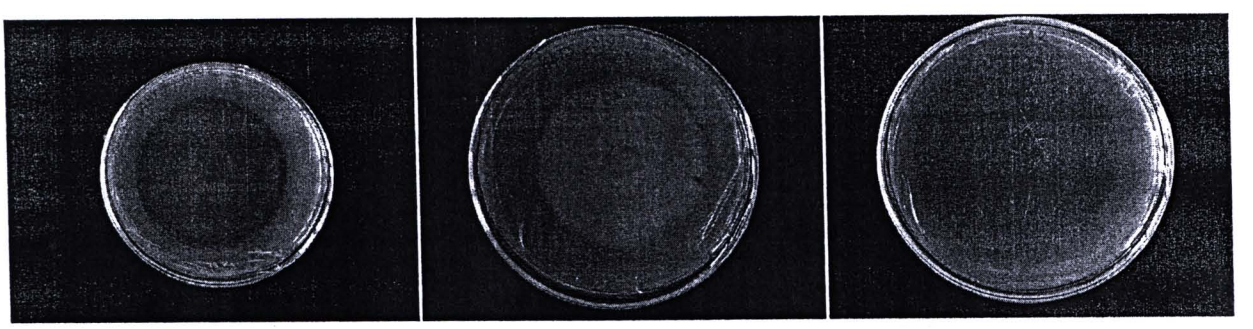
บทที่ 4



SU-1 SU-2 SU-3

การศึกษาการลดสีน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มด้วยวิธีทางชีวภาพ

(Study of biological decolorization of palm oil mill effluent)

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ศึกษาองค์ประกอบน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

จากการวิเคราะห์น้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบจะเห็นว่าสีน้ำตาลเข้มที่สังเกตเห็นเกิดจากองค์ประกอบของสารฟีนอลิก โดยจากการทดสอบเบื้องต้นด้วยวิธี $FeCl_3$ ได้ผลเป็นบวก และเมื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณสารฟีนอลพบว่ามีค่า 12 มก./ล. ผลวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ของน้ำเสีย แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 คุณลักษณะน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

พารามิเตอร์	ค่าที่วิเคราะห์ได้*
pH	7.4
Appear color	Dark-brown
Color (OD_{475})	1,400
Total phenol (มก./ล.)	12
COD (มก./ล.)	8,100
TVFA (มก./ล.)	420
ของแข็งทั้งหมด (มก./ล.)	6,780
ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	4,390
Kjeldahl nitrogen (มก./ล.)	2,200
P (มก./ล.)	90
Cu (มก./ล.)	0.2
Fe (มก./ล.)	12
Mn (มก./ล.)	1.2

*ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่างจำนวน 3 ซ้ำ

2.คัดเลือกจุลินทรีย์ที่สามารถลดสีน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

เมื่อใช้น้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มที่ระดับความเจือจาง 1:1 1:2 และ 1:3 วางเลี้ยงเส้นใยเชื้อราบนอาหารแข็งและบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน พบว่า ที่ระดับความเจือจาง 1:1 เชื้อราทุกสายพันธุ์สามารถเจริญได้โดยมีขนาดโคโลนีอยู่ในช่วง 2.3-4.2 เซนติเมตร ส่วนที่ระดับความเจือจาง 1:2 เชื้อราทุกสายพันธุ์สามารถเจริญได้โดยมีขนาดโคโลนีอยู่ในช่วง 2.9-5.3 เซนติเมตร และที่ระดับความเจือจาง 1:3 เชื้อราทุกสายพันธุ์สามารถเจริญได้โดยมีขนาดโคโลนีอยู่ในช่วง 3.4-6.3 เซนติเมตร (ตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.1-4.4)

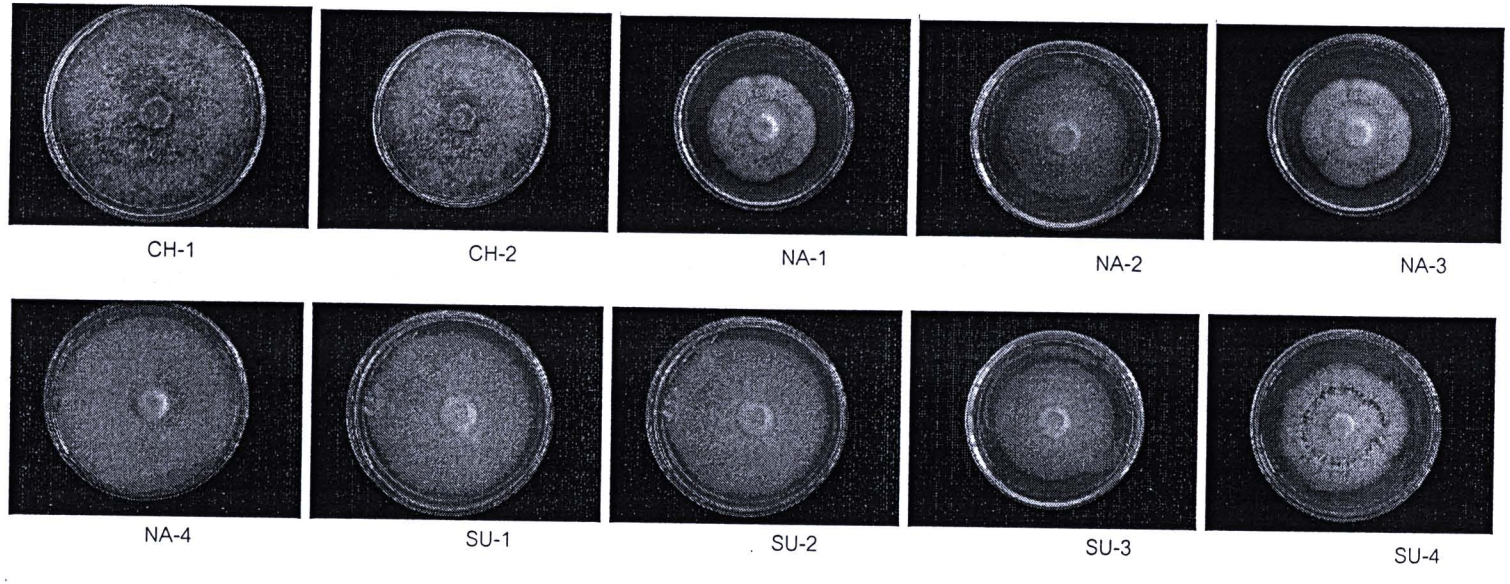
ตารางที่ 4.2 ผลการคัดเลือกเชื้อราที่มีความสามารถในการเจริญและกำจัดสีน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มบนอาหารแข็งที่ความเข้มข้นน้ำเสียระดับต่างๆ โดยบ่มที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน

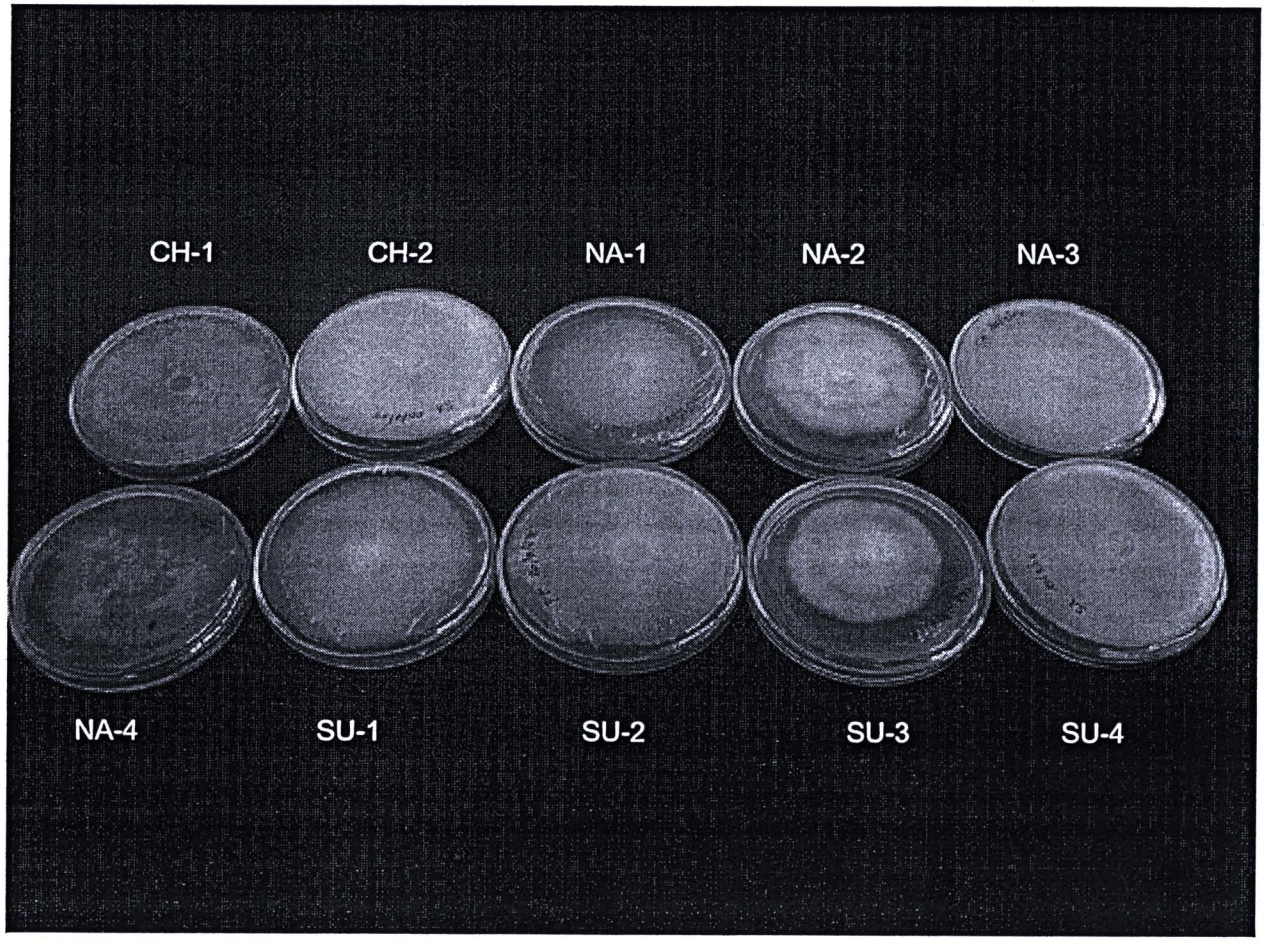
Dilution rate / เชื้อรา	1:0			1:1			1:2			1:3		
	ขนาดโคโลนี	Mycelia density	กำจัดสี	ขนาดโคโลนี	Mycelia density	กำจัดสี	ขนาดโคโลนี	Mycelia density	กำจัดสี	ขนาดโคโลนี	Mycelia density	กำจัดสี
CH-1	3.2	4	-	4.1	3	-	5.1	2	-	6.0	1	-
CH-2	3.0	4	-	3.9	3	-	4.2	2	-	5.5	1	+
NA-1	2.5	4	-	3.0	3	-	3.7	2	-	4.3	1	-
NA-2	2.0	4	-	2.3	3	-	2.9	2	-	3.4	1	-
NA -3	2.9	4	-	3.2	3	-	3.9	2	+	4.7	1	+
NA -4	3.2	4	-	4.2	3	+	5.3	2	+	6.3	1	+
SU-1	3.5	4	-	3.7	3	-	4.3	2	-	5.0	1	-
SU -2	3.0	4	-	3.5	3	-	4.2	2	-	5.0	1	+
SU -3	2.7	4	-	3.2	3	-	4.3	2	-	5.3	1	-
SU -4	2.0	4	-	2.4	3	-	3.0	2	-	3.7	1	-

* ค่าที่แสดง : (+)-ผลเป็นบวก (-)-ผลเป็นลบ (1-4)- ระดับความหนาแน่นของไมซีเลีย

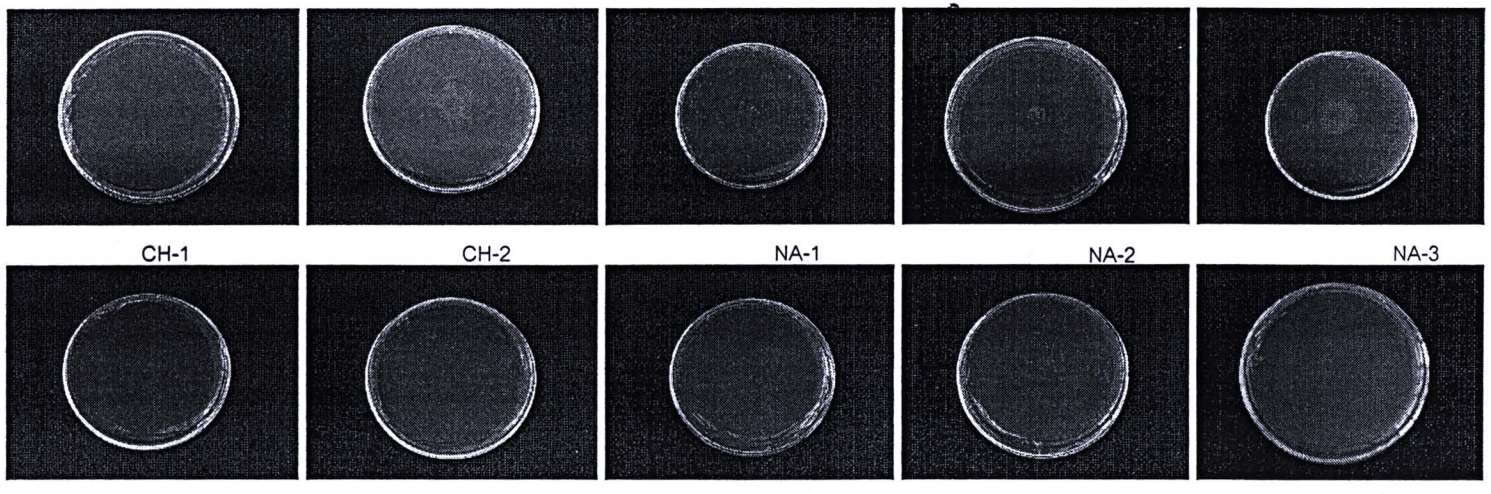
**ทดสอบจากตัวอย่างจำนวน 5 ซ้ำ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ในพระบรมราชูปถัมภ์

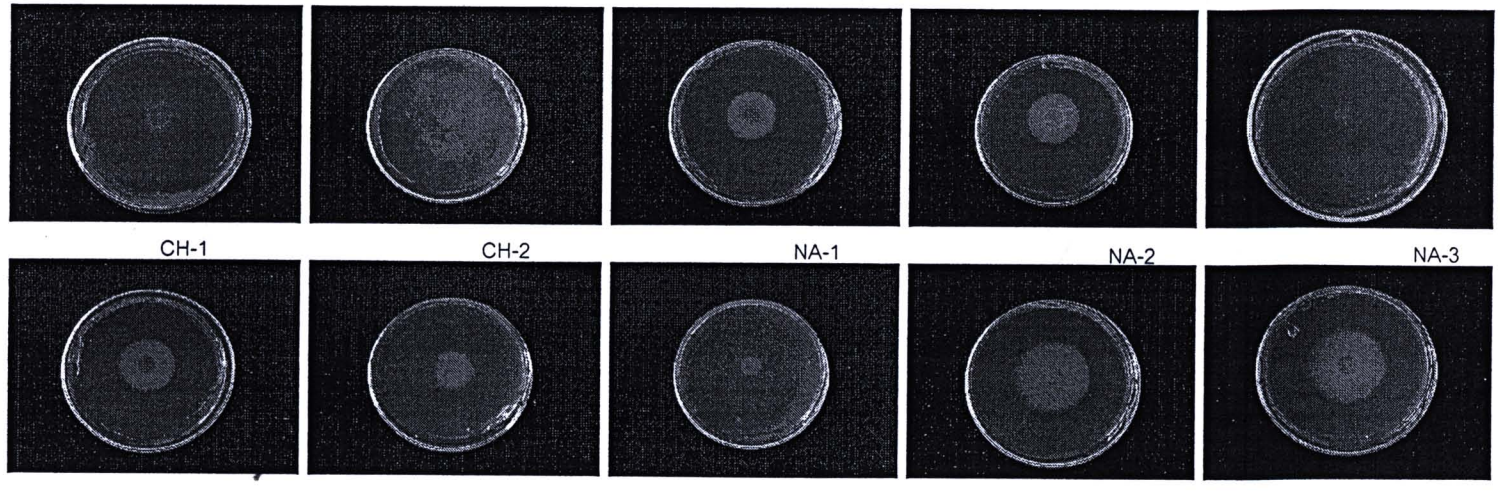

CH-1
CH-2
NA-1
NA-2
NA-3
NA-4
SU-1
SU-2
SU-3
SU-4

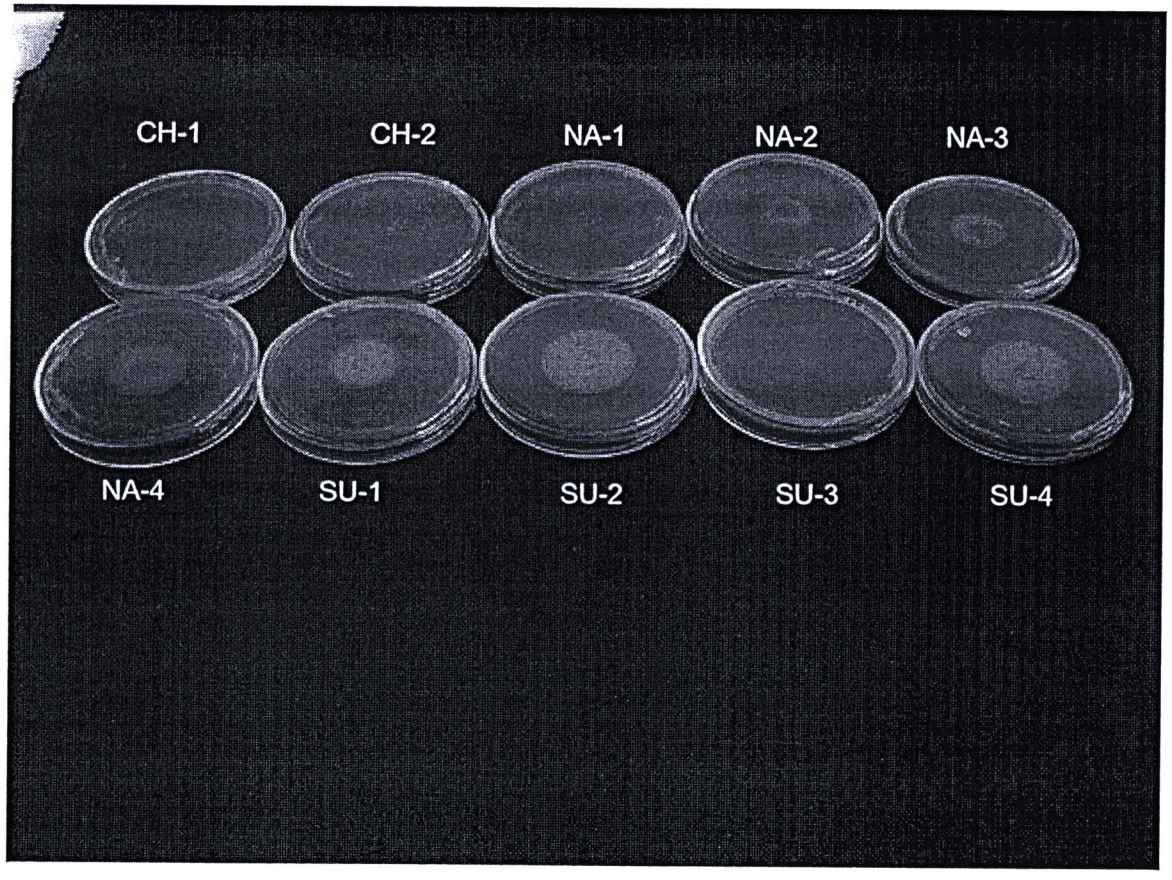


ภาพที่ 4.1 การเจริญของจุลินทรีย์ในอาหาร PDA

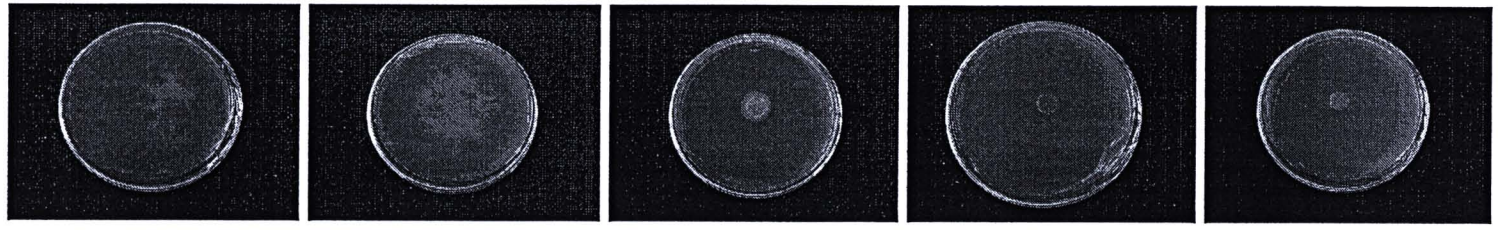

CH-1
CH-2
NA-1
NA-2
NA-3
NA-4
SU-1
SU-2
SU-3
SU-4

ภาพที่ 4.2 การคัดเลือกจุลินทรีย์ที่สามารถลดสีน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม ที่ความเข้มข้น 1:1

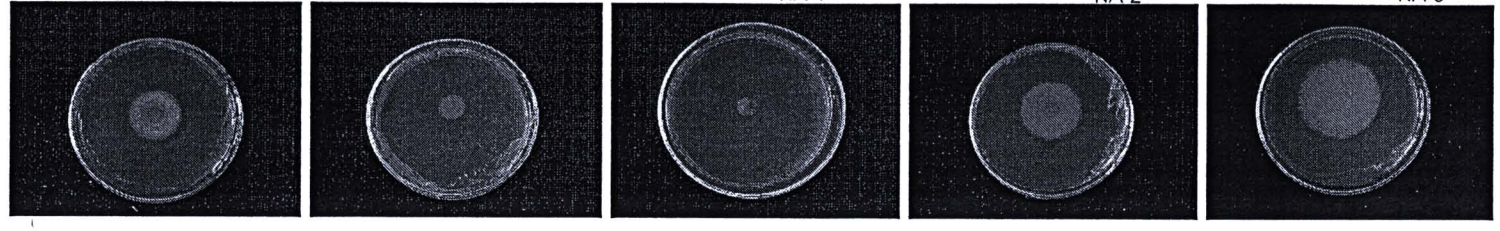

CH-1
CH-2
NA-1
NA-2
NA-3
NA-4
SU-1
SU-2
SU-3
SU-4



ภาพที่ 4.3 การคัดเลือกจุลินทรีย์ที่สามารถลดสีน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม ที่ความเข้มข้น 1:2

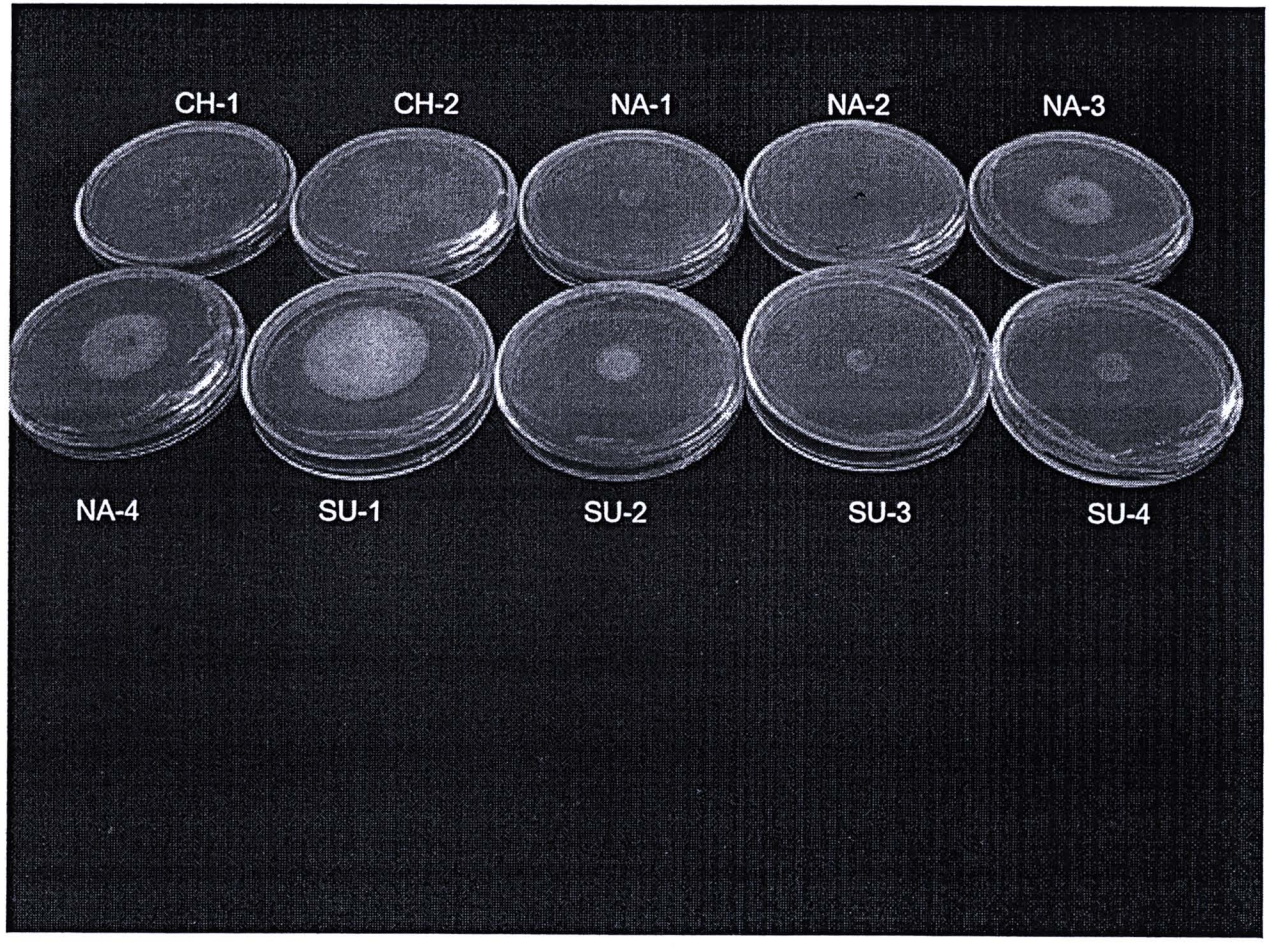


CH-1 CH-2 NA-1 NA-2 NA-3



NA-4 SU-1 SU-2 SU-3 SU-4

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดกลางวิจัย



ภาพที่ 4.4 การคัดเลือกจุลินทรีย์ที่สามารถลดสีน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม ที่ความเข้มข้น 1:3

3. ทดสอบความสามารถในการผลิตเอนไซม์แลคเคส

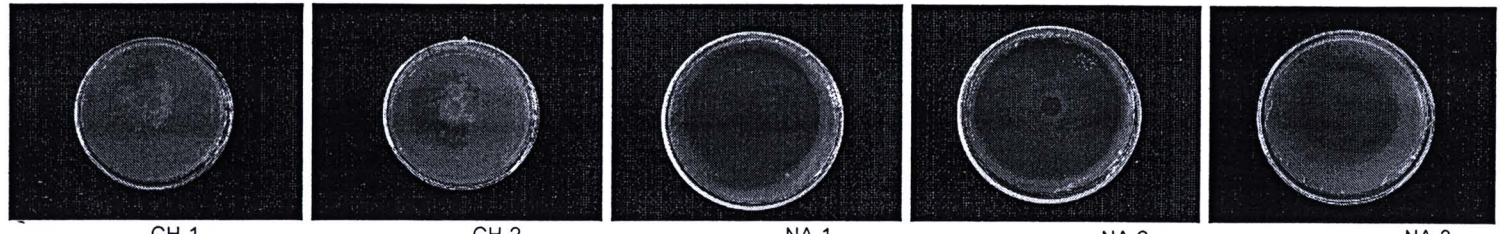
เมื่อใช้อาหาร PDA และเติม ABTS วางเลี้ยงเส้นใยเชื้อราบนอาหารแข็งและบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน พบว่า เชื้อราทุกสายพันธุ์สามารถเจริญได้ และเปลี่ยนอาหารเป็นสีเข้ม (ภาพที่ 4.5) แสดงให้เห็นว่าเชื้อราทุกสายพันธุ์สามารถผลิตเอนไซม์แลคเคสได้ โดยเชื้อราสายพันธุ์ SU-4 มีขนาดโคโลนีใหญ่ที่สุด เท่ากับ 7.6 เซนติเมตร (ตารางที่ 4.3)

ตารางที่ 4.3 ผลการคัดเลือกเชื้อราที่มีความสามารถในการเจริญและสามารถผลิตเอนไซม์แลคเคสโดยบ่มที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน

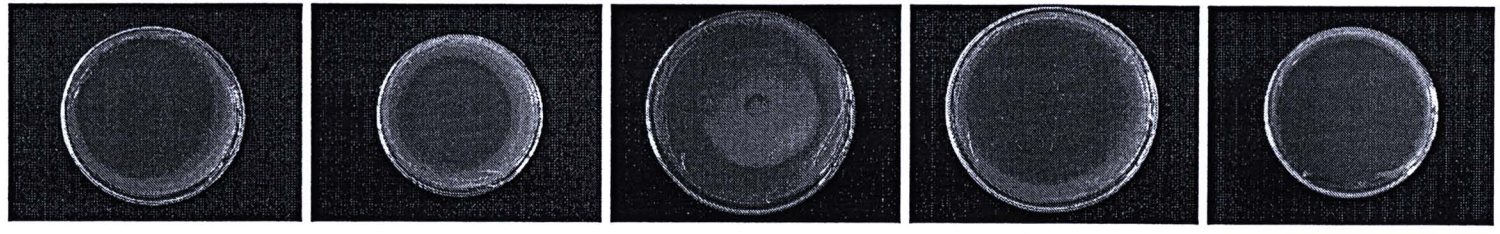
เชื้อรา	ABTS		
	ขนาดโคโลนี	Mycelia density	กำจัดสี
CH-1	3.4	1	+
CH-2	4.0	1	+
NA-1	7.1	4	+
NA-2	7.0	4	+
NA -3	4.8	2	+
NA -4	7.3	4	+
SU-1	6.0	3	+
SU -2	5.5	3	+
SU -3	7.4	4	+
SU -4	7.6	4	+

* ค่าที่แสดง : (+)-ผลเป็นบวก (-)-ผลเป็นลบ (1-4)- ระดับความหนาแน่นของไมซีเลีย

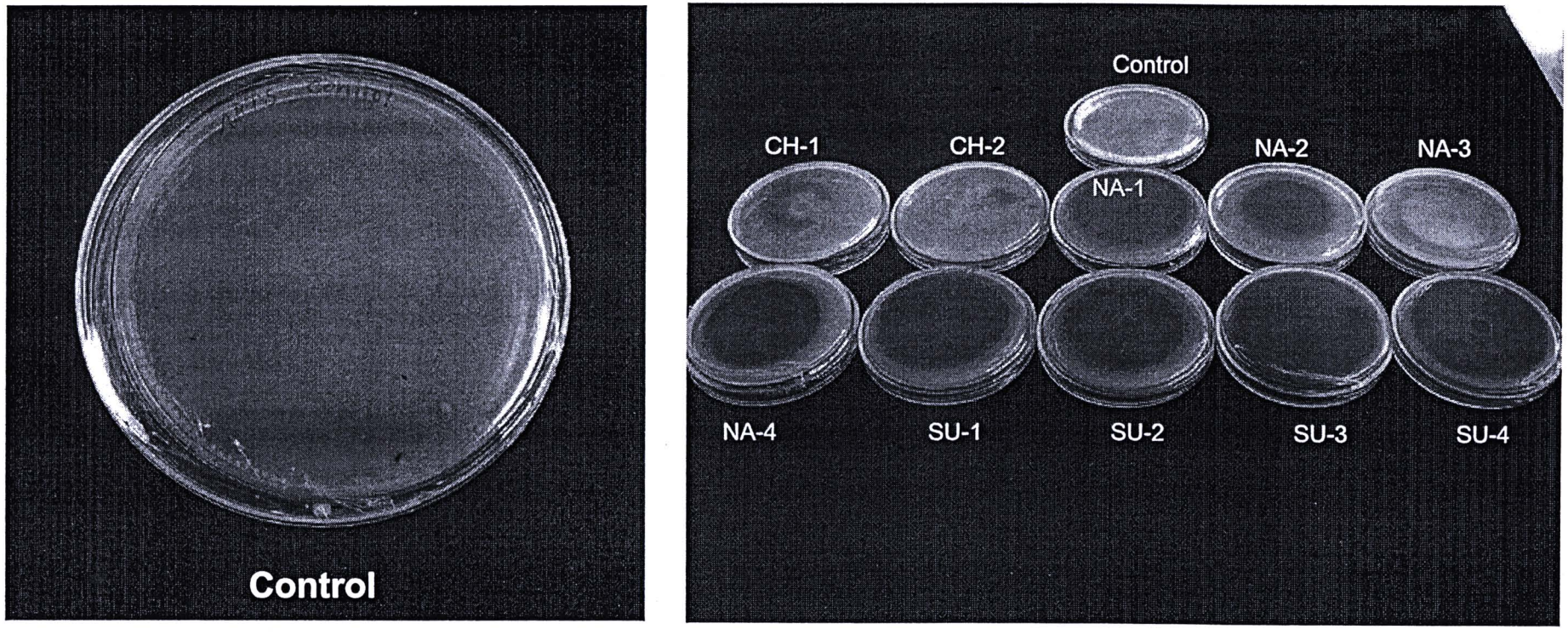
**ทดสอบจากตัวอย่างจำนวน 5 ซ้ำ



CH-1 CH-2 NA-1 NA-2 NA-3



NA-4 SU-1 SU-2 SU-3 SU-4



ภาพที่ 4.5 คัดเลือกจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตเอนไซม์แลคเคสได้

4. ทดสอบสภาวะที่เชื้อราความสามารถเจริญและกำจัดสีสูงสุด

4.1 สภาวะให้อากาศ

จากตาราง 4 จะเห็นว่า ที่ระดับความเจือจาง 1:3 เชื้อราทุกสายพันธุ์สามารถเจริญได้สูงที่สุดโดยเชื้อราสายพันธุ์ SU-4 (1.196 g/l) รองลงมาคือ SU-3, NA-4, NA-1, NA-2, SU-1 และ SU-2 เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อ *P. chrysosporium* ส่วนที่ระดับความเจือจาง 1:1 และ 1:2 มีการเจริญของเชื้อราต่ำทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสารฟีนอลในน้ำเสียมีผลยับยั้งการเจริญของเชื้อรา จากรายงานของ Yesilada และคณะ (1995) พบว่า การกำจัดฟีนอลซึ่งเป็นสัดส่วนกับการเจริญของเชื้อรา แสดงให้เห็นว่าสารประกอบฟีนอลที่เชื้อราสามารถนำไปใช้เป็นแหล่งคาร์บอนปฐมภูมิ (primary carbon source)

นอกจากนี้พบว่า พีเอชของน้ำเสียมีค่าเพิ่มขึ้นอาจเนื่องมาจากเชื้อราสามารถใช้กรดอินทรีย์ เช่น กรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิค และกรดบิวทิริค ซึ่งเป็นองค์ประกอบของน้ำเสียได้

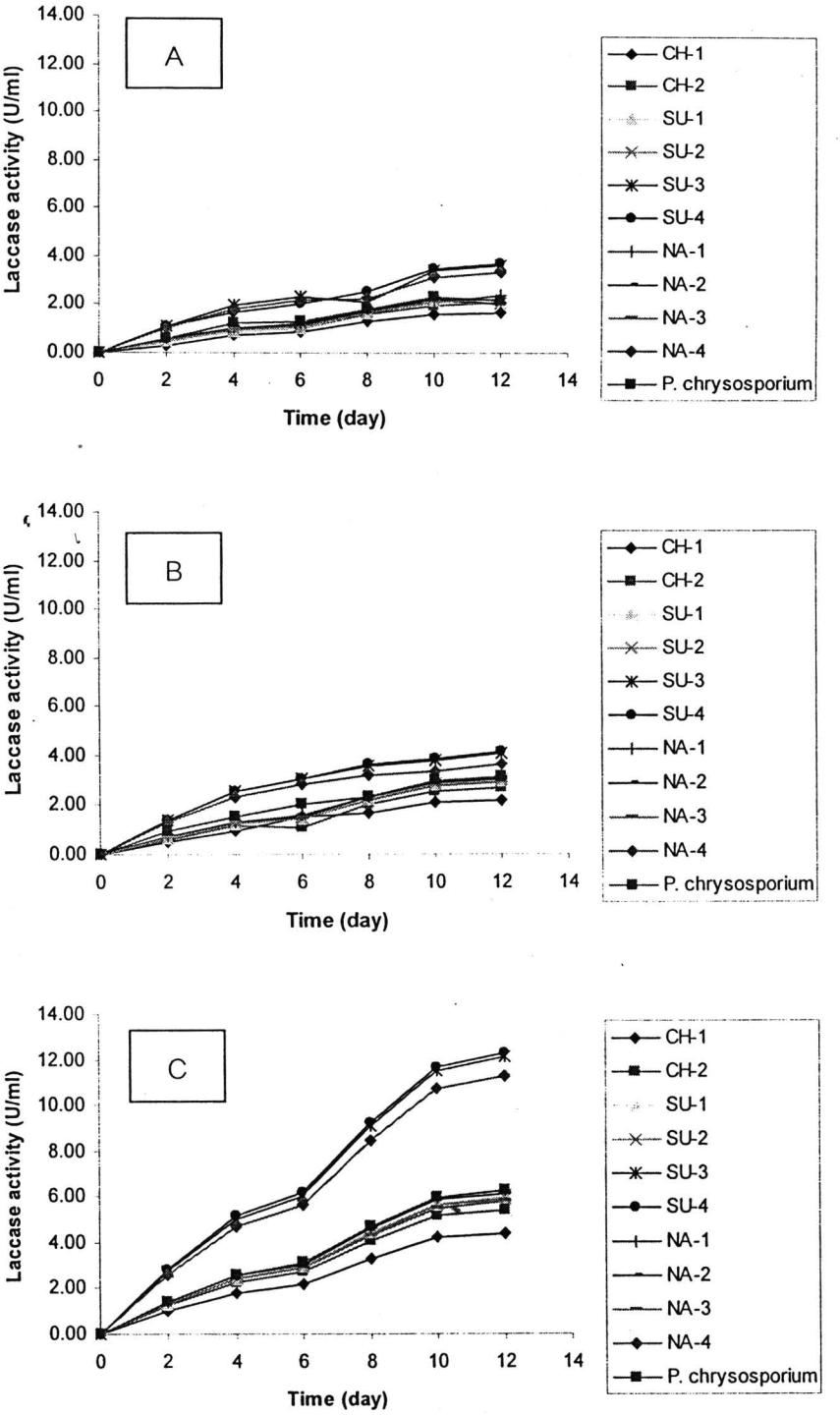
ตาราง 4.4 การเจริญของเชื้อรา และ พีเอช ในการหมักเชื้อราในน้ำทิ้งโรงงานปาล์ม ที่ความเข้มข้นน้ำเสียระดับ 1:1 1:2 และ 1:3 อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ทดสอบที่สภาวะให้อากาศ (200 รอบต่อนาที) เป็นเวลา 12 วัน

เชื้อรา	1:1		1:2		1:3	
	pH	Growth (g/l)	pH	Growth (g/l)	pH	Growth (g/l)
CH-1	4.7	0.178	5.3	0.284	7.2	0.920
CH-2	5.1	0.203	5.6	0.324	6.5	0.968
NA-1	5.0	0.357	5.9	0.572	6.7	1.148
NA-2	5.2	0.353	6.2	0.564	6.8	1.144
NA-3	5.5	0.244	6.1	0.390	7.0	0.978
NA-4	4.9	0.365	5.8	0.584	7.1	1.168
SU-1	4.8	0.345	5.6	0.552	6.3	1.128
SU-2	5.1	0.288	6.0	0.460	7.2	1.104
SU-3	5.1	0.373	6.0	0.596	6.1	1.192
SU-4	5.3	0.374	5.9	0.598	6.0	1.196
P. chrysosporium	4.9	0.311	5.7	0.509	6.5	0.988

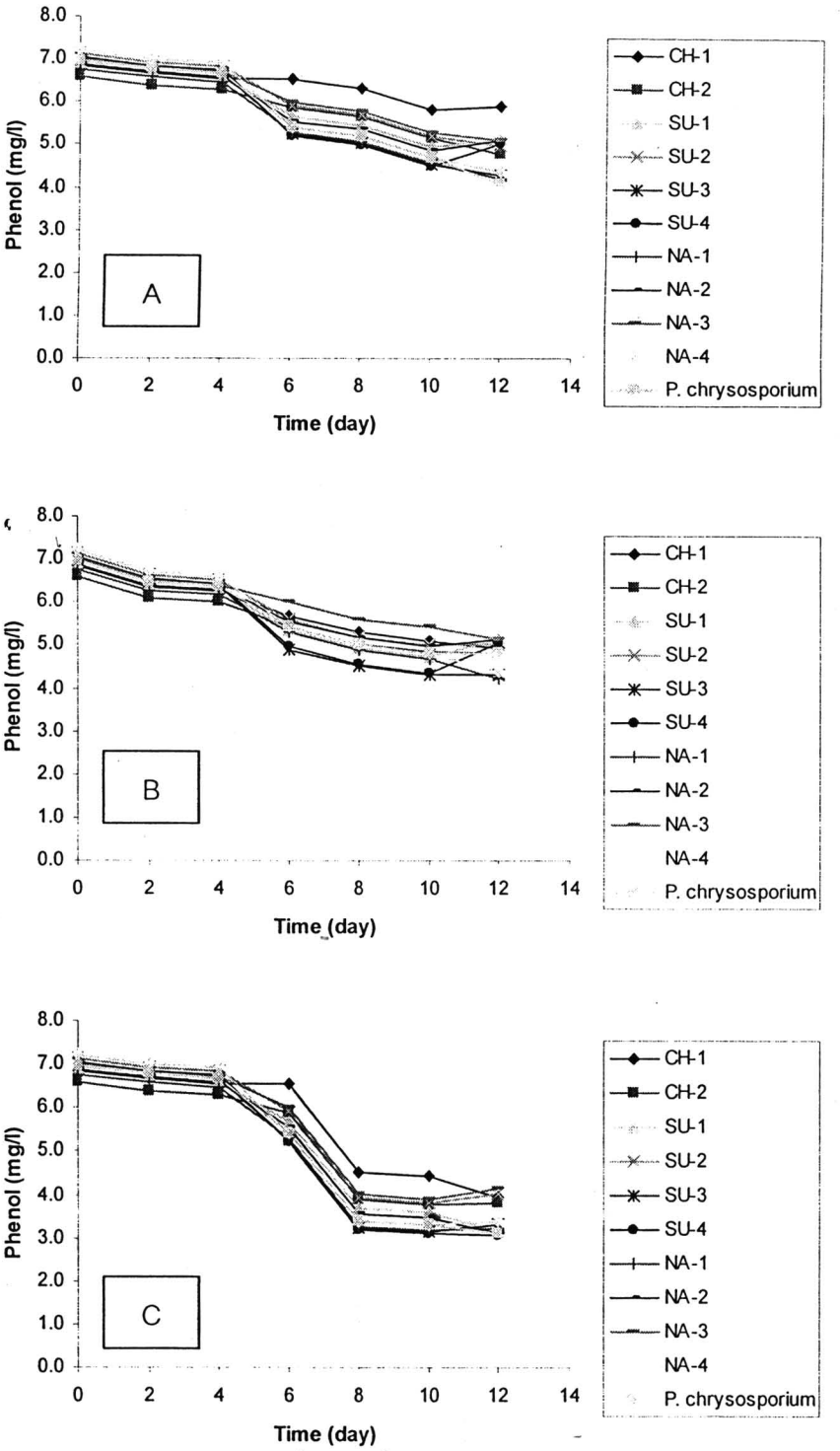
จากการศึกษาของ Shimada และคณะ (1981) กล่าวว่า การกวนอาจส่งผลต่อสัณฐานวิทยาของเชื้อราในกระบวนการเมทาบอลิซึมขั้นทุติยภูมิ (secondary metabolism) แต่จากผลการทดลองจะเห็นว่า กิจกรรมของเอนไซม์แลคเคส (ภาพที่ 4.5) ที่ระดับความเจือจาง 1:3 มีแนวโน้มของกิจกรรมของเอนไซม์แลคเคสที่คล้ายคลึงกันของเชื้อราทุกสายพันธุ์โดยกิจกรรมของเอนไซม์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังจากวันที่ 6 และตรวจวัดกิจกรรมของเอนไซม์แลคเคสได้สูงสุดในวันที่ 12 (ภาพที่ 4.5C) โดยเชื้อราสายพันธุ์ SU-4 สามารถผลิตเอนไซม์แลคเคสได้สูงสุด (12.26 U/ml) รองลงมาคือ SU-3 และ NA-4 เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อ *P. chrysosporium* ส่วนที่ระดับความเจือจาง 1:1 และ 1:2 มีกิจกรรมของเอนไซม์แลคเคสค่อนข้างต่ำ

การเปลี่ยนแปลงค่าสารฟีนอล (ภาพที่ 4.6) พบว่า ที่ระดับความเจือจาง 1:3 ปริมาณสารฟีนอลลดลงอย่างรวดเร็วหลังจากวันที่ 6 โดยเชื้อราสายพันธุ์ SU-4 สามารถลดปริมาณสารฟีนอลได้สูงสุด ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าปริมาณสารฟีนอลที่ลดลงมีความสัมพันธ์กับกิจกรรมของเอนไซม์แลคเคส ทั้งนี้เนื่องมาจากการทำงานของเอนไซม์แลคเคสโดยเริ่มจากกระบวนการ demethoxylation ได้สารประกอบ *o*-quinone จากนั้นเอนไซม์แลคเคสตัดพันธะในสารประกอบ *o*-quinone ได้เป็น *o*-phenol (Trojanowski, 2001) ส่วนที่ระดับความเจือจาง 1:1 และ 1:2 ปริมาณสารฟีนอลลดลงเล็กน้อย

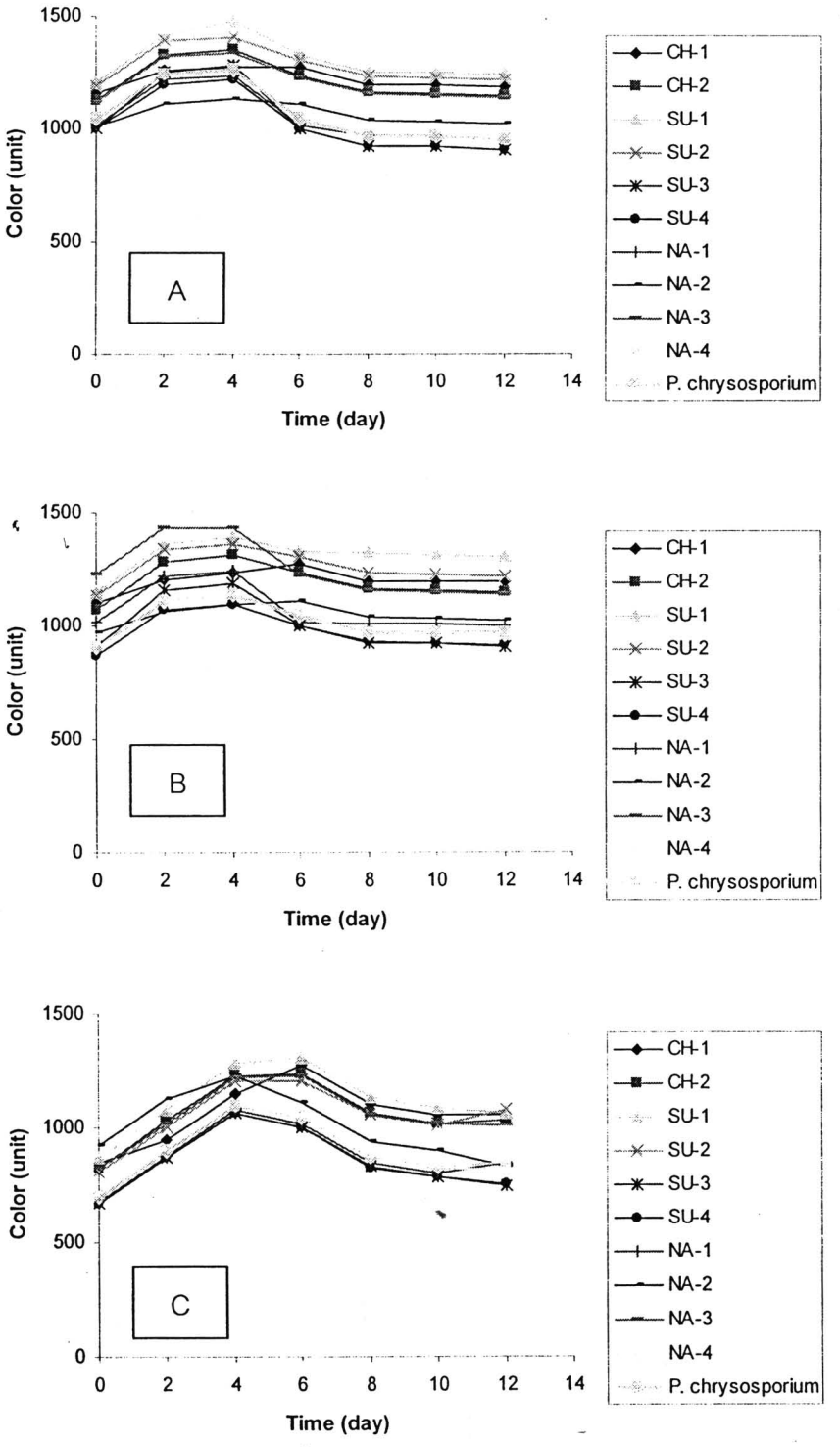
การเปลี่ยนแปลงค่าสี (ภาพที่ 4.7) พบว่า ค่าสีเพิ่มขึ้นในช่วงแรกและลดลงหลังจากวันที่ 6 ซึ่งที่ระดับความเจือจาง 1:3 ค่าสีลดลงอย่างรวดเร็วหลังจากวันที่ 6 โดยเชื้อราสายพันธุ์ SU-4 สามารถลดสีได้สูงสุด และสอดคล้องกับรายงานของ Dias และคณะ (2004) ที่ใช้เชื้อรา Basidiomycete Euc-1 ลดสีในน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำมันมะกอก นอกจากนี้ยังพบว่า การลดสีมีความสัมพันธ์กับการเจริญซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Machado และคณะ (2006) โดยพบว่า การเจริญของเชื้อรา *Trametes villosa* และ *Pycnoporus sanguineus* มีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพการลดสี จากการศึกษาของ Soares และคณะ (2001) พบว่า เอนไซม์แลคเคสมีบทบาทสำคัญในการลดสี Remazol Brilliant Blue R (RBBR) แต่การใช้เอนไซม์แลคเคสเพียงอย่างเดียวไม่สามารถลดสีได้ โดยเอนไซม์แลคเคสต้องการโมเลกุลขนาดเล็ก คือ N-hydroxybenzotriazole (HBT) เพื่อทำหน้าที่เป็น redox mediator หรือเป็นสารตัวกลางในการเกิดปฏิกิริยาการโมเลกุลของสี นอกจากนี้เชื้อราชนิดอื่น เช่น *Phanerochaete flavido-alba* สามารถลดสีน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันมะกอก (Blanquez *et al.*, 2002) *Rhizopus oryzae* สามารถลดสีและค่าซีโอดีได้เท่ากับ 92-95% และ 50% ตามลำดับ ในน้ำเสียที่ผ่านขั้นตอนการฟอกขาว (Nagarathnamma and Bajpai, 1999) *Coriolus (Trametes) versicolor* (Archibald *et al.*, 1990)



ภาพที่ 4.5 กิจกรรมของเอนไซม์แลคเคสที่ความเข้มข้นน้ำเสียระดับ 1:1 (A) 1:2 (B) และ 1:3 (C) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ทดสอบที่สภาวะให้อากาศ (200 รอบต่อนาที) เป็นเวลา 12 วัน



ภาพที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงค่าฟีนอล ที่ความเข้มข้นน้ำเสียระดับ 1:1 (A) 1:2 (B) และ 1:3 (C) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ทดสอบที่สภาวะให้อากาศ (200 รอบต่อนาที) เป็นเวลา 12 วัน



ภาพที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงค่าสี ที่ความเข้มข้นน้ำเสียระดับ 1:1 (A) 1:2 (B) และ 1:3 (C) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ทดสอบที่สภาวะให้อากาศ (200 รอบต่อนาที) เป็นเวลา 12 วัน

4.2 สภาวะไม่ให้อากาศ

จากตารางที่ 4.5 จะเห็นว่า ที่ระดับความเจือจาง 1:3 เชื้อราทุกสายพันธุ์สามารถเจริญได้สูงที่สุดโดยเชื้อราสายพันธุ์ SU-4 (1.380 g/l) รองลงมาคือ SU-3 และ NA-4 เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อ *P. chrysosporium* ส่วนที่ระดับความเจือจาง 1:1 และ 1:2 มีการเจริญของเชื้อราต่ำทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสารฟีนอลในน้ำเสียมีผลยับยั้งการเจริญของเชื้อรา นอกจากนี้พบว่า เชื้อราสามารถเจริญได้ดีในสภาวะไม่ให้อากาศมากกว่าในสภาวะให้อากาศโดย Haddadin และคณะ (2002) อธิบายว่า การให้อากาศโดยการเขย่ามีผลยับยั้งการย่อยสลายลิกนินเนื่องจากการถ่ายเทออกซิเจนเข้าสู่เส้นใยต่ำ

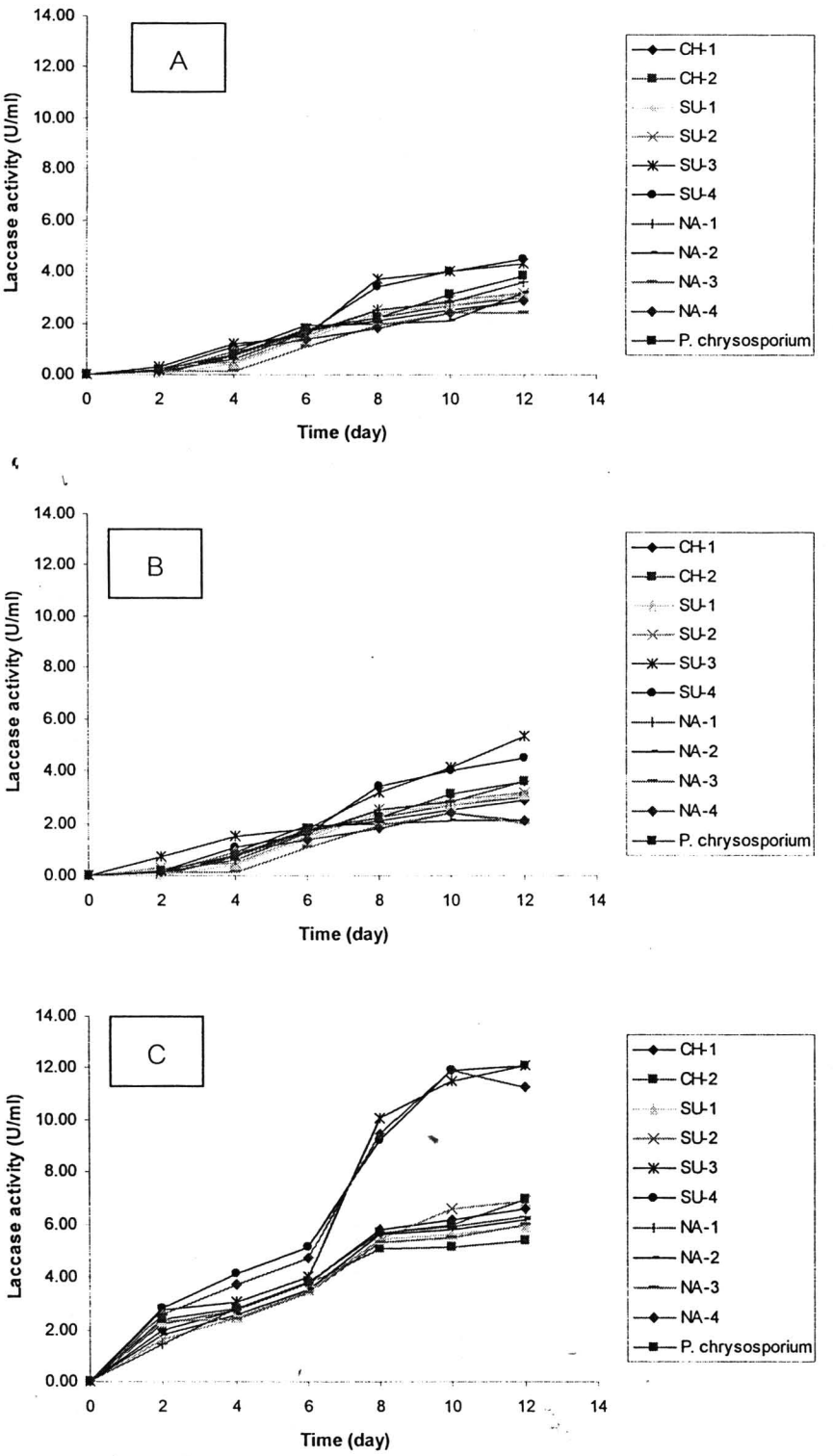
ตารางที่ 4.5 การเจริญของเชื้อรา และ พีเอช ในการหมักเชื้อราในน้ำทิ้งโรงงานปาล์ม ที่ความข้มข้นน้ำเสียระดับ 1:1 1:2 และ 1:3 อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ทดสอบที่สภาวะไม่ให้อากาศ เป็นเวลา 12 วัน

เชื้อรา	1:1		1:2		1:3	
	pH	Growth (g/l)	pH	Growth (g/l)	pH	Growth (g/l)
CH-1	4.3	0.182	5.1	0.240	7.0	1.120
CH-2	5.0	0.216	5.4	0.350	6.7	1.168
NA-1	4.8	0.366	5.2	0.595	6.5	1.179
NA-2	5.1	0.343	5.9	0.515	7.2	1.194
NA-3	5.2	0.202	5.9	0.386	7.1	1.154
NA-4	4.8	0.387	5.1	0.584	7.2	1.296
SU-1	4.9	0.300	5.4	0.560	7.0	1.200
SU-2	5.0	0.211	5.6	0.441	7.2	1.208
SU-3	4.8	0.367	5.0	0.605	7.1	1.356
SU-4	5.4	0.381	5.7	0.612	7.0	1.380
P. chrysosporium	5.0	0.323	5.4	0.512	6.9	1.231

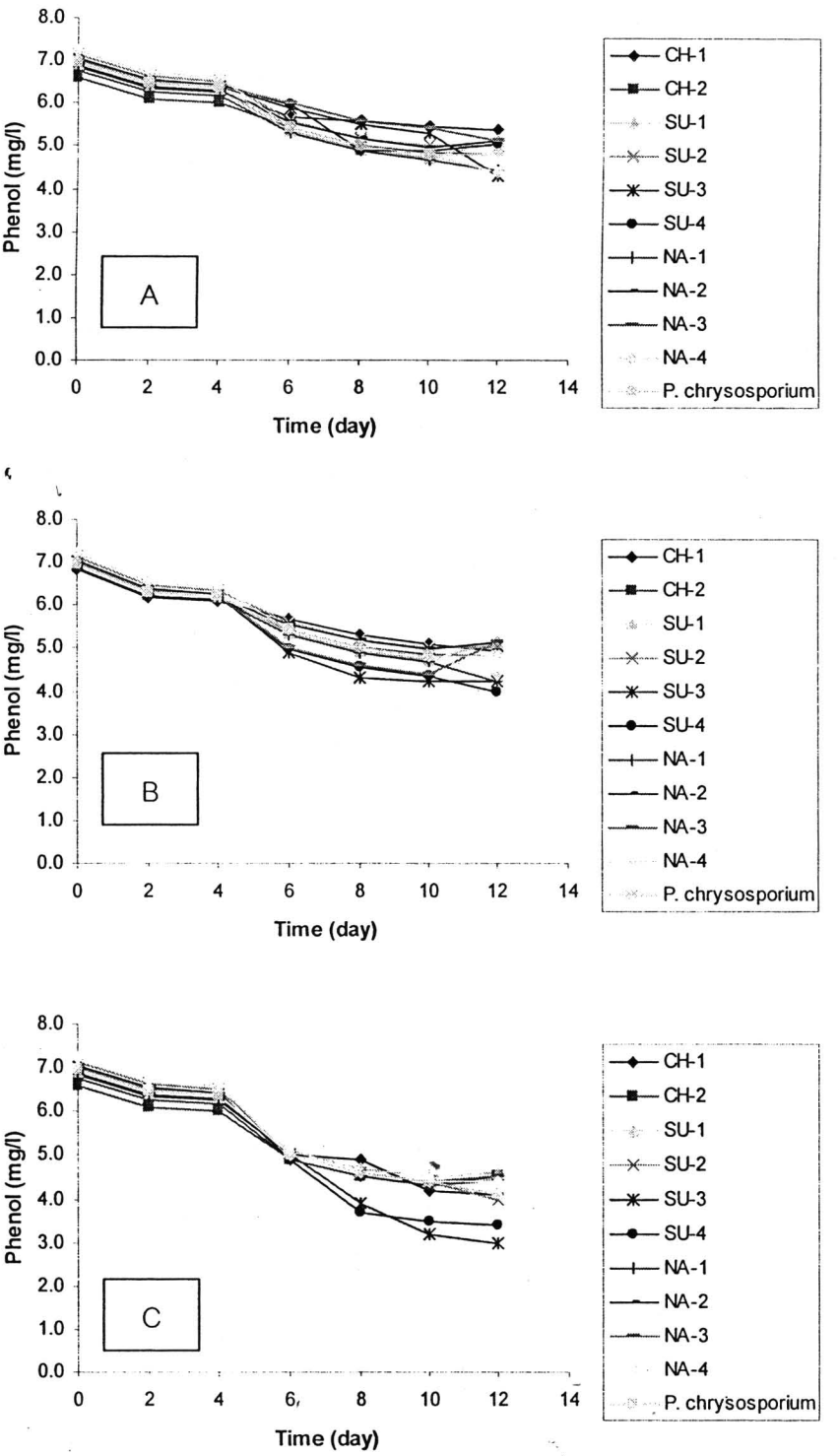
กิจกรรมของเอนไซม์แลคเคส (ภาพที่ 4.8) พบว่า ที่ระดับความเจือจาง 1:3 มีแนวโน้มของกิจกรรมของเอนไซม์แลคเคสที่คล้ายคลึงกันของเชื้อราทุกสายพันธุ์โดยกิจกรรมของเอนไซม์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังจากวันที่ 6 และตรวจวัดกิจกรรมของเอนไซม์แลคเคสได้สูงสุดในวันที่ 12 (ภาพที่ 4.8C) โดยเชื้อราสายพันธุ์ SU-4 สามารถผลิตเอนไซม์แลคเคสได้สูงสุด (11.91 U/ml) รองลงมาคือ SU-3 และ NA-4 เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อ *P. Chrysosporium* ส่วนที่ระดับความเจือจาง 1:1 และ 1:2 มีกิจกรรมของเอนไซม์แลคเคสค่อนข้างต่ำ จากการศึกษาของ Kerem และคณะ (1992) ได้ทำการศึกษาเชื้อ P. ostreatus ในการย่อยลำต้นฝ้ายแบบ solid state พบว่ากิจกรรมเอนไซม์แลคเคสจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงการบ่ม 2-6 วัน จากนั้นจะลดต่ำลงเหลือ ¼ ที่อายุการบ่ม 18 วัน

การเปลี่ยนแปลงค่าสารฟีนอล (ภาพที่ 4.9) พบว่า ที่ระดับความเจือจาง 1:3 ปริมาณสารฟีนอลลดลงอย่างรวดเร็วหลังจากวันที่ 6 โดยเชื้อราสายพันธุ์ SU-4 สามารถลดปริมาณสารฟีนอลได้สูงสุด ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าปริมาณสารฟีนอลที่ลดลงมีความสัมพันธ์กับกิจกรรมของเอนไซม์แลคเคส ทั้งนี้เนื่องมาจากการทำงานของเอนไซม์แลคเคสโดยเริ่มจากกระบวนการ demethoxylation ได้สารประกอบ *o*-quinone จากนั้นเอนไซม์แลคเคสตัดพันธะในสารประกอบ *o*-quinone ได้เป็น *o*-phenol (Trojanowski, 2001) ส่วนที่ระดับความเจือจาง 1:1 และ 1:2 ปริมาณสารฟีนอลลดลงเล็กน้อย

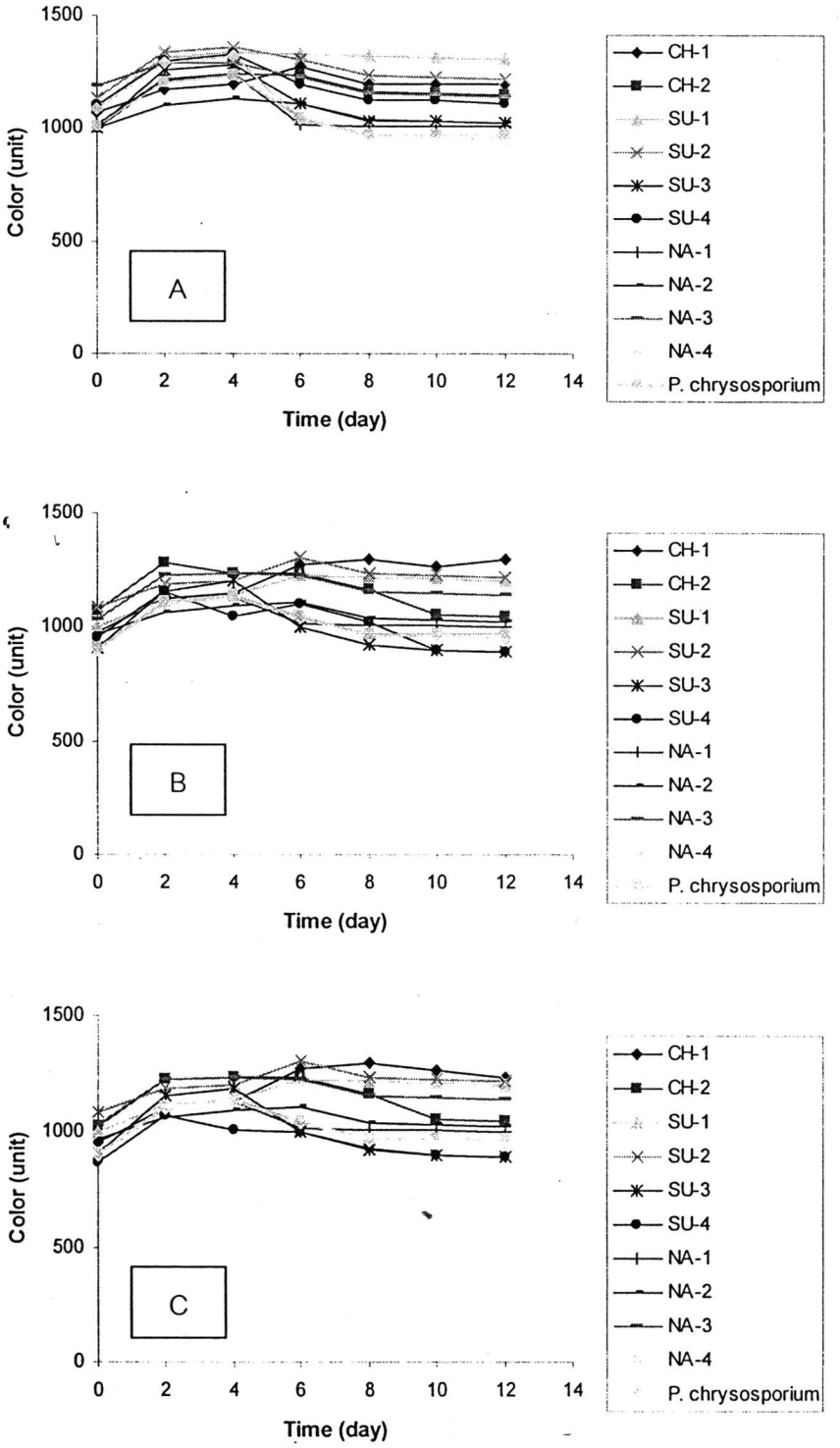
การเปลี่ยนแปลงค่าสี (ภาพที่ 4.10) พบว่า ค่าสีเพิ่มขึ้นในช่วงแรกและลดลงหลังจากวันที่ 6 ซึ่งที่ระดับความเจือจาง 1:3 ค่าสีลดลงอย่างรวดเร็วหลังจากวันที่ 6 โดยสอดคล้องกับรายงานของ Dias และคณะ (2004) ที่ใช้เชื้อรา Basidiomycete Euc-1 ลดสีในน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำมันมะกอก นอกจากนี้ยังพบว่า การลดสีมีความสัมพันธ์กับการเจริญซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Machado และคณะ (2006) โดยพบว่า การเจริญของเชื้อรา *Trametes villosa* และ *Pycnoporus sanguineus* มีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพการลดสี และจากการศึกษาของ Aggelis และคณะ (2002) เมื่อเพาะเลี้ยงเชื้อราไวท์รอท 8 สายพันธุ์ ได้แก่ *Abortiporus biennis, Dichomitus squalens, Inonotus hispidus, Panellus stipticus, Pleurotus ostreatus, Trametes hirsute, Irpex lacteus* และ *Lentinus tigrinus* ในน้ำเสียจากขั้นตอนการกำจัดความขมในผลมะกอกเขียวในสภาวะไม่ให้อากาศ พบว่า เชื้อราไวท์รอททั้ง 8 สายพันธุ์ สามารถลดปริมาณฟีนอลในน้ำเสียได้ โดย *A. biennis* ลดปริมาณฟีนอลได้สูงสุด (55%) และ *P. ostreatus* ลดสีได้สูงสุด (49%)



ภาพที่ 4.8 กิจกรรมของเอนไซม์แลคเคสที่ความเข้มข้นน้ำเสียระดับ 1:1 (A) 1:2 (B) และ 1:3 (C) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ทดสอบที่สภาวะไม่ให้อากาศ เป็นเวลา 12 วัน

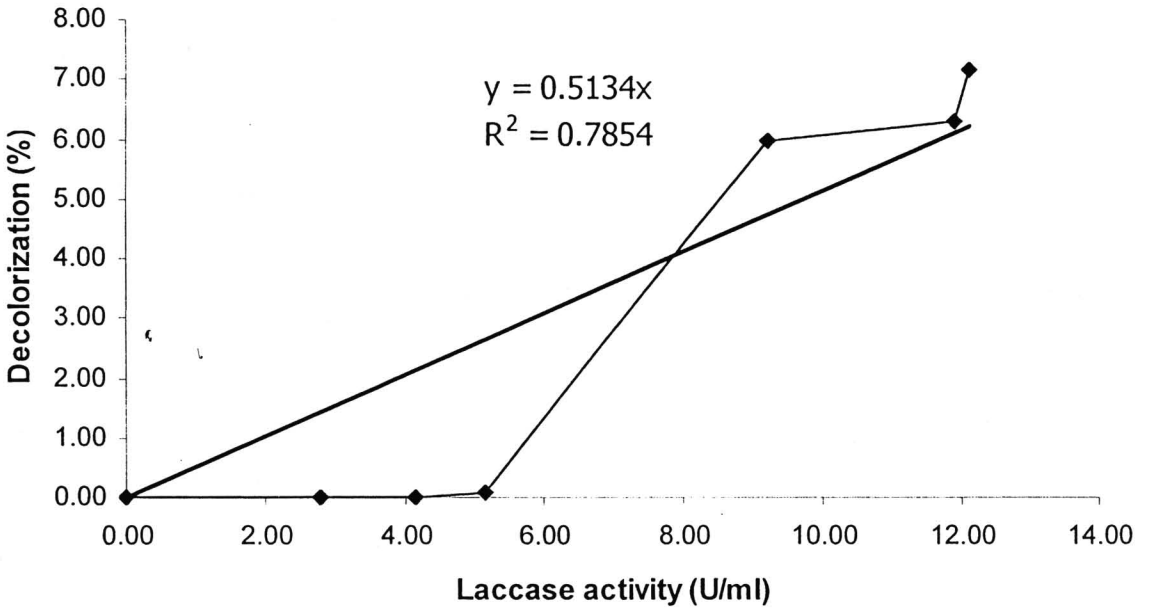


ภาพที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงค่าฟีนอล ที่ความเข้มข้นน้ำเสียระดับ 1:1 (A) 1:2 (B) และ 1:3 (C) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ทดสอบที่สภาวะไม่ให้อากาศ เป็นเวลา 12 วัน



ภาพที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงค่าสี ที่ความเข้มข้นน้ำเสียระดับ 1:1 (A) 1:2 (B) และ 1:3 (C) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ทดสอบที่สภาวะไม่ให้อากาศ เป็นเวลา 12 วัน

ในการศึกษานี้ จะเห็นว่า SU-4 มีความสามารถสูงสุดในการลดสีน้ำเสียจึงคัดเลือกมาเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมของเอนไซม์แลคเคสและความสารถในการลดสี จากภาพที่ 4.11 พบว่าค่าทั้งสองมีความสัมพันธ์กัน (R^2=0.78)



ภาพที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมของเอนไซม์แลคเคสและความสามารถในการลดสี

นอกจากนั้นยังพบว่า น้ำเสียที่ระดับความเจือจาง 1:3 เป็นสภาวะที่ดีที่สุดในการผลิตเอนไซม์แลคเคส ลดปริมาณฟีนอลและลดค่าสี ดังนั้นจึงนำน้ำเสียที่ระดับความเจือจาง 1:3 มาหาประสิทธิภาพในการลดค่าซีโอดีในน้ำเสีย โดยพบว่า ในสภาวะไม่ให้อากาศเชื้อราสามารถลดค่าซีโอดีในน้ำเสียได้ดีกว่าในสภาวะให้อากาศ โดยเชื้อราสายพันธุ์ SU-4 ลดค่าซีโอดีในน้ำเสียได้สูงสุด (40.39%) รองลงมาคือ SU-3 เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อ *P. chrysosporium* ซึ่งการลดค่า ซีโอดีในน้ำเสียมีความสัมพันธ์กับการเจริญของเชื้อรา เพราะเชื้อราต้องใช้สารอินทรีย์ในน้ำเสียเพื่อการเจริญ จากการศึกษาของ Aggelis และคณะ (2002) เมื่อเพาะเลี้ยงเชื้อราไวท์ร็อท 8 สายพันธุ์ ได้แก่ *A. biennis, D. squalens, I. hispidus, P. stipticus, P. ostreatus, T. hirsute, I. lacteus* และ *L. tigrinus* ในน้ำเสียจากขั้นตอนการกำจัดความขมในผลมะกอกเขียวในสภาวะไม่ให้อากาศ พบว่า เชื้อราไวท์ร็อททั้ง 8 สายพันธุ์ สามารถลดค่าซีโอดีได้เพียงเล็กน้อย (12.3%)

ตารางที่ 4.6 ค่า COD ในการหมักเชื้อราในน้ำทิ้งโรงงานปาล์ม ที่ความเข้มข้นน้ำเสียระดับ 1:3 (COD เริ่มต้น 8,100 mg/l) อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ทดสอบที่สภาวะให้อากาศ (200 รอบต่อนาที) และไม่ให้อากาศ เป็นเวลา 12 วัน

เชื้อรา	สภาวะให้อากาศ		สภาวะไม่ให้อากาศ	
	COD (mg/l)	COD removal (%)	COD (mg/l)	COD removal (%)
CH-1	4,565	10.49	4,230	17.06
CH-2	4,470	12.35	4,400	13.73
NA-1	4,147	18.69	4,200	17.65
NA-2	4,600	9.80	4,392	13.88
NA-3	4,321	15.27	4,020	21.18
NA-4	4,300	15.69	4,000	21.57
SU-1	4,120	19.22	4,088	19.84
SU-2	4,082	19.96	3,950	22.55
SU-3	3,260	36.08	3,094	39.33
SU-4	3,201	37.24	3,040	40.39
P. chrysosporium	3,370	33.92	3,200	37.25