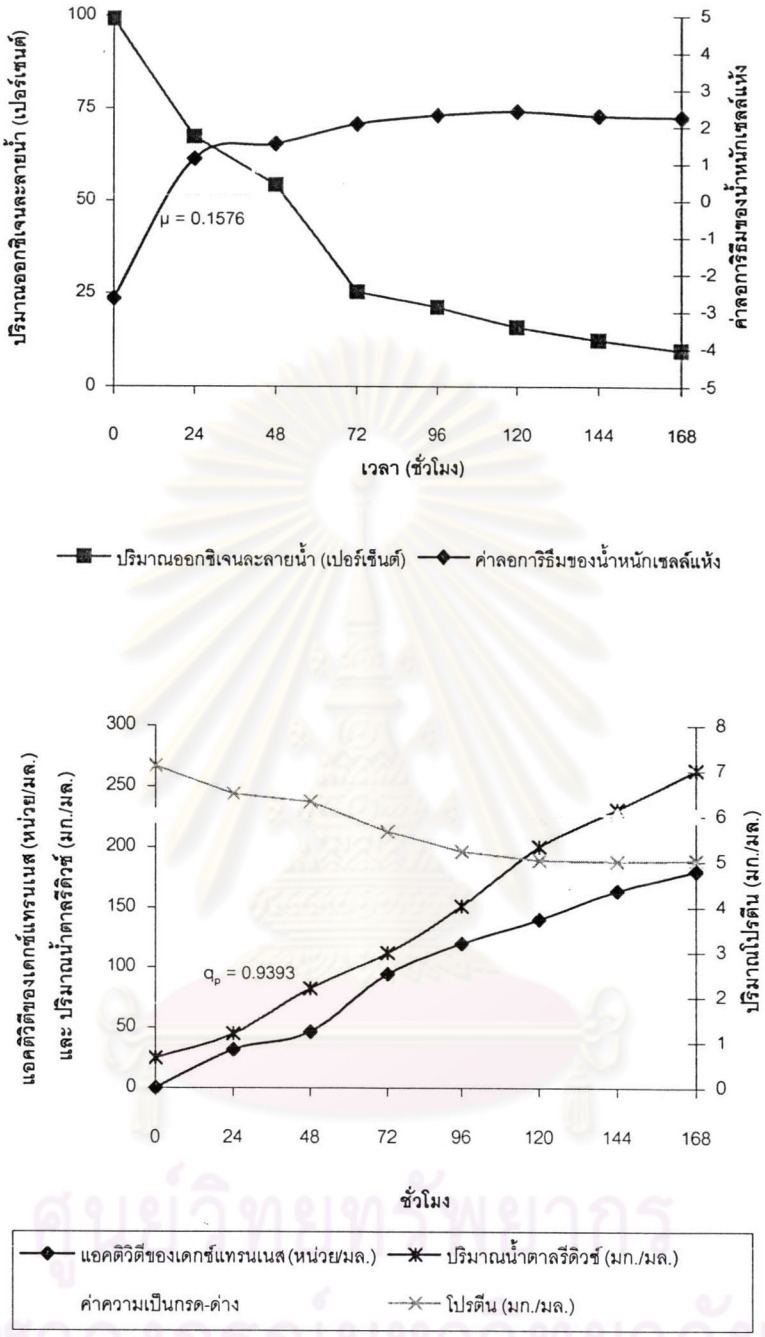
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.1.3 เลี้ยงเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 เพื่อผลิตเดกซ์แทรนเนสโดยแปรผันค่าความเป็นกรด-ด่างคงที่ที่ 6.0 โดยใช้อุณหภูมิในการหมัก 30 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีความเร็วในการปั่น 200 รอบต่อนาที และมีการให้อากาศเข้าไปในถังหมัก 2 vvm ได้ผลดังในตารางที่ 4.17 และรูปที่ 4.4

ตารางที่ 4.17 ผลการทดลองเมื่อแปรผันค่าความเป็นกรด-ด่างคงที่ที่ 6.0 โดยใช้อุณหภูมิในการหมัก 30 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีความเร็วในการปั่น 200 รอบต่อนาที และมีการให้อากาศเข้าไปในถังหมัก 2 vvm

ชั่วโมง	แอคติวิตี (หน่วย/มล.)	โปรตีน (มก./มล.)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัม/ลิตร)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มก./มล.)
0	0.0021	7.11	0.071	6.02	99.2	25
24	31.5	6.49	3.118	6.06	67.3	45
48	46.3	6.32	4.652	5.97	54.2	82
72	94.6	5.66	7.988	6.03	25.3	112
96	119.5	5.23	10.110	6.01	21.3	151
120	139.5	5.04	11.240	5.98	15.9	200
144	163.5	5.01	9.971	6.05	12.4	231
168	179.9	5.03	9.658	6.02	9.7	263

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



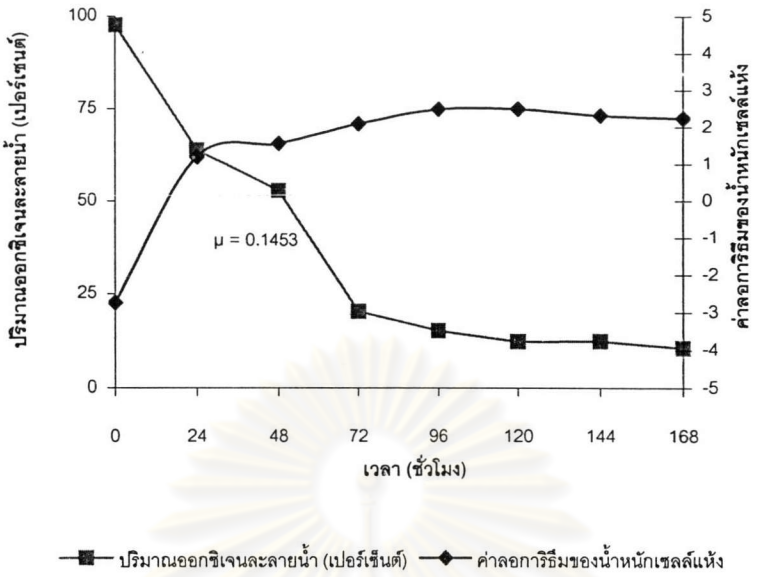
รูปที่ 4.4 ค่าพารามิเตอร์ในถังหมักเมื่อแปรผันค่าความเป็นกรด-ด่างคงที่ที่ 6.0 โดยใช้อุณหภูมิในการหมัก 30 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีความเร็วในการปั่น 200 รอบต่อนาที และมีการให้อากาศเข้าไปในถังหมัก 1 vvm

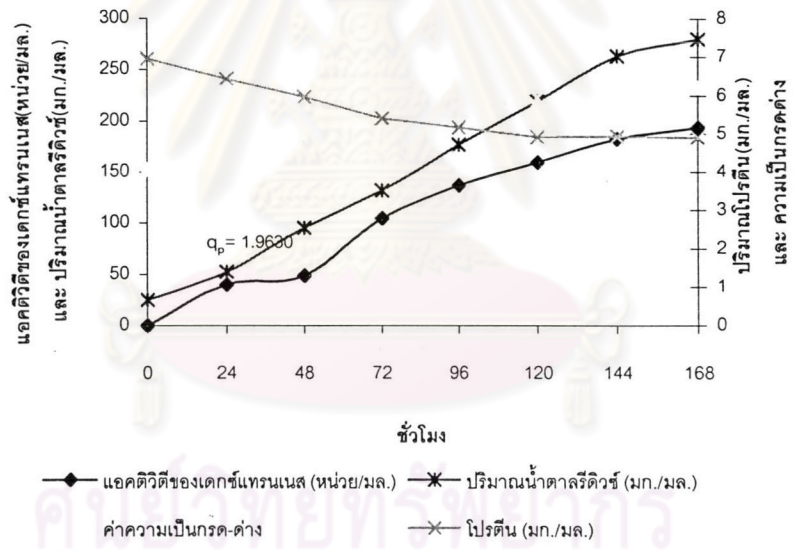
4.2.1.4 เลี้ยงเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 เพื่อผลิตเดกซ์แทรนเนส โดยแปรผันค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่ 4.0 โดยใช้อุณหภูมิในการหมัก 30 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีความเร็วในการปั่น 200 รอบต่อนาที และมีการให้อากาศเข้าไปในถังหมัก 2 vvm ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.18 และรูปที่ 4.5

ตารางที่ 4.18 ผลการทดลองเมื่อแปรผันค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่ 4.0 โดยใช้อุณหภูมิในการหมัก 30 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีความเร็วในการปั่น 200 รอบต่อนาที และมีการให้อากาศเข้าไปในถังหมัก 2 vvm

ชั่วโมง	แอคติวิตี (หน่วย/มล.)	โปรตีน (มก./มล.)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัม/ลิตร)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มก./มล.)
0	0.12	6.96	0.065	4.06	97.6	25
24	39.7	6.42	3.305	4.35	63.8	52
48	48.3	5.96	4.722	4.87	52.8	95
72	104.7	5.39	8.124	5.29	20.3	132
96	136.8	5.17	12.010	5.69	15.2	177
120	159.3	4.91	12.110	5.82	12.3	219
144	182.1	4.93	10.170	6.15	12.4	263
168	193.4	4.89	9.435	6.21	10.6	280

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รูปที่ 4.5 ค่าพารามิเตอร์ในถังหมักเมื่อแปรผันค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่ 4.0 โดยใช้อุณหภูมิในการหมัก 30 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีความเร็วในการปั่น 200 รอบต่อนาที และมีการให้อากาศเข้าไปในถังหมัก 2 vvm

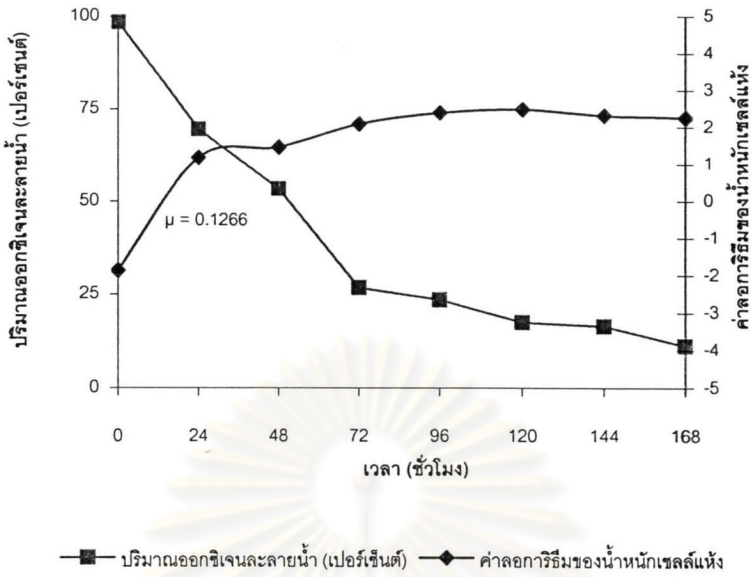
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

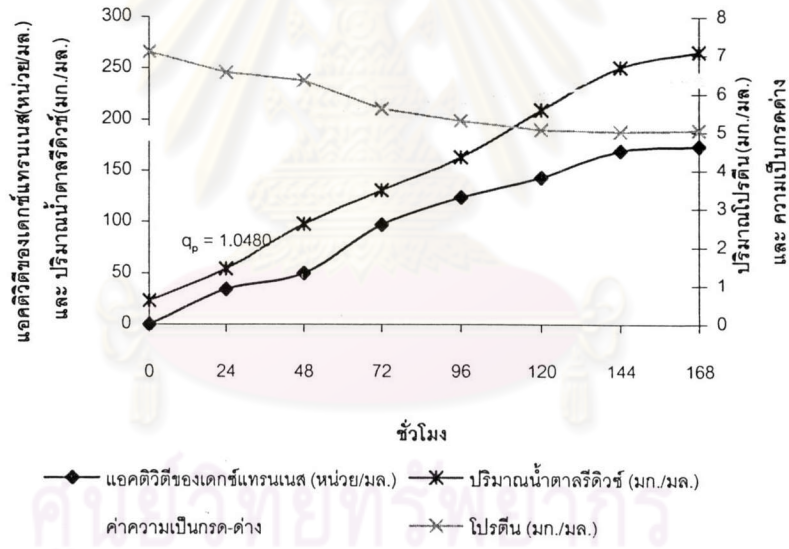
4.2.1.5 เลี้ยงเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 เพื่อผลิตเดกซ์แทรนเนส โดยแปรผันค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่ 5.0 โดยใช้อุณหภูมิในการหมัก 30 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีความเร็วในการปั่น 200 รอบต่อนาที และมีการให้อากาศเข้าไปในถังหมัก 2 vvm ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.19 และรูปที่ 4.6

ตารางที่ 4.19 ผลการทดลองเมื่อแปรผันค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่ 5.0 โดยใช้อุณหภูมิในการหมัก 30 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีความเร็วในการปั่น 200 รอบต่อนาที และมีการให้อากาศเข้าไปในถังหมัก 2 vvm

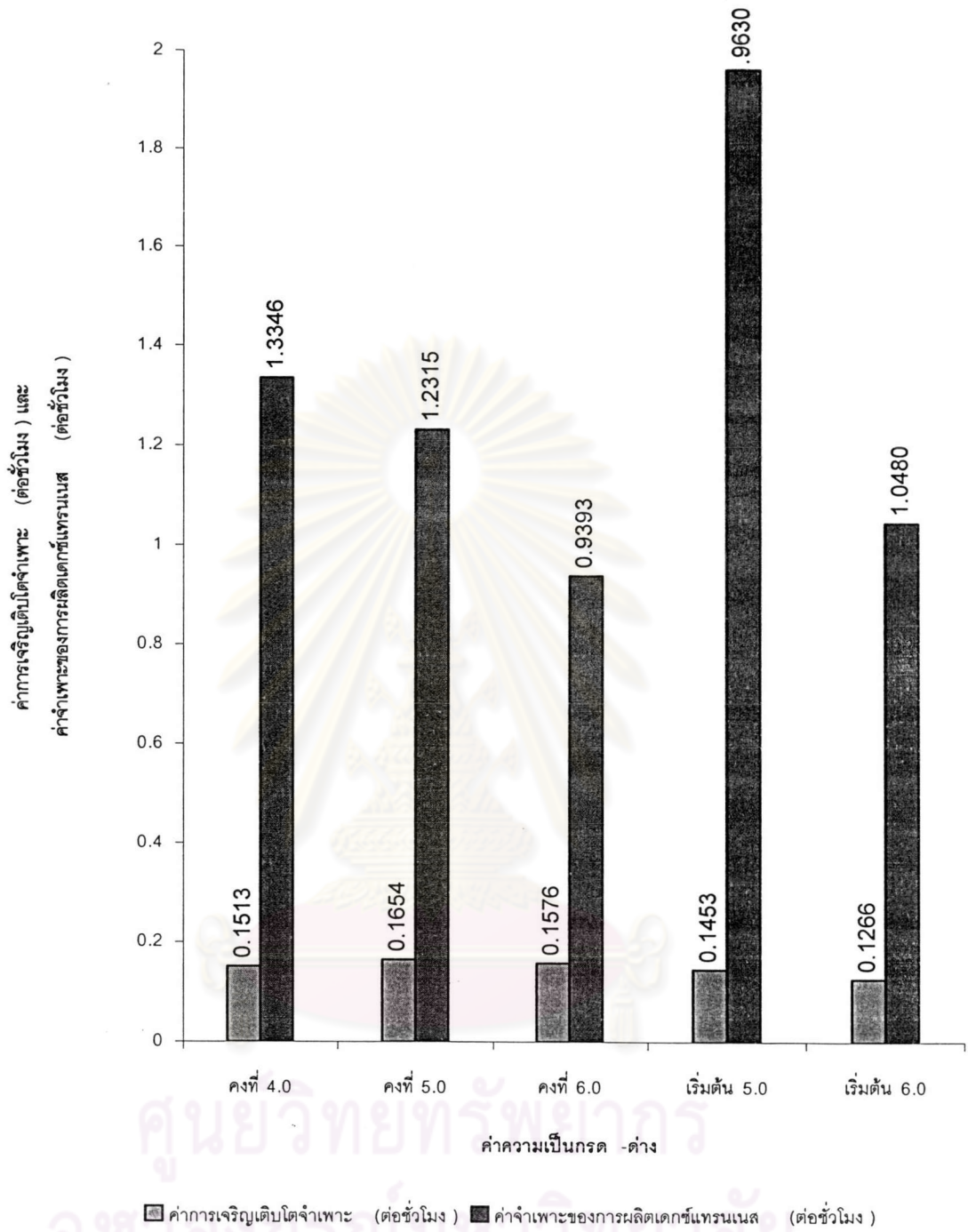
ชั่วโมง	แอคติวิตี (หน่วย/มล.)	โปรตีน (มก./มล.)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัม/ลิตร)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มก./มล.)
0	0.0035	7.08	0.156	4.97	98.5	23
24	34.3	6.55	3.255	5.11	69.5	54
48	49.6	6.34	4.322	5.37	53.4	98
72	97.3	5.61	8.100	5.69	26.8	131
96	123.8	5.29	10.980	5.88	23.5	163
120	142.9	5.06	11.990	6.01	17.5	209
144	169.3	5.02	10.120	6.23	16.5	251
168	173.4	5.05	9.562	6.38	11.2	266

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รูปที่ 4.6 ค่าพารามิเตอร์ในถังหมักเมื่อแปรผันค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่ 5.0 โดยใช้อุณหภูมิในการหมัก 30 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีความเร็วในการปั่น 200 รอบต่อนาที และมีการให้อากาศเข้าไปในถังหมัก 2 vvm



รูปที่ 4.7 ค่าการเจริญเติบโตจำเพาะ (μ) (ต่อชั่วโมง) และค่าจำเพาะของการผลิตเดกซ์แทรนเนส (q_p) (ต่อชั่วโมง) เมื่อมีการแปรผันค่าความเป็นกรดด่างในการเลี้ยงเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 สำหรับผลิตเดกซ์แทรนเนสโดยใช้อุณหภูมิในการหมัก 30 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีความเร็วในการปั่น 200 รอบต่อนาที และมีการให้อากาศเข้าไปในถังหมัก 2 vvm

ตารางที่ 4.20 แอคติวิตี (หน่วยต่อมิลลิลิตร) ค่าการเจริญเติบโตจำเพาะ (μ) (ต่อชั่วโมง) และค่าจำเพาะของการผลิตเดกซ์แทรนเนส (q_p) (ต่อชั่วโมง) เมื่อมีการแปรผันค่าความเป็นกรดด่างในการเลี้ยงเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 สำหรับผลิตเดกซ์แทรนเนส

ค่าความเป็นกรด-ด่าง	แอคติวิตี (หน่วยต่อมิลลิลิตร)	ค่าการเจริญเติบโตจำเพาะ (ต่อชั่วโมง)	ค่าจำเพาะของการผลิตเดกซ์แทรนเนส (ต่อชั่วโมง)
คงที่ที่ 4.0	186.5	0.1513	1.3346
คงที่ที่ 5.0	242.3	0.1654	1.2315
คงที่ที่ 6.0	179.9	0.1576	0.9393
เริ่มต้นที่ 4.0	193.4	0.1453	1.9630
เริ่มต้นที่ 5.0	173.4	0.1266	1.0480

จากการทดลองเพื่อศึกษาความเป็นกรด-ด่างของน้ำหมักต่อการผลิตเดกซ์แทรนเนสของเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 พบว่าเมื่อปรับให้ในน้ำหมักมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.00 ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 0 จนถึง 168 ตลอดการทดลองจะทำให้เชื้อสามารถผลิตเดกซ์แทรนเนสได้มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเป็นกรด-ด่างค่าอื่นๆ คือ 242.30 หน่วยต่อมิลลิลิตร โดยมากกว่าแอคติวิตีของเดกซ์แทรนเนสที่แปรผันความเป็นกรด-ด่างที่ที่ 4.0, คงที่ที่ 6.0, เริ่มต้นที่ 4.0 และเริ่มต้นที่ 5.0 ซึ่งได้แอคติวิตีเท่ากับ 186.5, 179.9, 193.4 และ 173.4 หน่วยต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ โดยมีค่าการเจริญเติบโตจำเพาะของเชื้อเป็น 1.654 ต่อชั่วโมง โดยแม้ค่าจำเพาะของการผลิตเดกซ์แทรนเนสของการทดลองที่ใช้ค่าความเป็นกรด-ด่างคงที่ที่ 5.0 จะต่ำกว่าที่เริ่มต้นที่ 4.0 และ คงที่ที่ 4.0 ก็ตาม แต่ที่ชั่วโมงที่ 168 ให้ค่าแอคติวิตีสูงที่สุด จึงเลือกค่าความเป็นกรด-ด่างคงที่ที่ 5.0 ใช้ในการทดลองศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อไป

ตั้งแต่การทดลองในชั่วโมงที่ 72 เป็นต้นไป พบว่าเกิดการสะสมสายใยโดยรอบภายในถังหมักและอุปกรณ์ภายใน โดยเมื่อทำการทดลองนานขึ้น สายใยเหล่านี้จะมีปริมาณหนาสะสมมากขึ้น ทำให้การวัดปริมาณน้ำหนักเซลล์เกิดความคลาดเคลื่อนมากขึ้น

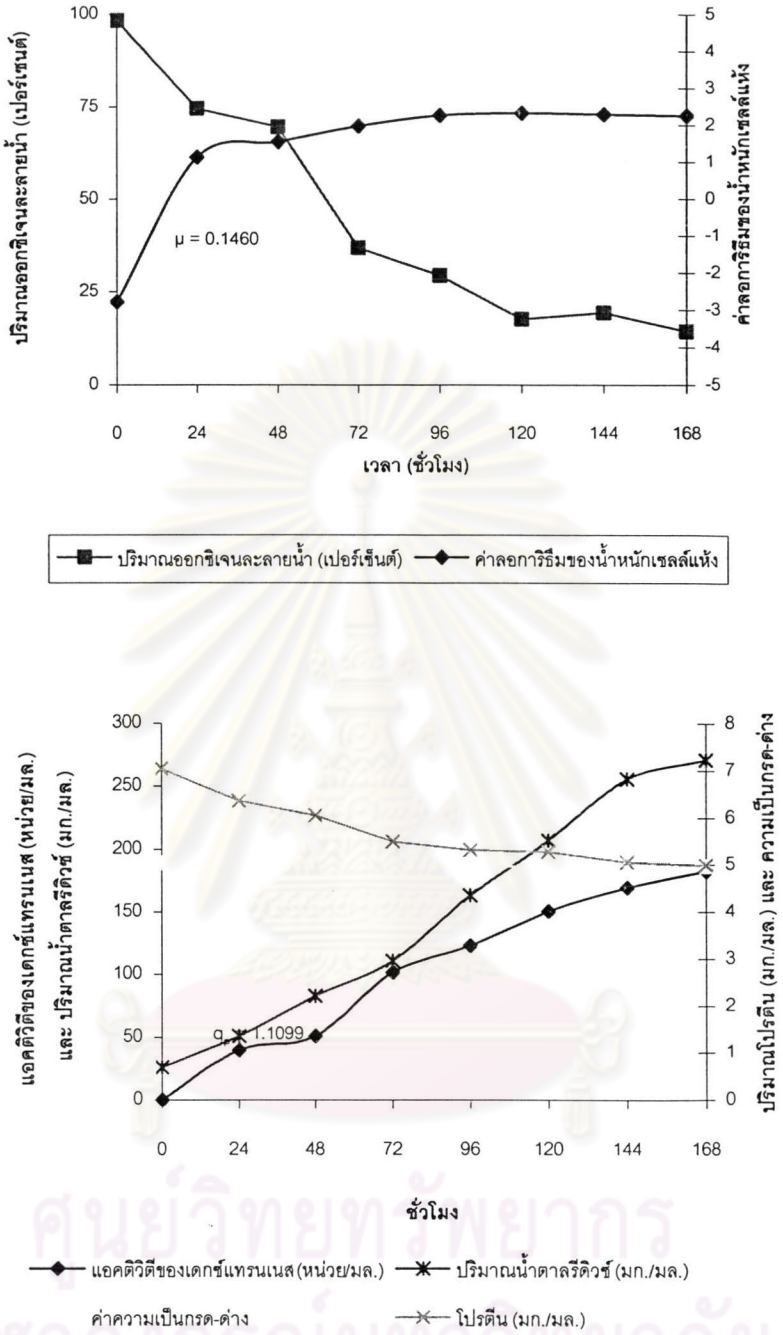
4.2.2 การศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเดกซ์แทรนเนสในถังหมักขนาด 1 ลิตร โดยมีปริมาตรการหมัก 0.5 ลิตร

จากการทดลองที่ผ่านมาสามารถหาค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมในการหมักเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 ในถังหมักเพื่อผลิตเดกซ์แทรนเนสได้คือค่าความเป็นกรด-ด่างคงที่ที่ 5.0 การทดลองนี้จึงศึกษาต่อไปถึงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการผลิตเดกซ์แทรนเนสที่จะให้ค่าแอคติวิตีสูงสุด โดยทำการแปรผันอุณหภูมิที่ใช้คงที่ในการทดลองเท่ากับ 25, 30 และ 35 องศาเซลเซียสตามลำดับ

4.2.2.1 เลี้ยงเชื้อ *Penicillium sp.* สายพันธุ์ SMCU3-14 เพื่อผลิตเดกซ์แทรนเนส โดยแปรผันอุณหภูมิเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส โดยใช้ค่าความเป็นกรด-ด่างคงที่ที่ 5.0 ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีความเร็วในการปั่น 200 รอบต่อนาที และมีการให้อากาศเข้าไปในถังหมัก 2 vvm ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.21 และรูปที่ 4.8

ตารางที่ 4.21 ผลการทดลองเมื่อแปรผันอุณหภูมิที่ใช้ในการหมักเป็น 25 องศาเซลเซียส โดยใช้ค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่ 5.0 ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีความเร็วในการปั่น 200 รอบต่อนาที และมีการให้อากาศเข้าไปในถังหมัก 2 vvm

ชั่วโมง	แอคติวิตี (หน่วย/มล.)	โปรตีน (มก./มล.)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัม/ลิตร)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มก./มล.)
0	0.006	7.04	0.062	5.04	98.3	26
24	39.6	6.36	3.104	5.02	74.5	51
48	50.8	6.05	4.735	5.01	69.6	83
72	101.5	5.49	7.254	4.98	36.8	111
96	123.2	5.32	9.651	4.97	29.3	163
120	150.4	5.27	10.235	4.96	17.6	207
144	169.5	5.06	9.911	5.01	19.3	256
168	182.4	4.99	9.513	4.98	14.3	271



รูปที่ 4.8 ค่าพารามิเตอร์ในถังหมักเมื่อแปรผันอุณหภูมิในการหมักเป็น 25 องศาเซลเซียส ใช้ค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่ 5.0 ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีความเร็วในการปั่น 200 รอบต่อนาที และมีการให้อากาศเข้าไปในถังหมัก 2 vvm

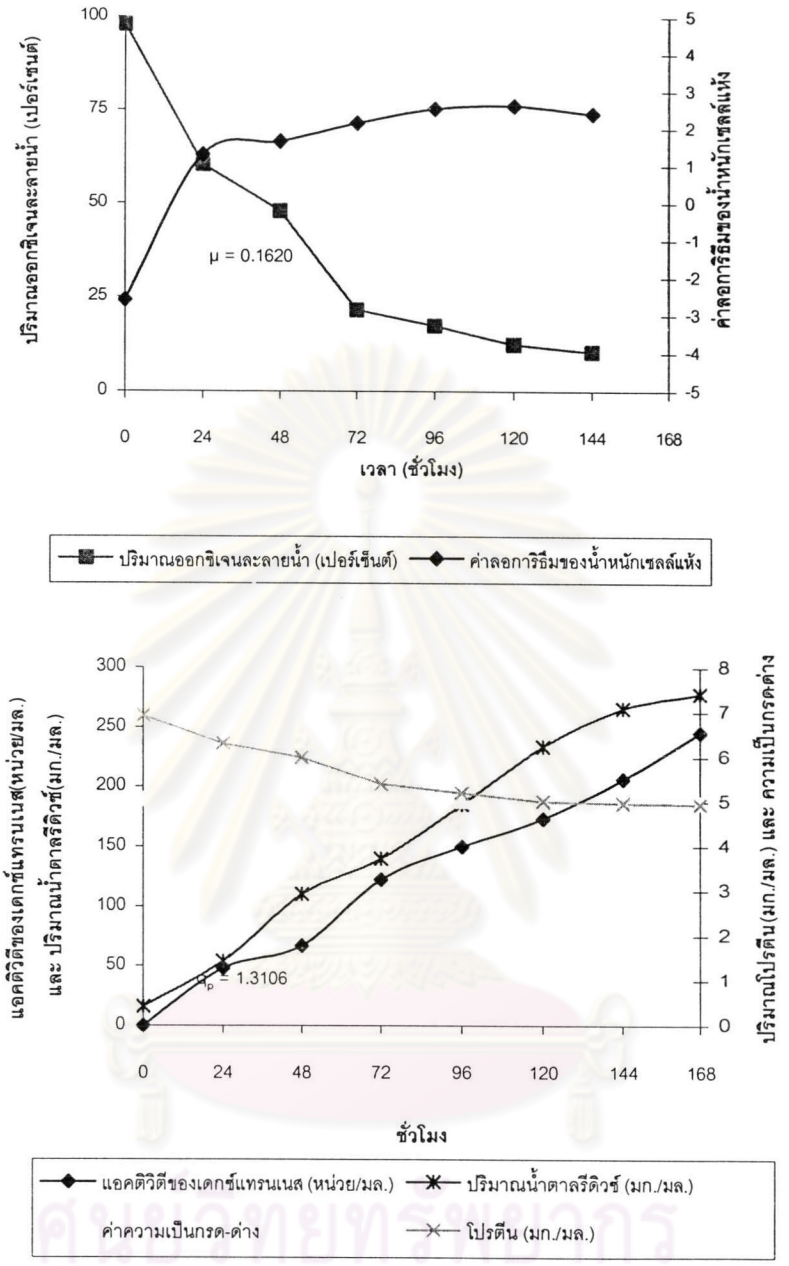
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.2.2 เลี้ยงเชื้อ *Penicillium sp.* สายพันธุ์ SMCU3-14 เพื่อผลิตเดกซ์แทรนเนส โดยแปรผันอุณหภูมิเท่ากับ 30 องศาเซลเซียส โดยใช้ค่าความเป็นกรด-ด่างคงที่ที่ 5.0 ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีความเร็วในการปั่น 200 รอบต่อนาที และมีการให้อากาศเข้าไปในถังหมัก 2 vvm ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.22 และรูปที่ 4.9

ตารางที่ 4.22 ผลการทดลองเมื่อแปรผันอุณหภูมิที่ใช้ในการหมักเป็น 30 องศาเซลเซียส โดยใช้ค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่ 5.0 ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีความเร็วในการปั่น 200 รอบต่อนาที และมีการให้อากาศเข้าไปในถังหมัก 2 vvm

ชั่วโมง	แอคติวิตี (หน่วย/มล.)	โปรตีน (มก./มล.)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัม/ลิตร)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มก./มล.)
0	0.003	6.92	0.075	5.05	97.9	16
24	48.1	6.29	3.668	4.98	60.3	54
48	66.5	5.98	5.201	5.01	47.8	110
72	122.1	5.39	8.502	4.99	21.5	140
96	149.8	5.20	12.530	5.02	17.3	185
120	173.5	5.01	13.680	5.00	12.4	234
144	206.8	4.97	11.020	4.97	10.4	266
168	245.5	4.94	10.910	4.98	3.2	278

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



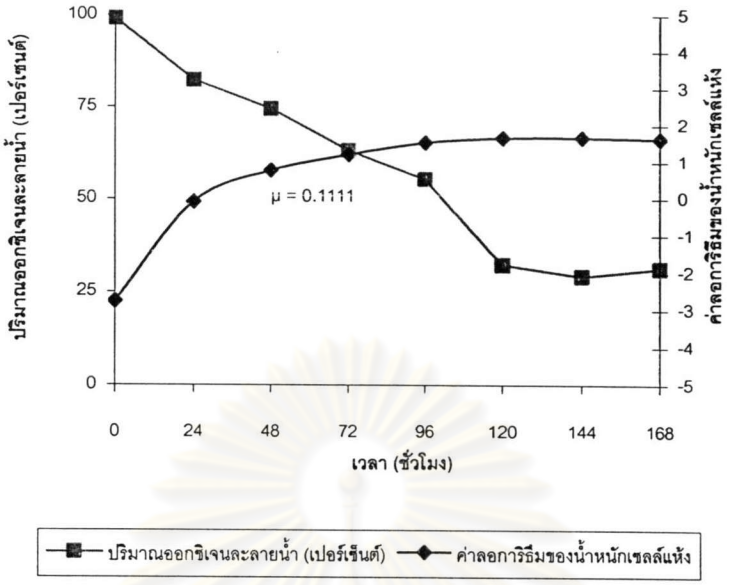
รูปที่ 4.9 ค่าพารามิเตอร์ในถังหมักเมื่อแปรผันอุณหภูมิในการหมักเป็น 30 องศาเซลเซียส ใช้ค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่ 5.0 ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีความเร็วในการปั่น 200 รอบต่อนาที และมีการให้อากาศเข้าไปในถังหมัก 2 vvm

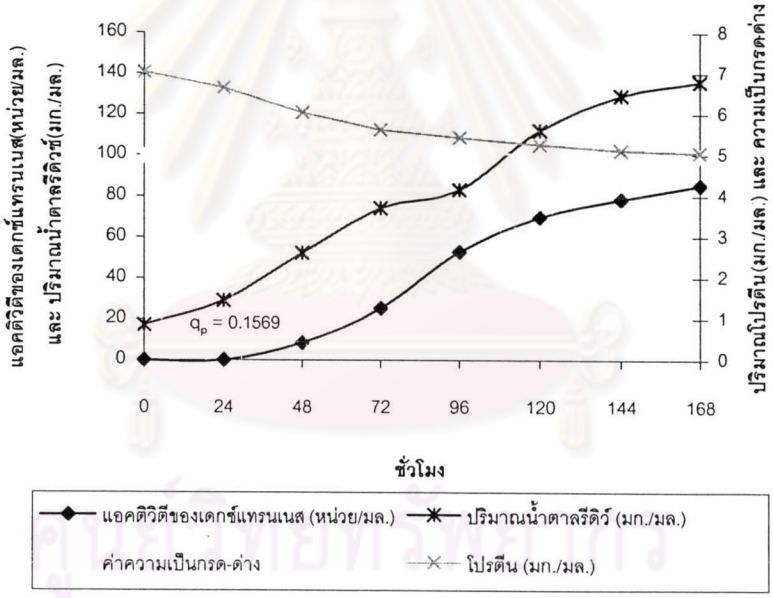
4.2.2.3 เลี้ยงเชื้อ *Penicillium sp.* สายพันธุ์ SMCU3-14 เพื่อผลิตเดกซ์แทรนเนส โดยแปรผันอุณหภูมิเท่ากับ 35 องศาเซลเซียส โดยใช้ค่าความเป็นกรด-ด่างคงที่ที่ 5.0 ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีความเร็วในการปั่น 200 รอบต่อนาที และมีการให้อากาศเข้าไปในถังหมัก 1 vvm ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.23 และรูปที่ 4.10

ตารางที่ 4.23 ผลการทดลองเมื่อแปรผันอุณหภูมิที่ใช้ในการหมักเป็น 35 องศาเซลเซียส โดยใช้ค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่ 5.0 ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีความเร็วในการปั่น 200 รอบต่อนาที และมีการให้อากาศเข้าไปในถังหมัก 2 vvm

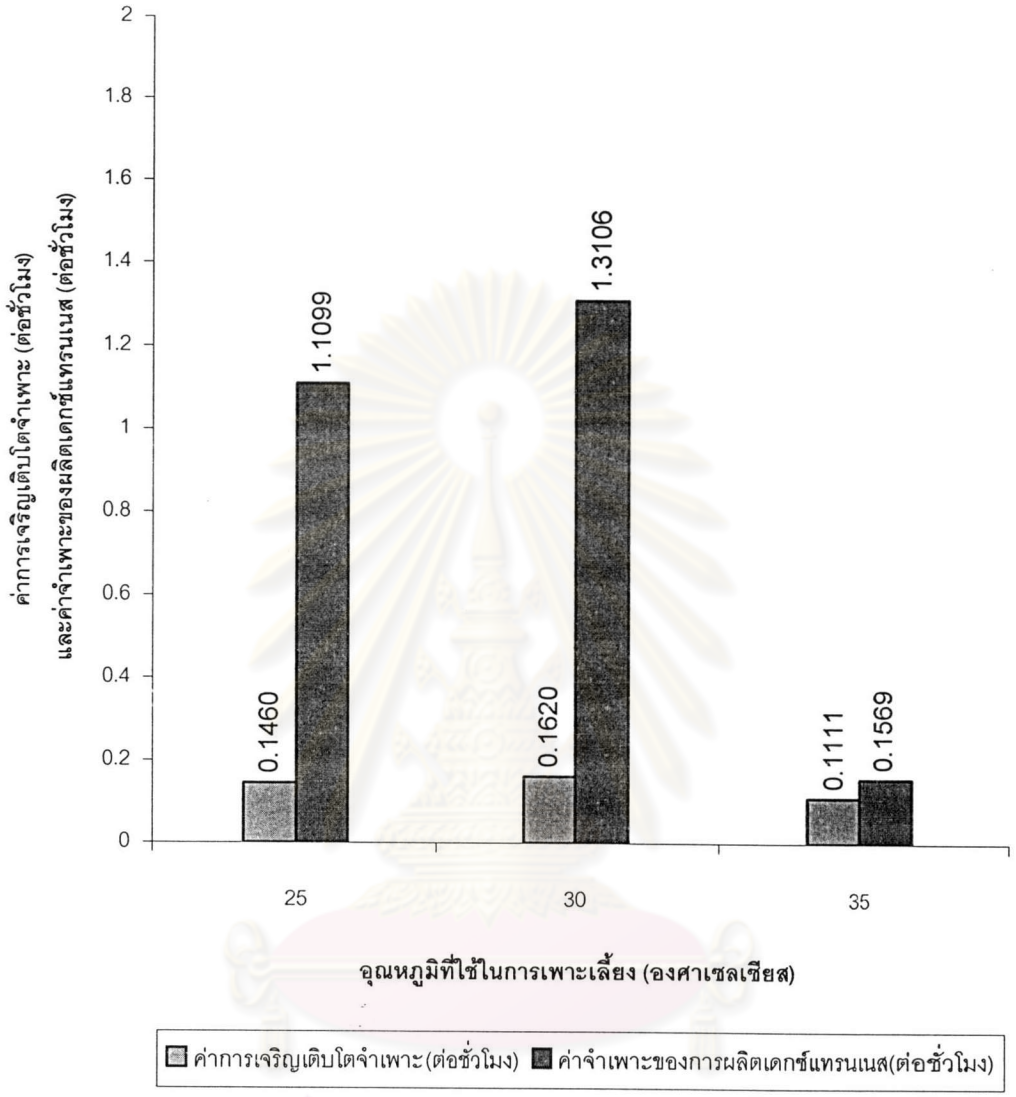
ชั่วโมง	แอคติวิตี (หน่วย/มล.)	โปรตีน (มก./มล.)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัม/ลิตร)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มก./มล.)
0	0.009	7.04	0.064	4.98	99.1	17
24	0.002	6.65	0.922	4.99	82.3	29
48	8.32	6.04	2.158	5.03	74.5	52
72	25.4	5.61	3.352	5.05	63.2	74
96	52.8	5.42	4.661	5.06	55.4	83
120	69.5	5.25	5.285	5.02	32.3	112
144	78.2	5.11	5.342	4.97	29.2	129
168	85.1	5.06	5.106	4.98	31.3	136

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รูปที่ 4.10 ค่าพารามิเตอร์ในถังหมักเมื่อแปรผันอุณหภูมิในการหมักเป็น 35 องศาเซลเซียส ใช้ค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่ 5.0 ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีความเร็วในการปั่น 200 รอบต่อนาที และมีการให้อากาศเข้าไปในถังหมัก 2 vvm



รูปที่ 4.11 ค่าการเจริญเติบโตจำเพาะ (μ) (ต่อชั่วโมง) และ ค่าจำเพาะของการผลิตเดกซ์แทรนเนส (q_p) (ต่อชั่วโมง) เมื่อมีการแปรผันอุณหภูมิที่ใช้ในการเลี้ยงเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 ตลอดการทดลอง สำหรับผลิตเดกซ์แทรนเนสโดยค่าความเป็นกรด-ด่างคงที่เท่ากับ 5.0 ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีความเร็วในการปั่น 200 รอบต่อนาที และมีการให้อากาศเข้าไปในถังหมัก 2 vvm

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.24 แอคติวิตี (หน่วยต่อมิลลิลิตร) ค่าการเจริญเติบโตจำเพาะ (μ) (ต่อชั่วโมง) และค่าจำเพาะของการผลิตเดกซ์แทรนเนส (q_p) (ต่อชั่วโมง) เมื่อมีการแปรผันอุณหภูมิในการเลี้ยงเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 สำหรับผลิตเดกซ์แทรนเนส

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	แอคติวิตี (หน่วยต่อมิลลิลิตร)	ค่าการเจริญเติบโตจำเพาะ (ต่อชั่วโมง)	ค่าจำเพาะของการผลิตเดกซ์แทรนเนส (ต่อชั่วโมง)
25	182.4	0.1460	1.1099
30	245.5	0.1620	1.3106
35	85.10	0.1111	0.1569

จากการทดลองเพื่อศึกษาอุณหภูมิในน้ำหมักที่ควบคุมตลอดการทดลองต่อการผลิตเดกซ์แทรนเนสของเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 พบว่าเมื่อควบคุมให้ในน้ำหมักมีอุณหภูมิเท่ากับ 30 องศาเซลเซียส ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 0 จนถึง 168 จะทำให้เชื้อสามารถผลิตเดกซ์แทรนเนสได้มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอื่นๆ โดยให้แอคติวิตีสูงสุดที่ชั่วโมงที่ 168 คือ 245.50 หน่วยต่อมิลลิลิตร โดยมากกว่าแอคติวิตีของเดกซ์แทรนเนสจากถังที่แปรผันอุณหภูมิในการทดลองเท่ากับ 25 และ 35 องศาเซลเซียส ซึ่งได้แอคติวิตีเท่ากับ 182.40 และ 85.10 หน่วยต่อมิลลิลิตรตามลำดับ โดยมีค่าคงที่การเจริญเติบโตจำเพาะของเชื้อ (μ) เป็น 1.620 ต่อชั่วโมง และค่าจำเพาะของการผลิตเดกซ์แทรนเนส (ต่อชั่วโมง) สูงที่สุด จึงเลือกใช้อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสในการทดลองศึกษาปริมาณอากาศที่เหมาะสมต่อไป

และเช่นเดียวกันกับการทดลองที่ 4.2.1 คือ หลังจากชั่วโมงที่ 72 พบว่ามีการเจริญของสายใยโดยรอบในถังหมักและเกาะตามใบพัด และอุปกรณ์ต่างๆในถังหมักซึ่งทำให้ค่าน้ำหนักเซลล์แห้งที่วัดออกมาได้เกิดความคลาดเคลื่อนเนื่องจากราบางส่วนเจริญนอกน้ำหมัก

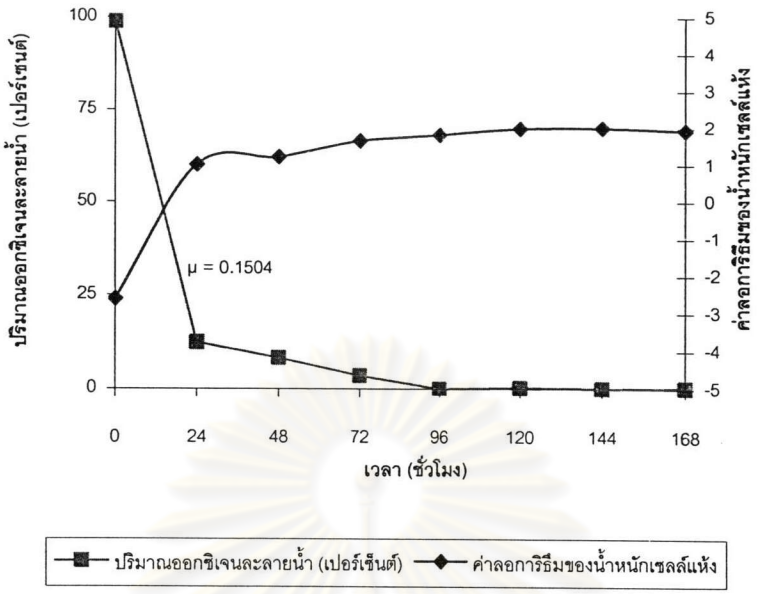
4.2.3 การศึกษาปริมาณอากาศที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเดกซ์แทรนเนสในถังหมักขนาด 1 ลิตร โดยมีปริมาตรการหมัก 0.5 ลิตร

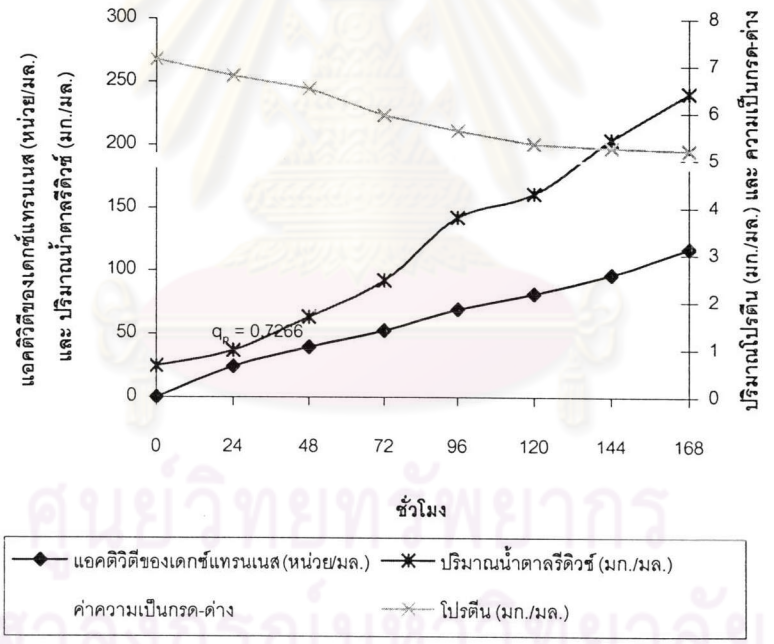
จากการทดลองที่ผ่านมาสามารถหาค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิตลอดการทดลองที่เหมาะสมในการหมักเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 ในถังหมักเพื่อผลิตเดกซ์แทรนเนสได้คือค่าความเป็นกรด-ด่างคงที่ที่ 5.0 และ 30 องศาเซลเซียสตามลำดับ การทดลองนี้จึงศึกษาต่อไปถึงปริมาณอากาศที่เหมาะสมที่จะปล่อยเข้าสู่ถังหมัก เพื่อการผลิตเดกซ์แทรนเนสโดยให้ค่าแอคติวิตีสูงสุด โดยทำการแปรผันปริมาณอากาศที่ปล่อยเข้าสู่ถังหมักในการทดลองเท่ากับ 0.50, 1.00, 1.50 และ 2.00 vvm ตามลำดับ

4.2.3.1 เลี้ยงเชื้อ *Penicillium sp.* สายพันธุ์ SMCU3-14 เพื่อผลิตเดกซ์แทรนเนสโดยแปรผันปริมาณอากาศเข้าสู่ถังหมักเท่ากับ 0.50 vvm โดยใช้ค่าความเป็นกรด-ด่างคงที่ที่ 5.0 อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และมีความเร็วในการปั่น 200 รอบต่อนาที ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.25 และรูปที่ 4.12

ตารางที่ 4.23 ผลการทดลองเมื่อแปรผันปริมาณอากาศที่ให้เข้าสู่ถังหมักเป็น 0.50 vvm โดยใช้ค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่ 5.0 อุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก 30 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และมีความเร็วในการปั่น 200 รอบต่อนาที

ชั่วโมง	แอคติวิตี (หน่วย/มล.)	โปรตีน (มก./มล.)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัม/ลิตร)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มก./มล.)
0	0.023	7.13	0.074	4.99	98.8	25
24	24.2	6.79	2.732	5.04	12.3	37
48	39.6	6.52	3.352	5.02	8.2	63
72	52.5	5.95	5.211	5.01	3.5	92
96	69.3	5.63	6.105	5.04	0.0	142
120	81.2	5.34	7.321	4.98	0.3	161
144	96.6	5.26	7.422	4.97	0.2	204
168	117.3	5.21	6.988	4.98	0.3	241





รูปที่ 4.12 ค่าพารามิเตอร์ในถังหมักเมื่อแปรผันปริมาณอากาศที่เข้าสู่ถังหมักเป็น 0.50 vvm ใช้ค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่ 5.0 อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และมีความเร็วในการปั่น 200 รอบต่อนาที

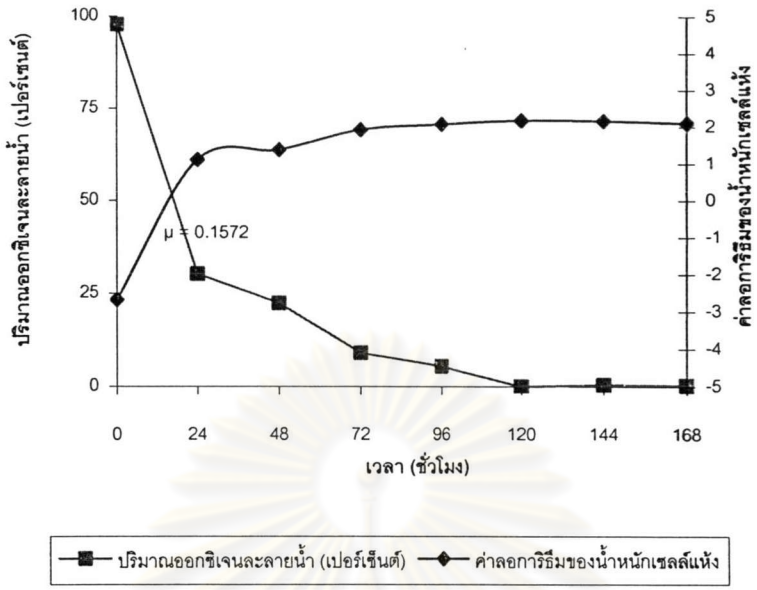
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

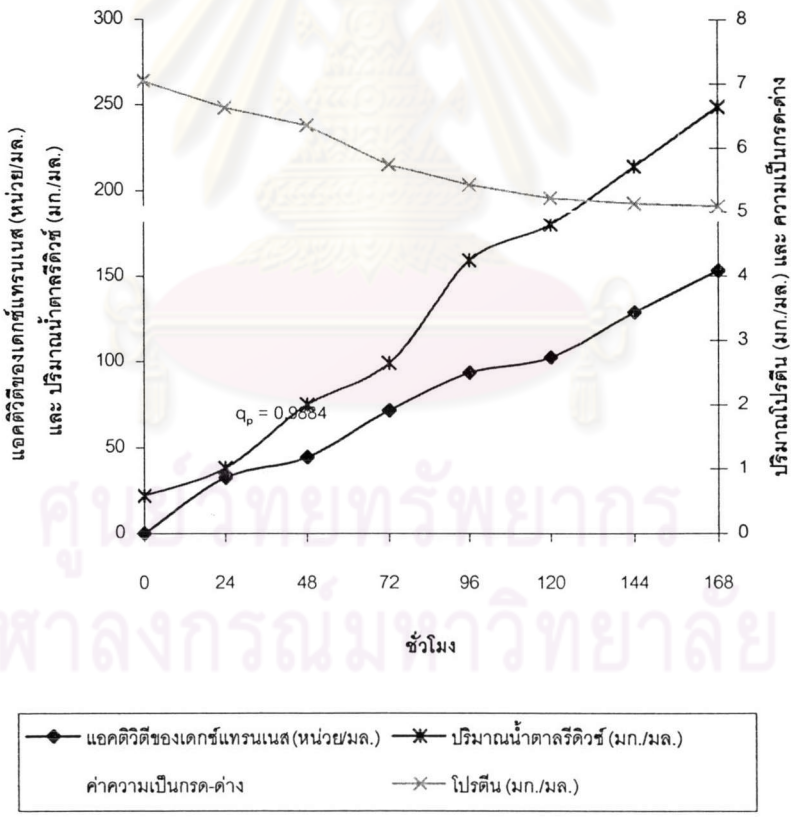
4.2.3.2 เลี้ยงเชื้อ *Penicillium sp.* สายพันธุ์ SMCU3-14 เพื่อผลิตเดกซ์แทรน-เนสโดยแปรผันปริมาณอากาศเข้าสู่ถังหมักเท่ากับ 1.00 vvm โดยใช้ค่าความเป็นกรด-ด่างคงที่ที่ 5.0 อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และมีความเร็วในการปั่น 200 รอบต่อนาที ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.26 และรูปที่ 4.13

ตารางที่ 4.26 ผลการทดลองเมื่อแปรผันปริมาณอากาศที่ให้เข้าสู่ถังหมักเป็น 1.00 vvm โดยใช้ค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่ 5.0 อุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก 30 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และมีความเร็วในการปั่น 200 รอบต่อนาที

ชั่วโมง	แอคติวิตี (หน่วย/มล.)	โปรตีน (มก./มล.)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัม/ลิตร)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มก./มล.)
0	0.081	7.04	0.069	4.97	97.8	22
24	32.4	6.62	3.003	5.01	30.2	38
48	44.3	6.34	3.944	5.03	22.3	75
72	71.5	5.73	6.836	4.99	9.0	99
96	93.4	5.42	7.915	5.05	5.4	159
120	102.2	5.21	8.824	5.01	0.0	180
144	128.9	5.13	8.753	4.98	0.5	214
168	153.4	5.09	8.257	4.97	0.3	249

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รูปที่ 4.13 ค่าพารามิเตอร์ในถังหมักเมื่อแปรผันปริมาณอากาศที่เข้าสู่ถังหมักเป็น 1.00 vvm ใช้ค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่ 5.0 อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และมีความเร็วในการปั่น 200 รอบต่อนาที

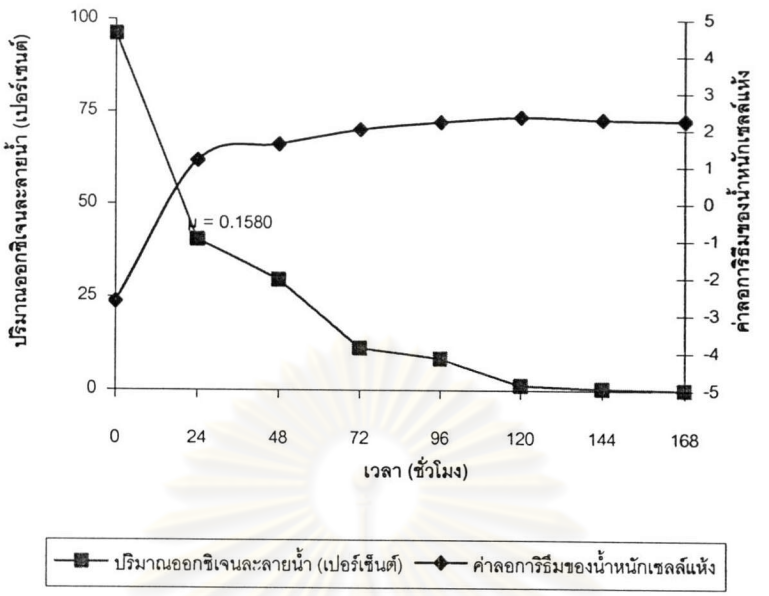
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

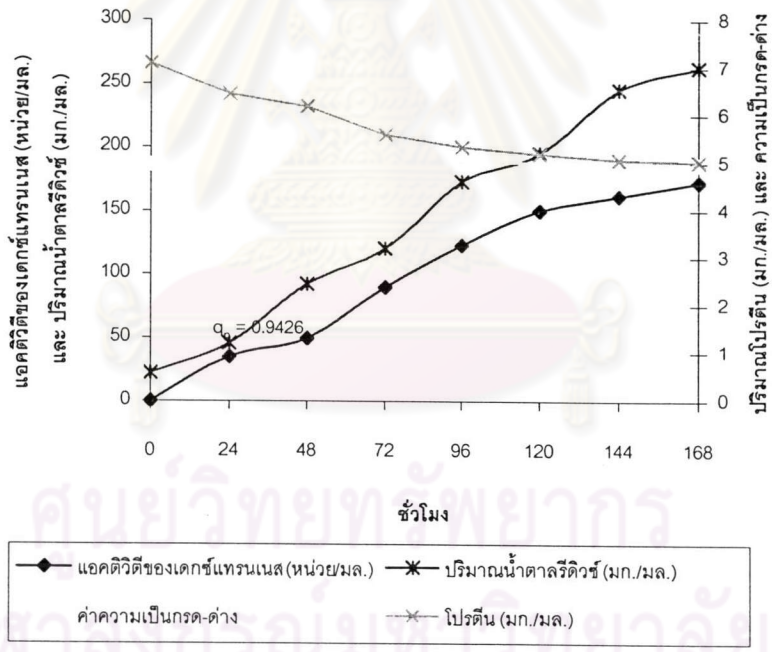
4.2.3.3 เลี้ยงเชื้อ *Penicillium sp.* สายพันธุ์ SMCU3-14 เพื่อผลิตเดกซ์แทรนเนส โดยแปรผันปริมาณอากาศเข้าสู่ถังหมักเท่ากับ 1.50 vvm โดยใช้ค่าความเป็นกรด-ด่างคงที่ที่ 5.0 อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และมีความเร็วในการปั่น 200 รอบต่อนาที ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.27 และรูปที่ 4.14

ตารางที่ 4.27 ผลการทดลองเมื่อแปรผันปริมาณอากาศที่ให้เข้าสู่ถังหมักเป็น 1.50 vvm โดยใช้ค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่ 5.0 อุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก 30 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และมีความเร็วในการปั่น 200 รอบต่อนาที

ชั่วโมง	แอคติวิตี (หน่วย/มล.)	โปรตีน (มก./มล.)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัม/ลิตร)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มก./มล.)
0	0.031	7.09	0.072	4.96	96.1	22
24	34.5	6.44	3.213	5.03	40.3	45
48	49.2	6.18	4.997	5.00	29.5	92
72	89.5	5.59	7.432	5.03	11.2	120
96	122.8	5.33	9.133	4.99	8.4	173
120	149.5	5.18	10.520	5.02	1.3	195
144	161.2	5.07	9.832	4.96	0.5	245
168	172.2	5.03	9.542	4.97	0.2	263

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รูปที่ 4.14 ค่าพารามิเตอร์ในถังหมักเมื่อแปรผันปริมาณอากาศที่เข้าสู่ถังหมักเป็น 1.50 vvm ใช้ค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่ 5.0 อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และมีความเร็วในการปั่น 200 รอบต่อนาที

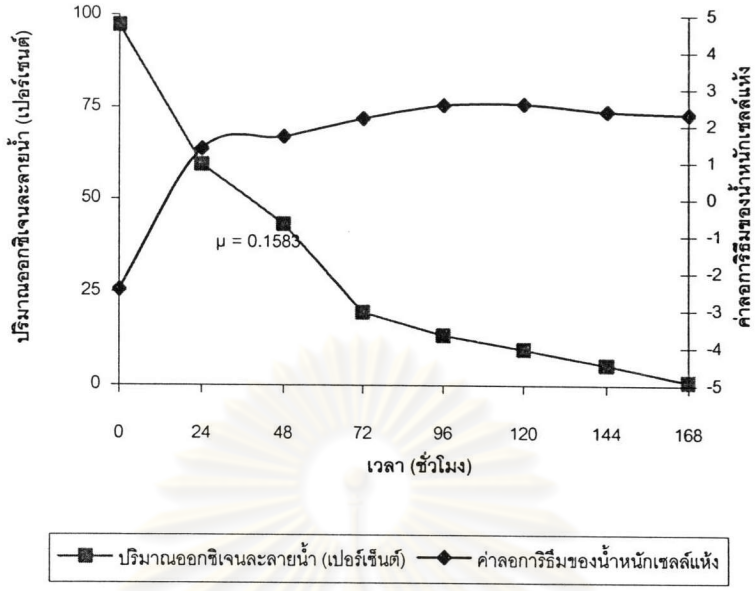
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

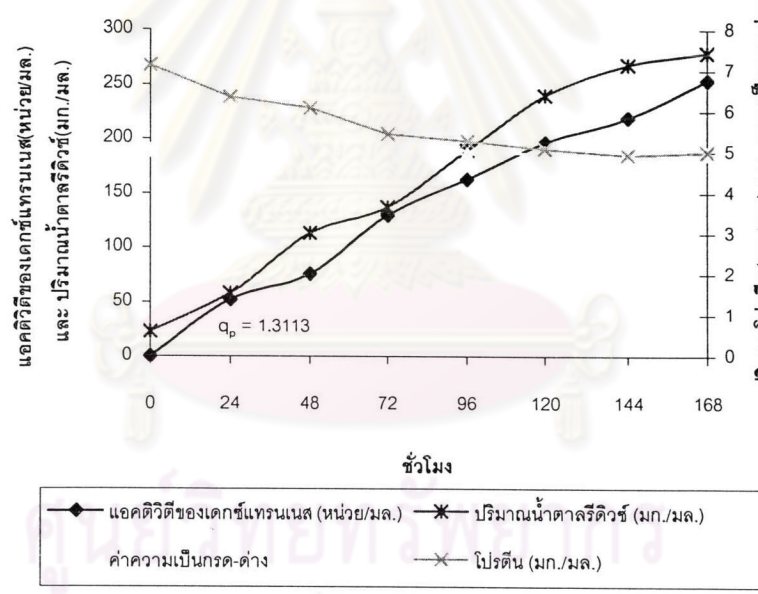
4.2.3.4 เลี้ยงเชื้อ *Penicillium sp.* สายพันธุ์ SMCU3-14 เพื่อผลิตเดกซ์แทรนเนส โดยแปรผันปริมาณอากาศเข้าสู่ถังหมักเท่ากับ 2.00 vvm โดยใช้ค่าความเป็นกรด-ด่างคงที่ที่ 5.0 อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และมีความเร็วในการปั่น 200 รอบต่อนาที ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.28 และรูปที่ 4.15

ตารางที่ 4.28 ผลการทดลองเมื่อแปรผันปริมาณอากาศที่ให้เข้าสู่ถังหมักเป็น 2.00 vvm โดยใช้ค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่ 5.0 อุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก 30 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และมีความเร็วในการปั่น 200 รอบต่อนาที

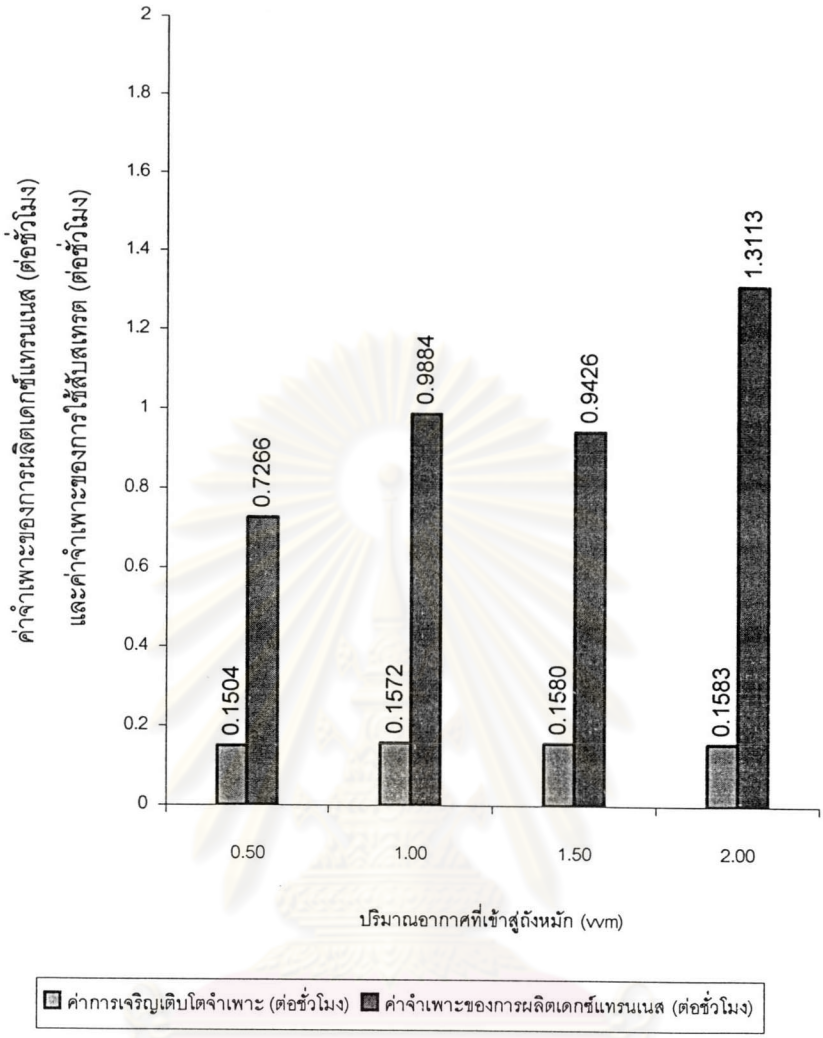
ชั่วโมง	แอคติวิตี (หน่วย/มล.)	โปรตีน (มก./มล.)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัม/ลิตร)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มก./มล.)
0	0.015	7.12	.0878	5.03	97.3	23
24	52.3	6.34	3.923	5.05	59.4	58
48	75.5	6.08	5.495	4.97	43.2	113
72	129.4	5.45	8.999	5.02	19.5	137
96	162.3	5.27	13.010	4.96	13.3	189
120	196.3	5.09	13.490	4.99	9.6	240
144	219.4	4.93	10.980	5.01	5.4	268
168	253.8	5.01	10.120	4.98	0.9	279

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รูปที่ 4.15 ค่าพารามิเตอร์ในถังหมักเมื่อแปรผันปริมาณอากาศที่เข้าสู่ถังหมักเป็น 2.00 vvm ใช้ค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่ 5.0 อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และมีความเร็วในการปั่น 200 รอบต่อนาที



รูปที่ 4.16 ค่าการเจริญเติบโตจำเพาะ (μ) (ต่อชั่วโมง) และ ค่าจำเพาะของการผลิตเดกซ์แทรนเนส (q_p) (ต่อชั่วโมง) เมื่อมีการแปรผันปริมาณอากาศที่เข้าสู่ถังหมักในการเลี้ยงเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 สำหรับผลิตเดกซ์แทรนเนสโดยค่าความเป็นกรด-ด่างคงที่เท่ากับ 5.0 อุณหภูมิภายในถัง 30 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และมีความเร็วในการปั่น 200 รอบต่อนาที

ตารางที่ 4.29 แอคติวิตี (หน่วยต่อมิลลิลิตร) ค่าการเจริญเติบโตจำเพาะ (μ) (ต่อชั่วโมง) และค่าจำเพาะของการผลิตเดกซ์แทรนเนส (q_p) (ต่อชั่วโมง) เมื่อมีการแปรผันปริมาณอากาศที่เข้าสู่ถังหมักในการเลี้ยงเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 สำหรับผลิตเดกซ์แทรนเนส

ปริมาณอากาศที่เข้าสู่ถังหมัก (vvm)	แอคติวิตี (หน่วยต่อมิลลิลิตร)	ค่าการเจริญเติบโตจำเพาะ (ต่อชั่วโมง)	ค่าจำเพาะของการผลิตเดกซ์แทรนเนส (ต่อชั่วโมง)
0.50	117.3	0.1504	0.7266
1.00	153.4	0.1572	0.9884
1.50	172.2	0.1580	0.9426
2.00	253.8	0.1583	1.3113

จากการทดลองศึกษาปริมาณอากาศที่ปล่อยเข้าสู่ถังหมักที่เหมาะสมสำหรับการหมักเชื้อรา *Penicillium sp.* สายพันธุ์ SMCU3-14 เพื่อการผลิตเดกซ์แทรนเนส พบว่าเมื่อปรับให้มีอากาศไหลเข้าสู่ถังหมักมากที่สุดคือ 2.00 vvm ตั้งแต่เริ่มต้นการหมักจนถึงชั่วโมงที่ 168 จะให้แอคติวิตีของเดกซ์แทรนเนสที่สูงสุดเท่ากับ 253.8 หน่วยต่อมิลลิลิตร ซึ่งให้ค่ามากกว่าแอคติวิตีของเดกซ์-แทรนเนสที่ได้จากการแปรผันปริมาณอากาศเข้าสู่ถังหมักที่ 0.25, 0.50 และ 0.75 vvm ซึ่งได้แอคติวิตีเท่ากับ 117.3, 153.4 และ 172.2 หน่วยต่อมิลลิลิตรตามลำดับ โดยมีค่าการเจริญเติบโตจำเพาะของเชื้อ (μ) เป็น 1.583 ต่อชั่วโมงซึ่งมากที่สุด นอกจากนี้ค่าจำเพาะของการผลิตเดกซ์แทรนเนสยังมากที่สุดคือ 1.3113 ต่อชั่วโมงจึงเลือกให้ปริมาณอากาศเข้าสู่ถังหมักเท่ากับ 2.00 vvm ในการทดลองต่อไป

พบว่าปัญหาการวัดน้ำหนักเซลล์แห้งของรายังคลาดเคลื่อนอย่างต่อเนื่องเมื่อการหมักดำเนินไปนานขึ้นตั้งแต่ประมาณชั่วโมงที่ 72 ทั้งนี้เพราะการเจริญของสายใยรอบถังหมัก (wall growth) และเกาะตามอุปกรณ์ต่างๆในถัง

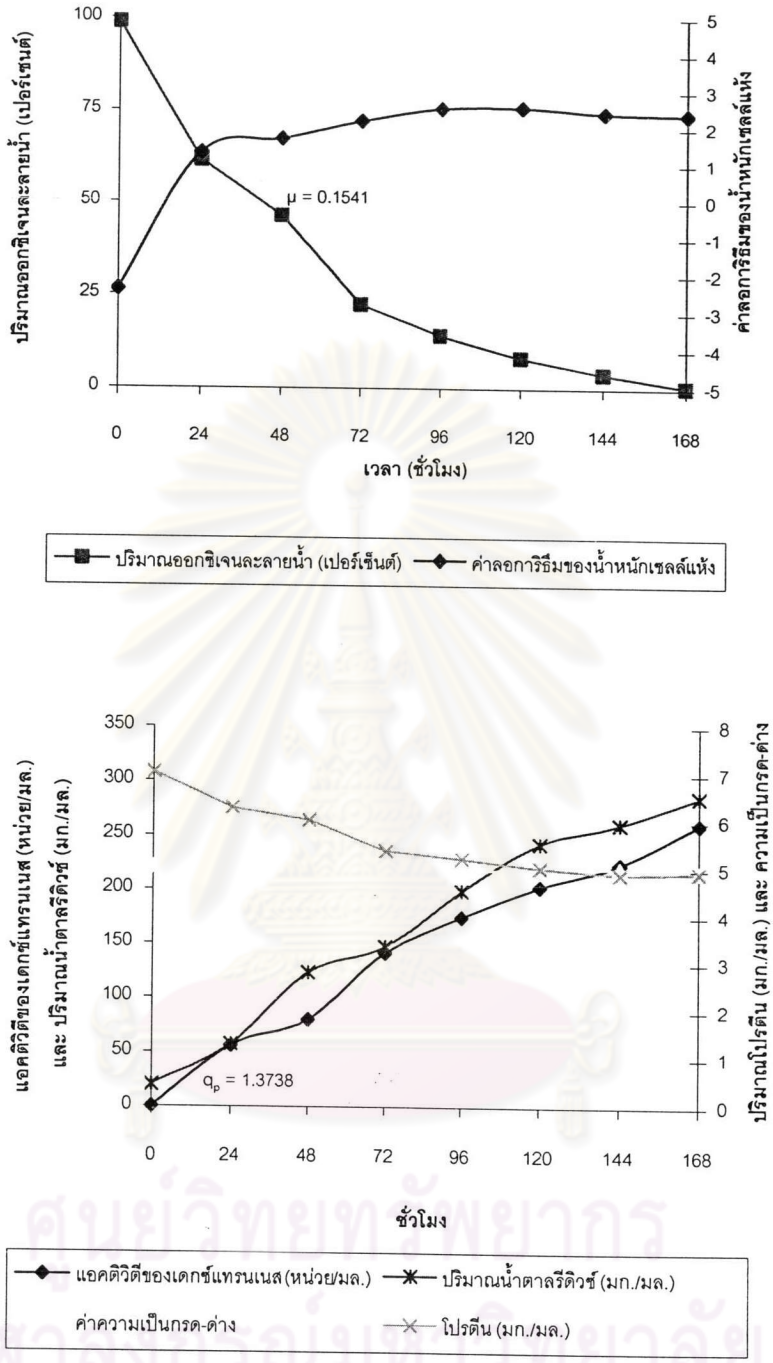
4.2.4 การศึกษาอัตราความเร็วรอบของใบพัดกวนที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเดกซ์แทรนเนสในถังหมักขนาด 1 ลิตร โดยมีปริมาตรการหมัก 0.5

จากการทดลองที่ผ่านมาสามารถหาค่าความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิตลอดการทดลอง และปริมาณอากาศที่เข้าสู่ถังหมักที่เหมาะสมในการหมักเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 ในถังหมักเพื่อผลิตเดกซ์แทรนเนสได้คือค่าความเป็นกรด-ด่างคงที่ที่ 5.0 อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และ 2.00 vvm ตามลำดับ การทดลองนี้จึงศึกษาต่อไปถึงอัตราความเร็วรอบของใบพัดกวนที่เหมาะสมที่จะปล่อยเข้าสู่ถังหมัก เพื่อการผลิตเดกซ์แทรนเนสโดยให้ค่าแอคติวิตีสูงสุด โดยทำการแปรผันอัตราความเร็วรอบของใบพัดกวนที่ปล่อยเข้าสู่ถังหมักในการทดลองเท่ากับ 200, 300, 400 และ 500 รอบต่อนาทีตามลำดับ

4.2.4.1 เลี้ยงเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 เพื่อผลิตเดกซ์แทรนเนส โดยแปรผันอัตราความเร็วรอบของใบพัดกวนเท่ากับ 200 รอบต่อนาที โดยใช้ค่าความเป็นกรด-ด่างคงที่ที่ 5.0 อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และมีปริมาณอากาศเข้าสู่ถังหมัก 2.00 vvm ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.30 และรูปที่ 4.17

ตารางที่ 4.30 ผลการทดลองเมื่อแปรผันอัตราความเร็วรอบของใบพัดกวนเท่ากับ 200 รอบต่อนาที โดยใช้ค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่ 5.0 อุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก 30 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และปริมาณอากาศที่ให้เข้าสู่ถังหมักเป็น 2.00 vvm

ชั่วโมง	แอคติวิตี (หน่วย/มล.)	โปรตีน (มก./มล.)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัม/ลิตร)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มก./มล.)
0	0.023	7.04	.0941	5.04	98.8	20
24	55.7	6.29	3.853	5.01	61.3	57
48	79.5	6.03	5.556	4.98	46.2	123
72	141.3	5.39	9.101	4.97	22.3	147
96	174.5	5.23	12.900	4.99	14.1	199
120	202.9	5.04	13.330	5.00	8.2	243
144	223.8	4.91	11.450	5.04	3.9	261
168	261.0	4.94	10.960	4.96	0.5	286



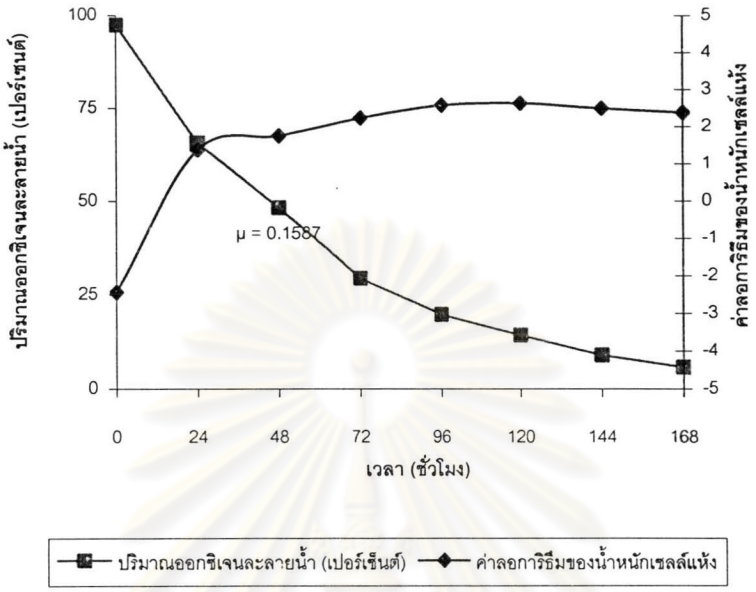
รูปที่ 4.17 ค่าพารามิเตอร์ในถังหมักเมื่อแปรผันอัตราความเร็วรอบของใบพัดกวนเท่ากับ 200 รอบต่อนาที ใช้ค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่ 5.0 อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และมีปริมาณอากาศที่เข้าสู่ถังหมักเป็น 2.00 vvm

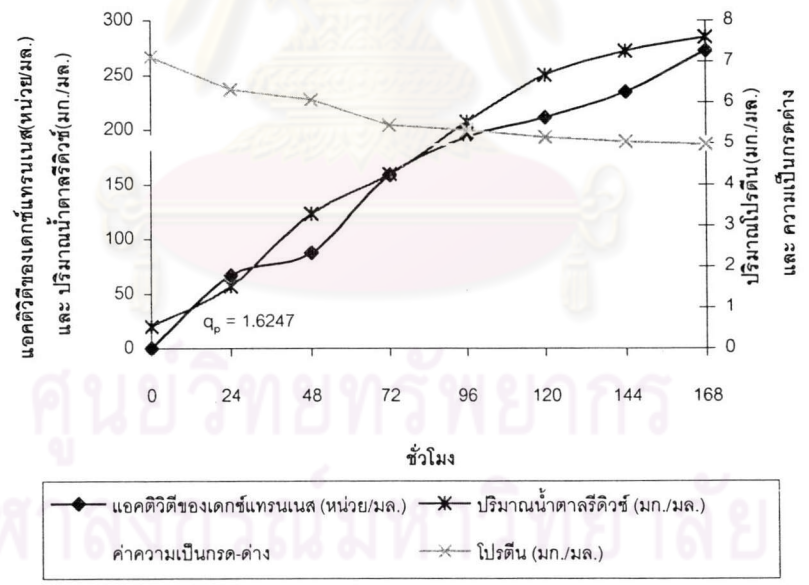
4.2.4.2 เลี้ยงเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 เพื่อผลิตเดกซ์แทรนเนส โดยแปรผันอัตราความเร็วรอบของใบพัดกวนเท่ากับ 300 รอบต่อนาที โดยใช้ค่าความเป็นกรด-ด่างคงที่ที่ 5.0 อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และมีปริมาณอากาศเข้าสู่ถังหมัก 2.00 vvm ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.31 และรูปที่ 4.18

ตารางที่ 4.31 ผลการทดลองเมื่อแปรผันอัตราความเร็วรอบของใบพัดกวนเท่ากับ 300 รอบต่อนาที โดยใช้ค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่ 5.0 อุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก 30 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และปริมาณอากาศที่ให้เข้าสู่ถังหมักเป็น 2.00 vvm

ชั่วโมง	แอคติวิตี (หน่วย/มล.)	โปรตีน (มก./มล.)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัม/ลิตร)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มก./มล.)
0	0.012	7.11	.0877	5.02	97.4	20
24	66.7	6.31	3.952	5.04	65.6	57
48	87.2	6.06	5.765	4.97	48.2	123
72	158.2	5.45	9.306	4.96	29.3	159
96	193.1	5.31	13.110	4.97	19.7	207
120	211.3	5.15	13.950	5.02	14.2	250
144	234.5	5.03	12.110	5.01	8.9	272
168	272.3	4.97	10.870	4.99	5.7	285

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





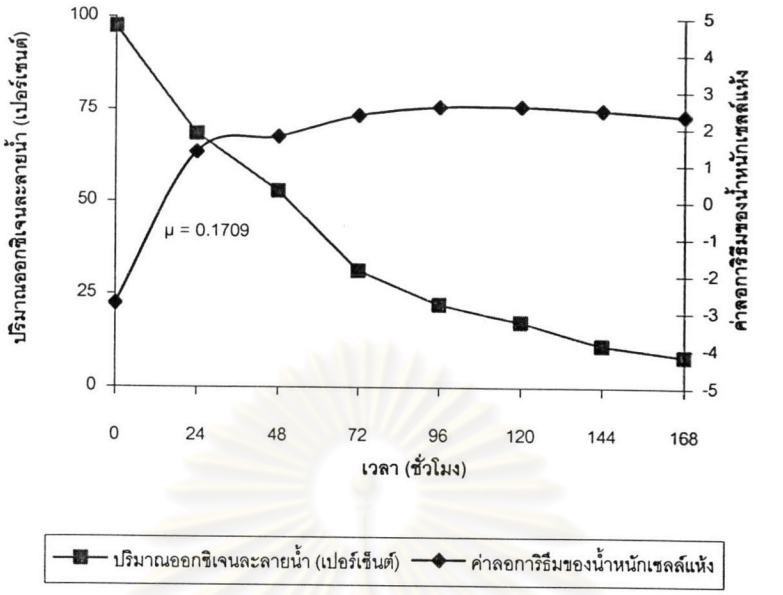
รูปที่ 4.18 ค่าพารามิเตอร์ในถังหมักเมื่อแปรผันอัตราความเร็วรอบของใบพัดกวนเท่ากับ 300 รอบต่อนาที ใช้ค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่ 5.0 อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และมีปริมาณอากาศที่เข้าสู่ถังหมักเป็น 2.00 vvm

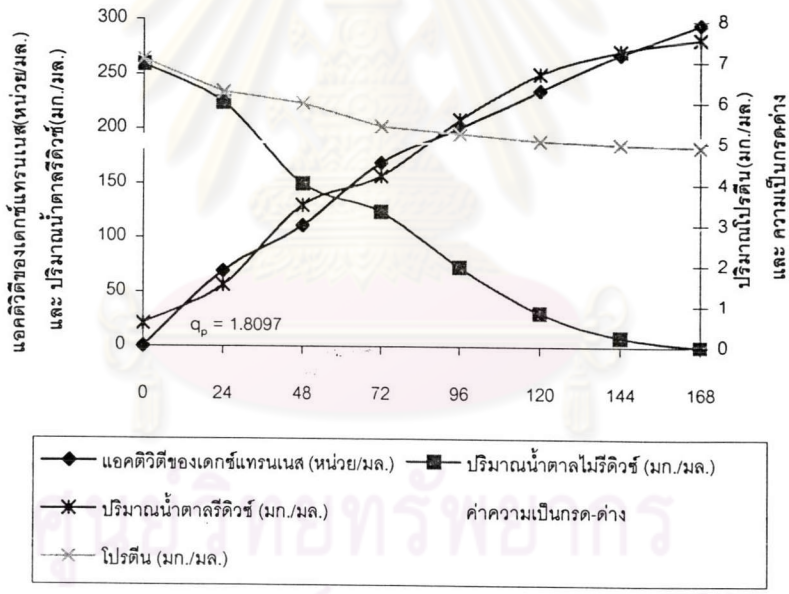
4.2.4.3 เลี้ยงเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 เพื่อผลิตเดกซ์แทรนเนส โดยแปรผันอัตราความเร็วรอบของใบพัดกวนเท่ากับ 400 รอบต่อนาที โดยใช้ค่าความเป็นกรด-ด่างคงที่ที่ 5.0 อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และมีปริมาณอากาศเข้าสู่ถังหมัก 2.00 vvm ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.32 และรูปที่ 4.19

ตารางที่ 4.32 แปรผันอัตราความเร็วรอบของใบพัดกวนเท่ากับ 400 รอบต่อนาที โดยใช้ค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่ 5.0 อุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก 30 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และปริมาณอากาศที่ให้เข้าสู่ถังหมักเป็น 2.00 vvm

ชั่วโมง	แอคติวิตี (หน่วย/มล.)	โปรตีน (มก./มล.)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัม/ลิตร)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มก./มล.)
0	0.021	7.03	.0633	5.01	97.4	21
24	69.1	6.24	3.824	5.00	68.4	56
48	111.2	5.96	5.821	4.99	52.8	130
72	168.9	5.39	10.43	4.98	31.3	157
96	201.2	5.23	13.130	5.00	22.1	209
120	235.6	5.06	13.350	5.01	17.4	251
144	268.9	4.96	11.990	5.02	11.2	272
168	296.6	4.92	10.440	4.99	8.4	283

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





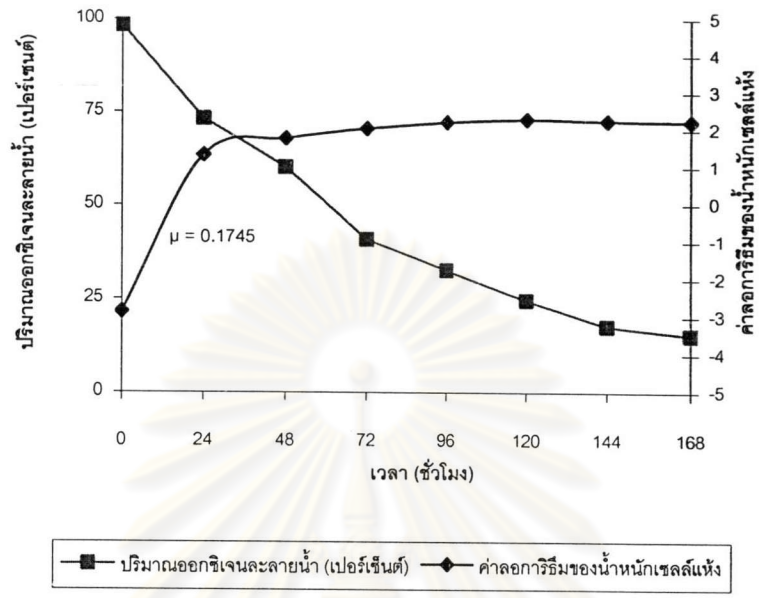
รูปที่ 4.19 ค่าพารามิเตอร์ในถังหมักเมื่อแปรผันอัตราความเร็วรอบของใบพัดกวนเท่ากับ 400 รอบต่อนาที ใช้ค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่ 5.0 อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และมีปริมาณอากาศที่เข้าสู่ถังหมักเป็น 2.00 vvm

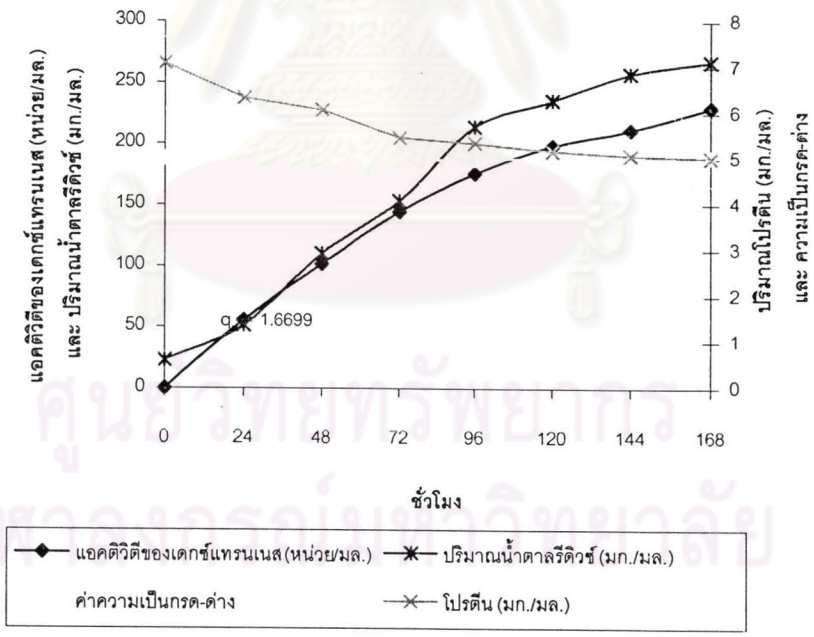
4.2.4.4 เลี้ยงเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 เพื่อผลิตเดกซ์แทรนเนส โดยแปรผันอัตราความเร็วรอบของใบพัดกวนเท่ากับ 500 รอบต่อนาที โดยใช้ค่าความเป็นกรด-ด่างคงที่ที่ 5.0 อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และมีปริมาณอากาศเข้าสู่ถังหมัก 2.00 vvm ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.33 และรูปที่ 4.20

ตารางที่ 4.33 ผลการทดลองเมื่อแปรผันอัตราความเร็วรอบของใบพัดกวนเท่ากับ 500 รอบต่อนาที โดยใช้ค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่ 5.0 อุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก 30 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และปริมาณอากาศที่ให้เข้าสู่ถังหมักเป็น 2.00 vvm

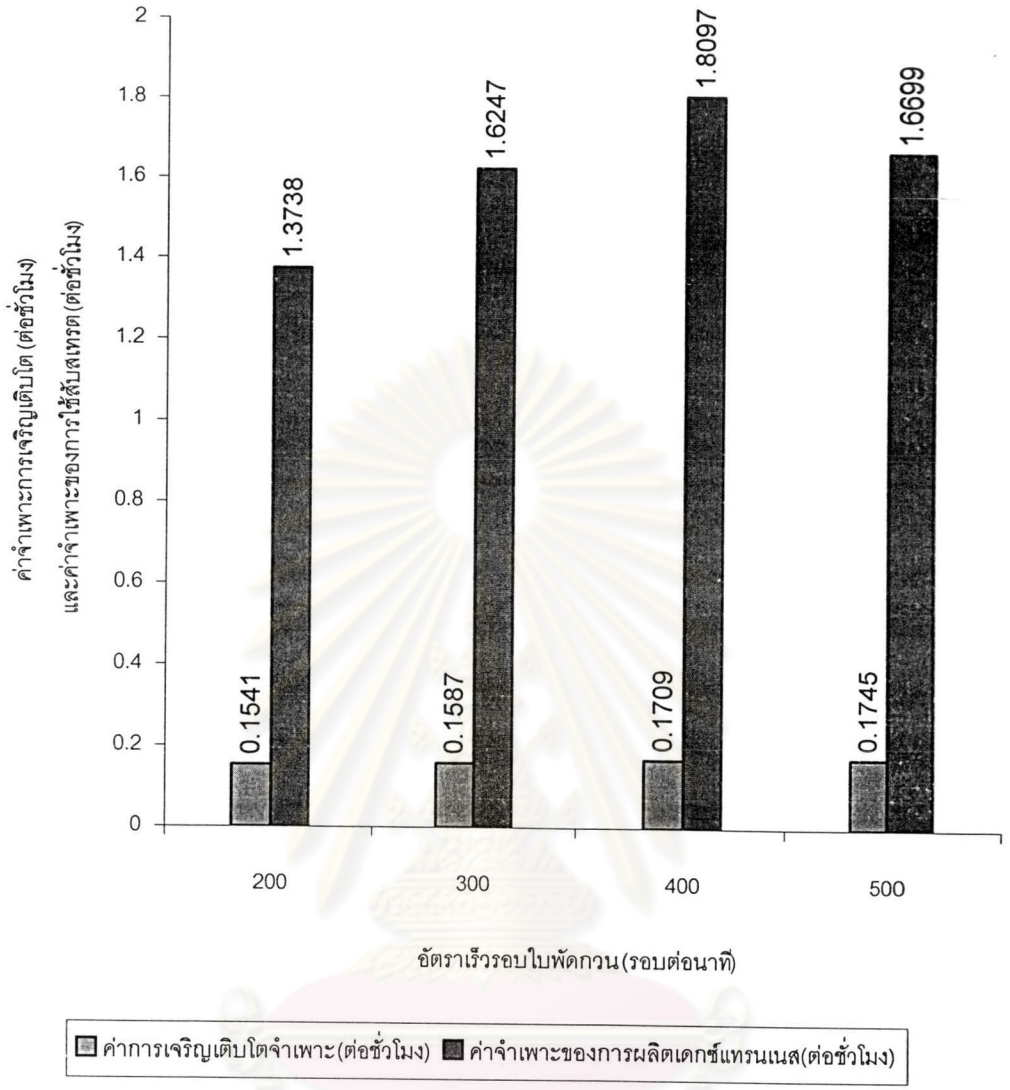
ชั่วโมง	แอคติวิตี (หน่วย/มล.)	โปรตีน (มก./มล.)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัม/ลิตร)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มก./มล.)
0	0.009	7.08	.0581	5.02	98.3	23
24	55.6	6.33	3.832	5.02	73.2	51
48	101.2	6.06	5.959	5.00	67.7	110
72	144.1	5.47	7.784	4.98	40.8	153
96	175.4	5.34	9.258	4.99	32.6	214
120	198.3	5.17	9.944	5.03	24.5	235
144	211.3	5.07	9.562	5.01	17.6	257
168	229.6	5.02	9.284	5.03	15.2	267

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รูปที่ 4.20 ค่าพารามิเตอร์ในถังหมักเมื่อแปรผันอัตราความเร็วรอบของใบพัดกวนเท่ากับ 500 รอบต่อนาที ใช้ค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่ 5.0 อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และมีปริมาณอากาศที่เข้าสู่ถังหมักเป็น 2.00 vvm



รูปที่ 4.21 ค่าการเจริญเติบโตจำเพาะ (μ) (ต่อชั่วโมง) และ ค่าจำเพาะของการผลิตเดกซ์แทรนเนส (q_p) (ต่อชั่วโมง) เมื่อมีการแปรผันอัตราเร็วรอบของใบพัดกวนในการเลี้ยงเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 สำหรับผลิตเดกซ์แทรนเนสโดยค่าความเป็นกรด-ด่างคงที่เท่ากับ 5.0 อุณหภูมิภายในถัง 30 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และมีอากาศเข้าสู่ถังหมัก 2.00 vvm

ตารางที่ 4.34 แอคติวิตี (หน่วยต่อมิลลิลิตร) ค่าการเจริญเติบโตจำเพาะ (μ) (ต่อชั่วโมง) และค่าจำเพาะของการผลิตเดกซ์แทรนเนส (q_p) (ต่อชั่วโมง) เมื่อมีการแปรผันอัตราเร็วรอบของใบพัดกวนในการเลี้ยงเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 สำหรับผลิตเดกซ์แทรนเนส

อัตราเร็วรอบของใบพัดกวน (รอบต่อนาที)	แอคติวิตี (หน่วยต่อมิลลิลิตร)	ค่าการเจริญเติบโตจำเพาะ (ต่อชั่วโมง)	ค่าจำเพาะของการผลิตเดกซ์แทรนเนส (ต่อชั่วโมง)
200	261.0	0.1541	1.3738
300	272.3	0.1587	1.6247
400	296.6	0.1709	1.8097
500	229.6	0.1745	1.6699

จากการทดลองศึกษาอัตราการเร็วรอบของใบพัดกวนที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการหมักเชื้อรา *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 สำหรับการผลิตเดกซ์แทรนเนส พบว่าเมื่อปรับอัตราการกวนของใบพัดให้คงที่ที่ 400 รอบต่อนาที ตั้งแต่เริ่มต้นการหมักจนถึงชั่วโมงที่ 168 จะให้แอคติวิตีของเดกซ์แทรนเนสสูงสุดเท่ากับ 296.6 หน่วยต่อมิลลิลิตร ซึ่งให้ค่ามากกว่าแอคติวิตีของเดกซ์-แทรนเนสที่ได้จากการแปรผันอัตราการกวนของใบพัดที่ 200, 300 และ 500 รอบต่อนาที ซึ่งได้ค่าแอคติวิตีเท่ากับ 261.0, 272.3 และ 229.6 หน่วยต่อมิลลิลิตรตามลำดับ โดยมีค่าการเจริญเติบโตจำเพาะของเชื้อเป็น 1.709 ต่อชั่วโมง โดยที่อัตราเร็วรอบใบพัดกวนที่ 500 รอบต่อนาที แม้มีค่าการเจริญเติบโตจำเพาะมากกว่าในช่วง 24 ชั่วโมงแรกของการทดลอง แต่ที่ชั่วโมงที่ 168 นั้นให้แอคติวิตีลดลง ฉะนั้นค่าอัตราการกวนของใบพัดที่เหมาะสมอยู่ที่ 400 รอบต่อนาที

จากการนำเชื้อ *Penicillium* sp. สายพันธุ์ SMCU3-14 มาเลี้ยงในอาหารสูตรปรับปรุงและใช้ในการผลิตเดกซ์แทรนเนสระดับขยายขนาดในถังหมัก พบว่าภาวะทางกายภาพที่เหมาะสมเบื้องต้นคือความเป็นกรด-ด่างคงที่ตลอดการหมักที่ 5.0 มีการปรับอุณหภูมิตลอดการทดลองให้คงที่เท่ากับ 30 องศาเซลเซียส โดยให้มีการป้อนอากาศเข้าสู่ถังหมักที่ 2 vvm พร้อมกับการปั่นกวนโดยใบพัดด้วยอัตราการกวน 400 รอบต่อนาที ทำให้ได้แอคติวิตีของเดกซ์แทรนเนสเท่ากับ 296.6 หน่วยต่อ มล. ซึ่งเชื้อราจะมีค่าการเจริญเติบโตจำเพาะในช่วงการเจริญเติบโตแบบทวีคูณเท่ากับ 1.709 ต่อชั่วโมง โดยแอคติวิตีของเดกซ์แทรนเนสที่ได้จากการผลิตในถังหมักนี้มีปริมาณเพียงร้อยละ 46.56 เมื่อเปรียบเทียบกับการผลิตในระดับขวดเขย่า