หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

คำนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ที่ส่งผลิตผลทางการเกษตรเป็นสินค้าออก จึงมีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมากมาย เช่น ฟางข้าว กากน้ำตาล เป็นต้น (ภัทร, 2521, ปรัชญา, 2521, ธนาคารกรุงเทพ จำกัด, 2525) ซึ่งวัสดุเหลือใช้เหล่านี้ยังสามารถนำมาใช้เป็นประโยชน์ต่าง ๆ เช่น การทำปุ๋ยหมัก กรดกลูตามิค (glutamic acid) และจุลินทรีย์โปรตีน (single cell protein) เป็นต้น (ภัทร, 2521, คงพัฒน์ และไพเราะ, 2523, Underkofler และคณะ, 1954, Chang และ Yang, 1973)

ในการผลิตแอลกอฮอล์ โดยใช้กากน้ำตาลเป็นวัตถุดิบ จะมีน้ำเสียที่เรียกว่า น้ำกากส่า (molasses waste water) เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก และน้ำกากส่าจะมีค่า บี.ไอ.ดี. (B.O.D.) สูงประมาณ 18,000-30,000 มิลลิกรัม/ลิตร และมีสีน้ำตาลเข้ม (บุญเทียม, 2523, ปรีชา, 2523, สกุณี, 2523, สุจินต์, 2527) จากรายงาน สาขาวิจัยสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร (2524) พบว่า มีโรงงานสุรา จำนวน 32 โรง ในส่วนภูมิภาค ซึ่งอยู่ภายใต้ความควบคุมของกรมสรรพสามิต ยังไม่มีระบบกำจัดน้ำกากส่าอย่างถูกต้องตามกฎข้อบังคับของกระทรวงอุตสาหกรรม การระบายน้ำกากส่าลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ โดยเฉลี่ยแต่ละโรงงาน จะมีน้ำกากส่าประมาณ 134.46 ลูกบาศก์เมตร/วัน ดังนั้นจึงควรได้มีการศึกษาทดลองหาวิธีการกำจัดน้ำกากส่าที่เหมาะสมโดยวิธีทางชีวภาพเพื่อเป็นการลดระดับของ บี.ไอ.ดี. และ ซี.ไอ.ดี. (C.O.D.) ตลอดจนความเข้มของสีน้ำกากส่า ให้ลงจนถึงระดับที่เหมาะสมสามารถปล่อยลงสู่แม่น้ำลำคลองได้โดยไม่เกิดปัญหามลพิษแก่สิ่งแวดล้อม

การลดความเข้มของสีน้ำกากส่า นั้นส่วนใหญ่อาศัยวิธีการทางเคมี เช่น การดูดซึมสีด้วยผงถ่าน (activated carbon) (Sundstrom และ Klei, 1979) หรือการตกตะกอนสีด้วยสารเคมีบางอย่าง เช่น แอมโมเนียมซัลเฟต ($(NH_4)_2SO_4$) เฟอร์ริคซัลเฟต ($Fe_2(SO_4)_3$) สารส้ม หรือปูนขาว เป็นต้น (Chuang และ Lai, 1978, สาขาวิจัยสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร, 2524) ได้มีผู้สนใจ ทำการทดลองหาวิธีการกำจัดน้ำกากส่าที่เหมาะสมและเสียค่าใช้จ่ายต่ำ

ไม่ว่าจะเป็นช่วงการลดระดับ บี.โอ.ดี. และ ซี.โอ.ดี. หรือช่วงการลดความเข้มของสีน้ำ-กากส่า จากรายงานของ Ueda (1983) พบว่ามีเชื้อจุลินทรีย์อยู่หลายชนิด สามารถฟอกสีน้ำกากส่าได้ เช่น เชื้อเห็ด และบักเตรีบางชนิด จากแนวความคิดดังกล่าว จึงทำให้เกิดความสนใจที่จะหาวิธีการทางชีวภาพ เพื่อฟอกสีของน้ำกากส่า ตลอดจนสภาพการฟอกสีของน้ำกากส่าจากโรงงานสุราโดยเชื้อราสายพันธุ์ที่คัดเลือกได้

<u>วัตถุประสงค์ของการวิจัย</u>

1. คัดเลือกสายพันธุ์ราที่มีความสามารถในการฟอกสีกากน้ำตาล (molasses pigment)
2. ศึกษาสภาพที่เหมาะสมในการฟอกสีกากน้ำตาลโดยเชื้อราที่คัดเลือกได้
3. ทดสอบความสามารถของเชื้อราที่คัดเลือกได้ในการฟอกสีของน้ำกากส่าจากโรงงานสุรา

<u>ขอบเขตการวิจัย</u>

1. คัดเลือกและแยกสายพันธุ์ราที่สามารถฟอกสีกากน้ำตาล
2. หาถึงสภาพที่เหมาะสมต่อการฟอกสีกากน้ำตาลโดยเชื้อราที่คัดเลือกไว้
3. หาถึงสภาพที่เหมาะสมต่อการฟอกสีของน้ำกากส่าจากโรงงานสุรา
4. ศึกษาข้อมูลบางประการของการฟอกสีกากน้ำตาลแบบกึ่งต่อเนื่อง
5. ศึกษาข้อมูลบางประการของการฟอกสีน้ำกากส่าแบบกึ่งต่อเนื่อง
6. ศึกษาและเปรียบเทียบลักษณะโครงสร้างภายในของเส้นใยเชื้อราที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อผสมสีกากน้ำตาล และอาหารเลี้ยงเชื้อธรรมดา ด้วยกล้องจุลทัศน์-อิเลคตรอนแบบลำแสงผ่านตัวอย่าง (transmission electron microscope)

<u>การสำรวจงานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง</u>

<u>น้ำกากส่า</u> (molasses waste water)

น้ำกากส่า คือ ของเหลวเหลือทิ้งจากกระบวนการกลั่นแอลกอฮอล์ ซึ่งส่วนใหญ่ใช้

กากน้ำตาล (molasses) เป็นวัตถุดิบ จากรายงานของภัทร (2521) พบว่าในปี 2518-2519 มีปริมาณอ้อยเข้าหีบถึง 19 ล้านตัน และได้ผลพลอยได้เป็นกากน้ำตาลมากกว่า 9 แสนตัน โดยเฉลี่ยจะได้กากน้ำตาล 47.62 กิโลกรัมต่ออ้อย 1 ตัน หรือคิดเป็นร้อยละ 4-6 ของปริมาณอ้อยที่ใช้ผลิต ซึ่งนับว่ามีปริมาณมาก และแนวโน้มเอียงว่าจะมากขึ้น เนื่องจากการขยายตัวของอุตสาหกรรม ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1. ปริมาณอ้อยที่เข้าหีบ และกากน้ำตาลที่ได้ (ภัทร, 2521)

ฤดูหีบ	อ้อยที่เข้าหีบ	ได้กากน้ำตาลเป็นผลพลอยได้ (กิโลกรัม)	กากน้ำตาลต่ออ้อย 1 ตัน (กิโลกรัม)
2514-15	5,915,476.553	341,579,919	57.74
2515-16	9,503,392.216	524,541,291	53.30
2516-17	12,681,654.612	701,804,480	55.34
2517-18	13,399,512.760	677,674,460	50.60
2518-19	19,100,383.341	909,551,745	47.62

กากน้ำตาลเป็นผลพลอยได้ที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจอย่างยิ่ง โดยส่งเป็นสินค้าออกปีละจำนวนมาก (ธนาคารกรุงเทพ จำกัด, 2524, สภาหอการค้าแห่งประเทศไทย, 2523, pra-pecrapat, 1982) และนอกจากนั้นประมาณร้อยละ 20 จะถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบของโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภทในประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถูกนำไปใช้ในการผลิตแอลกอฮอล์ (ธนาคารกสิกรไทย, 2522) ซึ่งในกระบวนการผลิตแอลกอฮอล์ จะมีน้ำเสียที่เรียกว่า น้ำ-กากส่า เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต ถึง 10 เท่า ของปริมาณแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้ (Frankel และคณะ, 1978, Chuang และ Lai, 1978, Wang และคณะ, 1980)

จากรายงานของ Chuang และ Lai, 1978 พบว่าน้ำกากส่าโดยทั่วไปของโรงงานสุราในไต้หวัน จะมีความเป็นกรด และอุณหภูมิสูงมาก มีสีน้ำตาลเข้มและมีของแข็งละลายอยู่ทั้งหมดประมาณร้อยละ 9-12 และมีค่า บี.ไอ.ดี. สูงตั้งแต่ 45,000 ถึง 72,000 มิลลิกรัม/ลิตร ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 องค์ประกอบของน้ำกากส่าของโรงงานสุราในไต้หวัน (Chuang และ Lai, 1978)

คุณลักษณะ	โรงงานที่ 1	โรงงานที่ 2
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solid) กรัม/0.1 ลิตร	12.27	9.83
ของแข็งแขวนลอย (suspended solid) มิลลิกรัม/0.1 ลิตร	6,100	5,030
เถ้า (ash) กรัม/0.1 ลิตร	3.43	2.23
โปแตสเซียม กรัม/0.1 ลิตร	1.15	
ฟอสฟอรัส กรัม/0.1 ลิตร	0.018	0.023
สารอินทรีย์ กรัม/0.1 ลิตร	8.84	7.60
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (total sugar) กรัม/0.1 ลิตร	2.56	2.05
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) กรัม/0.1 ลิตร	2.24	1.85
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen) กรัม/0.1 ลิตร	0.385	0.235
อะมิโนไนโตรเจน (amino nitrogen) กรัม/0.1 ลิตร	0.074	0.058
แอมโมเนียมไนโตรเจน (aminonium nitrogen) กรัม/0.1 ลิตร	0.0100	0.087
บี.โอ.ดี. มิลลิกรัม/ลิตร	72,000	57,200
ซี.โอ.ดี. มิลลิกรัม/ลิตร	114,500	84,400
บริกซ์ (brix) ที่ 20 องศาเซนติเกรด	15.30	12.70
ความถ่วงจำเพาะ ที่ 20 องศาเซนติเกรด	1.0622	1.0484
การนำไฟฟ้า ที่ 20 องศาเซนติเกรด	3.247×10^{-2}	2.655×10^{-2}
ความเป็นกรดเป็นด่าง	4.9	5.1

ไชยยุทธ (2524) ได้ศึกษาถึงคุณสมบัติของน้ำกากส่าในประเทศไทย พบว่ามีความเป็นกรดและอุณหภูมิสูงมาก ค่า บี.โอ.ดี. สูงถึง 27,475.0 มิลลิกรัม/ลิตร และค่า ซี.โอ.ดี. สูงถึง 118,098.0 มิลลิกรัม/ลิตร ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณลักษณะโดยเฉลี่ยของน้ำกากส่าจากโรงงานสุราในประเทศไทย (ไชยยุทธ, 2524)

คุณลักษณะ	ค่าเฉลี่ย
ความเป็นกรดเป็นด่าง	3.66
อุณหภูมิ องศาเซนติเกรด	88.6
ซี.โอ.ดี. มิลลิกรัม/ลิตร	118,098.0
บี.โอ.ดี. มิลลิกรัม/ลิตร	27,475.0
สารที่แขวนลอย มิลลิกรัม/ลิตร	11,319.0
ปริมาณของแข็งทั้งหมด มิลลิกรัม/ลิตร	75,829.0
ของแข็งระเหย (total valatile solids) มิลลิกรัม/ลิตร	55,523.0
สารที่ตกตะกอน (settleable solids) มิลลิกรัม/ลิตร	26.67
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total-nitrogen) มิลลิกรัม/ลิตร	935.0
ฟอสฟอรัส มิลลิกรัม/ลิตร	115.2
โปแตสเซียม มิลลิกรัม/ลิตร	4,763.0
ซัลเฟต ($SO_4^{=}$) มิลลิกรัม/ลิตร	3,718.0
ปริมาณ บี.โอ.ดี. ต่อวัน (B.O.D. load) กิโลกรัม/วัน	3,806.0
ปริมาณ บี.โอ.ดี. ต่อเท (B.O.D. load) กิโลกรัม/เท	2.77
ปริมาณน้ำทิ้ง ลูกบาศก์เมตร/เท	0.106

สีน้ำตาลเข้มในน้ำกากส่า

ในกากน้ำตาล นอกจากจะมีน้ำตาลชนิดต่าง ๆ เช่น ซูโครส (sucrose) กลูโคส ฟรุคโตส (fructose) และราฟฟิโนส (raffinose) ซึ่งเป็นสารคอปเปอร์รีดิวซ์ (copper reducing substance) ที่ยีสต์สามารถใช้ในการหมักแอลกอฮอล์แล้วยังมีสารคอปเปอร์รีดิวซ์อื่น ๆ ที่ยีสต์ไม่สามารถใช้ในการหมักแอลกอฮอล์ส่วนใหญ่จะเป็นพวก คาราเมล (caramel) ของน้ำตาลต่าง ๆ ซึ่งเป็นสารที่ไม่มีธาตุไนโตรเจนที่เกิดจากการที่น้ำตาลได้รับความร้อนมากเกินไปในระหว่างกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย และ เมลานอยดิน (melanoidin) ซึ่งเป็นสารที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ เกิดจากการควบแน่นของน้ำตาลชนิดต่าง ๆ กับกรดอะมิโน (amino acid) ซึ่งจะมีสีน้ำตาลเข้ม และเป็นตัวทำให้กากน้ำตาลหรือน้ำกากส่ามีสีน้ำตาลเข้มขึ้นด้วย (บุญเทียม, 2523, สุจินต์, 2527, Underkofler และ Hickley, 1954)

จากรายงานของ Watanabe และคณะ (1982) พบว่า สีน้ำตาลเข้มในน้ำกากส่าส่วนใหญ่เกิดจากสารจำพวก เมลานอยดิน นี้เอง และได้ทำการสังเคราะห์สารนี้ขึ้นในห้องทดลอง โดยทำการต้มกลั่น (reflux) สารละลายผสมระหว่างน้ำตาลกลูโคส 1 โมลาร์ กับกลูตาเมต 1 โมลาร์ ปรับความเป็นกรดเป็นด่างให้เท่ากับ 9 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 นอร์มอล เพื่อใช้ศึกษาหาคุณสมบัติของเอ็นไซม์ที่แยกจากเชื้อเห็ดรา สายพันธุ์ Coriolus sp. No. 20 ในการฟอกจาง สีสารสังเคราะห์นี้

การกำจัดน้ำกากส่า (molasses waste water treatment)

เนื่องจากน้ำกากส่า เป็นปัญหาอย่างมากเกี่ยวกับมลพิษ เมื่อโรงงานต่าง ๆ ทิ้งลงสู่แม่น้ำลำคลอง ดังนั้นจึงต้องมีการปรับปรุงคุณภาพของน้ำกากส่าก่อน โดยการแยกสิ่งสกปรกต่าง ๆ ตลอดจนสีน้ำตาลเข้มของน้ำกากส่านั้น ให้มีปริมาณลดลงจนอยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษในแหล่งน้ำที่รับน้ำทิ้งนั้น

จากรายงานของ เสริมพล และไชยยุทธ (2524) พบว่า กระทรวงอุตสาหกรรมได้กำหนดมาตรฐาน น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 มาตรฐาน คุณภาพน้ำทิ้งของกระทรวงอุตสาหกรรม (เสริมพล และ ไชยยุทธ, 2524)

คุณลักษณะ	ค่าสูงสุด
บี.โอ.ดี. (5 วัน 20 องศาเซนติเกรด) มิลลิกรัม/ลิตร	20
สารที่แขวนลอย มิลลิกรัม/ลิตร	30
สารที่ละลาย (dissolved solids) มิลลิกรัม/ลิตร	2,000
ความเป็นกรดเป็นด่าง	5-9
เปอร์แมงกาเนส (MnO_4^-) มิลลิกรัม/ลิตร	60
ซัลไฟด์ (S^-)	1
ไซยาไนด์ (CN^-)	0.2
น้ำมันและไขมัน (Oil and grease)	-
น้ำมันทาร์ (tar)	-
ฟอร์มัลดีไฮด์ (formaldehyde) มิลลิกรัม/ลิตร	1
ฟีนอลและคลีโซล (phenol and cresol) มิลลิกรัม/ลิตร	1
คลอรีนอิสระ (free chlorine) มิลลิกรัม/ลิตร	1
สังกะสี (Zn) โครเมียม (Cr) อาร์ซินิค (Ar) เงิน (Ag) ซีลีเนียม (Sc) ตะกั่ว (Le) นิเกิล (Ni) — มิลลิกรัม/ลิตร	1
ยาฆ่าแมลง	-
ธาตุกำมันตภาพรังสี	-
อุณหภูมิ	4
สี กลิ่น รส (taste and odour)	เป็นที่ยอมรับ

สำหรับในต่างประเทศ เช่น ยุโรป ได้นำน้ำกากส่าไปทำให้เข้มข้นหรือทำให้แห้ง เพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ หรือ ทำเป็นปุ๋ยอินทรีย์ (Underkofler และ Hickley, 1954, Chang และ Yang, 1973, Wang และคณะ, 1980) ซึ่งองค์ประกอบของน้ำกากส่าที่ทำให้แห้ง แสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 องค์ประกอบของน้ำกากส่าที่ทำให้แห้งแล้ว (Underkofter และ Hickley, 1954)

องค์ประกอบ	เปอร์เซนต์
แร่ธาตุต่าง ๆ (mineral matter)	28.5-29.0
สารคอปเปอร์รีดิวซ์	10.0-12.0
โปรตีน	8.0-10.0
กรดระเหยง่าย (volatile acids)	1.0-2.0
กรดแลคติค (combined lactic acids)	4.0-5.0
กรดอินทรีย์ (other combined organic acids)	1.0-2.0
กรีเซอรอล (glyceral)	5.0-6.0
ขี้ผึ้ง และอื่น ๆ	12.0-22.0

ระบบการกำจัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมและแหล่งชุมชนต่าง ๆ จะเป็นแบบใดนั้นขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของโรงงานอุตสาหกรรมหรือแหล่งชุมชนนั้น กล่าวคือต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ มากมาย เช่น ชนิดของน้ำเสียที่ต้องการกำจัด ปริมาณน้ำเสีย ตลอดจนสถานที่ที่จะใช้ในการสร้างระบบกำจัด ซึ่งกระบวนการกำจัดน้ำเสียโดยทั่วไป อาจแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท คือ

1. กระบวนการกำจัดทางฟิสิกส์ (physical treatment) โดยใช้ปฏิกริยาทางฟิสิกส์ เช่น การกรอง การตกตะกอน และการดูดซึม เป็นต้น

2. กระบวนการกำจัดทางฟิสิกส์เคมี (physical-chemical treatment) โดยใช้ปฏิกริยาทางฟิสิกส์เคมี เช่น การดูดซึม

3. กระบวนการกำจัดทางเคมี (chemical treatment) โดยใช้ปฏิกริยาทางเคมี ซึ่งอาจจะไปช่วยเร่งปฏิกริยาทางฟิสิกส์ เช่น การเติมสารส้มในการตกตะกอน หรือการเติมด่างไปเพื่อลดปริมาณความเป็นกรดในน้ำเสีย เป็นต้น

4. กระบวนการกำจัดทางชีววิทยา (biological treatment) โดยใช้ปฏิกริยาทางชีวเคมีของจุลินทรีย์ในการทำลายหรือแยกสิ่งเจือปนออกจากน้ำทิ้ง

จากรายงานของ สุจินต์ (2527) พบว่าในประเทศไทยได้มีการสร้างระบบกำจัดน้ำกากส่าหลายระบบด้วยกันในอดีต ตามความเหมาะสม อาทิเช่น

1. การระเหยและเผา (evaporation and combustion) ซึ่งระบบนี้ได้เคยใช้กับโรงงานสุราบางยี่ขัน 1 บางยี่ขัน และ โรงงานสุราบางยี่ขัน 2 ที่จังหวัดปทุมธานี โดยจะเคี่ยวน้ำกากส่าให้เข้มข้นในหม้อเคี่ยวสเตนเลส เพื่อให้มีความเข้มข้นสูงถึง 60 เปอร์เซนต์ ซึ่งจะมีลักษณะคล้ายน้ำมันเตาข้น หรือกากน้ำตาลข้น จากนั้นก็นำมาผสมกับไอน้ำและอากาศ และฉีดเข้าไปภายใต้ความดันสูงในเตาเผาที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซนติเกรด แต่วิธีการนี้ค่อนข้างจะยุ่งยากและมีราคาแพง นอกจากนี้นยังอาจจะทำให้เกิดมลภาวะของอากาศ กล่าวคือ มีเถ้าถ่านปลิวออกมามากมาย และมีแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ออกมาสู่อากาศเป็นจำนวนมาก มีกลิ่นเหม็นรุนแรง และเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต แต่ผลพลอยได้ คือ ปริมาณความร้อนที่นำไปใช้ในระบบหอกลั่นเพื่อลดค่าใช้จ่ายเมื่อใช้น้ำมันเตา และสารโปแตสเซียมที่เกิดขึ้นจากการเผาน้ำกากส่านี้นำไปใช้ประโยชน์ได้

2. การระเหย (evaporation) วิธีนี้มักจะใช้ทดลองกับน้ำกากส่าปริมาณน้อย ๆ โดยการเคี่ยวในกะทะขนาดใหญ่ที่มีปล่องควันระบายควันออก วิธีนี้ก็ต้องใช้พลังงานมากเช่นกัน โดยน้ำกากส่า 1 ลูกบาศก์เมตร จะต้องใช้น้ำมันเตาถึง 28 ลิตร หรือคิดเป็นเงิน 126 บาทต่อน้ำกากส่า 1 ลูกบาศก์เมตร จะทำให้มีความเข้มข้นขึ้น 20 เท่าจากเดิม และน้ำกากส่าเข้มข้นที่ได้นี้จะนำไปใช้เป็นปุ๋ยในทางการเกษตรได้ดี

3. การหมักในถังหมักไร้อากาศ (anaerobic digestion) และกระบวนการเติมอากาศเลี้ยงตะกอน (activated sludge process) วิธีการนี้เคยมีการสร้างที่โรงงานสุรา จังหวัดภูเก็ต และโรงงานสุราไทยทำ จังหวัดนนทบุรี แล้ว โดยการหมักน้ำกากส่าในถังหมักแบบถังหมักชีวภาพ เพื่อให้ได้แก๊สมีเทนมาใช้แทนน้ำมันเตา ซึ่งจะคุ้มทุนได้ภายใน 3-5 ปี ปริมาณแก๊สมีเทนจะได้อยู่ในเกณฑ์ประมาณ 15-20 ลูกบาศก์เมตรต่อน้ำกากส่า 1 ลูกบาศก์เมตร

น้ำกากส่าที่ผ่านการหมักนี้แล้วจะมีค่า บี.โอ.ดี. ลดลงไปราว 80 เปอร์เซนต์ ซึ่งจะต้องนำไปบำบัดต่อโดยกระบวนการเติมอากาศเลี้ยงตะกอน ซึ่งต้องใช้ค่าใช้จ่ายสูงมาก คือ ประมาณ 100 ถึง 200 บาท ต่อ น้ำกากส่า 1 ลูกบาศก์เมตร อย่างไรก็ตามน้ำกากส่าที่ผ่านการกำจัดโดยกระบวนการเติมอากาศเลี้ยงตะกอนแล้วยังมีสีน้ำตาลเข้มอยู่ และมีค่า บี.โอ.ดี. สูงเกินกว่าข้อกำหนดมาตรฐานน้ำทิ้งของกระทรวงอุตสาหกรรม และวิธีการกำจัดนี้ก็ค่อนข้างซับซ้อน และต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญควบคุมการทำงานของระบบ แต่ข้อดีคือใช้เนื้อที่น้อย

4. การทำปุ๋ยหมัก (composting) วิธีการโดยการขนเอาวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น ชานอ้อย ขี้เถ้าแกลบ ขุยมะพร้าว เป็นต้น โดยนำมากองแล้วฉีดพ่นชานอ้อยด้วยน้ำกากส่าแล้วทำการกลับกองชานอ้อยเพื่อให้เกิดสภาพอากาศถ่ายเทได้โดยสะดวก นอกจากนี้ยังต้องเร่งการหมักด้วยการใส่เชื้อหมักเพื่อให้เกิดการสลายตัวได้เร็วขึ้น เมื่อหมักเรียบร้อยแล้วจะได้ปุ๋ยหมักมีสีดำเข้มและมีประโยชน์ในการเกษตร วิธีนี้ลงทุนครั้งแรกต่ำ แต่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานสูงมากคือประมาณ 100 บาท ต่อ ลูกบาศก์เมตร และจะทำได้ดีเฉพาะในฤดูแล้งเท่านั้น เพราะฤดูฝนจะมีปัญหาเกี่ยวกับการกลับกองปุ๋ย

5. การทำบ่อเก็บกักและลานตาก (storage lagoon and land application) วิธีนี้ได้แก่การขุดบ่อเก็บกัก น้ำกากส่าตลอดฤดูฝน 6 เดือน เมื่อน้ำกากส่าเต็มบ่อเก็บกักแล้วก็จะเกิดการย่อยสลายตัวโดยจุลินทรีย์ในระยะ 6 เดือนนี้ ค่า บี.โอ.ดี. อาจลดลงตั้งแต่ 80 ถึง 90 เปอร์เซนต์ แต่ค่า บี.โอ.ดี. ก็ยังคงสูงอยู่คือ ประมาณ 3,000 ถึง 6,000 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งไม่สามารถปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะได้ จึงต้องนำไปกำจัดต่อด้วยการระบายน้ำกากส่านี้และที่กำลังปล่อยออกจากหอกลั่นรวม 12 เดือน มาตากแห้งบนลานตากในฤดูแล้ง 6 เดือน โดยที่ลานตากนี้ทำหน้าที่คล้ายนาเกลือ และอัตราการระเหย ประมาณ 4 มิลลิเมตร/วัน ผลพลอยได้คือ กากส่าแห้ง ซึ่งมีเนื้อปุ๋ย เอ็น.พี.เค. (N.P.K.) อยู่มากกว่าปุ๋ยคอก 3-4 เท่าตัว และใช้ในทางการเกษตรได้ดีมาก วิธีการนี้เสียค่าใช้จ่ายน้อยมาก คือ ประมาณ 6 บาทต่อน้ำกากส่า 1 ลูกบาศก์เมตร แต่อาจขายกากส่าแห้งได้ราว 10-20 บาท ต่อ ลูกบาศก์เมตร นอกจากนี้การตากน้ำกากส่ายังช่วยทำลายสีโดยวิธีธรรมชาติอีกด้วย เพราะในฤดูฝนลานตากไม่ได้ใช้งานอะไร กากส่าแห้งที่ยังเหลือค้างอยู่บ้างก็จะละลายปนกับน้ำฝนและประกอบกับเชื้อจุลินทรีย์ในดินช่วยทำลายสีของน้ำกากส่าแห้งจนเกือบจะไม่มีสีค้างอยู่เลย

6. ราดถนน (road spray) เนื่องจากน้ำกากส่ามีสารลิกนินในตัว มีความเหนียวมากกว่าน้ำ และสามารถยึดฝุ่นให้อยู่แน่นคล้ายยางมะตอย และจะไม่มีฝุ่นไปนานกว่า 2 อาทิตย์

ดังนั้นจึงสามารถนำมาราดถนนลูกรังได้ดี วิธีนี้จะใช้ได้เฉพาะในฤดูแล้งเท่านั้น เนื่องจากฤดูฝนถนนไม่มีฝุ่น ยกเว้นตอนฝนทิ้งช่วงเท่านั้น

7. ใช้เป็นอาหารปลา (fish farming) เป็นการใช้น้ำกากส่าเป็นอาหารทางอ้อมแก่ปลา เพราะน้ำกากส่าจะใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ขนาดเล็ก เช่น แพลงค์ตอน เพื่อเป็นอาหารแก่ปลาอีกต่อหนึ่ง จากผลการทดลองพบว่า ถ้าใช้น้ำกากส่าสดในอัตรา 0.6 ส่วนในพันส่วน ต่อ 2 อาทิตย์ จะทำให้ปลาสลิดเจริญเติบโตได้สูงสุด วิธีนี้มีข้อจำกัดตรงที่ใช้น้ำกากส่าได้น้อยมาก กล่าวคือ บ่อขนาด 1 ไร่ ลึก 1 เมตร จะใช้น้ำกากส่าเพียง 1 ลูกบาศก์เมตร ต่อ 2 อาทิตย์ ซึ่งถ้าใช้น้ำกากส่ามากไป จะทำให้ออกซิเจนในน้ำลดลง น้ำเกิดเน่าเหม็น และปลาอาจตายได้

8. ใช้ในการเกษตรโดยตรง (direct agricultural use) โดยการปล่อยน้ำกากส่าเข้านาข้าว ไร่อ้อย เป็นต้น โดยตรง โดยใส่ในฤดูแล้งหรือขณะที่นายังว่างอยู่หลังการเก็บเกี่ยว

ระบบการบำบัดทั้ง 8 ที่กล่าวมานี้ พบว่าแต่ละระบบก็มีทั้งข้อดีและข้อเสีย ตลอดจนยึดจำกัดมากมาย ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6. การเปรียบเทียบราคาค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำกากส่าโดยวิธีต่าง ๆ พร้อมกับแสดงข้อดีและข้อเสีย (สุจินต์, 2527)

วิธีการบำบัดน้ำกากส่า	ผลพลอยได้สุทธิ (บาท/ลูกบาศก์-เมตร)	ข้อดี	ข้อเสีย
1. ระบบระเหยและเผา	(-)150	-ไม่มีปัญหามลภาวะทางน้ำ -ใช้เนื้อที่น้อย -ได้ผลพลอยได้ -ความร้อน -โปแตสเซียม	-ปัญหามลภาวะทางอากาศ -การลงทุนระบบกำจัดค่อนข้างสูง ผลพลอยได้ไม่คุ้มผลเสีย -ต้องใช้เทคโนโลยีสูงมาก สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ามาก ใช้บุคคลากรระดับสูง

ตารางที่ 6 (ต่อ)

วิธีการบำบัดน้ำกากส่า	ผลพลอยได้สุทธิ (บาท/ลูกบาศก์-เมตร)	ข้อดี	ข้อเสีย
2. การระเหย	(-)150	-ได้ปุ๋ยอินทรีย์เหลวมาใช้ -ใช้เนื้อที่น้อย	-ใช้ในสเกลเล็ก ๆ ในขณะนี้เท่านั้น -ค่าลงทุนสูง
3. การหมักและให้อากาศเลี้ยงตะกอน	(-)140	-ได้แก๊สมีเทนมาใช้ราว 70 บาท/ลูกบาศก์เมตร -ใช้เนื้อที่น้อย	-ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเดินเครื่องแพงสำหรับการให้อากาศเลี้ยงตะกอน -ผลการบำบัดจากการให้อากาศเลี้ยงตะกอนยังมีปัญหาเรื่องสีและความเข้มข้นยังไม่ได้มาตรฐาน -การเดินเครื่องค่อนข้างยุ่งยากซับซ้อน
4. การหาปุ๋ยหมัก	(-)100 (หากขายปุ๋ยไม่ได้) (-)30 (หากขายปุ๋ยได้)	-ได้ปุ๋ยมาใช้ -ลงทุนระยะแรกต่ำ	-ใช้เนื้อที่มากพอสมควร -การลงทุนในการดำเนินงานสูง -ปุ๋ยที่ได้เจือจางกว่าที่ได้จากวิธีการตากบนลานตาก -มีข้อจำกัดในการดำเนินงานในฤดูฝน

ตารางที่ 6 (ต่อ)

วิธีการบำบัดน้ำกากส่า	ผลพลอยได้สุทธิ (บาท/ลูกบาศก์-เมตร)	ข้อดี	ข้อเสีย
5. การทำบ่อเก็บกักและลานตาก	(-)6 (หากขายปุ๋ยไม่ได้) (+)14 (หากขายปุ๋ยได้)	-ได้ปุ๋ย เข้มข้นมาใช้ -ลงทุนระยะแรกต่ำมาก -ดำเนินการง่าย	-ใช้เนื้อที่มาก
6. ราดถนน	(-)10 (หากไม่ได้ค่าตอบแทน) 0 (หากได้รับค่าตอบแทน)	-ได้แก้มลภาวะเกี่ยวกับฝุ่น -ลงทุนระยะแรกต่ำมาก	-มีข้อจำกัดสามารถดำเนินงานได้ในฤดูแล้งเท่านั้น -ต้องขนส่งทางรถ
7. ใช้เป็นอาหารปลา	(-)15	-ใช้เป็นประโยชน์เป็นอาหารปลาทางอ้อม	-ใช้จำนวนน้อยมาก -ใช้ได้เฉพาะฤดูแล้งเมื่อดินแห้ง รถเข้าไปได้
8. ใช้ในทางการเกษตรโดยตรง	(-)15 (หากใช้รถขนส่ง) (-)5 (หากใช้ระบบท่อขนส่ง)	-เป็นปุ๋ยอินทรีย์	-มีค่าดำเนินการอยู่บ้างโดยต้องควบคุมอัตราการใช้ให้เหมาะสม

Chuang และ Lai (1978) ได้ทำการทดลองหาวิธีการกำจัดน้ำกากส่าของโรงงานผลิตแอลกอฮอล์ในไต้หวัน โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 เลี้ยงเชื้อ ผลิตจุลินทรีย์โปรตีน โดยใช้เชื้อยีสต์ที่คัดเลือกแล้วว่าเหมาะสมสองสายพันธุ์ คือ Pichia tainia และ Candida utilis โดยใช้ปริมาณเชื้อเริ่มต้น 5 เปอร์เซนต์ อัตราเร็วรอบของการกวน 220 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซนติเกรด พบว่าสามารถลดระดับของ บี.โอ.ดี. ลงประมาณ 33 เปอร์เซนต์ และได้จุลินทรีย์โปรตีนเกิดขึ้น 1.74 กรัม/น้ำกากส่า 100 มิลลิลิตร

ขั้นที่ 2 นำน้ำกากส่าที่ได้จากการผลิตจุลินทรีย์โปรตีนในขั้นที่ 1 มาผลิตแก๊สมีเทน โดยควบคุมความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 7 อุณหภูมิ 37 ถึง 39 องศาเซนติเกรด ในระยะเวลา 10 วัน จะลดระดับของ บี.โอ.ดี. ลงจากเดิม 50 เปอร์เซนต์

ขั้นที่ 3 นำน้ำกากส่าที่ได้จากขั้นที่ 2 มาเลี้ยงจุลินทรีย์จำพวก photosynthesis bacteria ภายใต้อุณหภูมิ 30 ถึง 35 องศาเซนติเกรด ความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 7 ให้ปริมาณอากาศ 0.7 vvm ในเวลา 5 วัน เมื่อครบกำหนดแล้ว พบว่าสามารถลดระดับของ บี.โอ.ดี. ได้ถึง 95.82 เปอร์เซนต์ และมีจุลินทรีย์โปรตีนเกิดขึ้น 7.16 กรัม/น้ำกากส่า 100 ลิตร

ขั้นที่ 4 เป็นขั้นตอนการกำจัดสีน้ำตาลเข้มของน้ำกากส่าที่ได้จากขั้นที่ 3 โดยวิธีทางเคมี เพื่อตกตะกอนเอาสีน้ำตาลเข้มออก การทดลองได้ใช้สารเคมีหลายชนิด เช่น แอมโมเนียม-ซัลเฟต เฟอร์ริคซัลเฟต และพวกสารตกตะกอนอินทรีย์สังเคราะห์ ผลการทดลองพบว่า น้ำ-กากส่าที่ผ่านการกำจัดในขั้นที่ 3 แล้ว นำมาเจือจางด้วยน้ำ 10 เท่า แล้วปรับความเป็นกรดเป็นด่าง เท่ากับ 7 และนำมาตกตะกอนเอาสีน้ำตาลเข้มออกด้วยสารเคมีชนิดต่าง ๆ ที่กล่าวข้างต้น สารเคมีที่ให้ผลดีที่สุดในการตกตะกอนสีน้ำตาลเข้มของน้ำกากส่า คือ แอมโมเนียมซัลเฟต โดยใช้ในอัตราส่วน 1,500 มิลลิกรัม/น้ำกากส่า 1 ลิตร ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ระดับของแอมโมเนียมซัลเฟตในการตกตะกอนสีของน้ำกากส่า (Chuang และ Lai, 1978)

ปริมาณ (มิลลิกรัม/ลิตร)	ปริมาณสีสัมพัทธ์% (color relation %)	ซี.โอ.ดี. (มิลลิกรัม/ลิตร)	ปริมาณ ซี.โอ.ดี. ที่ลดลง (%)	บี.โอ.ดี. (มิลลิกรัม/ลิตร)	การตกตะกอน (มิลลิลิตร/นาที)
0	100	1,584	-	34	-
500	75	1,504	5.05	34	-
1,000	11	1,120	29.29	16	-
1,500	55	732	53.79	8	4.37
2,000	5.6	672	57.58	8	4.88
2,500	6	812	48.72	10	3.95
3,000	7	844	46.72	10	8.30
4,000	8	928	42.43	11	10.38

สาขาวิจัยสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร (2524) ทำการทดลองหาแนวทางการกำจัดน้ำกากส่าจากโรงงานสุราที่เหมาะสมในประเทศไทย โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ขั้นตอน และน้ำกากส่าที่ใช้ในการทดลองมีคุณลักษณะดังแสดงในตารางที่ 8

008809

ตารางที่ 8 คุณลักษณะน้ำกากส่าที่ใช้ในการทดลอง (สาขาวิจัยสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร, 2524)

คุณลักษณะ	ค่าเฉลี่ย
ความเป็นกรดเป็นด่าง	4.3
ซี.ไอ.ดี. มิลลิกรัม/ลิตร	103,147
บี.ไอ.ดี. มิลลิกรัม/ลิตร	34,184
สารแขวนลอย มิลลิกรัม/ลิตร	14,184
ของแข็งทั้งหมด มิลลิกรัม/ลิตร	104,218
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด มิลลิกรัม/ลิตร	1,700
ฟอสฟอรัส มิลลิกรัม/ลิตร	118
โปแตสเซียม มิลลิกรัม/ลิตร	5,506
โซเดียม (Na) มิลลิกรัม/ลิตร	120
แคลเซียม (Ca) มิลลิกรัม/ลิตร	1,682
ซัลเฟต ($SO_4^{=}$) มิลลิกรัม/ลิตร	4,435
สีน้ำตาลเข้ม	มาก

ระบบการกำจัดขั้นที่ 1 เป็นการทดลองกำจัดน้ำกากส่าโดยใช้ระบบไร้อากาศ โดยเลี้ยงตะกอนในสภาพไร้อากาศ (anaerobic activated sludge) จากผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพในการลดระดับ ซี.ไอ.ดี.และ บี.ไอ.ดี. เฉลี่ย 80 เปอร์เซนต์ และ 70 เปอร์-เซนต์ ตามลำดับ และยังมีแก๊สมีเทนเกิดขึ้นอีกด้วย

ระบบการกำจัดขั้นที่ 2 เป็นการทดลองกำจัดน้ำกากส่าต่อจากระบบการกำจัดขั้นที่ 1 โดยระบบให้อากาศ (การให้อากาศเลี้ยงตะกอนหรือไบโอ-ดีส (bio-disc)) เพื่อลดค่า ซี.ไอ.ดี. และ บี.ไอ.ดี. ให้ต่ำลงอีก ผลการทดลองพบว่า ระบบการให้อากาศเลี้ยงตะกอนจะมีประสิทธิ-ภาพดีต่อเมื่อ ซี.ไอ.ดี. น้ำกากส่าอยู่ในช่วง 6 ถึง 8 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยสามารถลดระดับของ ซี.ไอ.ดี. ได้ 40 ถึง 50 เปอร์เซนต์ และระดับของ บี.ไอ.ดี. 85 ถึง 90 เปอร์เซนต์ ดังนั้นจึงต้องทำการเจือจางน้ำกากส่าที่ออกจากระบบกำจัดขั้นที่ 1 อย่างน้อย 2 เท่า

ส่วนระบบไบโอ-ดีส อัตราการเจือจางน้ำกากส่าที่เหมาะสมเท่ากับ 15 เท่า ซี.โอ.ดี. ที่เข้าระบบมีค่าเฉลี่ย 3,500 มิลลิกรัม/ลิตร ระบบนี้มีประสิทธิภาพในการลดระดับ ซี.โอ.ดี. และ บี.โอ.ดี. ได้เฉลี่ย 35 เปอร์เซนต์ และ 85 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ

ระบบการกำจัดขั้นที่ 3 เป็นวิธีการทางเคมี ในการตกตะกอนสีน้ำกากส่าด้วยสารเคมี โดยทดลองใช้สารเคมีชนิดต่าง ๆ เช่น สารส้ม ปูนขาว และเฟอร์ริคคลอไรด์ ($FeCl_3$) ผลการทดลองพบว่า สารเคมีที่เหมาะสมที่สุด คือ สารส้ม รองลงมาคือ เฟอร์ริคคลอไรด์ และปูนขาว ปริมาณสารส้มที่พอเหมาะในการตกตะกอนสีน้ำกากส่า คือ 5 กิโลกรัม ต่อน้ำกากส่าที่ผ่านระบบกำจัดขั้นที่ 2 1 ลูกบาศก์เมตร หรือ 35 กิโลกรัม ต่อน้ำกากส่าสด 1 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งคิดค่าใช้จ่ายแล้วจะตกประมาณ 197 บาทต่อน้ำกากส่าสด 1 ลูกบาศก์เมตร ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 สรุปข้อมูลการกำจัดสีน้ำกากส่าด้วยการตกตะกอนทางเคมี (chemical coagulation) (สาขาวิจัยสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร, 2524)

ข้อมูล	รายละเอียด		
	สารส้ม	เฟอร์ริคคลอไรด์	ปูนขาว
คุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ใช้ทดลอง			
ซี.โอ.ดี. มิลลิกรัม/ลิตร	3,120	3,120	3,120
บี.โอ.ดี. มิลลิกรัม/ลิตร	230	230	230
สารที่แขวนลอย มิลลิกรัม/ลิตร	138	130	130
ความเป็นกรดเป็นด่าง	8.2	8.2	8.2
ราคาสารเคมี บาท/กิโลกรัม	4.13	34	1
ปริมาณสารเคมีที่พอเหมาะ			
กิโลกรัม/น้ำทิ้ง 1 ลูกบาศก์เมตร	5	27	33
กิโลกรัม/กิโลกรัมของ ซี.โอ.ดี.	1.60	0.85	10.7
คุณสมบัติน้ำใส			
ซี.โอ.ดี. มิลลิกรัม/ลิตร	917	864	992
บี.โอ.ดี. มิลลิกรัม/ลิตร	155	145	152

ตารางที่ 9 (ต่อ)

ข้อมูล	รายละเอียด		
	สารส้ม	เฟอร์ริคคลอไรด์	ปูนขาว
สารที่แขวนลอย มิลลิกรัม/ลิตร	147	122	86
ความเป็นกรดเป็นด่าง	4.2	4.0	13
สีน้ำใสสุดท้าย	ใสมาก	ใสมาก	ขุ่นเล็กน้อย
ประสิทธิภาพในการกำจัด			
บี.โอ.ดี. (%)	70.61	72.31	68.21
ซี.โอ.ดี. (%)	32.61	36.96	31.30
การปรับความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 7- หลังการตกตะกอน			
ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	0.40	0.12	-
ปริมาณกรดซัลฟูริค กิโลกรัม/ ลูกบาศก์เมตร	-	-	2
การจมตัวของตะกอน	ปานกลางแต่มีบางส่วนลอย	ช้ามาก	เร็ว
ข้อเสียของแต่ละวิธี	ตะกอนบางส่วนลอย	ตะกอนจมตัวช้ามาก	น้ำทิ้งมีสีขุ่นขาว
ค่าใช้จ่ายในการกำจัดสีน้ำทิ้ง บาท/ลูกบาศก์เมตร			
ค่าสารเคมีในการตกตะกอน	21	92	33
ค่าใช้จ่ายในการปรับความเป็นกรดเป็นด่าง	7.2	2.16	16
รวม	28.2	94.16	49

ตารางที่ 9 (ต่อ)

ข้อมูล	รายละเอียด		
	สารส้ม	เฟอร์ริคคลอไรด์	ปูนขาว
ค่าใช้จ่ายในการกำจัดสีน้ำกากส่าสด บาท/ลูกบาศก์เมตร	197.4	695.4	343
หมายเหตุ 1. ไซเดียมไฮดรอกไซด์ 19 บาท/กิโลกรัม 2. กรดซัลฟูริค 8 บาท/กิโลกรัม			

ระบบการกำจัดน้ำกากส่า ส่วนใหญ่อาศัยวิธีการทางชีววิทยาในการปรับคุณภาพของน้ำกากส่าให้ดีขึ้น ซึ่งอาจจะใช้ระบบการกำจัดด้วยวิธีไร้อากาศและให้อากาศ โดยระบบการกำจัดดังกล่าวเป็นเพียงการลดระดับของ ซี.โอ.ดี. และ บี.โอ.ดี. ให้ต่ำลงจนอยู่ในระดับที่ไม่เป็นปัญหาเกี่ยวกับมลพิษ เมื่อทิ้งลงในแหล่งน้ำ แต่ไม่สามารถลดความเข้มของสีน้ำกากส่าได้ (Tozawa และคณะ, 1979) ดังนั้น น้ำกากส่าดังกล่าวจึงต้องผ่านการกำจัดสีน้ำกากส่าอีกขั้นตอนหนึ่งก่อนจะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ ซึ่งในปัจจุบันได้อาศัยวิธีการทางเคมี ตกตะกอนสีน้ำกากส่า แต่ผลที่ได้ยังไม่เป็นที่น่าพอใจ ตลอดจนต้องใช้ค่าใช้จ่ายสูงมาก เช่น กรณีการใช้สารส้มในการตกตะกอนน้ำกากส่า ต้องใช้ค่าใช้จ่ายสูงถึง 197.4 บาท/น้ำกากส่า 1 ลูกบาศก์เมตร (Chuang และ Lai, 1978, สาขาวิจัยสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร, 2524) ดังนั้นจึงมีผู้สนใจที่จะหาวิธีการทางชีววิทยาในการลดความเข้มของสีน้ำกากส่าโดยพยายามคัดเลือก จุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการฟอกสีน้ำกากส่าได้

Ueda (1983) ได้ทำการทดลองคัดเลือกจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการฟอกสีน้ำกากส่า และได้พบจุลินทรีย์หลายชนิดที่สามารถฟอกสีน้ำกากส่าได้ เช่น เชื้อเห็ดบางชนิด และแบคทีเรียบางชนิด เชื้อเห็ดมีหลายสายพันธุ์ที่มีความสามารถในการฟอกสีน้ำกากส่าได้ดี เช่น Coriolus versicolor และ Fumitopsis cytosina ส่วนแบคทีเรียที่พบ มักมีความสามารถในการฟอกสีน้ำกากส่านั้น มักจะพบมีความสามารถในการย่อยสลายวุ้นได้ด้วย

Tozawa และคณะ (1979) ศึกษาถึงการใช้จุลินทรีย์ในการฟอกสีน้ำกากส่า พบว่ามีเชื้อเห็ดหลายสายพันธุ์ เชื้อราที่มีการสืบพันธุ์โดยไม่อาศัยเพศสายพันธุ์หนึ่ง และบักเตรี 2-3 สายพันธุ์ สามารถฟอกสีน้ำกากส่าได้ โดยมีเชื้อเห็ดสายพันธุ์หนึ่งสามารถฟอกสีน้ำกากส่า จากสีน้ำตาลเข้มเป็นสีเหลืองอ่อน ๆ ในระยะเวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซนติเกรด โดยเชื้อเห็ดนี้จะเจริญเติบโตได้ดีในน้ำกากส่าที่มีน้ำตาลกลูโคสเป็นองค์ประกอบ และมีความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 6 โดยสามารถทำให้สีของน้ำกากส่าจางลงเมื่อกลูโคสถูกใช้หมด การฟอกสีส่วนใหญ่เกิดขึ้นในเส้นใย ทั้งนี้เนื่องจากอาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้กรองเอาเส้นใยออกแล้ว จะมีกิจกรรมการฟอกสีน้ำกากส่าเพียงเล็กน้อยเท่านั้น สำหรับแบคทีเรีย เมื่อนำมาเลี้ยงบนอาหารน้ำกากส่าที่เป็นอาหารแข็งจะเกิดบริเวณไม่มีสีรอบ ๆ โคโลนี (colony) และขณะเดียวกันวุ้นจะถูกย่อยให้เหลวตามไปด้วย แต่เมื่อเลี้ยงบักเตรีดังกล่าวบนอาหารเลี้ยงเชื้อบักเตรีทั่วไป (nutrient agar) จะไม่แสดงคุณสมบัติในการย่อยสลายวุ้น และการฟอกสีน้ำกากส่า แสดงว่ากิจกรรมการฟอกสีจะเกิดขึ้นได้ดีต้องมีสารซึ่งเป็นตัวทำให้เกิดสีในน้ำกากส่าเป็นตัวกระตุ้น

Watanabe และคณะ (1982) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของเอ็นไซม์ที่แยกได้จากเชื้อเห็ดสายพันธุ์ Coriolus sp. No.20 ที่มีความสามารถในการฟอกสีกากน้ำตาลโดยได้ทำการสังเคราะห์สีกากน้ำตาลจากการต้มกลั่น สารละลายผสมระหว่างน้ำตาลกลูโคส 1 โมลาร์ กับ กลูตาเมต 1 โมลาร์ ปรับความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 9 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 นอร์มอล นาน 2 ชั่วโมง นำสารละลายสีน้ำตาลเข้มที่ได้มา ไดอะไลซ์ (dialyze) ด้วยน้ำประปานาน 2 วัน และน้ำขจัดไอออน (deionized water) นาน 1 วัน แล้วจึงนำมาทำเป็นผงด้วยวิธีแห้งแข็ง (lyophilization) การทดลองพบว่า ถ้าเลี้ยงเชื้อเห็ดสายพันธุ์ดังกล่าวในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ประกอบด้วย แอมโมเนียมซัลเฟต ($(NH_4)_2SO_4$) 1.5 กรัม โปแตสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) 10 กรัม และ แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4$) 0.5 กรัม ในสารละลายสีกากน้ำตาล (น้ำหนักแห้งเท่ากับ 3.6%) 1,000 มิลลิลิตร ความเป็นกรดเป็นด่าง 6.4 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซนติเกรด นาน 2 อาทิตย์ สามารถฟอกสีกากน้ำตาลได้ถึง 77 เปอร์เซนต์ และเอ็นไซม์ที่ทำหน้าที่ฟอกสีกากน้ำตาล คือ ซอร์โบสออกซิเดส (sorbose oxidase) โดยปฏิกริยาของเอ็นไซม์นี้จะไปออกซิไดซ์กลูโคสให้ได้อ๊อกซิเจนอิสระ (active oxygen) และอ๊อกซิเจนอิสระนี้จะไปฟอกสีกากน้ำตาลอีกทีหนึ่ง

Atthasampunna และ Onmomo (1981) รายงานว่าได้คัดเลือกยีสต์ได้ 1 สายพันธุ์จากตัวอย่างดินบริเวณจังหวัดอยุธยา มีความสามารถในการฟอกสีของน้ำกากส่าได้ ถึง 50 เปอร์เซนต์

ในเวลา 2 วัน ที่อุณหภูมิ 38-40 องศาเซนติเกรด โดยยีสต์สายพันธุ์ดังกล่าวต้องการกลูโคส และผงยีสต์สกัด (yeast extract) ในการเจริญเติบโต

สกุณี (2525) ทำการคัดเลือกเชื้อยีสต์ที่มีความสามารถลดความเข้มของสีน้ำกากส่าได้เชื้อยีสต์ 13 สายพันธุ์ที่มีความสามารถลดความเข้มของสีน้ำกากส่าได้โดยเปรียบเทียบกับสายพันธุ์มาตรฐาน Candida utilis ATCC และมีอยู่ 3 สายพันธุ์ คือ Ch 037 Mj 017 และ K011 โดยสามารถลดความเข้มของสีน้ำกากส่าได้ถึง 59.9 52.9 และ 50.2 เปอร์เซนต์ ภายในเวลา 60 36 และ 36 ชั่วโมง ตามลำดับ ในขณะที่สายพันธุ์มาตรฐาน Candida utilis สามารถลดความเข้มของสีน้ำกากส่าได้เพียง 41.1 เปอร์เซนต์ ในเวลา 48 ชั่วโมง ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ความเข้มสีน้ำกากส่าที่ลดลงหลังการเลี้ยงเชื้อยีสต์ที่คัดเลือกได้ (สกุณี, 2524)

ระดับที่	ระหัสเชื้อ	% การลดความเข้มของสีน้ำกากส่าในระยะเวลา (ชั่วโมง)				
		24	36	48	60	72
1	A 20	47.5	41.5	44.8	32.7	36.3
2	Au 007	40.2	43.5	48.4	49.1	50.0
3	Au 029	41.2	45.2	46.5	42.7	41.7
4	Ch 037	46.4	48.5	46.0	59.9	35.7
5	Ch 045	42.1	46.9	44.5	44.2	35.7
6	K 001	42.3	50.2	52.3	40.8	41.0
7	K 008	48.5	49.8	44.6	43.1	43.5
8	K 022	42.5	45.1	47.0	44.2	43.8
9	Mj 017	50.6	52.9	45.5	51.3	36.8
10	Mj 018	44.8	42.4	41.3	45.1	41.0
11	Su 013	47.0	42.2	45.3	44.1	42.5
12	Su 021	48.4	43.4	46.1	44.2	44.3
13	Su 038	44.0	42.8	44.5	46.8	48.9
14	Candida utilis	40.4	39.8	41.0	40.2	38.0

Ito และ Ueda (1983) ได้ทำการทดลองกำจัดสีน้ำกากส่าแบบต่อเนื่องในถังหมัก 2 แบบคือ แบบใช้อากาศในการกวน (aeration columm) และแบบใช้ใบพัดในการกวน โดยเติมเชื้อเห็ดสายพันธุ์ Coriblus versicolor ในรูปเม็ด (pellet form mycelium) เพื่อใช้เป็นเชื้อเริ่มต้นในการฟอกสีน้ำกากส่าในถังหมักที่มีระดับอ๊อกซิเจนละลายอยู่ 1 มิลลิกรัม/ลิตร กลูโคส 0.5 เปอร์เซนต์ ระดับความเข้มของสีน้ำกากส่า 3.5 หน่วย/มิลลิลิตร โดยอาศัยความยาวคลื่นแสงที่ 475 นาโนเมตร ซึ่งปริมาณเชื้อเริ่มต้น เท่ากับ 2 เปอร์เซนต์ ผลการทดลอง พบว่า สามารถลดความเข้มของสีน้ำกากส่าลงเหลือ 0.9 หน่วย/มิลลิลิตร และอัตราเร็วของการฟอกสีน้ำกากส่า เท่ากับ 0.52 หน่วย/มิลลิลิตร/ชั่วโมง

Ueda และ Atthasampunna (1983) ได้ทำการทดลองศึกษาการฟอกสีน้ำกากส่าของไทยและญี่ปุ่นด้วยเชื้อบักเตรี โดยปรับความเข้มของสีน้ำกากส่าทั้ง 2 ให้เท่ากับ 3.5 หน่วย/มิลลิลิตร โดยอาศัยความยาวคลื่นแสงที่ 475 นาโนเมตร ความเป็นกรดเป็นด่าง เท่ากับ 7.5 พบว่าอัตราเร็วของการฟอกสีน้ำกากส่าไทยด้วยบักเตรีสายพันธุ์ดังกล่าวช้ามาก แต่สามารถจะเร่งอัตราเร็วได้โดยการเติมกลูโคสในทางตรงกันข้าม อัตราเร่งของการฟอกสีน้ำกากส่าญี่ปุ่นเกิดขึ้นเร็วมาก และการเติมกลูโคสไม่มีผลต่อการเร่งอัตราการฟอกสีน้ำกากส่า ทั้งนี้เนื่องจากน้ำกากส่าญี่ปุ่นประกอบด้วย น้ำตาลที่ไม่สามารถเกิดปฏิกริยาการหมักได้ ส่วนน้ำกากส่าไทยได้จากโรงงานสุราซึ่งประกอบด้วยสารคาร์โบไฮเดรทที่เกิดจากการปนเปื้อนเข้าไประหว่างการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังพบว่า อัตราเร็วในการฟอกสีน้ำกากส่ายังขึ้นกับอุณหภูมิ อุณหภูมิยิ่งสูง อัตราเร็วในการฟอกสีน้ำกากส่าจะเร็วขึ้นด้วย ดังนั้นอัตราเร็วในการฟอกสีน้ำกากส่าของบักเตรีที่ทนความร้อนได้สูง (thermo-tolearant) จะเร็วกว่าเชื้อบักเตรีที่ทนความร้อนได้ปานกลาง