



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม)

ปริญญา

วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ผลกระทบของเสียงเพลงต่อการใช้สารอาหารของจุลชีพ: กรณีศึกษากลุ่มแบคทีเรียใช้อากาศจาก โรงบำบัดน้ำเสียชุมชน

Effects of Music on Microbial Substrate Utilization: Case Study of Aerobic Bacteria from Municipal Wastewater Treatment Plant

นามผู้วิจัย นางสาวศุภพจี พรพงษ์เมตตา

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์มณฑล จานุดตมวงศ์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์กษราภรณ์ สุวรรณวิทยา, M.Appl.Sc)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์มงคล ดำรงค์ศรี, Dr.Ing.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สืบสันทิ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลกระทบของเสียงเพลงต่อการใช้สารอาหารของจุลชีพ: กรณีศึกษากลุ่มแบคทีเรียใช้อากาศจาก
โรงบำบัดน้ำเสียชุมชน

Effects of Music on Microbial Substrate Utilization: Case Study of Aerobic Bacteria from
Municipal Wastewater Treatment Plant

โดย

นางสาวศุภพวี พรพงษ์เมตตา

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม)

พ.ศ. 2553

ศุภพจี พรพงษ์เมตตา 2553: ผลกระทบของเสียงเพลงต่อการใช้สารอาหารของจุลชีพ:
กรณีศึกษากลุ่มแบคทีเรียใช้อากาศจากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชน ปริญญาวิทยาศาสตร
มหาบัณฑิต (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม) สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรม
สิ่งแวดล้อม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์มณฑล ฐานุตตมวงศ์,
Ph.D. 138 หน้า

จากการศึกษาผลกระทบของเสียงเพลงต่อการใช้สารอาหารของกลุ่มแบคทีเรียใช้อากาศที่
ทำการเก็บตัวอย่างจากโรงบำบัดน้ำเสียรวมมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน โดย
เพลงที่ใช้ในการทดลอง มี 5 เพลง ที่มีท่วงทำนองและจังหวะแตกต่างกัน ได้แก่ เพลง Farewell
เพลง Holy Wars The Punishment Due เพลงพระราชนิพนธ์เพลงรัก เพลงไอ้ละหนอมายเลิฟ และ
ชุดเพลง The four seasons ทำการทดลองโดยใช้ระบบทดลองแบบเบดซ์ แบ่งกลุ่มทดลองเป็น 2
กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุม ไม่ได้รับเสียงเพลง 20 กลุ่ม และกลุ่มทดลอง ได้รับเสียงเพลงตลอด
ระยะเวลาการเดินระบบ 100 กลุ่ม ที่ระดับความดังเสียงเพลง 70-75 เดซิเบล(เอ) ทำการเดินระบบ
เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ผลการศึกษาพบว่า การเปิดเพลงมีผลให้การใช้สารอาหารของจุลชีพดีขึ้นทุกเพลงเมื่อ
เทียบกับไม่เปิดเพลง โดย ชุดเพลง The four seasons เพลงพระราชนิพนธ์เพลงรัก เพลงไอ้ละ
หนอมายเลิฟ เพลง Farewell และเพลง Holy Wars The Punishment Due ช่วยให้อัตรา
การใช้สารอาหารจำเพาะ ที่อ้างอิงกับค่า COD เพิ่มขึ้นร้อยละ 8.20 4.89 4.24 1.20 และ 1.12
ตามลำดับโดยลักษณะเสียงเพลงที่ช่วยให้จุลชีพใช้สารอาหารได้ดี จะต้องมีความหลากหลาย
ของลักษณะคลื่น จังหวะ รวมทั้งความหมายและการสื่ออารมณ์ของเพลง และมีการกระจาย
ความดังและความเบาอย่างเหมาะสมในแต่ละความถี่ ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของแต่ละเพลง

Suppajee Pornpongmetta 2010: Effects of Music on Microbial Substrate Utilization: Case Study of Aerobic Bacteria from Municipal Wastewater Treatment Plant. Master of Engineering (Environmental Engineering), Major Field: Environmental Engineering, Department of Environmental Engineering. Thesis Advisor: Assistant Professor Monthon Thanuttamavong, Ph.D. 138 pages.

This described the effects music on microbial substrate utilization that was case study of Aerobic bacteria from municipal wastewater treatment plant in Kasetsart University. The music was played Ruk music of his Majesty King Bhumipol Adulyadej, Farewell, Holy Wars the Punishment Due, Oh La Nor my love and the Four Seasons in Batch reactor. The experiment was divided into 2 groups, running for 24 hours/cycle in noise proof box. The control group was not influence by music with 20 samples. The sample group which contains 100 samples was tested by continuous playing of music at sound level volume of 70-75 dB(A)

The result that every music songs was able to increase the substrate utilization of Aerobic bacteria compared to the first main group. The increase specific substrate utilization rate referred to %COD removed as the Four Seasons, Ruk music of his Majesty King Bhumipol Adulyadej, Oh La Nor my love, Farewell and Holy Wars the Punishment Due were 8.20, 4.89, 4.24, 1.20 and 1.12, respectively. The pattern of the music which increased highly substrate utilization was various patterns and tempo of music, meaning lyrics, mood of music and separated sound level volume in each frequency that was a specific of each music.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผศ.มณฑล ฐานุตตมวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รศ.ภัชราภรณ์ สุวรรณวิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำแนะนำและกำลังใจที่ดียิ่งตั้งแต่เริ่มต้นดำเนินงาน ตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ และ ผศ.จีมา ศรีลัมพ์ ผศ. วิบูลย์ลักษณ์ พึ่งรัมย์ ประธานการสอบปากเปล่าขั้นสุดท้ายและผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่กรุณาให้คำแนะนำในการแก้ไขวิทยานิพนธ์มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ รศ.มนตรี คำชู อดีตอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและอนุเคราะห์หนังสืออ้างอิงเพื่องานวิจัย คุณปรัชญา จันทร์ศักดิ์ คุณกาญจนา ทวยเวียง และคุณปิยะกาญจน์ บุญสุวรรณ เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ที่กรุณาให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวกเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำวิจัยด้วยดีเสมอมา และเจ้าหน้าที่ประจำโรงบำบัดน้ำเสียรวม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่กรุณาอำนวยความสะดวกเรื่องตะกอนน้ำเสียที่ใช้ในงานวิจัย

ขอขอบคุณ คุณนพรัตน์ พงษ์ชัย คุณณัชพล เหลียวเลขา คุณสุธิดา ที่ปรึกษพันธุ์ คุณสุณิสา สุวรรณพันธ์ คุณตฤณ สุวรรณมานนท์ คุณเกศกัณฐ์ พิรดิษฐ์ คุณจริยา เสกสรรค์ เรืออากาศตรีปัญจวรรณ นัฏพัฒนานันท์ คุณกิริติ กิตติโสภณพงศ์ และคุณพิมลารัชฎาวรรณพงษ์ ตลอดจนพี่ๆ เพื่อนๆ ที่คอยให้ความช่วยเหลือ อนุเคราะห์อุปกรณ์ในการทำวิจัย และให้กำลังใจผู้วิจัยตลอดมา

สุดท้าย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณครอบครัวเหลียวเลขา ครอบครัวพรพงษ์เมตตา และครอบครัวดีมาก ที่ให้การอบรมเลี้ยงดูด้วยความรัก ความอบอุ่น ให้การศึกษาและเป็นกำลังใจที่สำคัญอย่างยิ่ง ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแด่ครอบครัวครูบาอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

ศุภจี พรพงษ์เมตตา

มีนาคม 2553

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(8)
คำนำ	2
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	36
อุปกรณ์	36
วิธีการ	41
ผลและวิจารณ์	50
สรุปและข้อเสนอแนะ	79
สรุป	79
ข้อเสนอแนะ	81
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	83
ภาคผนวก	89
ภาคผนวก ก สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ	90
ภาคผนวก ข เนื้อเพลงที่ใช้ในการทดลอง	92
ภาคผนวก ค การเจริญและการใช้สารอาหารของกลุ่มแบคทีเรียใช้อากาศ	
จากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน	96
ภาคผนวก ง ตัวอย่างการคำนวณค่าจุลศาสตร์ของการทดลอง	123
ภาคผนวก จ ลักษณะคลื่นเสียงของเพลงที่ใช้ในการทดลอง	129
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	138

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงความถี่ของเสียงต่าง ๆ ในช่วงความถี่ 20 ถึง 20,000 Hz	10
2	แสดงค่า Sample Rate มาตรฐาน ของประเภทเสียงต่าง ๆ	12
3	แสดงค่าสัฟท์ ความเร็ว ลักษณะ ความรู้สึกที่บ่งบอกจังหวะเพลง	18
4	แสดงวิธีการทดลองตามมาตรฐานต่าง ๆ	41
5	แสดงระยะเวลาและงานที่ปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนการทดลอง	49
6	แสดงผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ณ เวลาการเลี้ยงที่ 24 ชั่วโมง ของกลุ่มทดลองเทียบกับกลุ่มควบคุม	50
7	แสดงประสิทธิภาพการผลิตมวลชีวภาพ (Growth Yield) ของกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง ที่อ้างอิงกับค่า TOC และ COD	52
8	แสดงลักษณะของคลื่นเสียงของแต่ละเพลงที่ใช้ในการทดลอง	63
9	แสดงจังหวะเพลงที่ใช้ในการทดลอง โดยเครื่อง Metronome	65
10	แสดงการเปรียบเทียบจังหวะเพลงที่ใช้การทดลองเปรียบเทียบกับอัตราการใช้ สารอาหารจำเพาะ อ้างอิงกับค่า COD ที่เพิ่มขึ้นของกลุ่มทดลอง เทียบกับกลุ่มควบคุม	66
 ตารางผนวกที่		
ก1	แสดงองค์ประกอบของอาหารเลี้ยงจุลชีพ	91
ค1	แสดงค่าน้ำหนักแห้ง ค่า TOC และ COD ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง	99
ค2	แสดงประสิทธิภาพการผลิตมวลชีวภาพ (Growth Yield)	100
ค3	แสดงอัตราการโตจำเพาะของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง	100
ค4	แสดงอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง	101
ค5	แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของน้ำหนักแห้งระหว่างกลุ่มควบคุม และ กลุ่มทดลองที่เปิดเพลง Farewell ณ เวลาการบ่มที่ 24 ชั่วโมง	102
ค6	แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของปริมาณสารอาหาร (TOC) ระหว่างกลุ่ม ควบคุมและกลุ่มทดลอง ที่เปิดเพลง Farewell ณ เวลาการบ่มที่ 24 ชั่วโมง	103

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ก7 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของน้ำหนักแห้งระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ที่เปิดเพลง Holy Wars The Punishment Due ณ เวลาการบ่มที่ 24 ชั่วโมง	104
ก8 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของปริมาณสารอาหาร (COD) ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ที่เปิดเพลง Farewell ณ เวลาการบ่มที่ 24 ชั่วโมง	105
ก9 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของปริมาณสารอาหาร (TOC) ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ที่เปิดเพลง Holy Wars The Punishment Due ณ เวลาการบ่มที่ 24 ชั่วโมง	106
ก10 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของปริมาณสารอาหาร (COD) ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ที่เปิดเพลง Holy Wars The Punishment Due ณ เวลาการบ่มที่ 24 ชั่วโมง	107
ก11 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของน้ำหนักแห้งระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ที่เปิดเพลงพระราชนิพนธ์เพลงรัก ณ เวลาการบ่มที่ 24 ชั่วโมง	108
ก12 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของปริมาณสารอาหาร (TOC) ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ที่เปิดเพลงพระราชนิพนธ์เพลงรัก ณ เวลาการบ่มที่ 24 ชั่วโมง	109
ก13 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของปริมาณสารอาหาร (COD) ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ที่เปิดเพลงพระราชนิพนธ์เพลงรัก ณ เวลาการบ่มที่ 24 ชั่วโมง	110
ก14 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของน้ำหนักแห้งระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ที่เปิดเพลงไอ้สะพานอมายเลิฟ ณ เวลาการบ่มที่ 24 ชั่วโมง	111
ก15 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของปริมาณสารอาหาร (TOC) ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ที่เปิดเพลงไอ้สะพานอมายเลิฟ ณ เวลาการบ่มที่ 24 ชั่วโมง	112

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ค16	แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของปริมาณสารอาหาร (COD) ระหว่าง กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ที่เปิดเพลงไอ้สะพานลอยเลิฟ ณ เวลาการบ่ม ที่ 24 ชั่วโมง	113
ค17	แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของน้ำหนักแห้งระหว่างกลุ่มควบคุมและ กลุ่มทดลอง ที่เปิดเพลงชุด The four seasons ณ เวลาการบ่มที่ 24 ชั่วโมง	114
ค18	แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของปริมาณสารอาหาร (TOC) ระหว่าง กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ที่เปิดเพลงชุด The four seasons ณ เวลาการ บ่มที่ 24 ชั่วโมง	115
ค19	แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของปริมาณสารอาหาร (COD) ระหว่าง กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ที่เปิดเพลงชุด The four seasons ณ เวลาการ บ่มที่ 24 ชั่วโมง	116
ค20	แสดงระดับความดังเสียงเฉลี่ย ระดับความดังสูงสุด และระดับความดังต่ำสุด ของเพลงที่ใช้ในการทดลอง	117
ค21	แสดงความดังระดับเสียงแบบแยกความถี่ของเพลง Farewell	118
ค22	แสดงความดังระดับเสียงแบบแยกความถี่ของเพลง Holy Wars The Punishment Due	119
ค23	แสดงความดังระดับเสียงแบบแยกความถี่ของเพลงพระราชินีเพลงรัก	120
ค24	แสดงความดังระดับเสียงแบบแยกความถี่ของเพลง ไอ้สะพานลอยเลิฟ	121
ค25	แสดงความดังระดับเสียงแบบแยกความถี่ของเพลงชุด The four seasons	122

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงอัตราการเจริญของจุลินทรีย์กับระยะเวลา	8
2	แสดงอุปกรณ์วัดระดับเสียง (Sound Level meter)	14
3	เครื่องเมโทรโนม(Metronome)	19
4	แสดงภาพผลึกของน้ำที่ได้รับเสียงเพลง Farewell	26
5	แสดงภาพผลึกของน้ำที่ได้รับเสียงเพลง The four seasons	27
6	แสดงภาพผลึกของน้ำที่ได้รับเสียงเพลง Heavy metal	28
7	แสดงภาพผลึกของน้ำที่ได้รับเสียงเพลง Pop ในประเทศญี่ปุ่น	29
8	แสดงภาพผลึกของน้ำที่ได้รับการแสดงอักษรญี่ปุ่น คำว่า “ความรัก” “ความชื่นชม”	30
9	แสดงภาพผลึกของน้ำที่ได้รับการแสดงอักษรญี่ปุ่น คำว่า “ฉันโกรธแค้นแก จริง ๆ” “ฉันจะฆ่าแก”	31
10	แสดงด้านนอกของกล่องเก็บเสียงที่ใช้ในการทดลอง ฟองน้ำที่บุด้านนอก ของกล่องเป็นชนิดสะท้อนเสียง	36
11	แสดงด้านในของกล่องเก็บเสียงที่ใช้ในการทดลอง ฟองน้ำที่บุด้านในของ กล่องเป็นชนิดดูดซับเสียง	37
12	แสดงวิธีการทดลองโดยรวม	46
13	แสดงวิธีการเตรียมหัวเชื้อและการบ่มเชื้อ	47
14	แสดงอัตราการโตจำเพาะของกลุ่มทดลองเทียบกับกลุ่มควบคุม	54
15	แสดงอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ (TOC) ของกลุ่มทดลองเทียบกับกลุ่ม ควบคุม	54
16	แสดงอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ (COD) ของกลุ่มทดลองเทียบกับกลุ่ม ควบคุม	55

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
17	แสดงคลื่นเสียงเพลงในรอบระยะเวลาเปิดเพลงนาน 40 นาที (ก) เพลง Farewell (ข) เพลง Holy Wars The Punishment Due (ค) เพลงพระราชนิพนธ์เพลงรัก (ง) เพลง โอ้ละหนอมายเลิฟ (จ) เพลง The Four Seasons	60
18	แสดงคลื่นเสียงเพลงในรอบระยะเวลาเปิดเพลงนาน 30 วินาที (ก) เพลง Farewell (ข) เพลง Holy Wars The Punishment Due (ค) เพลงพระราชนิพนธ์เพลงรัก (ง) เพลง โอ้ละหนอมายเลิฟ	62
19	แสดงระดับความดังเสียงเพลงแบบแยกความถี่ของเพลงที่ใช้ในการทดลอง	68
20	แสดงการเปรียบเทียบระดับความดังเสียงเพลงแบบแยกความถี่ของเพลง Holy Wars The Punishment Due และ ชุดเพลง The four seasons	70
21	แสดงการเปรียบเทียบระดับความดังเสียงเพลงแบบแยกความถี่ของเพลง Farewell และ ชุดเพลง The four seasons	71
22	แสดงการเปรียบเทียบระดับความดังเสียงเพลงแบบแยกความถี่ของเพลง Farewell และ ชุดเพลง Holy Wars The Punishment Due	72

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
ก1 กราฟมาตรฐานค่า OD กับน้ำหนักแห้งของจุลชีพ	97
ก2 กราฟมาตรฐานค่า OD กับ TOC	97
ก3 กราฟมาตรฐานค่า TOC กับ COD	98
ก4 กราฟมาตรฐานค่า OD กับ COD	98
จ1 แสดงลักษณะคลื่นเสียงของเพลง Farewell	130
จ2 แสดงลักษณะคลื่นเสียงของเพลง Holy Wars The Punishment Due	130
จ3 แสดงลักษณะคลื่นเสียงของเพลงพระราชนิพนธ์เพลงรัก	131
จ4 แสดงลักษณะคลื่นเสียงของเพลงไอ้ตะหนอมายเลิฟ	131
จ5 แสดงลักษณะคลื่นเสียงของชุดเพลง The four seasons ฤดูใบไม้ผลิ เพลงที่ 1	132
จ6 แสดงลักษณะคลื่นเสียงของชุดเพลง The four seasons ฤดูใบไม้ผลิ เพลงที่ 2	132
จ7 แสดงลักษณะคลื่นเสียงของชุดเพลง The four seasons ฤดูใบไม้ผลิ เพลงที่ 3	133
จ8 แสดงลักษณะคลื่นเสียงของชุดเพลง The four seasons ฤดูร้อน เพลงที่ 4	133
จ9 แสดงลักษณะคลื่นเสียงของชุดเพลง The four seasons ฤดูร้อน เพลงที่ 5	134
จ10 แสดงลักษณะคลื่นเสียงของชุดเพลง The four seasons ฤดูร้อน เพลงที่ 6	134
จ11 แสดงลักษณะคลื่นเสียงของชุดเพลง The four seasons ฤดูใบไม้ร่วง เพลงที่ 7	135
จ12 แสดงลักษณะคลื่นเสียงของชุดเพลง The four seasons ฤดูใบไม้ร่วง เพลงที่ 8	135
จ13 แสดงลักษณะคลื่นเสียงของชุดเพลง The four seasons ฤดูใบไม้ร่วง เพลงที่ 9	136
จ14 แสดงลักษณะคลื่นเสียงของชุดเพลง The four seasons ฤดูหนาว เพลงที่ 10	136
จ15 แสดงลักษณะคลื่นเสียงของชุดเพลง The four seasons ฤดูหนาว เพลงที่ 11	137
จ16 แสดงลักษณะคลื่นเสียงของชุดเพลง The four seasons ฤดูหนาว เพลงที่ 12	137

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

COD	=	ความต้องการออกซิเจนเชิงเคมี (Chemical Oxygen Demand)
dB(A)	=	เดซิเบลเอ
dB(C)	=	เดซิเบลซี
OD	=	ค่าการดูดกลืนแสง (Optical Density)
TOC	=	คาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมด (Total Organic Carbon)
Y	=	ประสิทธิภาพการผลิตมวลชีวภาพ (Growth Yield)

ผลกระทบของเสียงเพลงต่อการใช้สารอาหารของจุลชีพ: กรณีศึกษากลุ่มแบคทีเรียใช้
อากาศจาก โรงบำบัดน้ำเสียชุมชน

Effects of Music on Microbial Substrate Utilization: Case Study of Aerobic
Bacteria from Municipal Wastewater Treatment Plant

คำนำ

ปัจจุบันชุมชนเมืองในประเทศไทยมีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว เนื่องจากจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น พร้อมกันนั้นปริมาณน้ำเสียที่เกิดจากการอุปโภค บริโภค ย่อมมีมากขึ้นด้วยตามลำดับ ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาการเน่าเสียของแม่น้ำ เช่น บริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาซึ่งเป็นแม่น้ำสายหลักของภาคกลาง มีประชากรกว่า 11 ล้านคน อาศัยและประกอบอาชีพหลากหลาย รายรอบลุ่มน้ำ ทั้งอุตสาหกรรม เกษตรกรรม และการทำปศุสัตว์ ทำให้เกิดน้ำเสียประมาณ 141,000 ลูกบาศก์เมตร/วัน คิดเป็นปริมาณความสกปรกในรูปบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand; BOD) ประมาณ 19,900 กิโลกรัมบีโอดี/วัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2552) ระบบบำบัดน้ำเสียจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญในการปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียให้กลายเป็นน้ำที่มีคุณภาพดีสามารถนำมาหมุนเวียนให้เกิดการใช้ประโยชน์ได้ใหม่ นอกจากการดำเนินการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียให้ทำงานได้ตามปกติแล้ว ควรที่จะหาแนวทางในการพัฒนาประสิทธิภาพของระบบบำบัดให้ดียิ่งขึ้นด้วย โดยการปรับปรุงระบบควรเน้นการปรับปรุงที่เรียบง่าย ลงทุนต่ำ และให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นที่คุ้มค่า

จากแนวคิดเพื่อหาแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียชีวภาพนี้ การใช้เสียงเพลงอาจช่วยกระตุ้นการทำงานของจุลชีพได้ และส่งผลให้ระบบบำบัดมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากคลื่นเสียงหรือเพลงนั้นสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของมนุษย์ (กัณฑ์, 2539) และสัตว์ได้ (Unisci, 2001) อีกทั้งสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตของพืชได้ด้วย (Qin, 2003) จุลชีพเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่ง จึงมีความเป็นไปได้ที่เสียงเพลงจะสามารถเพิ่มศักยภาพการทำงานได้เช่นกัน นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่สนับสนุนความเป็นไปได้ของการกระตุ้นการใช้สารอาหารของจุลชีพ คือ งานวิจัยเรื่องผลึกน้ำ ซึ่งพบว่าน้ำเป็นสื่อที่ดีในการรับข้อมูลต่าง ๆ จากแหล่งกำเนิด การเปิดเพลงให้น้ำฟัง จะทำให้ได้ผลึกที่ต่างกันออกไป (Emoto, 2004) ดังนั้นในเซลล์จุลชีพมีน้ำเป็นองค์ประกอบถึง 80%ของเซลล์ (Michael and Gerardi, 2006) เพลงจึงน่าจะส่งผลกระทบผ่านสื่อกลางคือน้ำ ไปยังจุลชีพ

ในการวิจัยนี้ได้ทำการทดลองเสียงจุลชีพระบบเบตซ์ ในสภาวะไม่มีเสียงเพลง 20 กลุ่ม เปรียบเทียบกับสภาวะที่มีเสียงเพลง 100 กลุ่ม คัดเลือกเพลงที่ใช้ทดลอง ซึ่งมีลักษณะและความโดดเด่นต่างกันไป 5 เพลง ทำการเดินระบบการเลี้ยงเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วจึงนำมาวิเคราะห์ค่าทาง จลนศาสตร์ ร่วมกับการวิเคราะห์ลักษณะของเพลง ได้แก่ ลักษณะคลื่นเสียง จังหวะ ระดับความดัง เสียงแบบแยกความถี่ รวมทั้งความหมาย และอารมณ์ของเพลงที่ต้องการสื่อออกมา



วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลกระทบของเสียงเพลงต่ออัตราการใช้สารอาหารจำเพาะของกลุ่มแบคทีเรียใช้อากาศ จากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชน
2. เพื่อศึกษาหาลักษณะเพลงที่มีผลต่อการเพิ่มอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะของกลุ่มแบคทีเรียใช้อากาศ จากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชน ได้แก่ ลักษณะคลื่นเสียง จังหวะ ระดับความดังเสียง แบบแยกความถี่ รวมทั้งความหมาย และอารมณ์ของเพลงที่ต้องการสื่อออกมา

ขอบเขตการวิจัย

1. ระบบทดลองที่ใช้เป็นแบบเบดซ์
2. ศึกษาเกี่ยวกับแบคทีเรียใช้อากาศ จากโรงบำบัดน้ำเสียรวม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ในอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป Nutrient Broth ทำการบ่มเชื้อ ณ อุณหภูมิห้อง
3. กำหนดใช้ปริมาณหัวเชื้อจุลินทรีย์ 3% ของปริมาณอาหารที่เจือลง 20 เท่า เป็นสถานะเริ่มต้นของการทดลอง บ่มในกล่องเก็บเสียง ที่วางบนเครื่องเขย่า ที่มีระดับความแรงในการเขย่า 250 รอบต่อนาที (rpm)
4. พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ การดูดกลืนแสงที่ 470 นาโนเมตร น้ำหนักแห้งของจุลินทรีย์ คาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมด (Total Organic Carbon, TOC) และค่าซีโอดี (COD)
5. เพลงที่ใช้มี 5 เพลง ได้แก่ เพลง Farewell เพลง Holy Wars The Punishment Due เพลง พระราชนิพนธ์เพลงรัก เพลง โอ้ละหนอมายเลิฟ และชุดเพลง The four seasons กำหนดระดับความดังที่ 70 ถึง 75 dB(A) ในรูปสัญญาณเสียงดิจิทัล และ ระบบ stereo
6. ค่าจลนศาสตร์ที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ ประสิทธิภาพการผลิตมวลชีวภาพ (Growth Yield) อัตราการโตจำเพาะ อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ (TOC และ COD)
7. การเดินระบบทดลองทำในกล่องเก็บเสียง ซึ่งด้านในของกล่องบุด้วยวัสดุดูดซับเสียง ด้านนอกบุด้วยวัสดุสะท้อนเสียง ซึ่งอยู่ภายในห้องปฏิบัติการวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม 1 อาคาร 11 ชั้น 1 ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยกล่องเก็บเสียงช่วยบรรเทาเสียงรบกวนจากสถานะแวดล้อมเท่านั้น มิสามารถกันเสียงรบกวนได้ทั้งหมด ดังนั้นสถานะแวดล้อมของระบบทดลอง จึงเป็นไปตามปกติของห้องปฏิบัติการ

การตรวจเอกสาร

จุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียชีวภาพ

จุลชีพที่ทำหน้าที่ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียของระบบบำบัดน้ำเสียชีวภาพสามารถแบ่งได้เป็น 4 กลุ่มใหญ่ ๆ ได้คือ

1. แบคทีเรีย มีลักษณะเป็นจุลชีพเซลล์เดียว ขนาดเล็กมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น มีผนังหุ้มเซลล์ 2 ชั้น ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส พบอยู่ทั่ว ๆ ไปในสิ่งแวดล้อม เป็นจุลชีพที่ทำหน้าที่ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้มากที่สุด ประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยในการเจริญของแบคทีเรียต้องอาศัยปัจจัยต่าง ๆ คือ

1.1 ความต้องการสารอาหาร

แบคทีเรียต้องการอาหารคล้าย ๆ กับสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ คือ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เกลือแร่ วิตามิน และ น้ำ สำหรับเกลือแร่ ได้แก่ เกลือแร่ของธาตุ K Mg Mn Fe P S Na และ Ca เป็นต้น บางธาตุต้องการปริมาณเพียงเล็กน้อย เช่น Co และ Mn ส่วนธาตุคาร์บอนอาจได้จากสารอินทรีย์หรือนินทรีย์แล้วแต่ชนิดของแบคทีเรีย ธาตุไนโตรเจนจากโปรตีนและสารอนินทรีย์ที่มีอนุมูล NO_3 NO_2 NH_3 เป็นต้น

1.2 ความต้องการทางกายภาพ

1.2.1 อุณหภูมิ ในการที่แบคทีเรียจะเจริญได้ดีต้องอยู่ในอุณหภูมิที่เหมาะสม โดยจัดแบคทีเรียได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

ก. ไสโครไฟล์ (Psychrophile) เจริญได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ ประมาณ 15- 20 °c

ข. มีโซไฟล์ (Mesophile) เจริญได้ดีที่อุณหภูมิปานกลาง ประมาณ 20 - 45 °c

ค. เทอร์โมไฟล์ (Thermophile) เจริญได้ดีที่อุณหภูมิสูง ประมาณ 45- 55 °c

1.2.2 แก๊สต่าง ๆ แก๊สที่สำคัญ คือ

ก. ออกซิเจน ซึ่งสามารถแบ่งแบคทีเรียตามความต้องการออกซิเจนได้เป็น 3 พวก คือ

1) แอโรบิกแบคทีเรีย (Aerobe) เจริญได้ดีในที่ที่มีออกซิเจนอิสระ ในการบำบัดน้ำเสียที่อาศัยแบคทีเรียกลุ่มนี้ ต้องทำให้ในระบบมีออกซิเจนมาก ๆ อาจทำได้โดยการกวน การเป่าอากาศลงไป การพ่นเป็นฝอย เป็นต้น

2) แอนแอโรบิกแบคทีเรีย (Anaerobe) เจริญได้ดีในที่ที่ไม่มีออกซิเจน ถ้ามีออกซิเจนอาจตายได้

3) แฟคคูลอเททิฟแบคทีเรีย (Facultative Anaerobe) สามารถเจริญได้ทั้งในที่ที่มีและไม่มีออกซิเจน

ข. แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นแหล่งคาร์บอนที่จำเป็นของพวก Autotroph คือ แบคทีเรียพวกที่สร้างอาหารได้เอง

ค. แก๊สไฮโดรเจน จำเป็นในพวก Hydrogen bacteria และ methane forming bacteria

ง. แก๊สไนโตรเจน จำเป็นในแบคทีเรียที่ไม่สามารถตรึงไนโตรเจนได้

1.2.3 pH การที่แบคทีเรียจะเจริญได้ดีต้องอยู่ในที่มี pH เหมาะสม ส่วนใหญ่เจริญได้ดีในช่วง pH เป็นกลาง คือ 4.5 – 9

1.2.4 ปัจจัยทางฟิสิกส์อื่น ๆ เช่น ความดันออสโมติก พวกที่เจริญในน้ำทะเลต้องการความดันออสโมติกสูง ๆ พวก phototroph ต้องการแสงแดด เป็นต้น

2. รา เป็นจุลชีพที่มีหลายเซลล์ ไม่มี chlorophyll ลักษณะเป็นเส้นใยขาว ๆ ไม่มีผนังกัน และมีนิวเคลียสได้หลายอัน เส้นใยเราเรียก hypha เมื่อรวมกันเป็นกระจุกเรียก mycelium ราบางพวกอาศัยอยู่ในน้ำและส่วนมากมักพบราในที่ที่มีความชื้นสูง ในระบบบำบัดน้ำเสียชีวภาพ รามีบทบาทในการย่อยสลายสารอินทรีย์มากพอสมควร เช่น ในระบบ Trickling filter

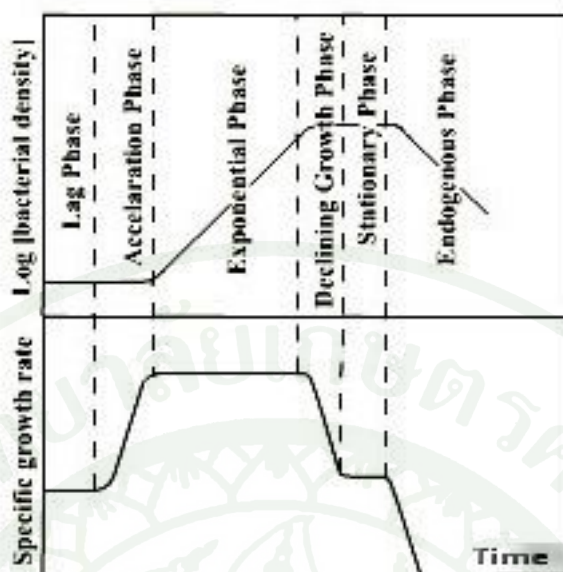
3. สาหร่าย เป็นจุลชีพที่มีเซลล์เดียว มีนิวเคลียส เซลล์ขนาดใหญ่กว่าเซลล์แบคทีเรีย มีคลอโรพลาสต์และรงควัตถุ สาหร่ายมีบทบาทอย่างชัดเจนในระบบบำบัดน้ำเสีย Oxidation pond โดยเกื้อหนุนการทำงานของแบคทีเรีย แต่หากมีปริมาณสาหร่ายมากเกินไปอาจเกิดปัญหาในระบบบำบัดได้

4. โปรโตซัว เป็นจุลชีพเซลล์เดียวมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น มีขนาดเซลล์ใหญ่กว่าแบคทีเรีย เซลล์มักมีรูปร่างคงที่ มีนิวเคลียสเห็นชัดเจน บางชนิดเคลื่อนที่ได้ด้วยตัวเอง ในระบบบำบัดน้ำเสียนั้น โปรโตซัวไม่ค่อยมีบทบาทในการบำบัดมากนัก ส่วนมากทำหน้าที่กินแบคทีเรียที่มีชีวิตและตายแล้ว รวมทั้ง particle ของสารประกอบต่าง ๆ

5. ไวรัส เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กที่สุด ลักษณะเป็นอนุภาคไม่เป็นเซลล์ เรียกว่า Virion ดำรงชีพแบบปรสิต ทำให้เกิดโรคแก่ คน สัตว์ และพืช มีการเพิ่มจำนวนโดยการเจาะเข้าสู่เซลล์ของ host แล้วเพิ่มจำนวนภายใน ในที่สุดเซลล์ host จะแตกปล่อยไวรัสออกมามากมาย ในระบบบำบัดน้ำเสียอาจพบไวรัสบ้างแต่เป็นส่วนน้อยเท่านั้น จะพบไวรัสจำพวก phage คือ ไวรัสที่ทำลายเซลล์ของแบคทีเรีย ซึ่งสามารถช่วยย่อยสลายสารอินทรีย์หรือนินทรีย์ในน้ำเสียได้ (คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537)

อัตราการเจริญของจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียชีวภาพ

เมื่อจุลชีพอยู่ในสภาพแวดล้อมทางกายภาพที่เหมาะสมแล้ว อัตราการเจริญของจุลชีพจะขึ้นกับปริมาณของสารอาหาร โดยสามารถวัดอัตราการเจริญของจุลชีพจากจำนวนหรือน้ำหนักของจุลชีพที่เพิ่มขึ้น ซึ่งอัตราการเจริญนี้จะสัมพันธ์กับระยะเวลา สามารถแบ่งออกเป็นช่วงต่าง ๆ ดังภาพที่ 1 ดังนี้



ภาพที่ 1 แสดงอัตราการเจริญของจุลินทรีย์กับระยะเวลา

ที่มา: Indian Institute of Science (2009)

1. Lag Phase เป็นช่วงที่จุลชีพปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมในระบบบำบัด ซึ่งจะยังไม่มีการเจริญเติบโต
2. Acceleration phase เป็นช่วงที่จุลชีพมีการเจริญ จำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ
3. Exponential phase เป็นช่วงที่จุลชีพเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว แต่ค่าอัตราการเจริญจำเพาะมีค่าคงที่ หรือ เรียกว่า Steady state ซึ่งความหนาแน่นเซลล์และความเข้มข้นของตะกอนคงที่ เป็นช่วงที่สำคัญต่อการบำบัดน้ำเสียในระบบ
4. Declining growth phase เป็นช่วงที่มีจำนวนจุลชีพคงที่ และค่าอัตราการเจริญจำเพาะลดลง เนื่องจากสารอินทรีย์ในน้ำเสียน้อยลง
5. Stationary phase เป็นช่วงที่มีจำนวนจุลชีพคงที่ และค่าอัตราการเจริญเท่ากับอัตราการตาย
6. Endogenous phase เป็นช่วงที่จุลชีพลดจำนวนลงอย่างมาก และค่าอัตราการเจริญจำเพาะติดลบ

เสียง

เสียงเป็นคลื่นชนิดหนึ่งเกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุ ซึ่งมีคุณสมบัติการสะท้อน (Reflection) การหักเห (Refraction) การแทรกสอด (Interference) และการเลี้ยวเบน (Diffraction) การเคลื่อนที่ของเสียง เป็นการถ่ายโอนพลังงาน จากการสั่นของแหล่งกำเนิดผ่านอนุภาคของตัวกลาง จึงจัดว่าเสียงเป็นคลื่นกลตามยาว (Longitudinal Mechanical Wave) ซึ่งคลื่นกลตามยาวนี้สามารถแบ่งได้ตามช่วงความถี่เป็น 3 ช่วง คือ

1. คลื่นได้ยิน (Audible wave) คือ คลื่นเสียง เป็นคลื่นที่อยู่ในช่วงความถี่ 20 เฮิรตซ์ ถึง 20,000 เฮิรตซ์ ที่มนุษย์สามารถรับรู้ได้โดยโสตประสาทปกติ แหล่งต้นทางที่ทำให้คลื่นเสียงในช่วงความถี่ดังกล่าวนี้ เช่น ลำโพงเสียง เครื่องดนตรี และสายเสียง (Vocal cord) ของมนุษย์
2. คลื่นใต้เสียง (Infrasonic wave) เป็นคลื่นกลตามยาวที่มีความถี่ต่ำกว่าความถี่ของคลื่นเสียง เช่น คลื่นแผ่นดินไหว
3. คลื่นเหนือเสียง (Ultrasonic wave) เป็นคลื่นตามยาวที่มีความถี่มากกว่าความถี่ของคลื่นเสียง เช่น คลื่นเนื่องจากการสั่นของผลึกควอตซ์ (quartz crystal) ที่เหนี่ยวนำด้วยสนามไฟฟ้า กระแสสลับ นักหีดความถี่สูงที่ใช้ติดต่อกับสุนัขของตำรวจ (สมพงศ์, 2551)

คุณสมบัติทางกายภาพของเสียง

1. แอมพลิจูด (Amplitude) หรือความสูงคลื่นเสียง แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของความดันเสียง เมื่อเกิดการแผ่กระจายของคลื่นเสียง มีหน่วยเป็นเมตร
2. ความยาวคลื่น (Wavelength) หมายถึงระยะทางที่คลื่นเสียงเดินทางไปครบ 1 รอบ
3. ความถี่ (Frequency) หมายถึงจำนวนรอบของคลื่นเสียงที่เคลื่อนที่ภายใน 1 วินาที มีหน่วยเป็นรอบต่อวินาที หรือ เฮิรตซ์ (Hz) เสียงที่มีความถี่มากจะเป็นเสียงแหลมและเสียงที่มีความถี่น้อยจะเป็นเสียงทุ้ม (สมาร์ทเลิร์นนิ่ง, 2552)

ตารางที่ 1 แสดงความถี่ของเสียงต่าง ๆ ในช่วงความถี่ 20 ถึง 20,000 Hz

ช่วงความถี่ (Hz)	ลักษณะเสียง	ตัวอย่างเสียง
20 – 80	ทุ้มต่ำ (Lower Bass)	เสียงในลำคอ ตัวโน้ตดนตรีเสียงต่ำ ๆ
80 – 200	ทุ้มกลางต่ำ (Upper Bass)	เสียงกีตาร์เบส เสียงเชลโล่ กลองชุด และเสียงตัวโน้ตดนตรีต่ำ ๆ
200 – 500	กลางต่ำ (Lower Midrange)	เสียงของเครื่องเคาะ เช่น บองโก กองก้า
500 – 2,500	กลาง (Middle Midrange)	เสียงร้องเพลง เสียงกีตาร์ ไวโอลิน ทรัมเปต
2,500 – 5,000	กลางสูง (Upper Midrange)	เสียงโน้ตสูง ๆ ของเปียโน เครื่องดนตรีเครื่องสาย
5,000 – 10,000	สูงต่ำ (Lower Treble)	เป็นมิติของเสียงที่มนุษย์รับรู้ได้ เพื่อบอกมิติและทิศทางของเสียง
10,000 – 20,000	สูงมาก (Upper Treble)	เป็นมิติเสียงที่กว้างขึ้น

4. คาบ (Period) หมายถึง ระยะเวลาที่คลื่นเสียงเดินทางครบหนึ่งรอบ มีหน่วยเป็น วินาที เป็นเศษส่วนกลับของความถี่

5. อัตราเร็วเสียง (Speed of Sound) หมายถึง อัตราเร็วในการเคลื่อนที่ของเสียงจากแหล่งกำเนิดในตัวกลางที่เสียงผ่าน มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที อัตราเร็วของเสียงขึ้นกับ ชนิดและความหนาแน่นตัวกลาง และค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น

6. กำลังเสียง (Sound Power) หมายถึง พลังงานเสียงที่เกิดขึ้นที่แหล่งกำเนิดเสียงต่อหน่วยเวลา มีหน่วยเป็นจูลต่อวินาที หรือวัตต์

7. ความเข้มเสียง (Sound Intensity) หมายถึง พลังงานเสียงที่ตกกระทบในแนวตั้งฉากกับพื้นที่ผิวรับเสียงต่อหน่วยพื้นที่ต่อหน่วยเวลา

8. ความดันเสียง (Sound Pressure) คือ ค่าความแตกต่างระหว่างความดันที่จุดใด ๆ เมื่อมีเสียงและไม่มีเสียง มีหน่วยเป็น นิวตันต่อตารางเมตร หรือปาสกาล

9. ระดับและเดซิเบล เนื่องจากการตอบสนองของหูมนุษย์อยู่ในช่วงเสียงที่กว้างมาก จึงต้องกำหนดมาตราที่ใช้วัดและการคำนวณของเสียงเป็นระดับ ในรูปของสเกล Logarithmic โดยใช้หลักการเปรียบเทียบอัตราส่วน (Ratio) ของปริมาณที่กล่าวถึงกับปริมาณอ้างอิง (Reference quantity) จึงไม่มีหน่วย ดังนั้นจำเป็นต้องนิยามหน่วยที่ใช้วัดและคำนวณเกี่ยวกับเสียงเป็น เบล (Bel) และเพื่อให้สอดคล้องกับระดับเสียงที่ตอบสนองกับหูมนุษย์จึงใช้หน่วยย่อยในระดับเดซิ (10^{-1}) เป็นหน่วย เดซิเบล (dB) (ปราโมช, 2551)

เสียงสัญญาณอนาล็อก (Analog Audio) และสัญญาณดิจิทัล (Digital Audio)

สัญญาณเสียง Analog คือ เสียงทุกประเภทที่ไม่ได้จัดเก็บหรือสร้างขึ้นในรูปแบบสัญญาณ Digital เป็นสัญญาณประเภทต่อเนื่อง แต่ละคลื่นเสียงจะมีความถี่และความเข้มของสัญญาณแตกต่างกัน จึงทำให้เกิดเสียงต่าง ๆ กันไป เช่น การบันทึกเสียงลงในเทปคาสเซตต์ สัญญาณเสียงจะถูกบันทึกแบบสัญญาณ Analog โดยการแปลงคลื่นเสียงในอากาศให้เปลี่ยนเป็นคลื่นไฟฟ้า แล้วจึงบันทึกไว้ในรูปสัญญาณแม่เหล็ก ข้อดีของเสียง Analog คือ มีคุณภาพสูง มีความใกล้เคียงกับเสียงต้นฉบับมาก ข้อเสีย คือ ระยะเวลาการเก็บรักษาเสียงในรูปแบบ Analog มีอายุการเก็บสั้น เมื่อเวลาผ่านไป คุณภาพเสียงที่ได้รับการบันทึกไว้จะมีคุณภาพแย่ลง และการมีเสียงรบกวน (Noise) อยู่มาก การคัดลอกเสียงในรูปแบบ Analog ซ้ำ ๆ หรือ การถ่ายโอนเสียงจากอุปกรณ์หนึ่งไปยังอีกอุปกรณ์ จะทำให้เกิด Noise สะสมเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ

สัญญาณเสียง Digital คือ เสียงที่จัดเก็บหรือสร้างขึ้นโดยใช้สัญญาณ Digital เป็นสัญญาณประเภทไม่ต่อเนื่อง เกิดจากการสุ่มเก็บตัวอย่าง (Sampling) คลื่นเสียง ณ จุดต่าง ๆ มาเก็บไว้ และแปลงลักษณะเสียงให้อยู่ในรูป Digital แทนค่าด้วยเลข 0 และ 1 ในระบบเลขฐานสอง เสียงสัญญาณ Digital มีคุณภาพน้อยกว่าเสียงต้นฉบับ ขึ้นกับการกำหนดคุณภาพเสียงของผู้ใช้ แต่ข้อดีของเสียงสัญญาณ Digital คือ ใช้งานง่าย สะดวกในการส่งต่อไฟล์เสียง และไม่มี Noise ดังนั้นการคัดลอกไฟล์เสียงจะมีคุณภาพเสียงเท่ากับเสียงที่ถูกคัดลอกจากไฟล์ต้นฉบับครั้งแรกเสมอ เสียงที่ถูกเก็บในรูปแบบสัญญาณ Digital เช่น ซีดีเพลง และโปรแกรมตัดต่อเพลงหรือทำเพลงทางคอมพิวเตอร์

ส่วนใหญ่จะใช้กับไฟล์เสียงที่อยู่ในรูปสัญญาณ Digital โปรแกรม Adobe Audition ที่ใช้งานวิจัยนี้ ก็เช่นกัน ถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้ทำงานกับไฟล์เสียงที่เป็นสัญญาณ Digital

การสุ่มถี่หรือการสุ่มห่าง (Sample Rate)

ในการบันทึกเสียงในรูปสัญญาณ Digital จะถูกบันทึกแบบสุ่มจับคลื่นเสียงมาเก็บไว้ในรูปของเลขฐานสองหรือระบบ Digital จำนวนการสุ่มจับหน้าคลื่น (Wave form) ตามแนวขวางใน 1 วินาที เรียกว่า Sample Rate มีหน่วยเป็น เฮิรตซ์ (Hz) หรือ กิโลเฮิรตซ์ (kHz) เช่น ไฟล์เสียงมี Sample Rate เท่ากับ 8 kHz หมายถึง ใน 1 วินาที จะมีการสุ่มตรวจจับคลื่นเสียงจำนวน 8,000 ครั้ง ดังนั้นหากมี Sample Rate สูงมากขึ้นจะทำให้คุณภาพของไฟล์เสียงมีคุณภาพสูงขึ้นตามไปด้วย

ตารางที่ 2 แสดงค่า Sample Rate มาตรฐาน ของประเภทเสียงต่าง ๆ (อุเทน, 2551)

ประเภทเสียง	Sample Rate (kHz)
แผ่นซีดีเพลงธรรมดา (Audio CD)	44.1
เสียงคลื่นวิทยุ FM	32
เสียงคลื่นวิทยุ AM	22
เสียงทางอินเทอร์เน็ต	8

ระดับความลึกของเสียง (Bit Depth)

ระดับความลึกของเสียง (Bit Depth) หมายถึง จำนวนการสุ่มเก็บข้อมูลคลื่นเสียงในแนวตั้ง หรือระดับการเก็บข้อมูลความกว้างของหน้าคลื่น (Amplitude) มีหน่วยเป็น บิต (bit) เช่น ไฟล์เสียงมี Bit depth 16 bit หมายถึง การสุ่มจับคลื่น 1 ครั้ง จะมีการบันทึกข้อมูลเสียงที่แตกต่างกัน 2^{16} หรือ 65,536 ระดับ

ช่องของเสียง (Chanel)

ช่องของเสียง (Chanel) แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ช่องเสียงเดี่ยว (Mono) และ ช่องเสียงคู่ (Stereo) โดยระบบเสียง Mono จะมีมิติ และความไพเราะน้อยกว่าระบบเสียง Stereo เนื่องจากระบบเสียง Stereo เป็นระบบเสียงที่คล้ายกับการฟังเสียงของมนุษย์ ที่มีหูซ้ายและขวา จึงเป็นระบบเสียงที่มีความสมจริงและสอดคล้องกับธรรมชาติการฟังของมนุษย์มาก ลำโพงในระบบ Stereo จึงเป็นลำโพงคู่ ในปัจจุบันเสียงในระบบ Stereo จึงเป็นที่นิยมมากกว่า แต่ระบบเสียง Mono ยังมีการใช้งานอยู่บ้างในงานที่ไม่ต้องคุณภาพเสียงสูงมากนัก เช่น การออกอากาศวิทยุ AM (อุเทน, 2551)

อุปกรณ์วัดระดับเสียง (Sound Level meter)

อุปกรณ์วัดระดับเสียง (Sound Level meter) หรือเครื่องวัดเสียง เป็นอุปกรณ์วัดระดับความดังของเสียง มีส่วนประกอบสำคัญ ได้แก่ ไมโครโฟน แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในตัวเครื่อง และ ส่วนแสดงผล

การวัดระดับเสียงแบบแยกความถี่ แบ่งวงจรการวัดเสียงเป็น 4 ประเภท ได้แก่ วงจรถ่วงน้ำหนักแบบเอ (A – weight in dB(A)) วงจรถ่วงน้ำหนักแบบบี (B – weight in dB(B)) วงจรถ่วงน้ำหนักแบบซี (C – weight in dB(C)) และวงจรถ่วงน้ำหนักแบบดี (D – weight in dB(D)) โดยประเภท A เป็นวงจรถ่วงน้ำหนักใช้แพร่หลายกันมากในงานประเมินอันตรายจากเสียงทั้งทางด้าน สุขศาสตร์อุตสาหกรรมหรืองาน อาชีวอนามัย และงานสิ่งแวดล้อม เนื่องจากถูกพัฒนาหรือสร้างขึ้นมาให้ตอบสนองต่อการได้ยินหรือระดับความดังที่ความถี่ต่าง ๆ ได้ใกล้เคียงกับมนุษย์มากที่สุด สำหรับวงจรถ่วงน้ำหนักประเภท B ปัจจุบันใช้กันน้อยมาก ประเภท C ใช้ในกรณีที่ต้องการผลการวัดเสียงที่ค่อนข้างใกล้เคียงกับเสียงที่เกิดขึ้นจริง และประเภท D มักนิยมใช้ในการประเมินเสียงดังจากเครื่องบิน (ปราโมช, 2551)



ภาพที่ 2 แสดงอุปกรณ์วัดระดับเสียง (Sound Level meter)

ที่มา: Instrulabs (2010)

เพลง (Music)

เพลง หมายถึง เสียงขึ้นลงที่มีระดับเสียง ทำให้เกิดความไพเราะสร้างความเพลิดเพลินให้แก่ผู้ฟัง มีคุณค่าด้านวรรณศิลป์ เพลงนั้นอาจให้ข้อคิดแก่ผู้ฟังในการดำเนินชีวิต การฟังเพลงต่าง ๆ กัน จะทำให้ผู้ฟังเกิดความรู้สึกที่ต่างกันไป เช่น บางเพลงอาจให้ความรู้สึกของอาจ สง่า ผ่าเผย บางเพลงชวนให้เข้มแข็ง ฮึกเหิม บางเพลงชวนให้เคลิบเคลิ้ม หรือเศร้าโศก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผู้ประพันธ์เพลงว่ามีจุดมุ่งหมายที่จะสร้างความรู้สึกรู้สึกต่อผู้ฟังอย่างไร โดยคำว่าเพลงนั้น สามารถใช้แทนคำว่าดนตรีได้ โดยเพลงนั้นมีได้สื่อความหมายถึง เพลงร้อง (Song) เท่านั้น แต่รวมถึงเพลงที่ไม่คำร้องด้วย เช่น เพลงบรรเลง เป็นต้น เสียงที่จัดว่าเป็นเพลง จะประกอบด้วยคุณสมบัติ 6 ประการ ได้แก่

1. ระดับเสียง (Pitch)

ระดับเสียง (Pitch) คือ ระดับความสูง-ต่ำของเสียง ซึ่งระดับเสียงนั้นจะขึ้นอยู่กับความถี่ (Frequency) ของการสั่นสะเทือน เช่น การสั่นสะเทือนเร็ว จะทำให้เกิดเสียงสูง ส่วนการสั่นสะเทือนช้า จะทำให้เกิดเสียงต่ำ ความถี่ของการสั่นสะเทือนจะวัดเป็นรอบ/วินาที (Cycles/second) เช่น เปียโน มีความถี่ของการสั่นสะเทือนเสียงที่สูงที่สุดเท่ากับ 4,186 รอบ/วินาที และความถี่ที่ต่ำที่สุด เท่ากับ 27 รอบ/วินาที นอกจากนี้ขนาดของวัตถุที่เกิดการสั่นสะเทือนก็จะมีผลต่อระดับเสียง โดยวัตถุที่มีขนาดเล็กจะทำให้เกิดเสียงสูงกว่าการสั่นสะเทือนของวัตถุที่มีขนาดใหญ่ เช่น การคิดสายไวโอลินเปล่า ๆ จะพบว่าจะมีเสียงสูงหรือเสียงสูงกว่าการคิดสายดับเบิลเบส เปลา ๆ เนื่องจากสายของไวโอลินมีขนาดเล็กและความยาวน้อยกว่าสายดับเบิลเบส เป็นต้น

2. ความดัง-ค่อย (Dynamics)

ความดัง-ค่อยในทางดนตรีจะมีความสัมพันธ์กับช่วงกว้างของคลื่นเสียง (Amplitude) ในการสั่นสะเทือนที่ทำให้เกิดเสียง หากเป็นช่วงกว้างมากของคลื่นเสียง จะทำให้เกิดเสียงดัง และถ้าเป็นช่วงกว้างน้อย จะทำให้เกิดเสียงค่อย เช่น การคิดสายกีตาร์แรง ๆ เสียงที่ออกมาจะดัง ในทางตรงกันข้าม หากคิดสายกีตาร์เบา ๆ เสียงที่ออกมาจะเบา เป็นต้น ความดัง-ค่อยนี้อาจเรียกว่า ความเข้มเสียงก็ได้ ซึ่งให้ความหมายใกล้เคียงกัน คือ เสียงเบาเสียงดัง และสามารถวัดได้จากความกว้างของคลื่นเสียงเช่นเดียวกับความดัง-ค่อย

3. สีต้นเสียง (Timbre หรือ Tone color)

สีต้นเสียง หมายถึง เสียงที่มาจากแหล่งกำเนิดเสียงต่าง ๆ กัน เช่น เสียงเปียโน เสียงกีตาร์ เสียงลม เป็นต้น สีต้นเสียงที่ต่างกันนั้นจะทำให้คลื่นเสียงมีรูปร่างลักษณะต่างกัน เช่น คลื่นเสียงของไวโอลิน จะมีรูปร่างต่างจากคลื่นเสียงของทรัมเป็ต เป็นต้น โดยความแตกต่างของสีต้นเสียงนี้เกิดจากสื่อดนตรี (Medium) ที่ต่างกัน สื่อดนตรี คือ เครื่องดนตรีหรือเส้นเสียง เครื่องดนตรีต่าง

ชนิดกันจะทำให้เกิดสีสันเสียงต่างกัน เพลงเดียวกันที่บรรเลงโดยเครื่องดนตรีต่างชนิดกันจะทำให้ความรู้สึกต่างกันเพราะสีสันเสียงต่างกัน

สิ่งที่กำหนดสีสันเสียง คือ พาร์เซิล (Partials) ซึ่งเป็นระดับเสียงจำนวนหนึ่งที่ประกอบกันเป็นระดับเสียงที่ได้ยิน โดยจำนวนระดับเสียงของพาร์เซิล ความเข้มเสียงของพาร์เซิล และการกระจายของพาร์เซิลจะเป็นตัวกำหนดสีสันเสียง เสียงที่มีจำนวนพาร์เซิลน้อยจะมีเสียงใส ส่วนเสียงที่จำนวนพาร์เซิลมากจะมีเสียงที่หนักแน่นกว่า เสียงที่ไม่มีจำนวนพาร์เซิลหรือเสียงบริสุทธิ์เกิดได้จากเครื่องดนตรีไฟฟ้า และจะเป็นช่วงเสียงสูงมาก ๆ

4. คุณภาพเสียง (Tone quality)

คุณภาพเสียง หมายถึง เสียงที่มีความถี่น้อย เช่น เสียงโน้ตตัวเดียวกันที่เกิดจากเปียโน 2 ตัว จะมีคุณภาพเสียงไม่เหมือนกันทีเดียว แม้จะมีระดับเสียง ความดัง-ค่อย และสีสันเสียงเหมือนกันทุกประการ การพิจารณาคุณภาพเสียงว่าดีหรือไม่ดีนั้น เป็นเรื่องของความชอบส่วนบุคคล ไม่มีเกณฑ์การตัดสินที่ตายตัว เช่น บางคนชอบเปียโนที่ให้เสียงใส ในขณะที่อีกคนอาจชอบเปียโนที่ให้เสียงทุ้มนุ่ม เป็นต้น

5. ความยาวเสียง (Duration)

ความยาวเสียงเป็นพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับเวลา เสียงแต่ละเสียงที่เกิดขึ้นต้องมีระยะเวลาซึ่งทำให้เกิดเสียงยาวเสียงสั้น โดยไม่ว่าเสียงนั้นจะมีระดับเสียงที่แน่นอนหรือไม่ก็ต้องมีความยาวเข้ามาเกี่ยวข้อง ความยาวเสียงนี้ รวมถึง ความเจ็บของตัวหยุดด้วย เนื่องจากดนตรีเป็นผลของกระบวนการเกิดเสียงสลับกับความเงียบ

องค์ประกอบของเพลง

ทั้งเพลงขับร้องและบรรเลงจะต้องมีองค์ประกอบของเพลง คือ

1. จังหวะ (Rhythm)

จังหวะ หมายถึง อัตราส่วนความสั้นยาวของเสียงระดับต่าง ๆ ของตัวโน้ตที่มีลักษณะแตกต่างกัน ว่ามีลีลาเป็นเสียงสั้นยาวหนักเบาอย่างไร

2. ทำนองเพลง (Melody)

ทำนองเพลง หมายถึง เสียงที่จัดให้เข้ากับจังหวะเป็นระดับสูงหรือต่ำต่อเนื่องกันไปตามการดำเนินของระดับเสียง

3. เสียงประสาน (Harmony)

เสียงประสาน หมายถึง เสียงที่ผู้ประพันธ์ได้วางแนวทางสำหรับประสานเสียงเพื่อสร้างสรรค์และส่งเสริมทำนอง ทำให้เพลงมีความสมบูรณ์มากขึ้น โดยใช้คอร์ดเป็นแนวทางกำกับการประสานเสียง (สมศักดิ์, 2545)

ความเร็วจังหวะเพลง

ความเร็วจังหวะเพลง (Tempo) หมายถึง ความเร็วของบทเพลงต่าง ๆ ที่อัตราความช้าเร็วต่างกันออกไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผู้ประพันธ์เพลงผู้กำหนดว่าจะให้มีความช้าเร็วเท่าไร อาจมีจังหวะเร็วปานกลาง หรือช้าก็ได้ แต่ต้องเคาะจังหวะให้ช่องของจังหวะห่างเท่ากันเสมอ ในทางปฏิบัตินั้น การกำหนดความช้าเร็วของแต่ละคนนั้นไม่เท่ากัน จึงมีผู้ประดิษฐ์เครื่องมือที่ใช้เคาะจังหวะขึ้นมาเรียกว่า “เมโตรโนม” (Metronome) เพื่อให้ใช้วัดว่าความช้าเร็วเท่าใดควรจะเคาะอย่างไร (คมสันต์, 2551) โดยการกำหนดเป็นศัพท์ทางดนตรีดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงคำศัพท์ ความเร็ว ลักษณะ ความรู้สึกที่บ่งบอกจังหวะเพลง

คำศัพท์	ความเร็ว (ครั้ง/นาที)	ลักษณะจังหวะ	ความรู้สึกของจังหวะ
Largo	40 – 60	ช้ามากมาก	เดินช้ามากมาก
Larghetto	61 – 66	ช้ามาก	เดินช้ามาก
Adagio	67 – 76	ช้า	เนิบๆ
Adante	77 – 108	ช้าปานกลาง	เดินแถว
Moderato	109 – 120	ปานกลางไม่ช้าไม่เร็ว	เรื่อยๆ สบายๆ
Allegro	121 – 168	เร็ว	ร่าเริง
Presto	169 – 208	เร็วมาก	คึกคัก

เมโทรโนม

เมโทรโนม (Metronome) คือ เครื่องกำหนดจังหวะโดยใช้การบอกไว้ใน 1 นาที จะมีจังหวะตบกี่ครั้ง โดยจังหวะตบ หมายถึง การเคาะหรือนับจังหวะอย่างสม่ำเสมอที่ปรากฏในเพลงเป็นจังหวะธรรมชาติที่ดำเนินไปเรื่อยๆ คล้ายกับจังหวะการเต้นของหัวใจ (Pulse) ความช้าเร็วนั้นขึ้นกับการกำหนดของผู้ประพันธ์เพลง



ภาพที่ 3 เครื่องเมโตรโนม (Metronome)

ที่มา: Secondhand Saxes (2010)

รูปแบบเพลง

รูปแบบเพลงที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่

1. คีตนิพนธ์ (Composition)

คีตนิพนธ์ หมายถึง เพลงบรรเลงทุกชนิด ไม่มีเนื้อร้อง แบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ

1.1 ซิมโฟนี (Symphony)

ซิมโฟนี หมายถึง เสียงที่รวมกัน เป็นคำที่มาจาก “Sinfonia” เพลงซิมโฟนีจะประกอบด้วย 3 – 4 ท่อน โดยมีการจัดรูปแบบของความเร็ว จังหวะแต่ละท่อนมีความเร็วดังนี้

ท่อนที่ 1 (First Movement) เป็นบทนำของเพลงมักมีความยาวที่สุด มีลักษณะของความลึกซึ้งสลับซับซ้อน ความเร็วจังหวะใช้ลักษณะ Allegro

ท่อนที่ 2 (Second Movement) โดยทั่วไปจะเป็นทำนองที่ช้า ความเร็วจังหวะใช้ ลักษณะ Andante Adagio หรือ Largo

ท่อนที่ 3 (Third Movement) เป็นลีลาที่ไพเราะผ่อนคลายบรรยากาศ ลักษณะของ โครงสร้างมักจะเป็นจังหวะเดินรำมีการซ้ำทวนของทำนองต่าง ๆ มากที่สุด ลักษณะของความเร็ว แบบสนุกสนาน เช่น Allegro Allegretto และ Vivace

ท่อนที่ 4 (Fourth Movement) มักมีท่วงทำนองที่เร็วเร้าใจแบบ Allegro

1.2 คอนแชร์โต (Concerto)

คอนแชร์โต หมายถึง การประชันกันระหว่างเครื่องดนตรีเดี่ยวกับวงออร์เคสตรา คอนแชร์โตเป็นประเภทเพลงที่มี 3 ท่อน

ท่อนที่ 1 (First Movement) เป็นบทนำของเพลง ความเร็วจังหวะใช้ในลักษณะเร็ว แบบ Allegro

ท่อนที่ 2 (Second Movement) โดยทั่วไปเป็นทำนองที่ช้า ใช้ลักษณะจังหวะ Andante Adagio หรือ Largo

ท่อนที่ 3 (Third Movement) ลักษณะของโครงสร้างมักจะเป็นลักษณะของความเร็ว แบบสนุกสนาน เร็ว อาจจะเป็น Allegro Allegretto หรือ Vivace

เครื่องดนตรีที่นิยมนำมาประพันธ์เพื่อบรรเลงเดี่ยวประเภทคอนแชร์โต ได้แก่ เปียโน ไวโอลิน เชลโล่ ฟลูต เป็นต้น

1.3 โซนาตา (Sonata)

โซนาตา หมายถึง เพลงที่บรรเลงโดยเครื่องดนตรีชนิดเดียวหรือสองชนิด แต่เน้น การแสดงออกของเครื่องดนตรีเพียงชนิดเดียว โดยมีเครื่องดนตรีอีกชนิดหนึ่งคลอให้เพลงสมบูรณ์ ขึ้น โซนาตามักมี 3 -4 ท่อน ลักษณะคล้ายกับซิมโฟนีหรือคอนแชร์โต เครื่องดนตรีเดี่ยวที่นิยมใช้ เล่น คือ เปียโน เนื่องจากเปียโนสามารถบรรเลงทั้งแนวทำนองและแนวประสานเสียงได้ในเครื่อง เดี่ยวกัน

2. ป๊อป (pop)

ดนตรีป๊อปเป็นจังหวะของดนตรีแนวใหม่มีความซับซ้อนมากกว่าดนตรีแจ๊ซ เป็นการนำจังหวะละตินอเมริกัน (Latin American) และจังหวะแคริบเบียน (Caribbean) มาใช้ในบทเพลงเพิ่มความสนุกสนานให้แก่ดนตรี จังหวะนี้ได้พัฒนาจากการผสมผสานกันระหว่างจังหวะของชนชาวแอฟริกันกับจังหวะของชนชาวผิวขาว กลายเป็นจังหวะเต้นรำที่ได้รับความนิยมมากในช่วงปี ค.ศ.1920 – 1940 เช่น จังหวะ Samba จังหวะ Rumba จังหวะ Charleston เป็นต้น

3. เฮฟวีเมทัล (Heavy metal)

เฮฟวีเมทัล (Heavy metal) เป็นแนวเพลงร็อกประเภทหนึ่งที่เกิดขึ้นในช่วงปลายทศวรรษที่ 60 และต้นทศวรรษที่ 70 ด้วยรากฐานของดนตรี บลูส์-ร็อก และ ไซเคเดลิกร็อก ลักษณะที่สำคัญ คือ การใช้จังหวะที่หนักหน่วงและแบ่งอัตราส่วนของจังหวะออกเป็นโน้ตเบบี่ต 1 ชั้น (eighth note) จังหวะตกและจังหวะยกสลับกันต่อเนื่องไปทั้งเพลง แทบไม่มีจังหวะซ้ำซ้อน อัตราจังหวะของห้องเพลงเป็นห้องละ 4 จังหวะ เน้นหนักที่จังหวะ 2 และ 4 ของห้องเพลง เนื้อหาของเพลงมีความหลากหลาย โดยมีการกล่าวถึง ความรัก การเมือง ปัญหาสังคม หรือการต่อต้านสงคราม เครื่องดนตรีที่ใช้มักเป็นเครื่องดนตรีไฟฟ้า เช่น กลอง กีตาร์ไฟฟ้า เป็นต้น ลักษณะที่โดดเด่น คือ มีการโซโล่กีตาร์ที่รวดเร็ว

ความสัมพันธ์ของเพลงกับสิ่งมีชีวิต

1. ความสัมพันธ์ของเพลงกับมนุษย์

มนุษย์มีความเกี่ยวข้องกับเพลงมาตั้งแต่ยุคก่อนประวัติศาสตร์ การตีเกราะเคาะไม้ถือว่าเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาเป็นบทเพลง เมื่อฟังเพลงจะทำให้เกิดอารมณ์ความรู้สึกร่วมไปกับเพลง เช่น เพลงสวดมนต์ในโบสถ์ก่อให้เกิดความรู้สึกสงบก่อให้เกิดความเลื่อมใสศรัทธา หรือบางคนเมื่อฟังเพลงจังหวะสนุกสนานจะลุกขึ้นมาเต้นร่วมไปกับเพลง สิ่งเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าเพลงสามารถกำหนดอารมณ์ ความรู้สึก และพฤติกรรมของมนุษย์ได้ ในปัจจุบันมีการนำเพลงมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในหลายแง่มุมมากขึ้น เช่น การใช้เสียงเพลงในการบำบัดโรค หรือ เรียกว่า ดนตรีบำบัด

นักวิจัยของหลายประเทศได้มีการศึกษาการใช้ดนตรีในการบำบัดโรคกันอย่างกว้างขวาง และตีพิมพ์ผลงานออกมามากมาย จากผลการวิจัยต่าง ๆ แสดงให้เห็นว่ามนุษย์มีความสามารถในการฟังและตอบสนองต่อเสียงดนตรี โดยการทำงานของสมองซีกขวา แม้คนที่มีความสามารถในการฟังและตอบสนองต่อเสียงดนตรี โดยการทำงานของสมองซีกขวา แม้คนที่มีความสามารถในการฟังและตอบสนองต่อเสียงดนตรี โดยการทำงานของสมองซีกขวา แม้คนที่มีความสามารถในการฟังและตอบสนองต่อเสียงดนตรี โดยการทำงานของสมองซีกขวา

ความผิดปกติของสมองจะมีการตอบสนองเช่นกัน แต่แตกต่างไปจากคนปกติ เมื่อศึกษาถึงลงไปถึงโครงสร้างของสมองพบว่า บริเวณเยื่อหุ้มสมองที่ใกล้ชิดกับระบบสั่งการของสมองจะมีการขยายตัวอย่างชัดเจน เมื่อได้รับเสียงดนตรีที่ดังมากๆ นอกจากนี้เสียงเพลงจะมีผลทำให้ระดับฮอร์โมนต่าง ๆ ในร่างกายเปลี่ยนแปลง เช่น คอร์ติซอล ฮอร์โมนที่ทำหน้าที่ให้ร่างกายตื่นตัวและเครียด เทสโทสเตอโรน ทำให้เกิดความรู้สึกก้าวร้าวและตื่นตัว เป็นต้น

ในปี พ.ศ.2490 – 2492 มีการเปิดสอนสาขาดนตรีบำบัดในระดับปริญญาเป็นครั้งแรกของโลก ณ มหาวิทยาลัยแห่งมลรัฐมิชิแกน ประเทศสหรัฐอเมริกา และมีการก่อตั้งสมาคมดนตรีบำบัดแห่งสหรัฐอเมริกาขึ้นในปี พ.ศ.2541 นับเป็นความก้าวหน้าของการใช้ดนตรีในการบำบัดโรค เครื่องดนตรีที่มักนำมาใช้ในการบำบัดโรค ได้แก่ กีตาร์ ไวโอลิน เชลโล่ คีบอร์ด ขลุ่ย และเสียงที่ใช้ในการร้องเพลง ซึ่งเทคนิคการบำบัดนั้นมีหลายรูปแบบ เช่น บำบัดโดยการร่วมแต่งเพลง บำบัดโดยการร้องเพลงและแลกเปลี่ยนความคิดเห็น การบำบัดโดยการสร้างมโนภาพไปกับเสียงดนตรี เป็นต้น

ประโยชน์ของการใช้ดนตรีบำบัดผู้ป่วย ได้แก่ การช่วยลดความเครียดของผู้ป่วย การให้ผู้ป่วยฟังเพลงขณะได้รับการรักษา เช่น ในผู้ป่วยมะเร็งขณะที่ทำการปลูกถ่ายไขกระดูกนั้น เมื่อให้ผู้ป่วยฟังเพลงไปด้วย จะช่วยลดอาการเจ็บปวดและคลื่นไส้อาเจียนลงได้ และช่วยควบคุมให้ระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายทำงานอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น การฟื้นตัวของผู้ป่วยจึงเร็วขึ้น หรือในผู้ป่วยโรคพาร์คินสัน ที่มีอาการสั่นกระตุก การเคลื่อนไหวร่างกายติดขัด การฟังเพลงจะช่วยให้ผู้ป่วยสามารถเคลื่อนไหวร่างกายได้ดีขึ้น สำหรับประเทศไทยเริ่มมีการใช้ดนตรีบำบัดตั้งแต่ปี พ.ศ.2545 ภายในโรงพยาบาลเอกชน โดยใช้ดนตรีบำบัดโรคออทิสติกในเด็กเล็ก (update, 2547)

นอกจากการใช้ประโยชน์ของเสียงเพลงในการบำบัดโรคแล้ว ยังมีการใช้เพลงในการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของคนในภาวะปกติด้วย เช่น งานวิจัยในหัวข้อ อิทธิพลของเสียงดนตรีที่มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตในงานปั้นด้วย ในการทดลองนั้นได้แบ่งกลุ่มพนักงานเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ฟังเพลงขณะทำการปั้นด้วยไปด้วย และอีกกลุ่มไม่ได้ฟังเพลง พบว่าเสียงเพลงนั้นทำให้พนักงานเกิดความเพลิดเพลิน รู้สึกสบายใจ ไม่หงุดหงิด ทำให้พนักงานปฏิบัติงาน ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 ความพึงพอใจในการทำงานมีความสัมพันธ์กับผลผลิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 เช่นกัน และประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานที่ฟังเพลงและไม่ฟังเพลงขณะปฏิบัติงานมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (กันท์, 2539)

2. ความสัมพันธ์ของเพลงกับสัตว์

สำหรับสัตว์นั้นในธรรมชาติมีมากมายหลายชนิด มีเกณฑ์การแบ่งที่หลากหลาย เช่น การแบ่งโดยใช้กระดูกสันหลังเป็นเกณฑ์ การแบ่งโดยอาศัยแหล่งที่อยู่ของสัตว์เป็นเกณฑ์ หรือการแบ่งตามหลักการทางชีววิทยาเป็น phylum ต่าง ๆ เป็นต้น การพัฒนาการของสัตว์แต่ละชนิดมีความแตกต่างกันไป บางชนิดมีการพัฒนาการใกล้เคียงกับมนุษย์มาก เช่น ลิง ซึ่งถือว่าเป็นระดับการพัฒนาการก่อนการเป็นมนุษย์ หรือพวกสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เช่น สุนัข แมว วัว จนกระทั่งไปถึงสัตว์น้ำ เช่น กุ้ง หอย ปลา จะมีการพัฒนาการรับทางประสาทสัมผัสทางการรับรู้เสียงที่ต่างกันไป และก่อให้เกิดพฤติกรรมสัตว์ที่ต่างไปด้วย เช่น การเห่าของสุนัขเมื่อได้ยินเสียงที่ไม่คุ้นเคย การเปลี่ยนพฤติกรรมการอยู่อาศัยและการสืบพันธุ์ของสัตว์น้ำบริเวณเส้นทางเดินเรือที่มีระดับเสียงดัง การปล่อยคลื่นเสียงอัลตราโซนิกทำให้วาฬว่ายหลงทิศ และว่ายเข้ามาเกยชายฝั่ง (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2548) สิ่งเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าในสัตว์นั้นมีการรับรู้และแยกแยะเสียงได้

การใช้เสียงเพลงกับการเลี้ยงสัตว์ โดยทั่วไปจะมุ่งศึกษาผลของการเปิดเพลงให้สัตว์เศรษฐกิจฟัง เพราะเพลงจะมีผลต่ออารมณ์และพฤติกรรมของสัตว์ในเชิงการเพิ่มผลผลิตให้มากขึ้น เช่น การเปิดเพลงให้ไก่ไข่ฟัง พบว่า ไก่จะออกไข่ได้มากกว่าปกติ หรือ การเปิดเพลงในฟาร์มเลี้ยงวัวนม วัวจะให้ปริมาณน้ำนมออกมากกว่าในสภาวะที่ไม่มีเสียงเพลง (Unisci, 2001) เป็นต้น

3. ความสัมพันธ์ของเพลงกับพืช

พืชเป็นสิ่งมีชีวิตที่ไม่มีอวัยวะรับเสียงโดยตรง แต่จากการวิจัยต่าง ๆ พบว่าเสียงมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช มีการวิจัยและศึกษาเรื่องการให้เสียงเพลงขณะการปลูกพืชมากมาย และส่วนใหญ่ให้ผลสรุปออกมาตรงกัน คือ เมื่อพืชถูกปลูกในสภาวะที่มีเสียงเพลง จะมีการเจริญเติบโตและออกดอกผลมากกว่าการปลูกในสภาวะที่ไม่มีเสียงเพลง แต่พืชแต่ละชนิดจะมีความจำเพาะต่อรูปแบบเพลงที่ต่างกันไป และระยะเวลาการเปิดเพลง เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญ มีงานวิจัยของนักวิทยาศาสตร์ในกรุงเดนเวอร์ พบว่า การเปิดเพลงที่มีจังหวะนุ่มนวลทำให้พืชเจริญได้ดีกว่าการเปิดเพลงในจังหวะที่หนักหน่วง มีการโน้มกิ่งเข้าหาแหล่งกำเนิดเสียงเพลง และระยะที่เหมาะสมของการเปิดเพลงคือ 3 ชั่วโมงต่อวัน หากเปิดเพลงนานกว่านี้จะทำให้พืชเหี่ยวเฉา (กองบรรณาธิการ คู่สร้างคู่สม, 2548)

สำหรับเหตุผลที่เสียงเพลงมีผลต่อการเจริญของพืชนั้น นักวิจัยได้อธิบายว่า เสียงเพลงเป็นคลื่นชนิดหนึ่งที่มีการสั่นสะเทือน การสั่นสะเทือนนี้ไปกระตุ้นแบ่งเซลล์ของพืช ทำให้พืชมีการเจริญเร็วกว่าปกติ และหากคลื่นเสียงนั้นมีการสั่นสะเทือนที่รุนแรง จะทำให้เนื้อเยื่อพืชได้รับการกระทบกระเทือน จึงมีการเจริญที่ลดลง นอกจากนี้การเปิดเพลงยังช่วยให้การดึงออกซิเจนไปใช้ในการหายใจของพืชดีขึ้น และช่วยให้เพิ่มปริมาณวิตามินในผลผลิตอีกด้วย (Qin, 2003)

4. ความสัมพันธ์ของเพลงกับจุลชีพ

ในปัจจุบันมนุษย์มีการนำจุลชีพมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง ทั้งในอุตสาหกรรมอาหาร ระบบบำบัดน้ำเสียชีวภาพ และในเทคโนโลยีที่ซับซ้อนมากขึ้น เช่น การผลิตเอนไซม์จากจุลชีพ จึงมีงานวิจัยเพื่อหาแนวทางที่จะเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของจุลชีพให้ดีขึ้น แนวทางหนึ่งคือ การใช้คลื่นเสียง ซึ่งงานวิจัยนี้ยังมีไม่มากนัก เป็นงานวิจัยที่เกิดขึ้นในช่วงหลังเมื่อเทียบกับงานวิจัยความสัมพันธ์ของเสียงต่อมนุษย์ สัตว์ หรือ พืช ซึ่งการศึกษาปฏิกิริยาของจุลชีพที่มีต่อคลื่นเสียงหรือเสียงเพลงจะกล่าวในหัวข้องานวิจัยที่เกี่ยวข้องในลำดับถัดไป

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยผลึกน้ำของ ดร. มาซารุ เอโมโตะ (Emoto, 2001, 2004a, 2004b, 2005)

ดร. มาซารุ เอโมโตะ ประธานบริษัท IHM ผู้ทำการศึกษาวิจัยผลึกน้ำและน้ำฮะโด (Hado water) ด้วยวิธีการถ่ายภาพของผลึกน้ำ ซึ่งมีแนวคิดมาจากเกล็ดของหิมะ ที่ไม่มีเกล็ดใดเลยที่เหมือนกัน ดังนั้นการศึกษาคูณสมบัติของน้ำจากแหล่งต่าง ๆ หรือ น้ำตัวอย่างที่รับผลกระทบจากสิ่งต่าง ๆ กันไป จึงน่าจะให้ผลึกของน้ำที่ไม่เหมือนกัน และสามารถสื่อถึงคุณสมบัติของน้ำนั้นได้

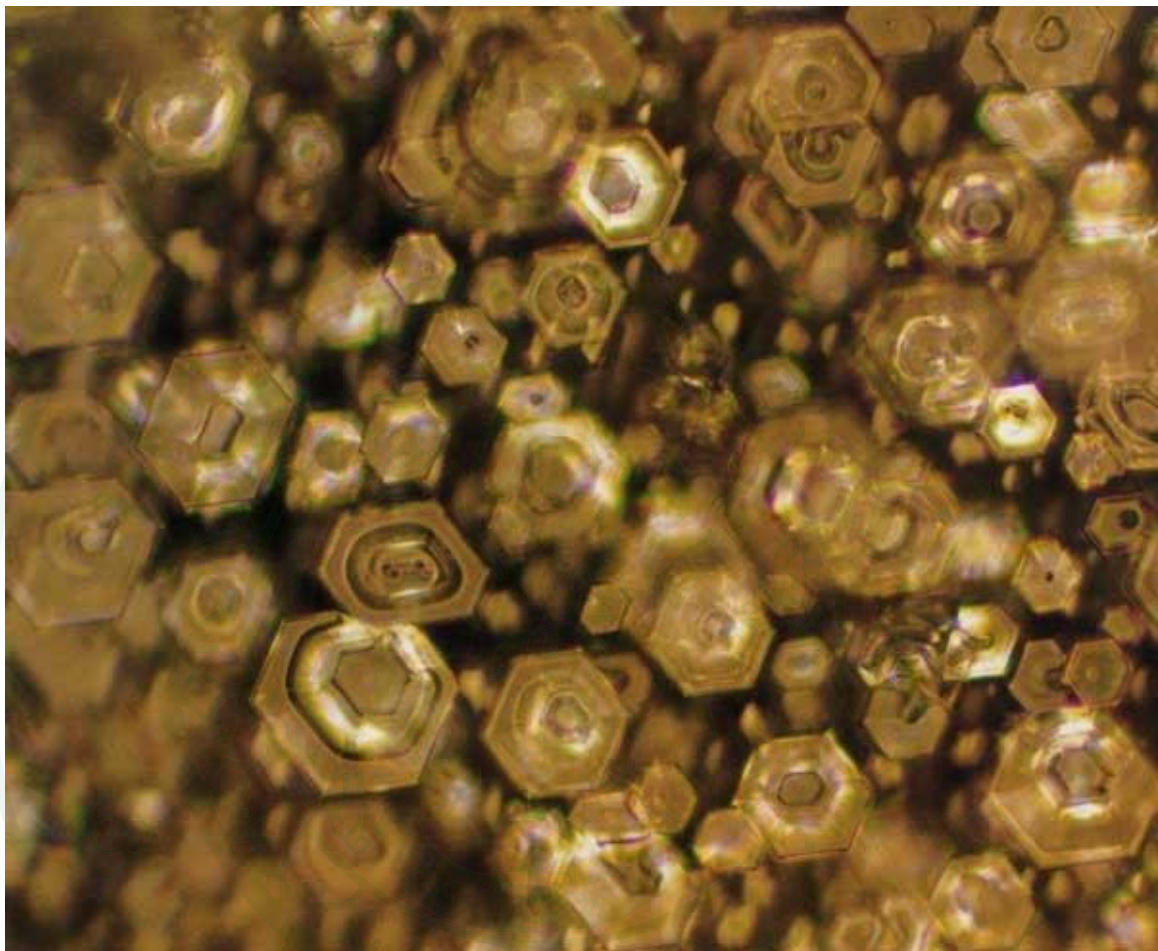
ขั้นตอนการถ่ายภาพผลึกน้ำ มีดังนี้ นำน้ำตัวอย่าง แบ่งใส่จานแก้วฝาปิด 50 ใบ จากนั้นเอาไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 3 ชั่วโมง หยคน้ำในจานแก้วจะเกิดแรงดึงดูด เห็นเป็นแผ่นน้ำแข็งกลม ๆ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร เมื่อใช้แสงส่องไปที่แผ่นน้ำแข็งและส่องผ่านกล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยายประมาณ 200 ถึง 500 เท่า ขยายภาพดู จะเห็นภาพผลึกน้ำ แล้วจึงถ่ายภาพออกมา โดยการทดลองทั้งหมดนี้ ทำในห้องเย็นอุณหภูมิ -5 องศาเซลเซียส ภาพที่ได้ทั้ง 50 ภาพนั้น จะไม่เหมือนกันทั้งหมด จึงนำสถิติเข้ามาช่วยและทำออกมาเป็นกราฟ แล้วจึงสรุปผลออกมาเป็นภาพที่สามารถใช้เป็นตัวแทนของผลึกน้ำนั้นได้

นอกจากการถ่ายภาพของน้ำตัวอย่าง จากแหล่งน้ำต่าง ๆ แล้ว ดร.มาซารุ ได้ใช้วิธีใส่ข้อมูลลงในน้ำกลั่นแล้วจึงนำไปถ่ายภาพด้วย ได้แก่ การเปิดเพลงให้น้ำฟัง การแสดงตัวอักษรและภาพให้น้ำดู

การเปิดเพลงให้น้ำฟัง มีวิธีการ คือ วางขวดที่มีน้ำไว้ตรงกลางระหว่างลำโพง 2 ตัว และเปิดเพลงให้น้ำฟังเสียงดังเท่ากับที่คนฟังโดยปกติ เคาะที่ก้นขวดของขวดน้ำกลั่น แล้วทิ้งไว้ทั้งคืน เช้าวันรุ่งขึ้นเคาะอีกครั้งก่อนนำน้ำนั้นไปแช่แข็งเพื่อให้เป็นผลึก และถ่ายภาพไว้ โดยน้ำที่ใช้ทดลองเป็นน้ำกลั่น

การแสดงตัวอักษรให้น้ำดู ใช้อักษรตัวพิมพ์คอมพิวเตอร์เป็นคำพูดแปะไว้ที่ข้างขวด และทิ้งไว้เป็นเวลา 1 คืน จากนั้นไปแช่แข็งเพื่อให้เป็นผลึก และถ่ายภาพ คำพูดที่นำมาแปะนั้น มีความหมายทั้งบวก และลบ และพิมพ์ด้วยอักษรในภาษาต่าง ๆ สำหรับการแสดงภาพให้น้ำดู ทำโดยวางขวดน้ำไว้บนภาพ ทิ้งไว้ข้ามคืนและดำเนินขั้นตอนเหมือนกับการแสดงตัวอักษรให้น้ำดู

ผลการทดลองเปิดเพลงให้น้ำฟัง พบว่า ผลึกที่ได้มีรูปร่าง ลักษณะแตกต่างกันไปตามแต่ละเพลง เพลงที่ทำให้ผลึกน้ำสวยงามที่สุด คือ เพลง Farewell ของซิลปิน โซแปง เป็นเพลงบรรเลงเปียโน ภาพผลึกน้ำที่ได้จะแยกจากกันเป็นชิ้นเล็ก ๆ ที่สมบูรณ์มาก ๆ อาจเป็นเพราะได้รับผลกระทบจากความหมายของเพลงที่สื่อถึงการลาจาก ดังภาพที่ 4 สำหรับในภาพที่ 5 แสดงภาพของผลึกน้ำที่ได้ฟังเพลง The four seasons บทเพลง 4 ฤดูกาล ของซิลปิน Vivaldi ที่ให้ผลึกน้ำที่แตกต่างกันไปตามแต่ละฤดูกาล



ภาพที่ 4 แสดงภาพผลึกของน้ำที่ได้รับเสียงเพลง Farewell

ที่มา: Pureinsight (2010)

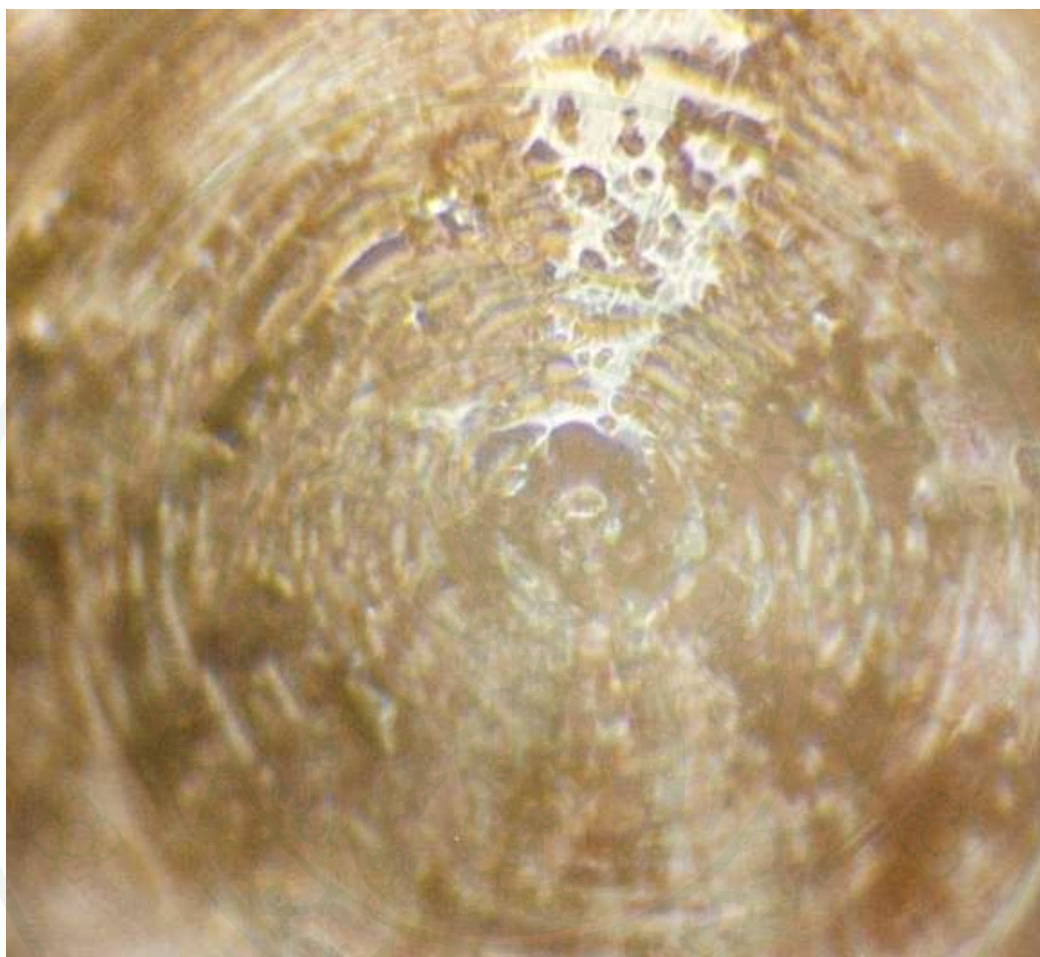


ภาพที่ 5 แสดงภาพผลึกของน้ำที่ได้รับเสียงเพลง The four seasons

ที่มา: Visionantics (2010)

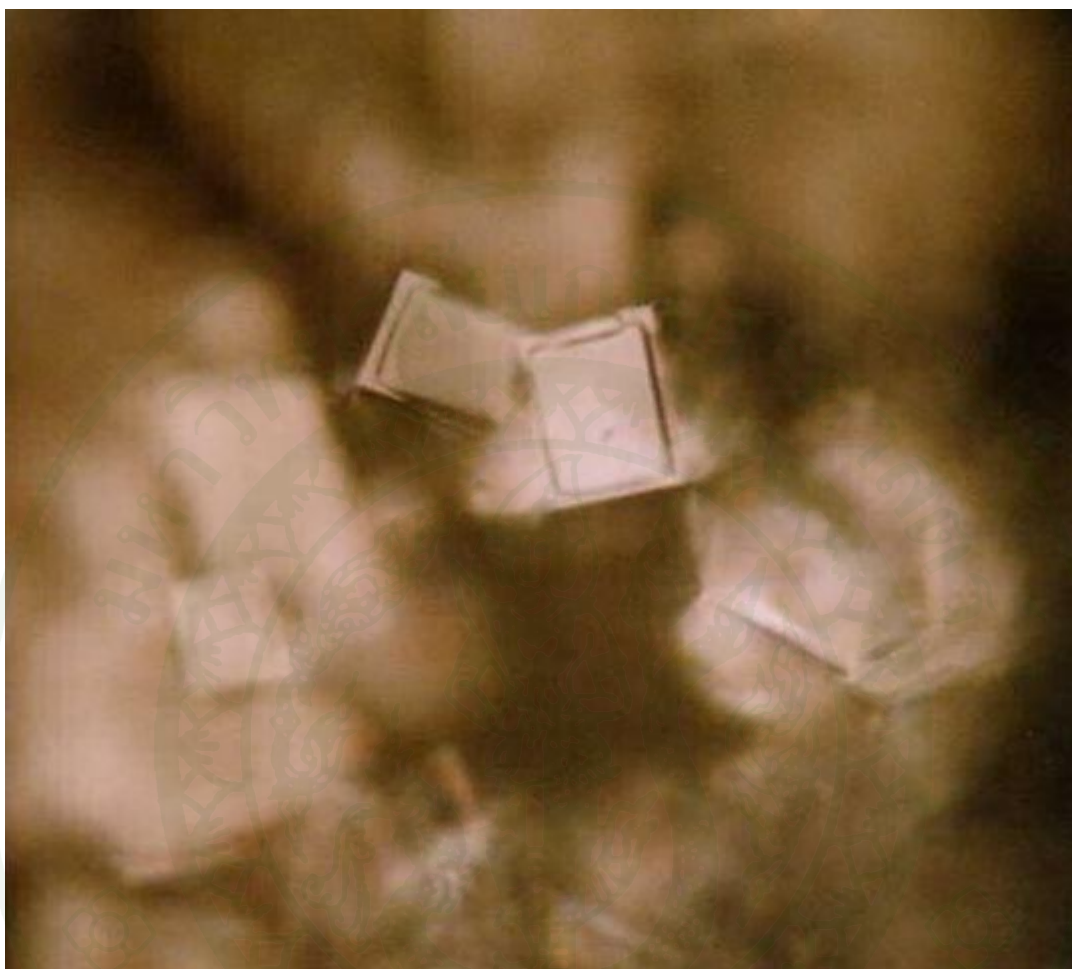
ภาพมูมซ่ายบนแสดงถึงภาพที่ได้จากการฟังเพลงของฤดูใบไม้ร่วง ช่วงเวลาฟุ้งชีวิตใหม่ มูมขวบนได้ฟังเพลงฤดูใบไม้ผลิ เวลาแห่งการผลิใบ มูมซ่ายล่าง ฤดูหนาว ช่วงเวลาแห่งความสงบ และมูมขวล่าง ฤดูร้อนที่มีชีวิตชีวาเบิกบาน

เมื่อเปลี่ยนแนวเพลงเป็น Heavy metal และ เพลง Pop จะได้ผลึกดังภาพที่ 6 และ 7 ตามลำดับ ในภาพที่ได้รับฟังเพลง Heavy metal ซึ่งเป็นแนวดนตรีที่เต็มไปด้วยความโกรธแค้น และดูเหมือนจะปฏิเสธโลก ผลึกน้ำที่ได้ผลึกจะแตกกระจายเป็นชิ้นเล็ก ๆ ไม่สมบูรณ์ โดย ดร.มาซารุให้ความเห็นว่า มิใช่แนวดนตรี Heavy metal จะไม่ดี แต่ดูเหมือนเนื้อร้องจะมีปัญหา และสำหรับเพลง Pop ที่ติดความนิยมในประเทศญี่ปุ่น จะให้ผลึกที่แตก และมีส่วนผลึกที่แหลมที่แยกออกมา



ภาพที่ 6 แสดงภาพผลึกของน้ำที่ได้รับเสียงเพลง Heavy metal

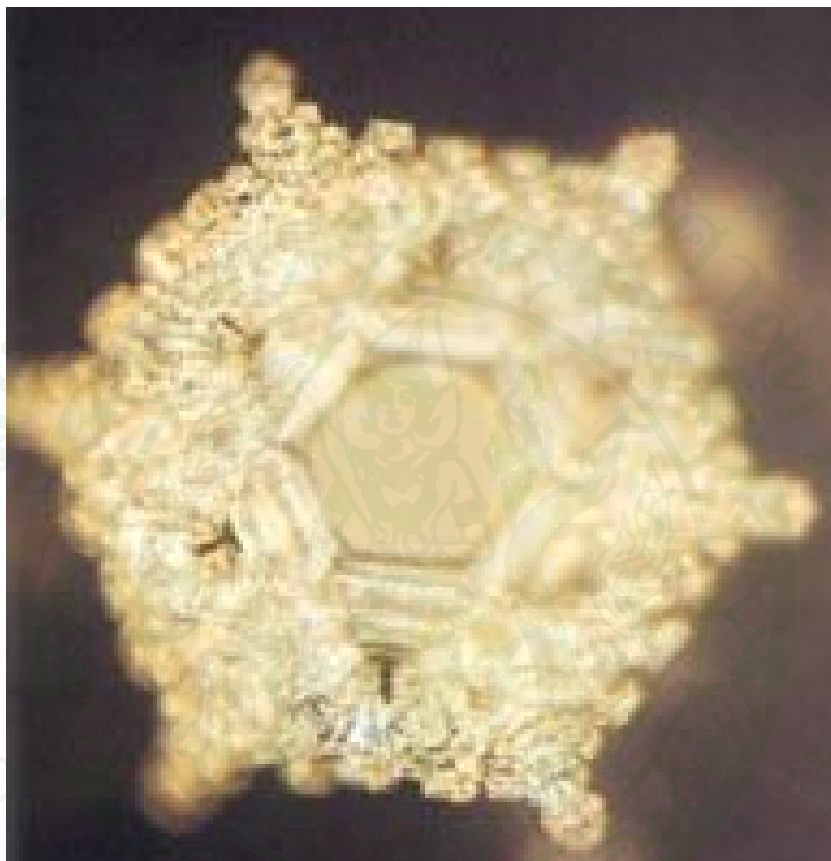
ที่มา: Emoto. (2010)



ภาพที่ 7 แสดงภาพผลึกของน้ำที่ได้รับเสียงเพลง Pop ในประเทศญี่ปุ่น

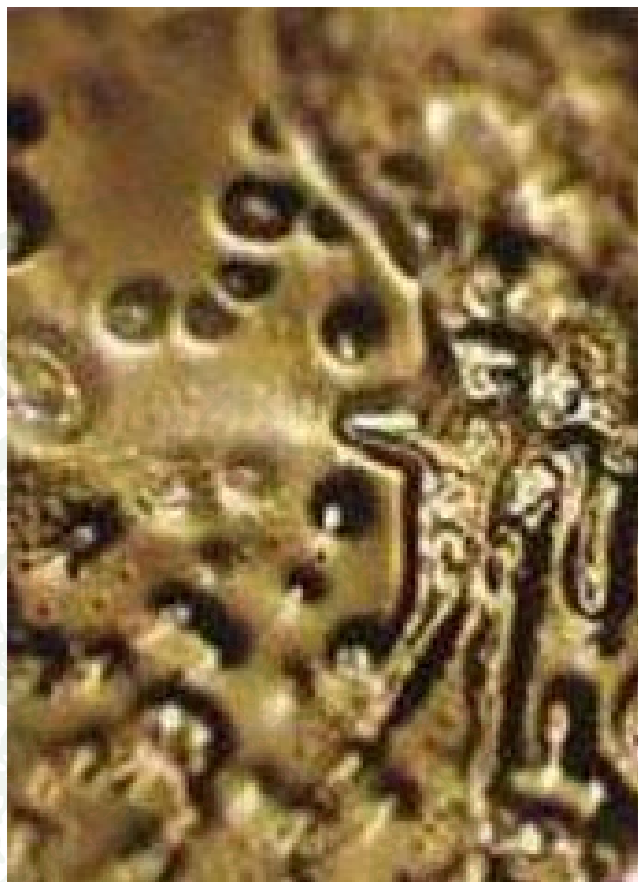
ที่มา: Emoto. (2005(a))

ผลการทดลองการแสดงผลตัวอักษรให้น้ำดู พบว่า ตัวอักษรที่เป็นคำพูดที่ดีจะให้ผลึกน้ำที่สวยงาม แตกต่างกับคำพูดที่สื่อความหมายในเชิงลบอย่างชัดเจน ดังภาพที่ 8 และ 9



ภาพที่ 8 แสดงภาพผลึกของน้ำที่ได้รับการแสดงอักษรญี่ปุ่น คำว่า “ความรัก” “ความชื่นชม”

ที่มา: Pureinsight. (2010)



ภาพที่ 9 แสดงภาพผลึกของน้ำที่ได้รับการแสดงอักษรญี่ปุ่น คำว่า “ฉันโกรธแค้นแท้จริง ๆ”
“ฉันจะฆ่าแก”

ที่มา: Pureinsight. (2010)

ผลการทดลองที่เกิดขึ้นนี้ ดร.มาซารุ ได้อธิบายอิงกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ความถี่ธรรมชาติและการสั่นพ้อง สรุปความได้ว่า สรรพสิ่งทั้งหลายในจักรวาลเมื่อมีแรงมากระทำ จะเกิดการสั่นสะเทือนตามธรรมชาติด้วยความถี่เฉพาะตัว ซึ่งจะมีค่าคงที่แตกต่างกันไปในวัตถุแต่ละชนิด เรียกว่า ความถี่ธรรมชาติ เมื่อพิจารณาไปถึงระดับอะตอมจะพบว่าทุกสรรพสิ่งมีการสั่นสะเทือนอยู่จริง เพราะมีอิเล็กตรอนที่โคจรรอบนิวเคลียสอยู่ตลอดเวลา และเมื่อมีการสั่นสะเทือนจึงทำให้เกิดเสียงขึ้น ดังนั้นทุกสิ่งสรรพสิ่งจึงมีการส่งคลื่นเสียงออกมาเฉพาะตัว แต่

ด้วยขีดจำกัดความสามารถการได้ยินของมนุษย์นั้นสามารถรับฟังเสียงได้แค่ในช่วงที่มีความถี่ 20 Hz ถึง 20,000 Hz เท่านั้น ทำให้เราไม่ได้ยินเสียงของต้นไม้ใบไม้

การสั่นพ้องของเสียง คือ เมื่อวัตถุสั่นด้วยความถี่ธรรมชาติเดียวกับวัตถุอีกอันหนึ่งจะเกิดการสั่นที่แรงขึ้น เปรียบเทียบกับการทดลองของส้อมเสียง เช่น ส้อมเสียงที่ทำให้เกิดเสียงตัวโน้ต ลา ซึ่งตรงกับความถี่ 440 Hz หากเราเปล่งเสียงออกไปให้ตรงกับตัวโน้ต ลา คือเปล่งเสียงให้มีความถี่ 440 Hz ออกไปที่ส้อมเสียง เราจะได้ยินเสียงดังก้องขึ้นมาจากส้อมเสียง นอกเหนือจากการเปล่งเสียงให้เท่ากับ 440 Hz แล้ว เสียงที่มีความถี่เป็นเท่าตัวของ 440 Hz ก็สามารถทำให้เกิดปรากฏการณ์การสั่นพ้องขึ้นได้

ดังนั้นการเปิดเพลงให้น้ำฟังหรือการแสดงตัวอักษรหรือภาพให้น้ำดู เหมือนกับการใส่ความสั่นสะเทือนเฉพาะของเพลงหรือคำพูดหรือภาพนั้น ให้กับน้ำ และน้ำได้สะท้อนสิ่งที่รับเข้าไปต่าง ๆ เหล่านี้ ออกมาในรูปของผลึกน้ำที่แตกต่างกัน

2. Investigation of the response of microorganisms to diverse musical stimuli

งานวิจัยนี้ศึกษาถึงการตอบสนองของแบคทีเรียก่อโรคและยีสต์ที่มีต่อเสียงเพลงประเภทต่าง ๆ มีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของจุลชีพโดย 2 วิธี คือ การศึกษาลักษณะภายนอก (Morphological) ของจุลชีพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน และการศึกษาการจัดเรียงของลำดับเบสโดยใช้เทคนิค Microarray

ผลการวิจัยพบว่าเซลล์จุลชีพมีการเจริญในภาวะที่มีเสียงเพลงได้ดีกว่าภาวะไม่มีเสียงเพลง การเจริญในที่นี้พิจารณาจาก การดูลักษณะประกอบทั่ว ๆ ไป ได้แก่ flagella และรูปร่าง colony ที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ ซึ่งมีการจัดเรียงรูปร่างสวยงาม นอกจากนี้ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าจุลชีพประเภท ก่อโรค (pathogenic) มีการเจริญได้ดีในภาวะที่เปิดเพลงประสานเสียง (Symphonic) โดยเพลงประสานเสียงสามารถแยกออกเป็นหลายรูปแบบ ซึ่งจุลชีพแต่ละชนิดชอบเสียงเพลงต่างรูปแบบกันไป เช่น *Mycobacterium tuberculosis* เจริญได้ดีในภาวะเปิดเสียงเพลงบรรเลงด้วยเปียโน *Yersinia pestis* เจริญดีในภาวะเสียงเพลงบรรเลงในโบสถ์ (Medieval Motets) ยีสต์ *Saccharomyces* sp. เจริญได้ดีในภาวะเสียงเพลงฟอล์กซอง (Folk Song)

ผลการศึกษาลำดับเบสด้วยวิธี Microarray แสดงให้เห็นว่าช่วงที่เปิดเพลงที่ระดับความดังกึ่งวานมาก ๆ (Fortissimo) การสังเคราะห์ mRNA จะเพิ่มขึ้นสูงสุด และลดลงเมื่อเปิดเสียงเพลงที่เป็นดนตรีแผ่วเบา (Pianissimo) และการเชื่อมต่อของกรดอะมิโนโพรไลน์ (Proline) อาจเกี่ยวข้องกับ การสั้นของจังหวะเพลงที่เปิด

สรุปได้ว่าเสียงเพลงมีผลทำให้จุลชีพมีการเจริญได้ดีขึ้น ซึ่งลักษณะเพลงที่เปิดนั้นต้องมีความจำเพาะกับชนิดของจุลชีพ นอกจากนี้ยังขึ้นกับสภาวะแวดล้อมภายในห้องปฏิบัติการด้วย (Mozart *et al.*, 2002)

3. Ultrasound increases the rate of bacterial cell growth

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาถึงผลของ Ultrasound ต่อการเจริญของแบคทีเรีย 3 ชนิด ได้แก่ *Staphylococcus epidermidis* *Pseudomonas aeruginosa* และ *Escherichia coli* โดย Ultrasound คือ คลื่นเสียงที่มีความถี่มากกว่า 20 kHz หรือ เรียกว่า พลังงาน Acoustic ในงานวิจัยนี้ใช้ความถี่ที่ 70 kHz ถือเป็นคลื่นความถี่ต่ำ ในการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของแบคทีเรียเมื่อได้รับคลื่น Ultrasound พิจารณาจากความสามารถของการยึดเกาะบนพื้นผิวและการเพิ่มขึ้นของชั้น Biofilm

วิธีการที่ใช้ในการศึกษานี้มี 3 วิธีด้วยกัน คือ

1. การศึกษาการยึดเกาะของแบคทีเรียบนพื้นผิวในสถานะที่มีและไม่มีคลื่น Ultrasound โดยตรวจสอบด้วย SEM Micrographs เพื่อศึกษาลักษณะภายนอก (Morphology) ของพื้นผิว ซึ่งพื้นผิวที่ให้แบคทีเรียยึดเกาะ คือ Polyethylene
2. การศึกษาการเพิ่มขึ้นของเซลล์แบคทีเรียเมื่อได้รับคลื่น Ultrasound โดยใช้การนับจำนวนโดยตรง ได้แก่ การทำ Stripping และ Plate Counting
3. การศึกษาการเพิ่มขึ้นของชั้น Biofilm ที่แบคทีเรียสร้างขึ้น โดยใช้วิธีการย้อมสีด้วย Toluidine Blue ควบคู่กับการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 nm ซึ่งการย้อมด้วยการย้อมด้วย Toluidine Blue จะเกิดการติดสีของเซลล์และ Exopolysaccharides ซึ่ง Exopolysaccharides เป็นองค์ประกอบในชั้น Biofilm และเมื่อ Toluidine Blue ถูกชะล้างด้วย Physiological Saline Solution (PSS) และ NaOH จะชะส่วนของ Exopolysaccharides ออกไป ทำให้สามารถหาปริมาณชั้น Biofilm ที่เพิ่มขึ้นได้

โดยการศึกษาทั้งหมดนี้จะทำการเลี้ยงแบคทีเรียในอาหาร Tryptic Soy Broth (TSB)

ผลการวิจัยพบว่าเมื่อให้คลื่นความถี่ต่ำที่ 70 kHz และมีค่าความหนาแน่น Acoustic ต่ำ ๆ ($< 2 \text{ W/cm}^2$) แก่แบคทีเรียทั้ง 3 ชนิด ทำให้มีอัตราการเจริญเติบโตของเซลล์มากขึ้น โดยการเพิ่มขึ้นของชั้น Biofilm สูงสุด คือ *Staphylococcus epidermidis* รองลงมาคือ *Escherichia coli* และ *Pseudomonas aeruginosa* ตามลำดับ การที่แบคทีเรียมีการเจริญเพิ่มขึ้น เนื่องจากคลื่น Ultrasonic ช่วยเพิ่มการถ่ายเทออกซิเจนและสารอาหารในเซลล์ และช่วยให้การถ่ายเทของเสียออกจากเซลล์ดีขึ้น นอกจากนี้ผลการวิจัยยังแสดงให้เห็นว่าการนำคลื่น Ultrasonic ไปใช้ทำความสะอาดเพื่อลดการยึดเกาะของแบคทีเรียที่พื้นผิวควรใช้คลื่นความถี่ที่สูงและมีค่าความหนาแน่นคลื่นมากกว่า 2 W/cm^2 (Pitt and Ross, 2003)

4. Using acoustic cavitation to improve the bio-activity of activate studge

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาถึงการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียตะกอนเร่ง (Activated Sludge; AS) โดยใช้คลื่นเสียง Acoustic หรือคลื่นเสียง Ultrasound ซึ่งเป็นคลื่นเสียงความถี่ในช่วงมากกว่า 20,000 Hz โดยทำการวิจัยในระบบ Sequence Batch Reactor (SBR) น้ำเสียที่ใช้เป็นน้ำเสียสังเคราะห์ นำหัวเชื้อหัวจุลชีพเริ่มต้นมาจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน มีวงจรการทำงานทั้งหมด 6 ชั่วโมงต่อ 1 วงจร แบ่งเป็นช่วงการเติมอากาศ 4 ชั่วโมง ด้วยอัตราการเติมอากาศ 40 ลิตรต่อชั่วโมง และปล่อยตกตะกอน 1 ชั่วโมง ติดตามผลการเปลี่ยนของระบบเมื่อได้รับคลื่นเสียง Ultrasonic โดยพิจารณาจากอัตราการใช้ออกซิเจน (Oxygen Utilization Rate; OUR) ค่า Chemical Oxygen Demand (COD) ปริมาณจุลชีพในระบบ (MLSS) และปริมาณไนโตรเจนที่บำบัด (Total Nitrogen Removal; TKN)

ผลการวิจัยพบว่าการใช้คลื่น Ultrasonic ที่เหมาะสม คือ 25 kHz สามารถช่วยเพิ่มค่า OUR ได้ 28% โดยใช้กำลังที่ระดับ 0.2 W/ml เป็นเวลา 30 วินาที โดยคลื่น Ultrasonic จะช่วยเพิ่มฟองอากาศทำให้การกระจายของออกซิเจนในระบบดีขึ้น และค่า MLSS เพิ่มขึ้น 12.5% แต่หากเพิ่มกำลังของคลื่น Ultrasonic สูงมากกว่า 0.5 W/ml หรือ 80 kHz – 150 kHz จะทำให้ค่า OUR ลดลง สำหรับประสิทธิภาพการบำบัด COD เพิ่มขึ้น 5 - 6% เมื่อระบบมีค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 1.3 mgCOD/mg MLSS•d และเพิ่มขึ้น 12% เมื่อระบบมีค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 3.25 mgCOD/mg MLSS •d ส่วนประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนออกจากรน้ำเสียเพิ่มขึ้น 5.6% (Zhang *et al.*, 2007)

จากข้อมูลของความสัมพันธ์ของเพลงกับสิ่งมีชีวิต และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังที่กล่าวมาแล้ว แสดงให้เห็นว่าเสียงเพลงนั้นอาจมีผลกระทบต่อจุลชีพ โดยอาจช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตและกระตุ้นการใช้สารอาหารให้เพิ่มขึ้นได้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์สร้างระบบทดลอง

- 1.1 ตะกอนจุลชีพจากโรงบำบัดน้ำเสียของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (บางเขน)
- 1.2 ถังเก็บเสียง ซึ่งบุด้วยฟองน้ำหนา 2 ชนิด คือ ฟองน้ำสะท้อนเสียง ดังภาพที่ 10 และฟองน้ำดูดซับเสียง ดังภาพที่ 11
- 1.3 อุปกรณ์เครื่องแก้ว
- 1.4 ชุดเครื่องเล่นเสียงเพลง
- 1.5 เครื่องเขย่า (Shaker) ยี่ห้อ Edison



ภาพที่ 10 แสดงด้านนอกของกล่องเก็บเสียงที่ใช้ในการทดลอง ฟองน้ำที่บุด้านนอกของกล่องเป็นชนิดสะท้อนเสียง



ภาพที่ 11 แสดงด้านในของกล่องเก็บเสียงที่ใช้ในการทดลอง ฟองน้ำที่บุด้านในของกล่องเป็นชนิดดูดซับเสียง

2. อุปกรณ์วิเคราะห์เพลงและเพลงที่ใช้ในการทดลอง

2.1 เครื่องแยกจังหวะเพลง (Metronome) ยี่ห้อ Seiko รุ่น SOM-358

2.2 เครื่องวัดระดับความดังเสียง (Sound Level meter) ยี่ห้อ Rion รุ่น NA-28

2.3 โปรแกรมวิเคราะห์คลื่นเสียง Adobe Audition 3

2.4 เพลงที่ใช้ในการทดลอง

2.4.1 เพลง Farewell ศิลปิน เฟรเดริก ฟรอนชวส์ โชแปง (Frédéric François Chopin)
เป็นเพลงบรรเลงเปียโน

2.4.2 เพลง Holy Wars The Punishment Due ศิลปิน Megadeth เป็นเพลง
Heavy Metal

2.4.3 เพลงพระราชนิพนธ์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 9 เพลงรัก

2.4.4 เพลงไอ้ละหนอมายเลิฟ ศิลปิน เบิร์ด ธงไชย แมคอินไตย์ เป็นเพลง Pop

2.4.4 ชุดเพลง The four seasons แต่งโดย Antonio Vivaldi ประกอบไปด้วย 12 บท
เพลง แบ่งเป็น 4 บท ได้แก่ บทฤดูใบไม้ผลิ บทฤดูร้อน บทฤดูใบไม้ร่วง และบทฤดูหนาว

3. อุปกรณ์วิเคราะห์น้ำหนักแห้งของจุลชีพ (Dry weight)

3.1 ชุดกรอง Millipore Filter

3.2 กระดาษกรองชนิด Cellulose Acetate Filter ขนาดรูกรอง 0.45 ไมโครเมตร
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 47 มิลลิเมตร ยี่ห้อ Sartorius

3.3 Vacuum Pump

3.4 เตาอบที่ให้อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส ยี่ห้อ Binder รุ่น E053/E2

3.5 ตู้ดูดความชื้น (Desiccators)

3.6 เครื่องชั่งชนิดละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Denver

3.7 อุปกรณ์เครื่องแก้ว

4. อุปกรณ์เลี้ยงจุลชีพและการเตรียมหัวเชื้อ

4.1 จานเลี้ยงเชื้อ

4.2 Spreader

4.3 หม้อนึ่งความดันที่ให้อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่ให้ความดันที่ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ยี่ห้อ Tommy รุ่น SX-500

4.4 ตู้แช่เย็น ที่ให้อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

4.5 อุปกรณ์เครื่องแก้ว

5. อุปกรณ์วัดอุณหภูมิของระบบทดลอง

5.1 Thermometer

6. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Optical Density, OD)

6.1 Spectrophotometer ยี่ห้อ Hitachi รุ่น U-2800

6.2 Glass cuvette

7. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ค่า COD

7.1 หลอด COD

7.2 เตาอบที่ให้อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ยี่ห้อ Binder

7.3 อุปกรณ์เครื่องแก้ว

8. การวิเคราะห์คาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมด (Total Organic Carbon, TOC)

8.1 เครื่องวิเคราะห์ TOC-VCSH ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น H511045

8.2 ชุดกรอง Millipore Filter

8.3 กระดาษกรองชนิด Cellulose Acetate Filter ขนาดรูกรอง 0.45 ไมโครเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 47 มิลลิเมตร ยี่ห้อ Sartorius

8.4 Vacuum Pump

9. การวิเคราะห์ความแตกต่างของผลการทดลองกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

9.1 โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS 11.5

การทดสอบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรสองกลุ่มที่เป็นอิสระกัน ด้วยคำสั่ง Independent-Sample T test และตรวจสอบข้อมูลว่ามีการแจกแจงแบบปกติ ด้วยคำสั่ง Nonparametric Test, One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

สารเคมี

1. อาหารเลี้ยงจุลชีพชนิดเหลว (Nutrient broth) ยี่ห้อ Hi-media
2. อาหารเลี้ยงจุลชีพชนิดแข็ง (Nutrient agar) ยี่ห้อ Criterion
3. สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ COD

3.1 $K_2Cr_2O_7$

3.2 Ag_2SO_4

3.3 Conc. H_2SO_4

3.4 $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$

3.5 $FeSO_4 \cdot 7H_2O$

3.6 $HgSO_4$

3.7 $C_{12}H_8N_2 \cdot H_2O$

วิธีการ

1. วิธีการวิเคราะห์และทดลองตาม Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21st edition ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงวิธีการวิเคราะห์และทดลองตามมาตรฐานต่าง ๆ

Method	Standard
Laboratory Apparatus	9030 B: Equipment Specifications
Washing and Sterilization	9040
Preparation of Culture Media	9050 A: General Procedures 9050 B: Water
Samples	9060 B: Preservation and storage
Heterotrophic Plate Count	9215 A: Introduction 9215 C: Spread Plate method
TOC	TOC – V 5000 A analyzer (กรองตัวอย่างผ่านกระดาษกรอง Cellulose acetate membrane)
COD	Standard method 5220 C: closed

2. การเตรียมหัวเชื้อกลุ่มแบคทีเรียใช้อากาศ

นำตะกอนสลัดจ์ (Sludge) จากโรงบำบัดน้ำเสียมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (บางเขน) มาทำการแยกให้ได้กลุ่มแบคทีเรียใช้อากาศ (Aerobic bacteria แบบ mix culture) โดยใช้เทคนิคการ spread plate บน Nutrient agar (NA) จากนั้นนำมาเลี้ยงใน Nutrient Broth (NB) บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาค่าการดูดกลืนแสงที่เหมาะสม และเก็บรักษาในตู้แช่เย็น 4 องศาเซลเซียส เพื่อใช้เป็นหัวเชื้อเริ่มต้นในการทดลองต่อไป

3. การทำกราฟมาตรฐาน

กราฟมาตรฐาน 4 กราฟ ได้แก่ กราฟมาตรฐานค่า OD กับน้ำหนักแห้งของจุลชีพ กราฟมาตรฐานค่า OD กับ TOC กราฟมาตรฐานค่า TOC กับค่า COD และกราฟมาตรฐานค่า OD กับค่า COD

3.1 ใช้ระบบการเลี้ยงเชื้อแบบแบตช์ (Batch) ในหลอดทดลองแก้ว ทำการเตรียมหัวเชื้อโดยถ่ายเชื้อจากหัวเชื้อเริ่มต้น ลงใน Nutrient Broth ใหม่ ทำการบ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ในสภาวะควบคุมที่ไม่มีการเปิดเสียงเพลง จากนั้นนำไปวัดค่า OD ที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร และทำการเจือจางให้ได้ค่า OD เท่ากับ 1

3.2 ทำการผสมหัวเชื้อที่ได้จากข้อ 3.1 กับ Nutrient Broth ที่เจือจางลง 20 เท่า ใส่หัวเชื้อ 3% ของปริมาตรโดยรวม แบ่งใส่หลอดทดลองแก้ว

3.3 นำไปบ่มในกล่องเก็บเสียง ที่วางบนเครื่องเขย่า ที่มีระดับความแรงในการเขย่า 250 รอบต่อนาที (rpm) ทำการบ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง เก็บตัวอย่างเชื้อทุก ๆ 4 ชั่วโมง จนครบ 36 ชั่วโมง

3.4 นำตัวอย่างเชื้อที่เก็บนั้นมาวิเคราะห์ค่า OD ที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร วิเคราะห์หาน้ำหนักแห้ง ค่า COD และ TOC

3.5 นำค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ได้จากวิเคราะห์ พล็อตเป็นกราฟมาตรฐานต่าง ๆ

4. ระบบการทดลอง

ในการทดลองได้แบ่งการทดลองเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มควบคุม 20 กลุ่ม และกลุ่มทดลอง 100 กลุ่ม โดยกลุ่มควบคุม จะทำการเลี้ยงจุลชีพกลุ่มแบคทีเรียใช้อากาศในสภาวะไม่มีเสียงเพลง และกลุ่มทดลองในสภาวะมีเสียงเพลงอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเดินระบบ โดยติดตั้งลำโพงเสียงไว้ในกล่องเก็บเสียง กำหนดระดับความดังเฉลี่ยของเสียงเพลงในช่วง 70 – 75 dB(A) ในรูปสัญญาณเสียงแบบดิจิตอล Sample rate 44.1 kHz Bit depth 16 bit ระบบเสียง Stereo

4.1 ใช้ระบบการเลี้ยงเชื้อแบบ Batch ในหลอดทดลองแก้ว ทำการเตรียมหัวเชื้อ ดังในข้อ 3.1 และ 3.2 นำไปบ่มในกล่องเก็บเลี้ยง ที่วางบนเครื่องเขย่า ซึ่งมีความเร็วในการการเขย่า 250 รอบต่อนาที (rpm)

4.2 ทำการบ่มเชื้อจนครบ 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาวัดค่า OD ที่ 470 นาโนเมตร จากนั้นนำไปคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ จากกราฟมาตรฐาน

4.3 นำมาวิเคราะห์และแปลผลการทดลอง เพื่อศึกษาหาความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของกลุ่มควบคุมเทียบกับกลุ่มทดลอง เปรียบเทียบความแตกต่าง โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ SPSS 11.5

ค่าจลนศาสตร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์และแปลผลการทดลอง ได้แก่

4.3.1 ประสิทธิภาพการผลิตมวลชีวภาพ (Growth Yield)

$$\text{Growth Yield (mg cells/mg TOC removed)} = \frac{X_{24} - X_0}{S_0(\text{TOC}) - S_{24}(\text{TOC})}$$

$$\text{Growth Yield (mg cells/mg COD removed)} = \frac{X_{24} - X_0}{S_0(\text{COD}) - S_{24}(\text{COD})}$$

X_0 = ปริมาณน้ำหนักแห้งของจุลชีพ ที่เวลาการบ่มเชื้อ 0 ชั่วโมง (mg/L)

X_{24} = ปริมาณน้ำหนักแห้งของจุลชีพ ที่เวลาการบ่มเชื้อ 24 ชั่วโมง (mg/L)

S_0 = ปริมาณสารอาหาร ที่เวลาการบ่มเชื้อ 0 ชั่วโมง (mg/L)

S_{24} = ปริมาณสารอาหาร ที่เวลาการบ่มเชื้อ 24 ชั่วโมง (mg/L)

4.3.2 อัตราการโตจำเพาะ (Specific growth rate)

$$\text{อัตราการโตจำเพาะ (hr}^{-1}\text{)} = \frac{\frac{X_{24} - X_0}{t}}{X}$$

X_0 = ปริมาณน้ำหนักแห้งของจุลชีพ ที่เวลาการบ่มเชื้อ 0 ชั่วโมง (mg/L)

X_{24} = ปริมาณน้ำหนักแห้งของจุลชีพ ที่เวลาการบ่มเชื้อ 24 ชั่วโมง (mg/L)

X = ปริมาณน้ำหนักแห้งเฉลี่ย (mg/L) เท่ากับ

$$\frac{X_0 + X_{24}}{2}$$

t = ระยะเวลาการบ่มเชื้อ 24 ชั่วโมง

4.3.3 อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ (Specific substrate utilization)

$$\text{อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ (mg TOC removed/mg cells-hr)} = \frac{\frac{S_0(\text{TOC}) - S_{24}(\text{TOC})}{t}}{X}$$

$$\text{อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ (mg COD removed/mg cells-hr)} = \frac{\frac{S_0(\text{COD}) - S_{24}(\text{COD})}{t}}{X}$$

S_0 = ปริมาณสารอาหาร ที่เวลาการบ่มเชื้อ 0 ชั่วโมง (mg/L)

S_{24} = ปริมาณสารอาหาร ที่เวลาการบ่มเชื้อ 24 ชั่วโมง (mg/L)

X = ปริมาณน้ำหนักแห้งเฉลี่ย (mg/L) เท่ากับ

$$\frac{X_0 + X_{24}}{2}$$

t = ระยะเวลาการบ่มเชื้อ 24 ชั่วโมง

4.3.4 การคำนวณค่าความแตกต่างของค่าจลนศาสตร์ต่าง ๆ ระหว่างกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง

$$\text{ค่าความแตกต่าง (\%)} = \frac{\text{กลุ่มทดลอง} - \text{กลุ่มควบคุม}}{\text{กลุ่มควบคุม}} \times 100$$

5. การวิเคราะห์เสียงเพลงที่นำมาใช้ทดลอง

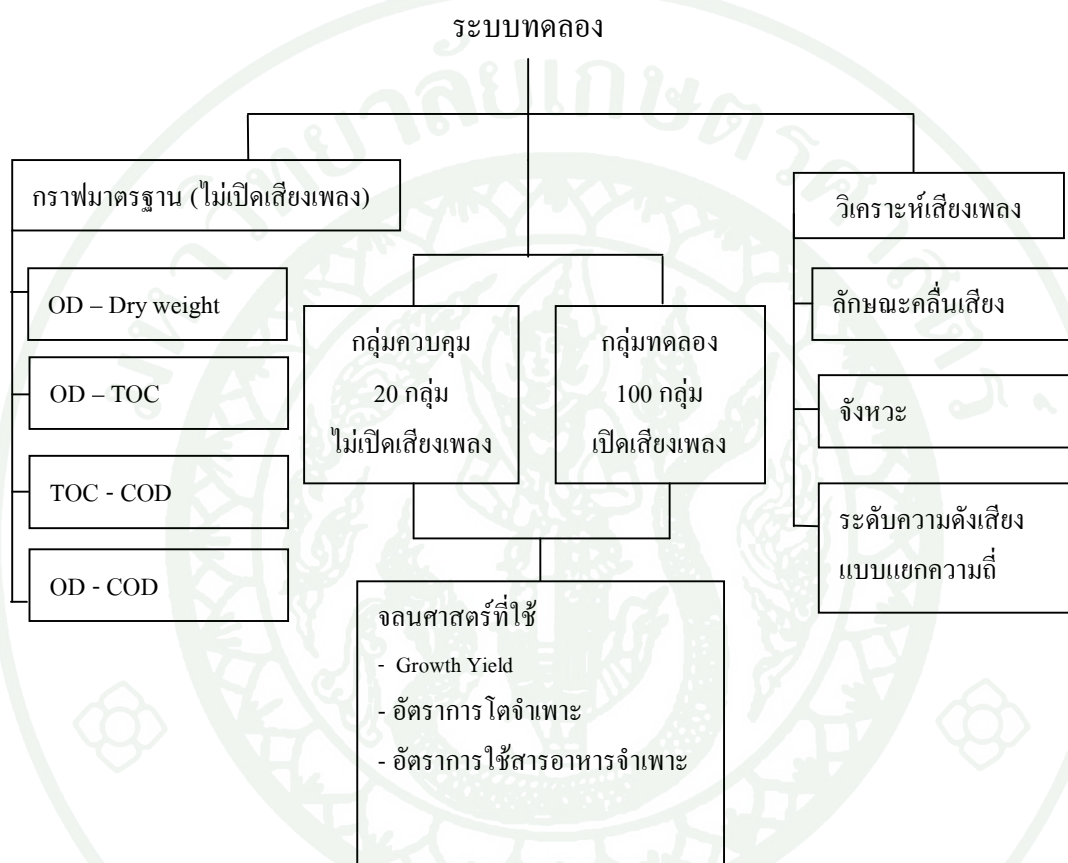
5.1 การวิเคราะห์จังหวะเพลงโดยใช้อุปกรณ์นับจังหวะ (Metronome)

5.2 การวิเคราะห์ระดับความเสียงเพลง โดยใช้เครื่องวัดระดับเสียง Sound Level Meter แบบแยกความถี่ (1/3 Octave band)

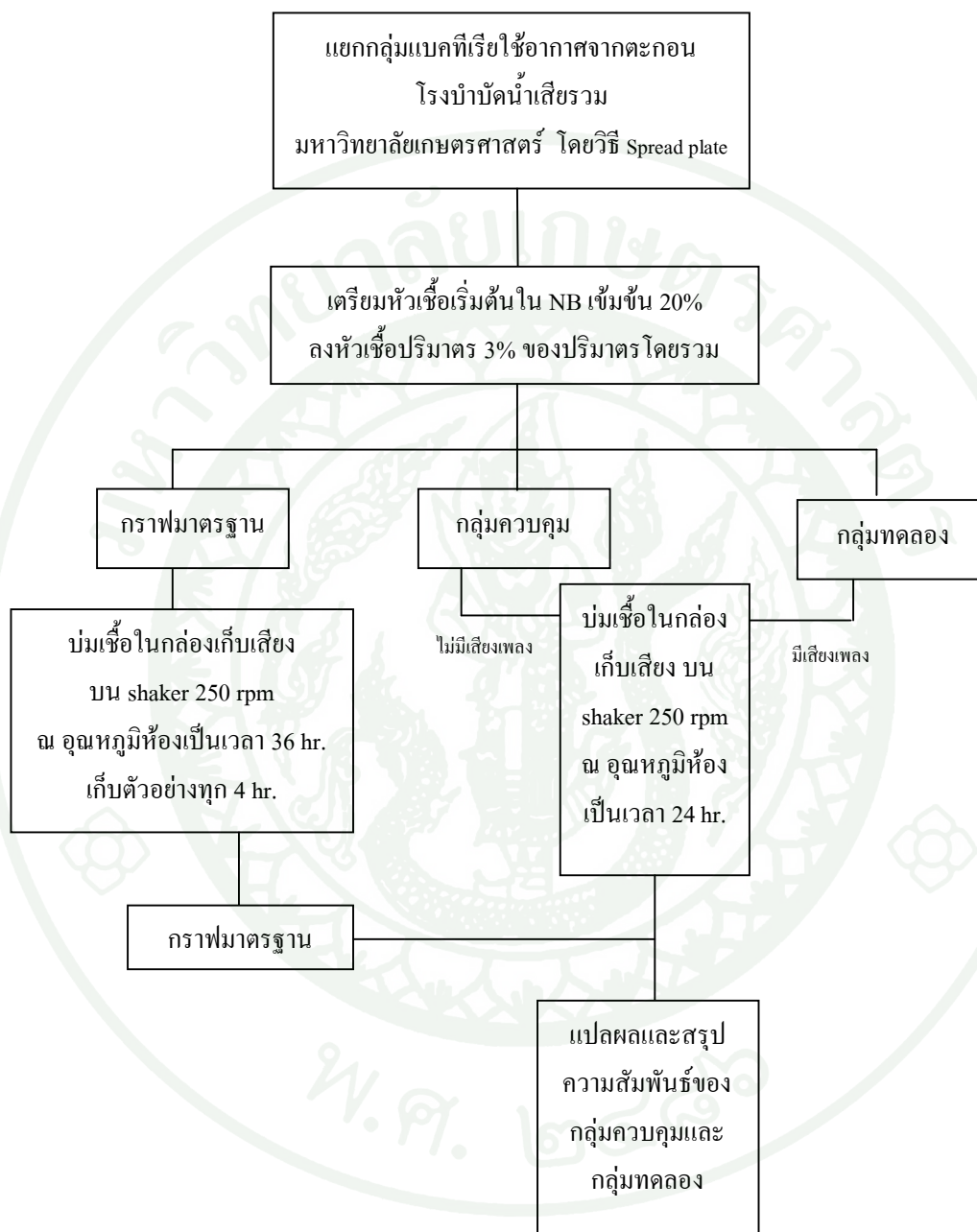
5.3 การวิเคราะห์รูปแบบของคลื่นเสียงในแต่ละเพลง โดยใช้โปรแกรม Adobe Audition3

6. ศึกษาความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับเสียงเพลงและกลุ่มทดลองที่ได้รับเสียงเพลง

นำผลการทดลองที่ได้จากข้อ 3. และ 4. แปรผลและวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS 11.5



ภาพที่ 12 แสดงวิธีการทดลองโดยรวม



ภาพที่ 13 แสดงวิธีการเตรียมหัวเชื้อและการบ่มเชื้อ

สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม 1 อาคาร 11 ชั้น 1 และห้องปฏิบัติการวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม 2 อาคาร 8 ชั้น 3 ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

ระยะเวลาในการทำการทดลอง

การทดลองเริ่มตั้งแต่เดือน มีนาคม 2552 ถึง เมษายน 2553

ตารางที่ 5 แสดงระยะเวลาและงานที่ปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนการทดลอง

งานที่ปฏิบัติ	พ.ศ.2552 ถึง พ.ศ.2553														
	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
รวบรวมข้อมูล															
จัดทำโครงการวิทยานิพนธ์															
จัดหาและเตรียมอุปกรณ์															
ดำเนินการทดลอง															
รวบรวมและวิเคราะห์ผล การทดลอง															
จัดทำเล่มวิทยานิพนธ์															

ผลและวิจารณ์

1. ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ณ เวลาการเลี้ยงที่ 24 ชั่วโมง ของกลุ่มทดลองเทียบกับกลุ่มควบคุม

เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ ได้แก่ ค่าน้ำหนักแห้ง ค่า TOC และค่า COD ของกลุ่มทดลองเทียบกับกลุ่มควบคุมนั้นมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อยมาก ซึ่งจะได้แสดงในหัวข้อถัดไป การออกแบบการทดลองในงานวิจัยนี้ จึงเพิ่มกลุ่มการทดลองให้มีจำนวนมากเป็นจำนวน 100 การทดลอง และใช้การวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อยืนยันผลการทดลองว่ามีความถูกต้องในระดับที่สามารถเชื่อถือได้ โดยเมื่อนำข้อมูลของน้ำหนักแห้ง ค่า TOC และ ค่า COD ของกลุ่มทดลองเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม เพื่อทดสอบความแตกต่างของกลุ่มข้อมูลแบบ t-test โดยโปรแกรม SPSS ให้ผลดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ณ เวลาการเลี้ยงที่ 24 ชั่วโมง ของกลุ่มทดลองเทียบกับกลุ่มควบคุม

เพลง	ระดับนัยสำคัญ (%)			P-Value
	Dry Weight	TOC	COD	
Farewell	85	85	85	0.102
Holy Wars The Punishment Due	85	85	85	0.131
บทเพลงพระราชนิพนธ์เพลงรัก	99.5	99.5	99.5	0.000
ไอ้ละหนอ My love	99.5	99.5	99.5	0.000
The four seasons	99.5	99.5	99.5	0.000

จากตารางที่ 6 แสดงให้เห็นว่าผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้แก่ น้ำหนักแห้ง ค่า TOC และ ค่า COD ณ เวลาการเลี้ยงที่ 24 ชั่วโมง ของกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับเสียงเพลงเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลองที่ได้รับเสียงเพลงต่าง ๆ ให้ค่าพารามิเตอร์ที่ต่างกันทั้งสิ้น โดยมีระดับนัยสำคัญของความแตกต่างที่ต่างกันไป โดยเพลงที่มีผลทำให้ค่าพารามิเตอร์ของกลุ่มทดลองมีความแตกต่างจากกลุ่มควบคุมมากที่สุด คือ การทดลองที่เปิดเพลงพระราชนิพนธ์เพลงรัก เพลงไอ้ละหนอมายเลิฟ และชุดเพลง The four seasons ซึ่งให้ค่าระดับความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99.5% ส่วนเพลงที่มีผลทำให้ค่าพารามิเตอร์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความแตกต่างที่ระดับนัยสำคัญรองลงมาคือ เพลง Farewell และ เพลง Holy Wars The Punishment Due ให้ความแตกต่างที่ระดับนัยสำคัญที่ 85% โดยเมื่อพิจารณาค่า significant พบว่า เพลง Farewell มีค่า 0.102 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า เพลง Holy Wars The Punishment Due ที่มีค่า 0.131 เล็กน้อย แสดงให้เห็นว่าเพลง Holy Wars The Punishment Due ทำให้ค่าพารามิเตอร์ของกลุ่มทดลองเทียบกับกลุ่มควบคุมมีความแตกต่างน้อยที่สุดในทั้งหมด 5 เพลงที่ใช้การทดลอง

2. ผลการคำนวณประสิทธิภาพการผลิตมวลชีวภาพ (Growth Yield) ของกลุ่มทดลองเทียบกับกลุ่มควบคุม

การเตรียมหัวเชื้อเริ่มต้นสำหรับการทดลองนี้ ได้กำหนดให้มีปริมาณสารอาหารต่อปริมาณจุลชีพเริ่มต้น (Initial S/X ratio) ประมาณ 1.5 mg TOC/mg cells หรือ ประมาณ 5 mg COD/mg cells ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมช่วยให้สามารถพิจารณาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมได้

เมื่อนำผลค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ มาคำนวณ Growth Yield โดยแสดงผลดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงประสิทธิภาพการผลิตมวลชีวภาพ (Growth Yield) ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ที่อ้างอิงกับค่า TOC และ COD

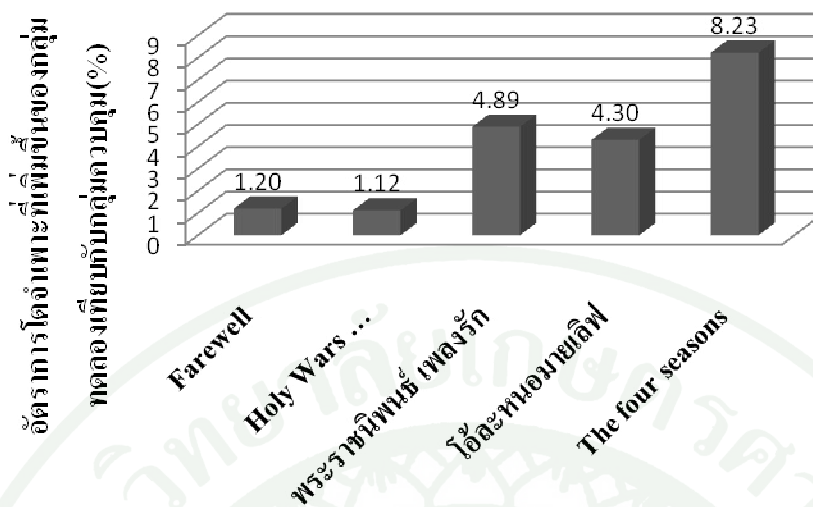
ชื่อเพลง	กลุ่ม	Growth yield	
		TOC	COD
		mg cells mg TOC removed	mg cells mg COD removed
Farewell	ควบคุม	3.00	1.00
	ทดลอง	3.00	1.00
	ค่าความแตกต่าง (%)	0	0
Holy Wars The Punishment Due	ควบคุม	3.00	1.00
	ทดลอง	3.00	1.00
	ค่าความแตกต่าง (%)	0	0
พระราชนิพนธ์เพลงรัก	ควบคุม	3.00	1.00
	ทดลอง	3.00	1.00
	ค่าความแตกต่าง (%)	0	0
ไอ้ละหนอมายเลิฟ	ควบคุม	3.00	1.00
	ทดลอง	3.00	1.00
	ค่าความแตกต่าง (%)	0	0
The Four seasons	ควบคุม	3.00	1.00
	ทดลอง	3.00	1.00
	ค่าความแตกต่าง (%)	0	0

จากตารางที่ 7 เป็นการแสดงน้ำหนักแห้งของจุลชีพที่เพิ่มขึ้นต่อปริมาณสารอาหารที่จุลชีพใช้ไป โดยปริมาณสารอาหารที่ใช้ไปนั้น คำนวณใน 2 รูปแบบ คือ การคำนวณสารอาหารที่ถูกใช้ไปในรูปของค่า TOC และค่า COD ซึ่งค่าที่ได้จากการอ้างอิงกับค่า TOC จะมีปริมาณน้อยกว่า COD เนื่องจาก TOC เป็นการวิเคราะห์เฉพาะสารอินทรีย์ในรูปคาร์บอนเท่านั้น จึงอาจมีสารอื่น ๆ ที่ไม่ถูกรวมเข้าด้วย เช่น สารอินทรีย์ประเภทไนโตรเจน ที่พบอยู่ในสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ ตามตารางภาคผนวกที่ 1 และค่า Growth Yield ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองค่อนข้างสูง แตกต่างจากค่า Growth Yield ทั่วไป ที่จะมีค่าน้อยกว่า 1 ซึ่งเป็นผลมาจากวิธีการหาค่าน้ำหนักเซลล์จุลชีพของการทดลองนี้ใช้กระดาษกรองประเภท cellulose acetate membrane มีขนาดรูกรอง 0.45 μm ซึ่งแตกต่างจากค่าที่อ้างอิงในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียชีวภาพ (Metcalf, 2004) ซึ่งใช้กระดาษกรอง Whatman GF/C ที่มีขนาดรูกรอง 1.2 μm จึงทำให้ค่าน้ำหนักเซลล์จุลชีพของการทดลองสูงกว่าปกติ และส่งผลให้ค่า Growth Yield สูงตามไปด้วย

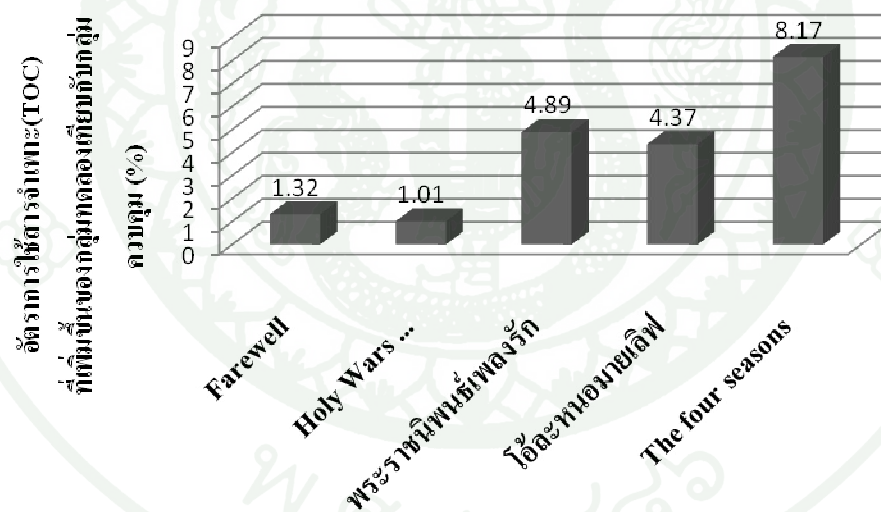
เมื่อพิจารณาจากกราฟ ค่า Growth yield ของกลุ่มทดลองเทียบกับกลุ่มควบคุมจะเห็นว่ามีความแตกต่างกันแต่เมื่อพิจารณาตัวเลขที่เป็นค่าจริงนั้น จะพบว่ามีความแตกต่างของค่า Growth yield ที่ทศนิยมตำแหน่งที่ 5 ซึ่งถือว่าต่างกันในระดับที่น้อยมาก ดังแสดงในตารางภาคผนวกที่ 3

3. ผลการคำนวณอัตราการโตจำเพาะ อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ (TOC และ COD) ของกลุ่มทดลองเทียบกับกลุ่มควบคุม

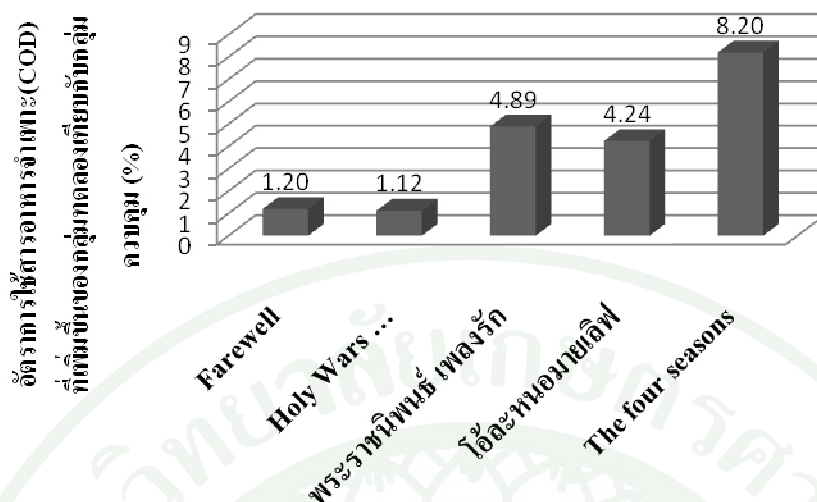
เมื่อพิจารณาอัตราการโตจำเพาะและอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ ของทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่ามีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรง คือ เมื่อจุลชีพมีการใช้สารอาหารมาก จะทำให้มวลของจุลชีพเพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 14 15 และ 16



ภาพที่ 14 แสดงอัตราการใช้สารอาหารเฉพาะของกลุ่มทดลองเทียบกับกลุ่มควบคุม



ภาพที่ 15 แสดงอัตราการใช้สารอาหารเฉพาะ(ToC) ของกลุ่มทดลองเทียบกับกลุ่มควบคุม



ภาพที่ 16 แสดงอัตรการเพิ่มของสารอาหารจำเพาะ (COD) ของกลุ่มทดลองเทียบกับกลุ่มควบคุม

เมื่อนำค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของกลุ่มทดลองเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ดังที่แสดงในภาพที่ 14 15 และ 16 จะพบว่า เพลงที่ใช้ในการทดลองทุกเพลงทำให้จุลชีพสามารถเพิ่มอัตรการโตจำเพาะและอัตรการเพิ่มของสารอาหารจำเพาะได้ โดยการเพิ่มขึ้นมากหรือน้อยจะมีความแตกต่างกันไปตามแต่เพลงที่ใช้ในการทดลอง โดยเมื่อเรียงลำดับเพลงที่ทำให้อัตรการเพิ่มของสารอาหารจำเพาะเพิ่มขึ้นจากมากไปน้อย ได้แก่ ชุดเพลง The four seasons ให้อัตรการเพิ่มของสารอาหารจำเพาะของกลุ่มทดลองเพิ่มขึ้นจากกลุ่มควบคุม 8.17 % และ 8.20 % ถัดมาคือเพลง พระราชนิพนธ์ เพลงรัก เพลงโอ้ละหนอมยลเฟ ตามลำดับ และเพลงใน 2 ลำดับสุดท้ายที่ช่วยให้อัตรการเพิ่มของสารอาหารจำเพาะเพิ่มใกล้เคียงกันน้อยสุด คือ เพลง Farewell และเพลง Holy Wars The Punishment Due โดยเพลง Farewell เพิ่มขึ้น 1.32% TOC และ 1.20 % COD และเพลง Holy Wars The Punishment Due เพิ่มขึ้น 1.01% TOC และ 1.12 % COD

4. ลักษณะของคลื่นเสียงของเพลงที่ใช้การทดลอง

ในการวิเคราะห์ลักษณะคลื่นเสียงของเพลง ใช้โปรแกรม Adobe Audition3 โดยรูปแบบของคลื่นเสียงที่ได้ จะได้ค่าของ Amplitude ในหน่วยของเปอร์เซ็นต์ ซึ่งให้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

4.1 เพลง Farewell ซึ่งเป็นเพลงบรรเลงเปียโน มีความยาว 3 นาที 38 วินาที ลักษณะของคลื่นเสียงมีการสลับขึ้นลง ในระดับ Amplitude เฉลี่ย 10% ถึง 30% ช่วงที่ Amplitude สูงสุดอยู่ที่ประมาณ 60% เป็นเวลาประมาณ 20 วินาทีของเวลาทั้งหมด

4.2 เพลง Holy Wars The Punishment Due เป็นเพลงแนว Heavy Metal มีความยาว 6 นาที 34 วินาที ลักษณะของคลื่นเสียงมีช่วงที่ค่อนข้างสม่ำเสมอต่อเนื่อง 4 ช่วง แบ่งเป็นช่วงเวลาประมาณ 1 นาที 20 วินาที 2 ช่วง และ 50 วินาที 2 ช่วง ระดับ Amplitude เฉลี่ยประมาณ 55% และมีช่วงที่ Amplitude ลดลงเป็นช่วงสั้น ๆ ประมาณ 20% 8 ช่วง

4.3 เพลงพระราชนิพนธ์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 9 เพลงรัก มีความยาว 4 นาที 23 วินาที ลักษณะของคลื่นเสียงมีการสลับขึ้นลงไปตลอดทั้งเพลง ระดับ Amplitude เฉลี่ยประมาณ 70% ช่วงที่ Amplitude สูงสุดอยู่ที่ประมาณ 100% โดยช่วงที่ Amplitude สูงสุดนี้ มีการกระจายอยู่อย่างสม่ำเสมอตลอดทั้งเพลง

4.4 โอ้ละหนอมายเลิฟ เป็นแนวเพลงป๊อปร่วมสมัย ลักษณะของคลื่นเสียงมีการสลับขึ้นลงไปตลอดทั้งเพลง คล้ายกับเพลงในข้อ 4.3 แต่ ระดับ Amplitude เฉลี่ยมีค่าสูงกว่า คือ ประมาณ 90% ถึง 100% เป็นเพลงที่ให้ลักษณะคลื่นเสียงหนักแน่นและมีการสลับขึ้นลงของ Amplitude อย่างสม่ำเสมอ

4.5 ชุดเพลง The four seasons ของ ประกอบไปด้วยเพลงบรรเลง 12 บทเพลง มีความยาวของเพลงรวมทั้งสิ้น 42 นาที 9 วินาที เมื่อวิเคราะห์ลักษณะคลื่นเสียงโดยรวมทั้งหมดแล้ว พบว่า มีการสลับขึ้นลงของคลื่นเสียงอย่างชัดเจน มี Amplitude อยู่ในช่วง 10% ถึง 60% ให้ลักษณะของการสลับขึ้นลงมากกว่าเพลงในข้อ 4.1 ถึง 4.4 และเมื่อนำมาวิเคราะห์ลักษณะคลื่นเสียงในแต่ละเพลง ให้ผลดังนี้

4.5.1 เพลงที่ 1 มีความยาว 3 นาที 39 วินาที ลักษณะคลื่นเสียงมีการสลับขึ้นลงไม่สม่ำเสมอ ความสูงของ Amplitude มี 2 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ ช่วง Amplitude สูง มีค่าประมาณ 35% ถึง 70% และช่วง Amplitude ต่ำ มีค่าประมาณ 5% ถึง 20% โดยมีช่วงที่ Amplitude สูงต่อเนื่องกันนานที่สุด และ Amplitude ต่ำต่อเนื่องกันนานที่สุด อย่างละ 40 วินาที

4.5.2 เพลงที่ 2 มีความยาว 3 นาที 37 วินาที ลักษณะคลื่นเสียงมีการสลับขึ้นลงอย่างสม่ำเสมอทั้งเพลง โดยมี Amplitude เฉลี่ยประมาณ 5% ถึง 20%

4.5.3 เพลงที่ 3 มีความยาว 3 นาที 53 วินาที ลักษณะคลื่นเสียงมีการสลับขึ้นลงไม่สม่ำเสมอ ความสูงของ Amplitude แบ่ง 3 ช่วงใหญ่ ๆ คือ ช่วง สูง กลาง และต่ำ ช่วงที่ Amplitude สูง มีค่าเฉลี่ยประมาณ 50% ช่วงกลางประมาณ 20% และช่วงต่ำประมาณ 5% ถึง 10% โดยทั้งเพลงมีส่วนที่ Amplitude สูง มากที่สุด กระจายอยู่ทั้งเพลงตั้งแต่ต้นเพลงจนจบเพลง โดยในตอนต้นถึงกลางเพลง เป็นการสลับกันของ Amplitude ระดับกลาง และสูง ส่วนท้ายของเพลงเป็นช่วงที่มี Amplitude ต่ำ และ สูง ตามลำดับ โดยมีความต่อเนื่องของ Amplitude ต่ำ นานสุด ประมาณ 20 วินาที และ Amplitude สูง นานสุดประมาณ 40 วินาที

4.5.4 เพลงที่ 4 มีความยาว 5 นาที 26 วินาที ลักษณะคลื่นเสียงมีการสลับขึ้นลงในช่วง Amplitude สั้น ช่วงค่าเฉลี่ยประมาณ 0% ถึง 10% ตลอดทั้งเพลง ในช่วงกลางเพลงมี Amplitude แบบต่อเนื่อง มีค่าเฉลี่ยประมาณ 10% เป็นเวลาประมาณ 30 วินาที และส่วนท้ายเพลงมีส่วนที่ Amplitude ต่อเนื่องสูงสุดประมาณ 40% เป็นเวลาประมาณ 15 วินาที

4.5.5 เพลงที่ 5 มีความยาว 2 นาที 41 วินาที ลักษณะคลื่นเสียงมีการสลับขึ้นลงอย่างสม่ำเสมอ ในช่วงค่อนข้างยาว ประมาณ 10 วินาทีจึงมีการเปลี่ยนแปลงของ Amplitude การเปลี่ยนแปลงของ Amplitude มีค่าเฉลี่ยประมาณ 2.5% ถึง 5% และในส่วนต้น กลาง และ ท้าย เพลง มีการแทรกของส่วนที่มี Amplitude สูง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยประมาณ 10%

4.5.6 เพลงที่ 6 มีความยาว 2 นาที 57 วินาที ลักษณะคลื่นเสียงมีการสลับขึ้นลงอย่างสม่ำเสมอตลอดทั้งเพลง อยู่ในช่วง Amplitude เฉลี่ยประมาณ 20% ถึง 40%

4.5.7 เพลงที่ 7 มีความยาว 5 นาที 22 วินาที ลักษณะของคลื่นเสียงมีการสลับขึ้นลงของ Amplitude ในช่วงต้นเพลงอย่างชัดเจน มีช่วงสูงค่าเฉลี่ยประมาณ 40% และ ช่วงต่ำค่าเฉลี่ยประมาณ 10% ในช่วงกลางเพลง ถึงท้ายเพลง มีการสลับของ Amplitude ช่วงกลางและสูง ประมาณ 20% ถึง 40% และปิดท้ายเพลงด้วย Amplitude ต่ำ เป็นเวลาสั้น ๆ

4.5.8 เพลงที่ 8 มีความยาว 3 นาที 5 วินาที ลักษณะของคลื่นเสียงมีความสม่ำเสมอของ Amplitude อย่างชัดเจนตลอดทั้งเพลง มีค่าเฉลี่ยประมาณ 2.5%

4.5.9 เพลงที่ 9 มีความยาว 3 นาที 23 วินาที ลักษณะของคลื่นเสียงมีการสลับขึ้นลงของ Amplitude อย่างชัดเจนและสม่ำเสมอทั้งเพลง ช่วงที่ Amplitude ต่ำ มีค่าเฉลี่ยประมาณ 10% และ ช่วงสูง ประมาณ 30% ถึง 50%

4.5.10 เพลงที่ 10 มีความยาว 3 นาที 29 วินาที ลักษณะของคลื่นเสียงมีช่วง Amplitude สลับขึ้นลงมากและน้อย โดยในช่วงต้นเพลงและท้ายเพลงมีการเปลี่ยนแปลงของ Amplitude ในช่วงแคบ ๆ ประมาณ 5% ถึง 10% ในช่วงกลางเพลงมีการเปลี่ยนแปลงที่กว้างขึ้นอย่างต่อเนื่อง ค่าเฉลี่ยประมาณ 15% ถึง 50% เป็นเวลา 1 นาที 50 วินาที

4.5.11 เพลงที่ 11 มีความยาว 2 นาที 26 วินาที ลักษณะของคลื่นเสียงมีช่วง Amplitude สลับขึ้นลงในช่วงแคบ ๆ อย่างสม่ำเสมอตลอดทั้งเพลง ช่วงของ Amplitude มีค่าเฉลี่ย ประมาณ 5% ถึง 15%

4.5.12 เพลงที่ 12 มีความยาว 2 นาที 51 วินาที ลักษณะของคลื่นเสียงมีการสลับขึ้นลงของ Amplitude อย่างชัดเจน โดยมีช่วงที่ Amplitude ใกล้เคียง 0% และเท่ากับ 0% กระจายอยู่เป็น ระยะ ๆ ตลอดทั้งเพลง ค่าเฉลี่ยของ Amplitude มีค่าประมาณ 30% ถึง 40%

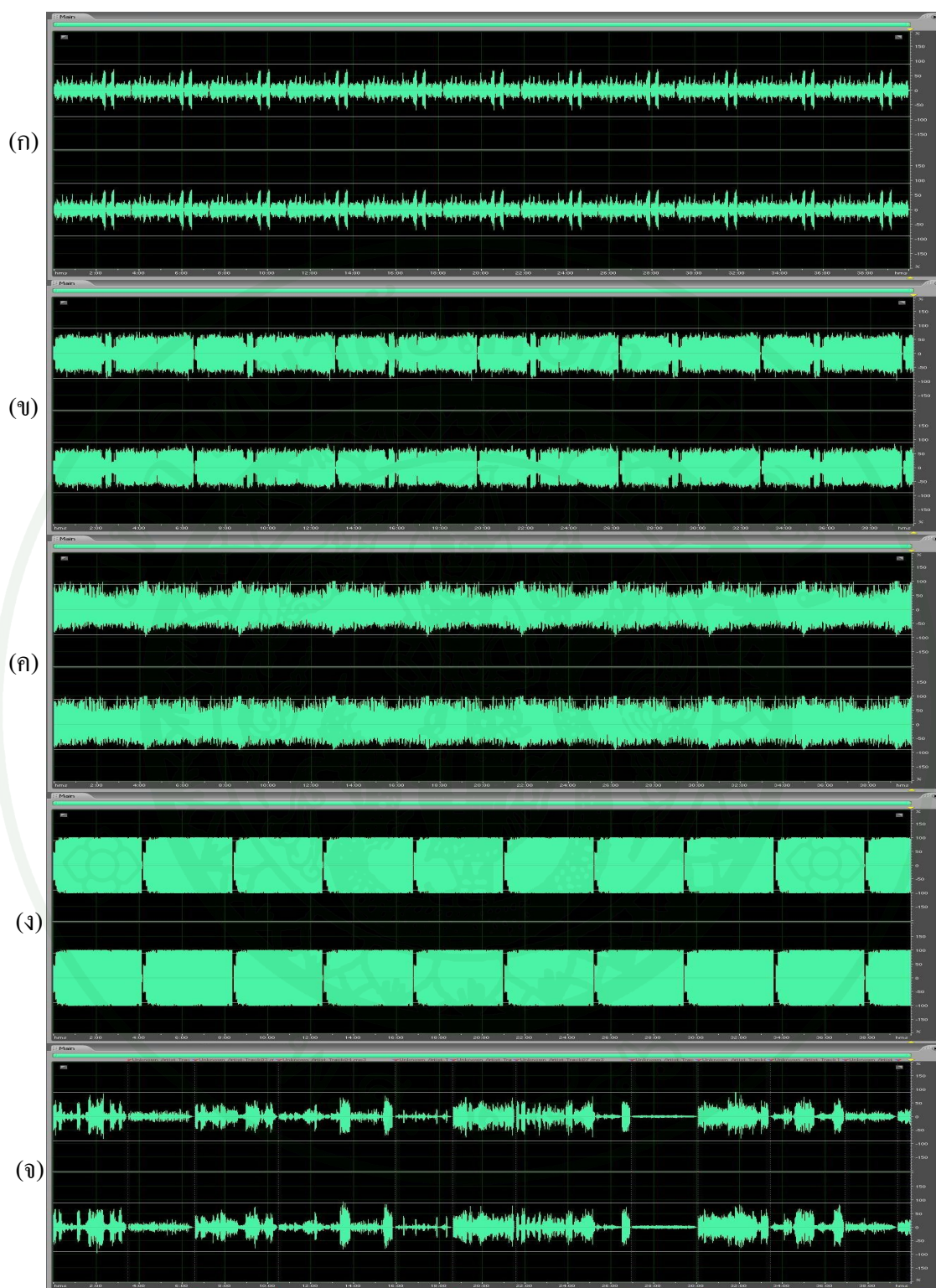
5. การเปรียบเทียบลักษณะโดยรวมของคลื่นเสียงของเพลงที่ใช้การทดลอง

จากลักษณะคลื่นเสียงที่วิเคราะห์ได้ในแต่ละเพลง จะเห็นว่า แต่ละเพลงจะมีลักษณะรูปแบบของการจัดเรียงหน้าตาของคลื่นที่แตกต่างกันไปตามแต่ละเพลงเป็นลักษณะจำเพาะ เช่น ในเพลง Farewell และชุดเพลง The Four Seasons เป็นเพลงบรรเลง ประเภทคลาสสิกเหมือนกัน แต่ให้รูปแบบคลื่นที่ไม่ซ้ำกันในแต่ละเพลง

เพลงที่ใช้การทดลองนี้มีหลายแนวเพลงด้วยกัน ทั้ง เพลงป๊อป เพลงคลาสสิก และเพลง Heavy Metal มีผลต่อลักษณะคลื่นเสียงที่ได้ของกลุ่มเพลงคลาสสิก จะมีการเปลี่ยนแปลงของ Amplitude ในช่วงสั้น ๆ เป็นส่วนใหญ่ สำหรับเพลงป๊อป หรือ Heavy Metal นั้นค่อนข้างให้คลื่นเสียงที่มีความหนักแน่น ซึ่งอาจเป็นผลมาจาก เครื่องดนตรีที่ใช้เล่นในแต่ละแนวเพลงมีความแตกต่างกัน

เมื่อนำเพลงของแต่ละกลุ่มการทดลอง ได้แก่ เพลง Farewell เพลง Holy Wars The Punishment Due เพลงพระราชนิพนธ์เพลงรัก เพลงไอ้สะพานลอย และชุดเพลง The four seasons มาทำการตัดและต่อเพลงให้แต่ละเพลงของกลุ่มการทดลอง มีรอบระยะเวลาเปิดเพลงนาน 40 นาที ดังภาพที่ 17 และทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของลักษณะคลื่นเสียงโดยรวม พบว่า ชุดเพลง The four seasons มีความหลากหลายของลักษณะคลื่นเสียงมากที่สุด มีการสลับขึ้นลงของคลื่นไม่สม่ำเสมอ บางช่วงมี Amplitude สูง บางช่วงต่ำ สลับกันไปอย่างชัดเจน และมีความหลากหลายของความต่อเนื่องของช่วง Amplitude สูงและต่ำ บางช่วงมีระยะเวลายาว บางช่วงมีระยะเวลาสั้น โดยความต่างแฉกนี้จะเห็นอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับเพลง เพลง Farewell เพลง Holy Wars The Punishment Due เพลงพระราชนิพนธ์เพลงรัก และ เพลงไอ้สะพานลอย ที่มีลักษณะคลื่นเสียงสม่ำเสมอ การสลับขึ้นลงของ Amplitude อยู่ในช่วงสั้น ๆ ผลความแตกต่างลักษณะคลื่นเสียงนั้นมาจาก ชุดเพลง The four season ประกอบไปด้วย 12 บทเพลง เล่นต่อเนื่องกันไปเป็นเวลา 40 นาที ในขณะที่เพลงอื่น ๆ เป็นการ เล่นเพลงวนซ้ำของเพลง 1 เพลง จนครบเวลา 40 นาที

ดังนั้นชุดเพลง The four season จึงมีความแตกต่างของลักษณะคลื่นอย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มเพลงที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด



ภาพที่ 17 แสดงคลื่นเสียงเพลงในรอบระยะเวลาเปิดเพลงนาน 40 นาที (ก) เพลง Farewell (ข) เพลง Holy Wars The Punishment Due (ค) เพลงพระราชนิพนธ์เพลงรัก (ง) เพลงไอ้ละหนอมายเลิฟ (จ) เพลง The Four Seasons

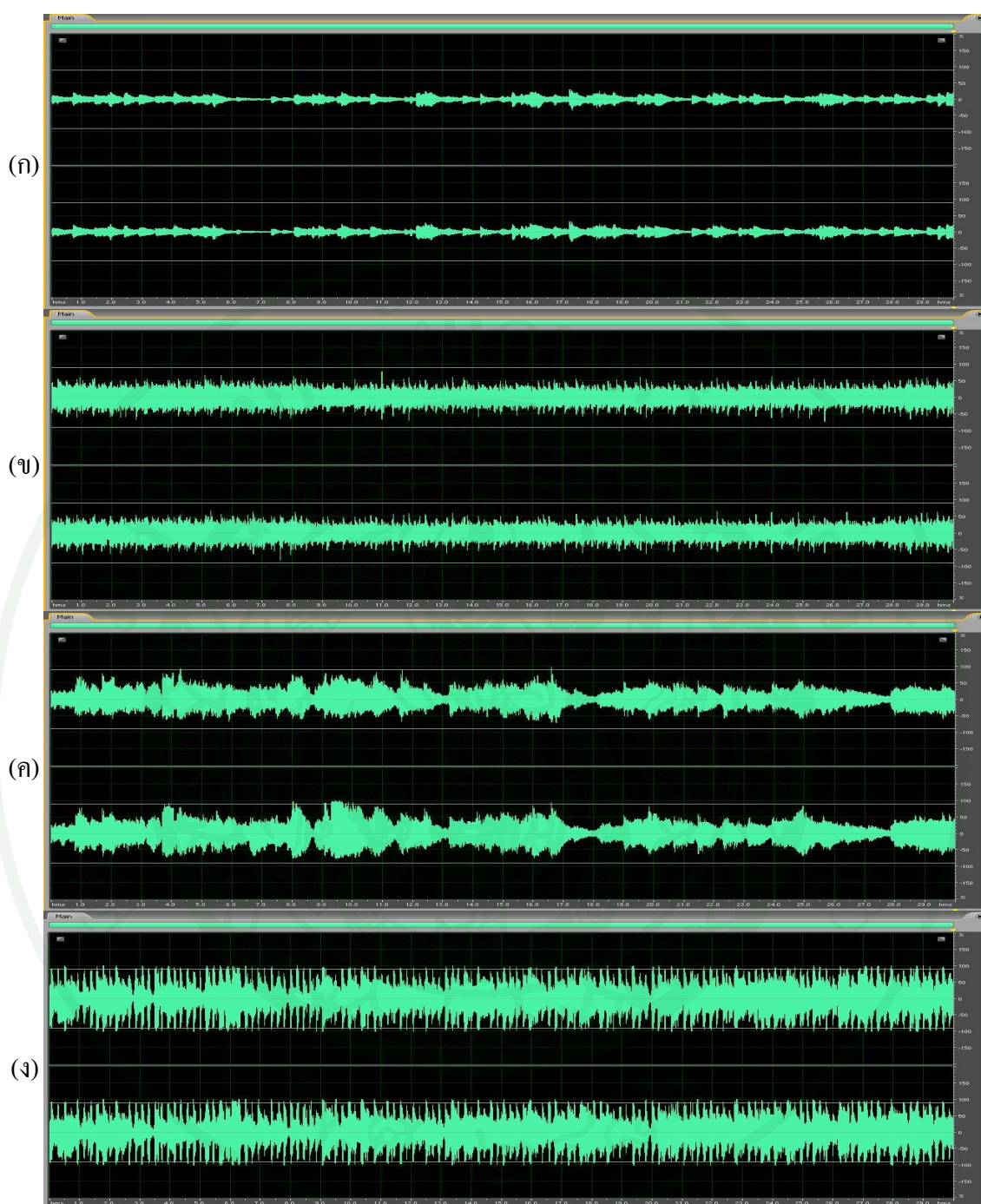
6. การเปรียบเทียบความแตกต่างของลักษณะคลื่นเสียงของเพลง Farewell เพลง Holy Wars The Punishment Due เพลงพระราชนิพนธ์เพลงรัก และเพลงไอ้ละหนอมายเลิฟ

เมื่อพิจารณาลักษณะโดยรวมของเพลง Farewell เพลง Holy Wars The Punishment Due เพลงพระราชนิพนธ์เพลงรัก และเพลงไอ้ละหนอมายเลิฟ พบว่า คลื่นเสียงมีการสลับขึ้นลงของ Amplitude สม่ำเสมอกัน อาจมีความแตกต่างบ้าง เช่น ในเพลง Holy Wars The Punishment Due มีบางช่วงของเพลงที่มีการลดลงของ Amplitude อย่างเด่นชัด แต่การลดลงนั้นเกิดในช่วงเวลาสั้น ๆ เมื่อเปรียบเทียบกับความยาวของทั้งเพลง จึงอาจเป็นส่วนที่จะมีผลกระทบต่อผลการทดลอง ดังนั้นการเปรียบเทียบความแตกต่างของลักษณะคลื่นเสียงของทั้ง 4 เพลงนี้ จึงได้ทำการสุ่มเลือกช่วงของคลื่นเสียงเพลงที่มีความสม่ำเสมอในแต่ละเพลงเป็นเวลา 30 วินาที เพื่อขยายภาพให้สามารถพิจารณาความแตกต่างได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

จากภาพที่ 18 (ค) พบว่าเพลงพระราชนิพนธ์เพลงรักมีการสลับขึ้นลงของ Amplitude และมีช่วงความยาวที่ต่อเนื่องของการสลับขึ้นลง คล้ายเป็นลักษณะของความหลากหลายของรูปแบบคลื่นเมื่อเทียบกับเพลง The four seasons ดังภาพที่ 17 (ง) เพียงแต่มีความหลากหลายน้อยกว่า เนื่องจากเป็นลักษณะของรูปแบบคลื่นของเพลง 1 เพลง

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบในเรื่องการสลับขึ้นลงของ Amplitude ที่มีความถี่ในการสลับขึ้นลงมากที่สุด คือเพลงไอ้ละหนอมายเลิฟ ดังภาพที่ 18 (ง) จะมีการสลับขึ้นลงอย่างเด่นชัดเป็นช่วงกว้าง เมื่อเปรียบเทียบกับเพลง Holy Wars The Punishment Due ดังภาพที่ 18 (ข) ที่มีการสลับขึ้นลงของ Amplitude สม่ำเสมอตลอดทั้งเพลงเช่นกัน แต่ความชัดเจนของการสลับขึ้นลงของ Amplitude นั้น เพลงไอ้ละหนอมายเลิฟมีความชัดเจนมากกว่าอย่างเห็นได้ชัด

เมื่อเปรียบเทียบลักษณะความหลากหลายของความต่อเนื่องของช่วง Amplitude สูงและต่ำ บางช่วงมีระยะเวลายาว บางช่วงมีระยะเวลาสั้น ที่เด่นชัดที่สุด คือ เพลงพระราชนิพนธ์เพลงรัก



ภาพที่ 18 แสดงคลื่นเสียงเพลงในรอบระยะเวลาเปิดเพลงนาน 30 วินาที (ก) เพลง Farewell (ข) เพลง Holy Wars The Punishment Due (ค) เพลงพระราชนิพนธ์เพลงรัก (ง) เพลงไอ้ละหนอมายเลิฟ

7. ผลการเปรียบเทียบลักษณะของคลื่นเสียงของเพลงที่ใช้การทดลองกับการเพิ่มขึ้นของอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ

เมื่อนำผลการทดลองในข้อ 4 5 และ 6 มาพิจารณารวมกัน จะสามารถอธิบายลักษณะของคลื่นเสียงของเพลงที่ใช้ในการทดลอง ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 แสดงลักษณะของคลื่นเสียงของแต่ละเพลงที่ใช้ในการทดลอง

เพลง	ลักษณะคลื่นเสียง			
	ความหลากหลายโดยรวม	ความถี่ในการสลับขึ้นลงของ Amplitude	ความชัดเจนของช่วง Amplitude สูงและต่ำ	ความสูงเฉลี่ยของ Amplitude
Farewell	★	★	★★	★
Holy Wars The Punishment Due	★	★★	★	★★★
พระราชนิพนธ์เพลงรัก	★★	★★★★	★★★	★★★★★
ไอ้ละหนอมายเลิฟ	★	★★★★	★	★★★★★
The four seasons	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★

หมายเหตุ ★★★★★มากที่สุด ★★★ มาก ★★ ปานกลาง ★ น้อย

จากการทดลองที่แสดงในตารางที่ 8 พบว่าเพลง The four seasons ซึ่งเป็นเพลงที่ช่วยให้มีการเพิ่มขึ้นของอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะสูงที่สุดในทุกเพลงที่นำมาใช้ในการทดลอง มีความโดดเด่นในเรื่องความหลากหลายของลักษณะคลื่นเสียงโดยรวม และมีคุณสมบัติอื่น ๆ ได้แก่ ความถี่ในการสลับขึ้นลงของ Amplitude ความชัดเจนของช่วง Amplitude สูงและต่ำ ความสูงเฉลี่ยของ Amplitude อย่างชัดเจน สำหรับเพลงที่ช่วยให้การเพิ่มอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะมีค่าเพิ่มขึ้นรองมาในอันดับที่ 2 คือ เพลงพระราชนิพนธ์เพลงรัก มีคุณสมบัติความหลากหลายของลักษณะคลื่นเสียงโดยรวมรองมาจากเพลง The four seasons และมีคุณสมบัติอื่น ๆ ผสมกันอยู่ในระดับมาก เพลงที่ช่วยให้การเพิ่มอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะมีค่าเพิ่มขึ้นรองมาในอันดับที่ 3 คือ เพลงไอ้ละหนอมายเลิฟ พบว่ามีความโดดเด่นของลักษณะคลื่นในรูปแบบความชัดเจนของช่วง Amplitude สูงและต่ำ ซึ่งต่างจากเพลง Holy Wars The Punishment Due และ เพลง Farewell

ค่อนข้างชัดเจน สำหรับเพลงที่ช่วยเพิ่มอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะของจุลชีพที่มีค่าใกล้เคียงกัน ใน 2 อันดับสุดท้าย คือ เพลง Holy Wars The Punishment Due และ เพลง Farewell จะพบว่าไม่มีคุณสมบัติของลักษณะคลื่นเสียงใดที่เด่นชัด และเมื่อพิจารณาถึงระดับความสูงเฉลี่ยของ Amplitude จะพบว่าเป็นคุณสมบัติที่ต้องมีอยู่ในเพลง แต่ไม่ใช่ลักษณะสำคัญที่ช่วยให้การเพิ่มขึ้นของอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะของจุลชีพมากหรือน้อย พิจารณาจากการเปรียบเทียบระดับความสูงเฉลี่ยของ Amplitude ของ เพลง Holy Wars The Punishment Due กับเพลง Farewell ที่ช่วยเพิ่มอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะของจุลชีพที่มีค่าใกล้เคียงกัน

จึงกล่าวได้ว่า ลักษณะคลื่นเสียงที่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะของจุลชีพได้มาก จะต้องมีความหลากหลายของคลื่นเสียงโดยรวมเป็นสำคัญ รองลงมาคือ ความชัดเจนของช่วง Amplitude สูงและต่ำ และความชัดเจนของช่วง Amplitude สูงและต่ำตามลำดับ ส่วนระดับความสูงเฉลี่ยของ Amplitude มากหรือน้อยนั้น แม้จะไม่ใช่ลักษณะที่ส่งผลต่ออัตราการใช้สารอาหารจำเพาะของจุลชีพโดยตรงแต่เป็นคุณสมบัติเสริมที่ต้องมีอยู่ในเพลง

8. การวิเคราะห์จังหวะเพลง โดยเครื่อง Metronome

จากการวิเคราะห์แยกจังหวะเพลงที่ใช้ในทคลองดังตารางที่ 9 พบว่า มีความหลากหลายของจังหวะแตกต่างกันไปตามแต่ละเพลง โดยการทคลองที่เปิดเพลงเดียวตลอดการบ่มเชื่อนั้น จะไม่มีความแตกต่างของจังหวะเพลง เนื่องจากมีจังหวะเดียวตลอดทั้งเพลง ได้แก่ การทคลองที่ใช้เพลง Farewell เพลง Holy Wars The Punishment Due เพลงพระราชนิพนธ์เพลงรัก และเพลงไอ้ละหนอมายเลิฟ ส่วนการทคลองที่ใช้เพลง The four seasons นั้น ประกอบไปด้วย 12 เพลงด้วยกัน ทำให้มีจังหวะเพลงที่หลากหลายมากขึ้น ส่วนใหญ่เป็นเพลงในจังหวะเร็ว (Allegro) และแทรกด้วยเพลงจังหวะช้า เป็นระยะๆ

ตารางที่ 9 แสดงจังหวะเพลงที่ใช้ในการทคลอง โดยเครื่อง Metronome

ชื่อเพลง		คำศัพท์	ความเร็ว(รอบ/นาที)	ลักษณะ
Farewell		Largretto	61-66	ช้ามาก
Holy Wars The Punishment Due		Presto	169-208	เร็วมาก
เพลงพระราชนิพนธ์เพลงรัก		Adagio	67-76	ช้า
ไอ้ละหนอมายเลิฟ		Allegro	121-168	เร็ว
The Four Seasons	Spring	1	Allegro	เร็ว
		2	Largo	ช้ามาก ๆ
		3	Allegro	เร็ว
	Summer	4	Allegro	เร็ว
		5	Adagio, Presto	ช้า, เร็วมาก
		6	Presto	เร็วมาก
	Autumn	7	Allegro	เร็ว
		8	Adagio	ช้า
		9	Allegro	เร็ว
	Winter	10	Allegro	เร็ว
		11	Largo	ช้ามาก ๆ
		12	Allegro	เร็ว

9. ผลการเปรียบเทียบลักษณะของจังหวะเพลงที่ใช้การทดลองกับการเพิ่มขึ้นของอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ

เมื่อพิจารณาจังหวะเพลงที่ใช้ในการทดลองเปรียบเทียบกับการเพิ่มขึ้นของอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ พบว่าความหลากหลายของจังหวะเพลงช่วยให้การเพิ่มขึ้นของอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะดีกว่าการใช้จังหวะเพลงแบบเดียว แต่จังหวะเพลงที่ช้า หรือเร็วอย่างเดียวนั้นไม่มีผลต่อการเพิ่มอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ เห็นได้จากการเปรียบเทียบระหว่าง เพลง Farewell และ เพลง Holy Wars The Punishment Due ที่มีจังหวะเพลงช้า และเร็วต่างกันอย่างสิ้นเชิง แต่กลับให้ผลการเพิ่มอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะใกล้เคียงกัน ดังแสดงในตารางการเปรียบเทียบจังหวะเพลงที่ใช้การทดลองเปรียบเทียบกับอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะที่เพิ่มขึ้น อ้างอิงกับค่า COD ตารางที่ 10

ตารางที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบจังหวะเพลงที่ใช้การทดลองเปรียบเทียบกับอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ อ้างอิงกับค่า COD ที่เพิ่มขึ้นของกลุ่มทดลองเทียบกับกลุ่มควบคุม

ชื่อเพลง	จังหวะ	อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ (%COD)
The four seasons	ช้ามาก ๆ	8.20
	ช้า	
	เร็ว	
	เร็วมาก	
พระราชนิพนธ์เพลงรัก	ช้า	4.89
ไอ้ละหนอมายเลิฟ	เร็ว	4.24
Farewell	ช้ามาก	1.20
Holy Wars the Punishment Due	เร็วมาก	1.12

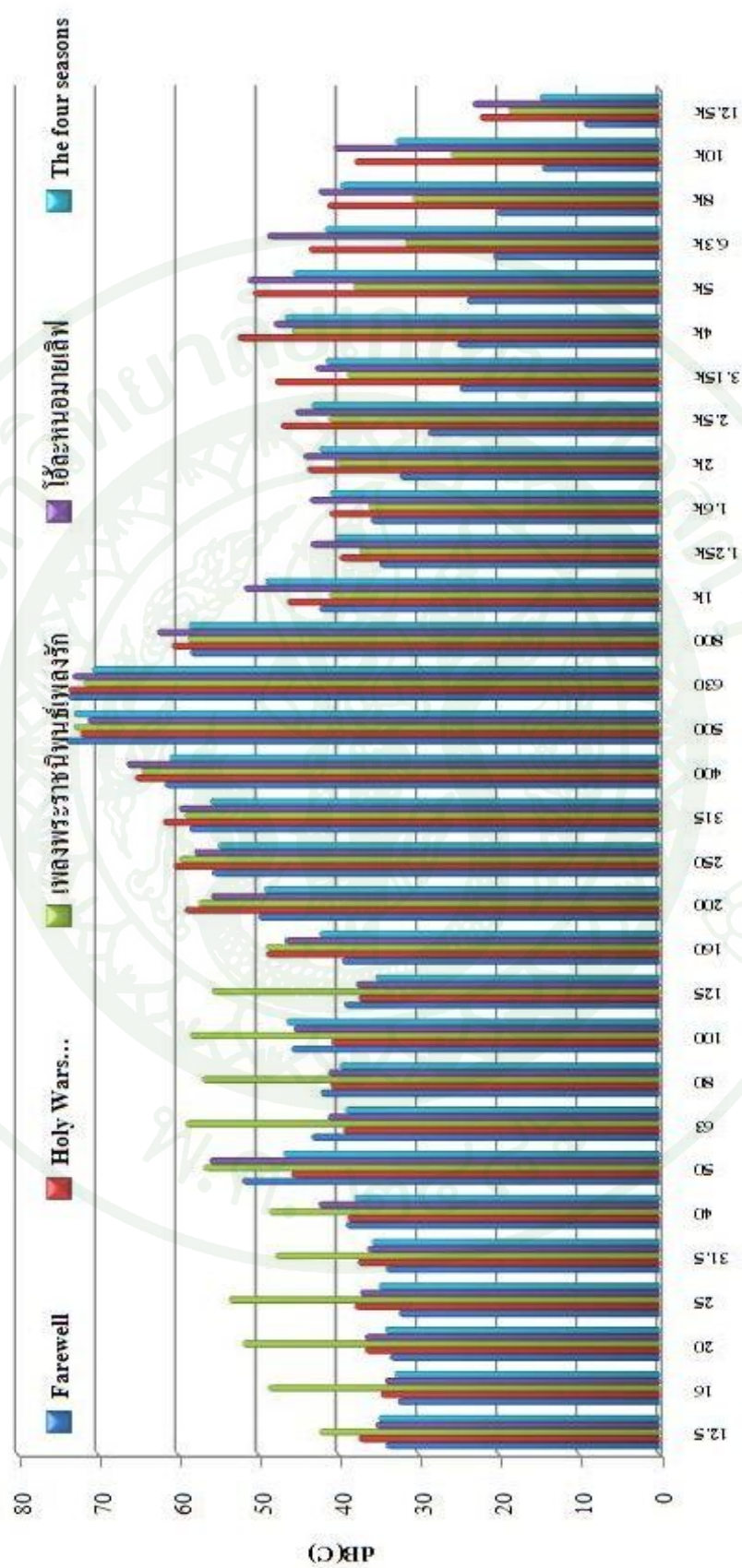
10. ผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียงเพลงแบบแยกความถี่

การวิเคราะห์ระดับความดังเสียงเพลงในการทดลองทั้ง 5 เพลงได้นำการวัดในรูปแบบของวงจรถ่วงน้ำหนักแบบ C มาใช้ในการอธิบายผลจากทดลอง เนื่องจากการวัดระดับความดังของเสียงที่มีความใกล้เคียงกับระดับความดังเสียงจริงมากที่สุด ซึ่งวงจรถ่วงน้ำหนักแบบ C นี้มีความแตกต่างจากวงจรถ่วงน้ำหนักแบบ A ซึ่งเป็นวงจรการวัดระดับเสียงที่ใกล้เคียงกับหูมนุษย์ คือ ในช่วงความถี่ต่ำ ๆ หูมนุษย์จะมีความไวในการฟังเสียงต่ำลง และมีความไวในระดับที่ความถี่เสียงสูงขึ้น ซึ่งเป็นความดังเสียงที่เป็นอันตรายต่อหูมนุษย์ วงจรถ่วงน้ำหนักแบบ A จึงให้ค่าระดับเสียงที่ความถี่ต่ำน้อยกว่าระดับความดังเสียงจริง และให้ค่าระดับความดังเสียงที่ความถี่สูงมีค่าเพิ่มขึ้น ดังแสดงในตารางภาคผนวกที่ 22 ถึง 26 เพื่อประโยชน์ในการประเมินอันตรายจากเสียงทั้งด้านสุขภาพสตรีอุตสาหกรรม งานอาชีพอนามัย และงานสิ่งแวดล้อม

ในงานวิจัยนี้มีความจำเป็นต้องทำการทดลองในสภาวะแวดล้อมที่เงียบและมีเสียงรบกวนจากภายนอกน้อยที่สุดเท่าที่สามารถจะทำได้ภายในห้องปฏิบัติการ ดังนั้นจึงดำเนินการทดลองภายในห้องปิดและอยู่ในกล่องเก็บเสียงซึ่งบุด้วยฟองน้ำหนา เพื่อช่วยบรรเทาเสียงรบกวนจากภายนอก

ระดับความดังของเสียงเพลงเฉลี่ยที่เปิดในแต่ละการทดลอง อยู่ในช่วง 70-75 dB(A) หรือ 75-77 dB(C) ซึ่งเป็นระดับเสียงที่เหมาะสมในการทดลอง เมื่อพิจารณาจากความดังเสียงจากสภาวะแวดล้อมของห้องปฏิบัติการและระดับความดังเสียงของ shaker ที่ใช้ร่วมขณะทำการทดลอง

ผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียงเพลงแบบแยกความถี่ของเพลงที่ใช้ในการทดลองทั้ง 5 เพลง แสดงดังในภาพที่ 19

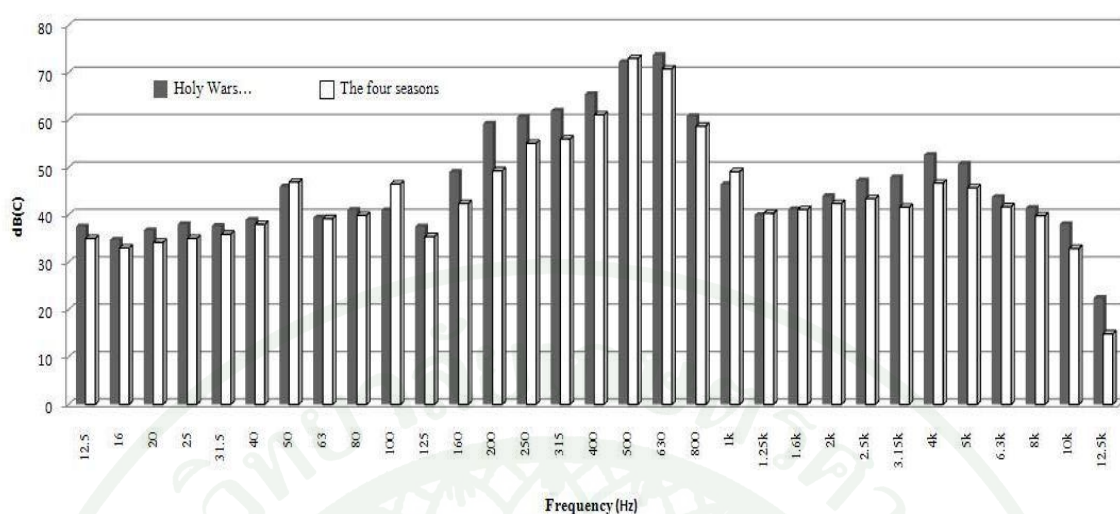


ภาพที่ 19 แสดงระดับความดังเสียงเพลงแบบแยกความถี่ของเพลงที่ใช้ในการทดลอง

จากภาพที่ 19 แสดงให้เห็นว่าเพลงที่ใช้ในการทดลองมีระดับความดังเสียงสูงสุด ที่ความถี่ 500 และ 630 Hz เมื่อพิจารณาความแตกต่างของระดับเสียงในแต่ละเพลงพบว่า ส่วนใหญ่มีแนวโน้มใกล้เคียงกัน คือ ในช่วงความถี่ต่ำ จะมีระดับเสียงที่เบา ช่วงความถี่ระดับกลางมีระดับเสียงดังสุด และค่อย ๆ เบาลงในช่วงความถี่สูง ซึ่งอาจเป็นผลมาจากเพลงเป็นเสียงดนตรีที่ใช้ฟังในระดับการฟังของมนุษย์ทำให้มีความดังอยู่ในช่วงปกติที่มนุษย์รับฟังได้ จึงอาจกล่าวได้ว่าช่วงความถี่เสียงที่มนุษย์ได้ยินในระดับปกตินี้มีผลต่อการเจริญและการใช้สารอาหารของแบคทีเรียใช้อากาศจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน

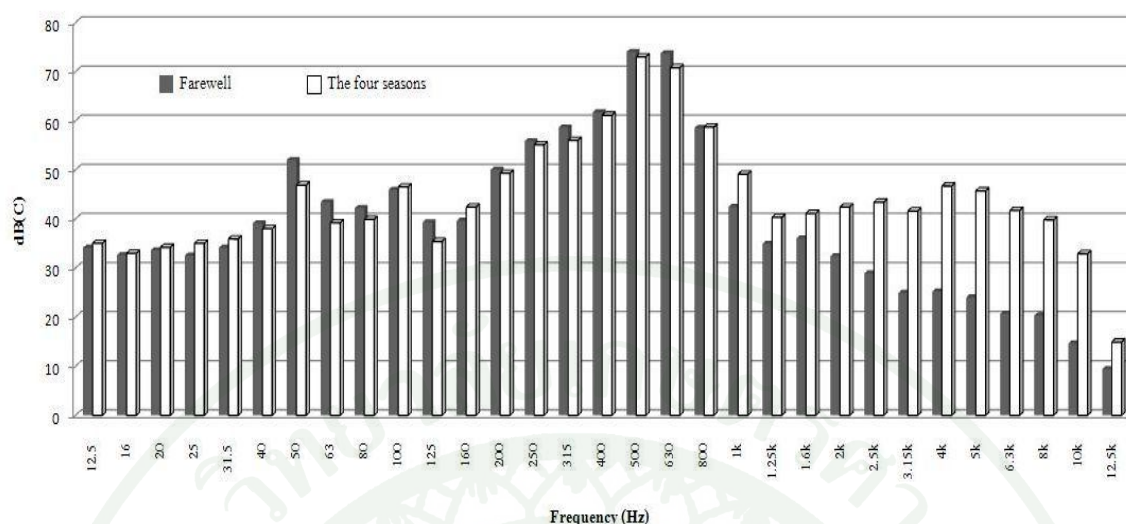
เมื่อพิจารณาความดังระดับเสียงในช่วงความถี่ต่ำที่มนุษย์มีความไวในการรับฟังน้อยพบว่า เพลงพระราชนิพนธ์เพลงรัก ซึ่งเป็นเพลงที่ช่วยเพิ่มอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะเป็นอันดับที่ 2 รองจาก ชุดเพลง The four seasons มีความดังที่มากกว่าเพลงที่ใช้ในการทดลองอื่น ๆ จึงอาจเป็นได้ว่าจุลชีพอาจมีความไวในการรับเสียงที่กว้างกว่ามนุษย์

เมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของระดับความดังเสียงเพลงกับการเพิ่ม อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะของจุลชีพ พบว่าระดับความดังของเสียงเพลงที่ความถี่ต่าง ๆ ไม่มีผลต่อการเพิ่มอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะของจุลชีพ เห็นได้จากชุดเพลง The four seasons ซึ่งให้การเพิ่มอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะเพิ่มขึ้นได้มากที่สุด แต่ความดังของระดับเสียงเพลงในแต่ละความถี่นั้น ไม่ได้มีระดับเสียงดังสูงสุดหรือน้อยสุดตามไปด้วย หรือเมื่อเปรียบเทียบเพลง Holy Wars The Punishment Due กับชุดเพลง The four seasons ดังภาพที่ 20 จะเห็นได้ว่ามีระดับความดังเสียงที่ทุกความถี่ใกล้เคียงกัน อาจแตกต่างบ้างในช่วงความถี่ 160 ถึง 400 Hz และ 2.5 kHz ถึง 5 kHz



ภาพที่ 20 แสดงการเปรียบเทียบระดับความดังเสียงเพลงแบบแยกความถี่ของเพลง Holy Wars The Punishment Due และ ชุดเพลง The four seasons

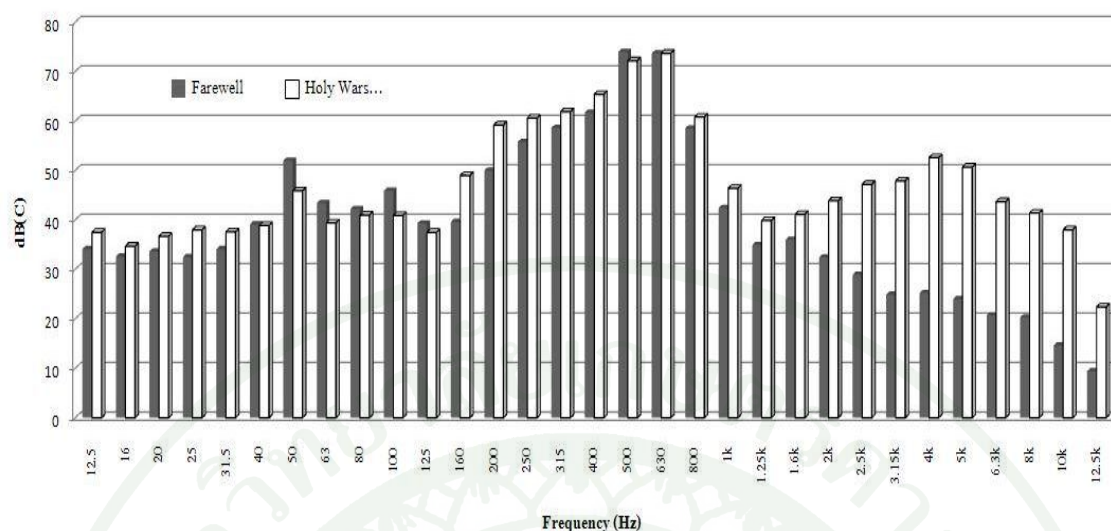
แต่เมื่อพิจารณาประกอบกับภาพที่ 21 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบระดับความดังเสียงเพลงแบบแยกความถี่ของเพลง Farewell และ ชุดเพลง The four seasons พบว่าในช่วงความถี่ 160 ถึง 400 Hz มีความแตกต่างของระดับความดังเสียงน้อยมาก แสดงว่าความดังในช่วงความถี่ 160 ถึง 400 Hz ไม่ใช่ช่วงความถี่สำคัญที่ส่งผลกระทบต่อการเพิ่มอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ เนื่องจากเพลง Farewell และ เพลง Holy Wars The Punishment Due ช่วยให้อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกันมาก



ภาพที่ 21 แสดงการเปรียบเทียบระดับความดังเสียงเพลงแบบแยกความถี่ของเพลง Farewell และ ชุดเพลง The four seasons

และพิจารณาประกอบกับภาพที่ 22 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบระดับความดังเสียงเพลงแบบแยกความถี่ของเพลง Farewell และ ชุดเพลง Holy Wars The Punishment Due พบว่าในช่วงความถี่ 2.5 kHz ถึง 5 kHz มีความแตกต่างของระดับความดังเสียงมาก แต่ทั้ง 2 เพลงนี้ช่วยให้อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะเพิ่มขึ้นแทบไม่ต่างกัน แสดงว่าความดังในช่วงความถี่ 2.5 kHz ถึง 5 kHz ไม่ใช่ช่วงความถี่สำคัญที่ส่งผลกระทบต่อการใช้สารอาหารจำเพาะเช่นกัน

จึงอาจกล่าวได้ว่า การใช้สารอาหารของจุลชีพจะเกิดได้ดีต้องมีระดับความดังที่เหมาะสม ไม่จำเป็นต้องมีระดับเสียงความดังมากในทุกช่วงความถี่ แต่ต้องมีการกระจายความดังและความเบาอย่างเหมาะสมในแต่ละความถี่ ซึ่งอาจเป็นลักษณะเฉพาะของบทเพลงนั้น ๆ



ภาพที่ 22 แสดงการเปรียบเทียบระดับความดังเสียงเพลงแบบแยกความถี่ของเพลง Farewell และ ชุดเพลง Holy Wars The Punishment Due

11. การศึกษาความสัมพันธ์ของเนื้อเพลง ความหมาย อารมณ์ ความรู้สึกของเพลงกับการเพิ่มขึ้นของอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ

จากผลการทดลองที่กล่าวมาในข้างต้น เห็นได้ว่าเป็นนำหลักการวิเคราะห์ทั่วไปในเชิงเคมีและฟิสิกส์มาอธิบายทั้งสิ้น ซึ่งนอกเหนือจากการอธิบายโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์เหล่านี้แล้ว ยังมีมุมมองการพิจารณาถึงปัจจัยที่ทำให้เพลงสามารถช่วยเพิ่มอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะของจุลชีพได้อย่างน่าสนใจ คือ การพิจารณาถึงอารมณ์ ความรู้สึกของเพลงที่ถูกถ่ายทอดออกมาผ่านเสียงเพลง

11.1 เพลง Farewell

เป็นเพลงบรรเลงเดี่ยวเปียโน ไม่มีเนื้อร้อง สื่อถึงรู้สึกการลาจาก มีความอาลัยอาวรณ์

11.2 เพลง Holy Wars The Punishment Due

เป็นเพลงร้องด้วยอารมณ์ที่หนักหน่วง เนื้อเพลงกล่าวถึงความโหดร้ายของสงคราม ความขัดแย้งทางศาสนาในประเทศไอร์แลนด์เหนือ ระหว่างกลุ่มนิกายโปรเตสแตนต์ที่ทำสงครามต่อต้านกลุ่มคาทอลิก โดย Dave Mustaine ผู้แต่งเพลงนี้เขียนเนื้อเพลงระหว่างการเดินทางไปท่องเที่ยวไปประเทศไอร์แลนด์เหนือ และได้พบร้านขายเสื้อเชิ้ตริมทางที่มีการสกินปายเสื้อว่

“Megadeth” ซึ่งเป็นบ่งบอกถึงการต่อต้านสงครามศาสนา (Wikipedia, 2010) เนื้อเพลงจึงมีถ่ายทอดบรรยากาศของเมืองที่ให้ความรู้สึกถึงการบาดเจ็บล้มตาย ความสลดหดหู่ของบ้านเมืองที่ต้องอยู่ท่ามกลางสงครามศาสนา

11.2 เพลงพระราชนิพนธ์เพลงรัก

เป็นเพลงร้องที่มีเนื้อหาสื่อถึงความรักที่มีต่อธรรมชาติ ได้แก่ ความรักต่อท้องทะเล ท้องฟ้า พืชพันธุ์ ป่าไม้ ต้นไม้ นก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ ดวงดาว น้ำค้าง เป็นต้น โดยในทุกท่อนของเนื้อเพลงจะขึ้นต้นด้วยคำว่ารัก เป็นการสื่อที่เน้นให้รู้สึกถึงความรักได้อย่างชัดเจน เมื่อได้รับฟังเพลงนี้จะรู้สึกถึงความอบอุ่น และความรักที่มีต่อธรรมชาติที่รายล้อมอยู่รอบ ๆ ตัว เป็นลักษณะความรักที่ไม่มีพิษไม่มีภัย และไม่มีเงื่อนไขใด ๆ เป็นความรักเชิงอมตะ

11.3 เพลงไอ้ละหนอมายเลิฟ

เป็นเพลงร้องที่มีให้ความรู้สึกสนุกสนาน มีเนื้อร้องที่เปรียบเสมือนการพูดคุยโต้ตอบกัน ระหว่างชายหนุ่มกับหญิงสาว โดยชายหนุ่มบอกกับหญิงสาวว่าให้รอคอยการกลับมาของชายหนุ่ม ซึ่งจะต้องจากไปทำงานที่อื่น เพื่อหาเงินทองมาเป็นค่าสินสอด โดยในตอนแรกของเพลง ชายหนุ่มได้บอกกับหญิงสาวว่าจะไปทำงานเป็นเวลา 3 ปี หญิงสาวกล่าวในเชิงอ่อนน้อมว่าให้รีบกลับมาเร็ว ๆ อย่าให้ต้องรอคอยนาน ชายหนุ่มจึงเปลี่ยนใจบอกกับหญิงสาวว่าจะไปทำงานแค่ 2 ปี และเปลี่ยนเป็น ครึ่งปี จนในที่สุดทนลูกอ่อนของหญิงสาวไม่ไหว เปลี่ยนใจไม่ไปทำงานที่อื่น เพลงนี้จึงจะให้ความรู้สึกคล้ายกับการดูแลครรภ์จนกระทั่งคลอด มีความสดใส บรรยากาศเต็มไปด้วยความรัก แต่เป็นลักษณะความรักแบบวัยรุ่น ที่มีการตั้งความหวังและเฝ้ารอคอยที่ตนเองรัก เป็นความรักที่มีเงื่อนไขผูกติดกับความปรารถนา ต้องการให้ตนเองสมหวังในความรัก

11.5 ชุดเพลง The four seasons

ใน 12 เพลงนั้น จะแบ่งลักษณะอารมณ์เพลงเป็น 4 บท แต่ละบทเปรียบเสมือนกับแต่ละฤดูกาล ได้แก่ ฤดูใบไม้ผลิ ฤดูร้อน ฤดูใบไม้ร่วง และฤดูหนาว

11.5.1 ฤดูใบไม้ผลิ (Spring)

Allegro เมื่อฤดูใบไม้ผลิมาถึง เสียงนก เสียงแมลงแสดงถึงความตื่นเต้น ดีใจ ร่าเริง สลับด้วยเสียงฟ้าแลบ ฟาร้อง ให้เห็นถึงการตื่นตัวของธรรมชาติโดยมีเสียงน้ำไหลเอื่อยๆ ในลำธาร ประกอบช่วงขณะหนึ่งก็มีพายุมาทำลายความเงียบสงบนี้ หลังจากนั้นไม่นานพายุก็ผ่านไป และนกก็เริ่มร้องเพลงอีกครั้ง

Largo เสียงเพลงบรรยายให้นึกถึงภาพดอกไม้บาน คนเลี้ยงแกะกำลังนอนหลับในบ้าน และได้ยินเสียงเห่าของสุนัขผู้ซื่อสัตย์ของเขา ที่เฝ้าบ้านและคอยระวังฝูงแกะ

Allegro เสียงแหบของปีศาจก๊อต การร้องรำทำเพลงของคนเลี้ยงแกะชายและหญิง เพื่อต้อนรับฤดูใบไม้ผลิที่กำลังจะมาถึงในไม่ช้านี้

11.5.2 ฤดูร้อน (Summer)

Allegro เสียงเพลงเริ่มต้นด้วยความอิดโรยและอ่อนล้าของฤดูกาล ความร้อนได้แสงอาทิตย์ ต่อมาจึงถูกปลูกให้ตื่นขึ้นด้วยเสียงนกคูกู (นกกาเหว่า) ตามมาด้วยเสียงนกเขา และเสียงลมตะวันตก ลมเหนือที่พัดโชย ซึ่งถูกขัดขึ้นมาด้วยเสียงที่รุนแรง กระแสลมได้อ่อนตัวลงและเราได้ยินเสียงคร่ำครวญของคนเลี้ยงแกะ

Adagio-Presto-Adagio ในช่วงจังหวะช้านำมาซึ่งความสงบแต่ก็มีเสียงฟ้าร้อง ฟ้าผ่าอันน่ากลัวและคลอเคล้ากับเสียงอื้ออึงของเหล่าแมลงต่าง ๆ มากมายทั้งมืดและตัวหนอน

Presto ความกลัวเริ่มจางหายไป ข้าวโพดพืชผักต่าง ๆ งอกงาม ลีลาในช่วงนี้ นำมาซึ่งพายุฤดูร้อนที่กำลังจะพัดมาถึง

11.5.3 ฤดูใบไม้ร่วง (Autumn)

Allegro เสียงเพลงบรรยายด้วยเพลงเต้นรำชนบท เพื่อเฉลิมฉลองการเก็บเกี่ยวพืชผลที่สุกใหม่ มีการกินเลี้ยงกันอย่างมากมาย การเต้นรำร้องเพลงของจีมา ความสุขจบลงจนหลับ

Adagio ทุกคนสนุกสนาน ร้องเพลงเต้นรำจนหมดแรงและผลอยหลับไปด้วยความสุข

Allegro การออกลำสัดขำรุ่มอรุณ เสียงแทรกจากคนลำสัด เสียงเห่าของสุนัขของคนลำสัดและเสียงปืน เสียงของแนวไวโอลินในช่วงเดียนี่ใช้เป็นตัวแทนของสัตว์ที่ถูกล่า ซึ่งวิ่งหนีด้วยความกลัวและตายลงด้วยความเหนื่อยอ่อนจากความตื่นตระหนก

11.5.4 ฤดูหนาว (Winter)

Allegro เปิดแนวทำนองด้วยความหนาวเย็นยะเยือกของสายลมแห่งฤดูหนาว มาเยือน หิมะจับตัวเป็นน้ำแข็ง ลมหนาวพัดผ่านหนาวจากเท้าสู่ศีรษะ

Largo บรรยายบรรยากาศอันอบอุ่นรอบเตาผิงที่อยู่กันอย่างสงบสุข มองไปยังภายนอกก็ยังคงมีสายฝนตกอยู่อย่างไม่ขาดสาย

Allegro ลีลาของเพลงในช่วงนี้แสดงถึงความร่าเริงเบิกบานและความกล้าอันตรงจากการเดินฝ่าไปบนน้ำแข็งด้วยความระมัดระวังกลัวลื่นหกล้ม ก็ยังพลดลุ่มลง แต่ก็ได้พยายามลุกขึ้นเดินใหม่ได้ และสามารถวิ่งได้อย่างรวดเร็ว จนกระทั่งน้ำแข็งแตก เราได้ยินเสียงลมมาจากทุกทิศทุกทาง โหมกระหน่ำ ความสว่างจากหิมะสะท้อนท้องฟ้านำมาซึ่งความสุขในฤดูหนาวนี้ (วิศน์, 2552)

จะเห็นได้ว่าชุดเพลง The four seasons ที่กล่าวถึงความรู้สึกที่มีต่อฤดูกาลในแต่ละฤดู ให้ความหลากหลายทางอารมณ์และความรู้สึกมากกว่าเพลงอื่น อย่างชัดเจน รองลงมาคือ เพลงพระราชนิพนธ์ที่ให้ความหลากหลายในเรื่องของอารมณ์ความรู้สึกรักต่อสิ่งรอบ ๆ ตัว เป็นความรักที่บริสุทธิ์ไม่มีพิกษัย ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของลักษณะคลื่นเสียง จึงเป็นไปได้ว่า อารมณ์และความรู้สึกที่ถูกถ่ายทอดออกมาอย่างมีความหลากหลายนั้น เป็นผลดีต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการใช้อาหารจำเพาะ ความหลากหลายนี้ หากเปรียบเทียบกับกาฟังเพลงของมนุษย์ คงเป็นการฟังเพลงที่ไม่ให้ความรู้สึกเบื่อ

เมื่อพิจารณาเพลงไอ้ละหนอมายเลิฟ เพลง Holy Wars The Punishment Due และเพลง Farewell จะพบว่ามีความต่างกันในเรื่องความรู้สึกที่สื่อออกมา เพลงไอ้ละหนอมายเลิฟจะเป็นการสื่อความหมายในเชิงบวก เป็นความสดชื่น สดใส และมีความสุข แต่เพลง Holy Wars The Punishment Due และ เพลง Farewell นั้นให้ความรู้สึกในเชิงลบเป็นความรู้สึกหดหู่ ไม่มีความสุข เมื่อนำความแตกต่างนี้เชื่อมโยงกับการเพิ่มอัตราการใช้อาหารจำเพาะของจุลชีพ อาจเป็นไปได้ว่า เพลงที่สื่อความรู้สึกออกมาในเชิงบวกเป็นผลดีต่อการเจริญและการใช้อาหารของจุลชีพ

คล้ายกับการเปิดเพลงให้ทารกที่อยู่ในครรภ์ฟัง ซึ่งจะต้องเลือกเพลงที่สื่อความหมายในทางบวกมีความอ่อนโยน ฟังแล้วรับรู้ถึงความรู้สึกมีความสุข

12. ผลการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของการเพิ่มขึ้นของอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะของ จุลชีพกับผลงานการวิจัยของ ดร. มาซารุ เอโมโตะ เรื่องรูปร่างของผลึกน้ำที่ได้รับเสียงเพลง

จากผลงานวิจัยของ ดร.มาซารุ เอโมโตะ ประธานบริษัท I.H.M. ประเทศญี่ปุ่น ผู้ที่ทำการศึกษาผลกระทบของเสียงเพลงต่อรูปร่างของผลึกน้ำ ดังที่ได้กล่าวไว้ในส่วนของการตรวจเอกสารนั้น เมื่อนำผลการศึกษาของรูปร่างของผลึกน้ำที่ได้รับเสียงเพลงมาเปรียบเทียบกับอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะของจุลชีพ พบว่า เพลงที่มีผลทำให้น้ำเกิดผลึกที่ความสวยงามและไม่สวยงามสามารถช่วยเพิ่มอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะของจุลชีพได้ทั้งสิ้น แต่อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะนั้นจะแตกต่างกันไป พิจารณาจากการเปรียบเทียบรูปร่างของผลึกที่เกิดจากชุดเพลง The four seasons กับเพลง Holy Wars The Punishment Due ซึ่งเป็นเพลงแนว Heavy metal ดังภาพที่ 5 และ 6 เพลง The four seasons ให้ผลึกน้ำที่สวยงาม แต่เพลงแนว Heavy metal ให้ผลึกน้ำที่แตกกระจาย ไม่สวยงาม

เมื่อเปรียบเทียบระดับความสวยงามของผลึกน้ำที่ฟังเพลงต่าง ๆ กับการเพิ่มขึ้นของอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะของจุลชีพ พบว่า เพลงที่ทำให้ผลึกน้ำมีความสวยงามมากหรือน้อยนั้น อาจมีหรือไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะของจุลชีพ เนื่องจากความสวยงามของผลึกน้ำ ไม่มีเกณฑ์การตัดสินที่แน่นอนว่าแบบใดจึงจัดว่าสวยงาม เป็นสิ่งที่ขึ้นกับวิจารณญาณของแต่ละบุคคล เช่น ผลึกของน้ำที่รับฟังเพลง Farewell ดร.มาซารุ ได้กล่าวว่า ผลึกนี้มีความสวยงามมากที่สุด (Emoto, 2004) ดังภาพที่ 4 แต่เมื่อพิจารณาอีกมุมของการมองภาพผลึก จะพบว่า ความสวยงามนั้นเป็นไปในเชิงของความแปลกตา เนื่องจาก ผลึกมีการแตกออกเป็นผลึกเล็ก ๆ ที่สมบูรณ์กระจายออกไปทั่ว ๆ ต่างจากผลึกน้ำอื่น ๆ ที่ส่วนใหญ่จะเป็นผลึกขนาดใหญ่ที่สมบูรณ์เพียงผลึกเดียว เมื่อพิจารณาเปรียบ เทียบกับเพลงป๊อป ดังภาพที่ 7 ที่ให้ผลึกน้ำไม่สมบูรณ์ ในมุมมองของผู้ชมภาพ จะกล่าวว่า เพลงป๊อปให้ผลึกน้ำไม่สวยงามเท่ากับเพลง Farewell หากนำมาเชื่อมโยงกับผลการวิจัยนี้ โดยเปรียบเทียบอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะของจุลชีพที่ได้รับเพลงไอ้ตะหนอมายเลิฟ ซึ่งใช้เป็นตัวแทนของเพลงป๊อป เนื่องจากในงานวิจัยของ ดร.มาซารุ ได้กล่าวว่าใช้เพลงป๊อปที่ได้รับความนิยมมาก ดิฉันค้นคว้าดิฉันเสมอ ในประเทศญี่ปุ่น (Emoto, 2005(a)) ตรงกับคุณสมบัติของเพลงไอ้ตะหนอมายเลิฟของประเทศไทย ซึ่งเป็นแนวเพลงป๊อป

ของศิลปิน เบิร์ด ธงไชย แมคอินไตย์ ซึ่งเป็นที่นิยมของคนไทยเป็นอย่างมาก ผลการทดลองพบว่า เพลงโอ้ละหนอมายเลิฟ ซึ่งเป็นเพลงป๊อปให้การเพิ่มขึ้นของอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะได้ดีกว่า เพลง Farewell ถึงประมาณ 4 เท่า แสดงให้เห็นว่า เพลงที่ให้ภาพของผลึกที่ต่างกันนั้น มีผลต่ออัตราการใช้สารอาหารจำเพาะของจุลชีพที่ต่างกัน แต่ไม่สามารถสรุปได้ว่า ผลึกที่ไม่สวยงามจะช่วยเพิ่มอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะของจุลชีพได้น้อยเสมอไป เนื่องจาก ความสวยงามของผลึกนั้น เป็นความนึกคิดส่วนบุคคลของมนุษย์

13. การศึกษาความสัมพันธ์ของเนื้อเพลง ความหมาย อารมณ์ ความรู้สึกของเพลงกับการเพิ่มขึ้นของอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะเปรียบเทียบกับผลงานการวิจัยของ ดร. มาซารุ เอะโมโตะ เรื่องรูปร่างของผลึกน้ำที่ได้รับการแสดงตัวอักษรให้ดู

ในงานวิจัยของ ดร. มาซารุ การแสดงตัวอักษรให้น้ำดู คือ การนำคำพูดที่สื่อความหมายต่าง ๆ ทั้งในเชิงบวกและลบแปะที่ข้างขวดน้ำ ก่อนที่จะนำไปถ่ายภาพผลึกน้ำออกมา ดังที่ได้กล่าวไว้ในส่วนของการตรวจเอกสารข้างต้น เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลของรูปผลึกที่ได้รับคำพูดที่ดีกับเนื้อเพลงที่ให้ความหมายในเชิงบวก เช่น เพลงพระราชนิพนธ์เพลงรัก ที่กล่าวถึงความรักที่มีต่อสิ่งรอบ ๆ ตัวนั้น ให้ผลการทดลองไปในทิศทางเดียวกัน คือ ภาพถ่ายผลึกน้ำที่ได้รับคำพูดภาษาญี่ปุ่นที่แปลว่า “ความรัก” “ความชื่นชม” ดังภาพที่ 8 จะให้ผลึกที่มีความสวยงาม ตรงกับผลการทดลองนี้ ที่เพลงพระราชนิพนธ์เพลงรักช่วยให้การเพิ่มขึ้นของอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะมีค่ามากขึ้นเป็นอันดับ 2 ของจากเพลง The four seasons ในขณะที่เพลง Holy Wars The Punishment Due เนื้อเพลงให้ความหมายในเชิงลบ จะให้การเพิ่มขึ้นของอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะมีค่าน้อยกว่า ตรงกับรูปถ่ายผลึกของน้ำที่ได้รับการแปะคำพูดข้างขวดเป็นภาษาญี่ปุ่น แปลว่า “ฉันโกรธแค้นแท้จริง ๆ” “ฉันจะฆ่าแก” ดังภาพที่ 9 ซึ่งเป็นที่น่าเกลียด ไม่มีความสวยงามเลย

14. การศึกษาความสัมพันธ์ของจังหวะเพลง ความหมาย อารมณ์ ความรู้สึกของเพลง และการเพิ่มขึ้นของอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะเปรียบเทียบกับผลงานการวิจัยของ ดร. มาซารุ เอโมโตะ เรื่องรูปร่างของผลึกน้ำที่ได้รับเสียงเพลง

จากผลการทดลองในข้อ 9. แสดงให้เห็นว่า การเพิ่มขึ้นของอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะของจุลชีพจะเพิ่มขึ้นมากหรือน้อย มิได้ขึ้นอยู่กับจังหวะเพลงที่ช้า หรือเร็วอย่างเดียว และผลการทดลองในข้อ 11. แสดงให้เห็นว่าความหมาย อารมณ์ ความรู้สึกของเพลงเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นมากหรือน้อยของอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะของจุลชีพ นั่นคือ การสื่อความหมายของเพลงมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะของจุลชีพมากกว่าจังหวะเพลง พิจารณาได้จากเพลง โอ้ละหนอมายเลิฟ เปรียบเทียบกับเพลง Holy Wars The Punishment Due ซึ่งเป็นเพลงในจังหวะเร็วคล้ายกัน แต่เนื้อเพลงสื่อความหมายในเชิงบวกและลบต่างกัน จะให้ผลการเพิ่มขึ้นของอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะของจุลชีพต่างกันตามไปด้วย โดยเพลงโอ้ละหนอมายเลิฟ ที่เนื้อเพลงสื่อความหมายในเชิงบวกให้ค่าของการเพิ่มขึ้นของอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะมากกว่าเพลง Holy Wars The Punishment Due ที่เนื้อเพลงสื่อความหมายออกมาในเชิงลบ โดยผลการทดลองนี้ สอดคล้องกับข้อคิดเห็นของ ดร. มาซารุที่มีต่อภาพถ่ายผลึกของน้ำที่ได้รับฟังเพลงแนว Heavy metal ว่า “เราไม่ได้บอกว่าบอกดนตรี heavy metal นั้นไม่ดี เพียงแต่ว่าคำร้องจะมีปัญหา” (Emoto, 2005(a))

จากการผลการทดลองข้อ 13 ถึง 14 แสดงให้เห็นว่าผลงานการวิจัยผลึกน้ำของ ดร. มาซารุ มีผลการทดลองที่สอดคล้องกับผลการทดลอง ผลกระทบของเสียงเพลงในการใช้สารอาหารของจุลชีพ ทัศนศึกษากลุ่มแบคทีเรียใช้อากาศจากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชน เป็นอย่างมาก จึงเป็นไปได้ว่าแท้จริงแล้วจุลชีพไม่ได้รับฟังเพลงเหล่านี้โดยตรง แต่คือ น้ำ ที่สามารถเป็นตัวแทนในการรับฟังเสียงเพลงและเป็นสื่อนำคุณสมบัติต่าง ๆ ของเพลง ไม่ว่าจะเป็นลักษณะคลื่นเสียง ระดับความดัง จังหวะ หรือแม้แต่ความหมาย อารมณ์ ความรู้สึกของเพลงไปสู่จุลชีพได้ โดยน้ำที่มีความสัมพันธ์กับจุลชีพในการทดลองนี้ได้แก่ น้ำในเซลล์จุลชีพ ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักประมาณ 80% ของเซลล์ (Michael and Gerardi, 2006) และสภาวะการเลี้ยงจุลชีพในอาหารเหลวที่มีน้ำเป็นตัวทำละลายสารอาหาร จึงทำให้จุลชีพถูกล้อมรอบไปด้วยน้ำทั้งจากภายนอกและภายในเซลล์ ซึ่งความเห็นนี้น่าจะใช้อธิบายได้ว่าทำไมเสียงเพลงจึงมีผลต่อจุลชีพ แม้ว่าทางชีววิทยาจะกล่าวว่าจุลชีพเป็นสิ่งมีชีวิตที่ไม่มีประสาทส่วนการรับฟังเสียงเหมือนกับสิ่งมีชีวิตจำพวกอื่น ๆ เช่น มนุษย์ หรือสัตว์ต่าง ๆ ก็ตาม

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. เสียงเพลงทุกเพลงมีผลในการเพิ่มอัตราการโตจำเพาะ อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะของกลุ่มแบคทีเรียใช้อากาศจากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชน โดยเรียงลำดับของเพลงที่มีผลในการเพิ่มอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะเรียงลำดับจากมากไปน้อย ได้แก่ ชุดเพลง The four seasons เพลงพระราชนิพนธ์เพลงรัก เพลงไอ้ละหนอมายเลิฟ เพลงใน 2 ลำดับสุดท้ายที่ช่วยให้อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะเพิ่มน้อยสุดใกล้เคียงกัน คือ เพลง Farewell และ เพลง Holy Wars The Punishment Due คิดเป็นการเพิ่มขึ้นของอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ(TOC) 8.17 4.89 4.37 1.32 และ 1.01 % TOC ตามลำดับ และการเพิ่มขึ้นของอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ(COD) 8.20 4.89 4.24 1.20 และ 1.12 % COD ตามลำดับ

2. ลักษณะของคลื่นเสียงที่สามารถเพิ่มอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะของกลุ่มแบคทีเรียใช้อากาศจากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนได้ดีที่สุด จะต้องประกอบไปด้วยคุณสมบัติของคลื่นเสียงหลาย ๆ อย่างรวมกัน เรียงตามลำดับความสำคัญได้ดังนี้ ความหลากหลายของลักษณะคลื่นเสียงโดยรวม ความถี่ในการสลับขึ้นลงของ Amplitude ความชัดเจนของช่วง Amplitude สูงและต่ำ และความสูงเฉลี่ยของ Amplitude

3. ความหลากหลายของจังหวะเพลง ช่วยให้การเพิ่มขึ้นของอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ กลุ่มแบคทีเรียใช้อากาศจากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนได้ดีกว่าการใช้จังหวะเพลงแบบเดียว แต่จังหวะเพลงที่ช้า หรือเร็วอย่างเดียวนั้นไม่มีผลต่อการเพิ่มอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ

4. ช่วงความถี่ที่มนุษย์ได้ยินในระดับปกตินั้นมีผลต่อการเจริญและการใช้สารอาหารของกลุ่มแบคทีเรียใช้อากาศจากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชน และมีความเป็นไปได้ว่าจุลชีพมีความไวในการรับเสียงที่กว้างกว่ามนุษย์โดยเฉพาะในช่วงความถี่ต่ำ ๆ ที่มนุษย์มีความไวในการรับสัมผัสน้อย

5. การใช้สารอาหารของกลุ่มแบคทีเรียใช้อากาศจากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนจะเกิดได้ดีต้องมีระดับความดังที่เหมาะสม ไม่จำเป็นต้องมีระดับเสียงความดังมากในทุกช่วงความถี่ แต่ต้องมีการกระจายความดังและความเบาอย่างเหมาะสมในแต่ละความถี่ ซึ่งอาจเป็นลักษณะเฉพาะของบทเพลงนั้น ๆ

6. อารมณ์และความรู้สึกของเพลงที่ถ่ายทอดออกมาอย่างมีความหลากหลายและสื่อความหมายในเชิงบวกนั้น เป็นผลดีต่อการเพิ่มขึ้นอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะของกลุ่มแบคทีเรียใช้อากาศจากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชน

ข้อเสนอแนะ

1. ระบบการทดลองแบบเบตซ์ในงานวิจัยนี้เดินระบบเพียง 24 ชั่วโมงเท่านั้น จึงอาจทำให้ค่าความแตกต่างของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับเสียงเพลงและกลุ่มทดลองที่ได้เสียงเพลงมีค่าน้อย เนื่องจากจุลชีพอาจไม่ได้อยู่ในสภาวะ Steady State ในการพัฒนาการทดลองต่อไป จึงอาจเพิ่มระยะเวลาการเดินระบบและทำการศึกษากาแฟการเจริญเติบโต (Growth Curve) ของจุลชีพที่นำมาทดลองก่อน เพื่อศึกษาถึงช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเดินระบบ และอาจส่งผลให้ค่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นจากผลกระทบของจุลชีพที่มีต่อเสียงเพลงมีความเด่นชัดมากขึ้น
2. ในกรณีศึกษาที่ 1 ศึกษาเฉพาะกลุ่มแบคทีเรียใช้อากาศจากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนเท่านั้น จึงอาจทำการศึกษายาวงกว้างออกไปในกลุ่มจุลชีพอื่น ๆ ที่เป็นประโยชน์ในเชิงวิศวกรรมหรืออุตสาหกรรม เช่น การศึกษาในกลุ่มของสาหร่าย รา หรือ ยีสต์ เป็นต้น
3. การศึกษาผลกระทบของเสียงเพลงในการใช้สารอาหารของจุลชีพ กรณีศึกษากลุ่มแบคทีเรียใช้อากาศจากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชน เป็นข้อมูลพื้นฐานที่แสดงว่า เสียงเพลงนั้นสามารถทำให้อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะของจุลชีพเพิ่มขึ้นได้ แต่หากคิดในเชิงประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นนั้นยังมีค่าไม่สูงนัก การนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปจึงอาจให้ผลตอบแทนที่ยังไม่คุ้มค่ากับการลงทุนติดตั้งและค่าไฟฟ้าของอุปกรณ์เครื่องเสียง จึงควรมีการศึกษาเพื่อพัฒนาให้เกิดประโยชน์ในการนำไปใช้ได้สูงสุด เช่น การปรับเปลี่ยนเพลงที่ใช้ในการทดลองให้มีความหลากหลายมากขึ้น การศึกษาลักษณะของเพลงที่ทำให้มีการเพิ่มขึ้นของการใช้สารอาหารอย่างละเอียด เพื่อค้นหาคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของเพลงที่มีผลในการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบโดยรวม
4. หากสามารถพัฒนาการใช้เสียงเพลงเพื่อการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้สารอาหารได้ในระดับที่สามารถใช้งานจริงได้แล้ว จะสามารถนำแนวคิดในการใช้เสียงเพลงนี้ ไปใช้ในงานสาขาต่าง ๆ ได้อย่างกว้างขวาง อาทิ งานทางวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม เช่น ในระบบบำบัดน้ำเสียชีวภาพ การหมักขยะเพื่อผลิตไบโอแก๊ส เป็นต้น งานทางอุตสาหกรรมที่มีการใช้ประโยชน์จากจุลชีพ เช่น อุตสาหกรรมทำนมเปรี้ยว อุตสาหกรรมอาหารหมักดอง โรงงานผลิตไวน์ เป็นต้น ข้อดีของการ

ใช้เสียงเพลงมาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพคือ เป็นวิธีการที่ง่าย สะดวก และไม่มีการใช้สารเคมีใด ๆ ที่จะเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมหรือมนุษย์

5. การศึกษาผลกระทบของเสียงเพลงในการใช้สารอาหารของจุลชีพ ภูมิศึกษากลุ่มแบคทีเรียใช้อากาศจากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชน สามารถใช้เป็นข้อมูลสนับสนุน แนวคิดที่ว่าทุกสรรพสิ่งมีสัมพันธ์กันเฉพาะตัว และมีการปล่อยคลื่นความถี่เฉพาะ หากเมื่อใดก็ตามที่สรรพสิ่งชนิดหนึ่งเจอกับสรรพสิ่งอีกชนิดที่มีความถี่ตรงกัน จะเกิดปรากฏการณ์สั่นพ้องขึ้น และการสั่นพ้องนั้นอาจส่งผลในเชิงบวก เปรียบได้กับงานวิจัยนี้คือ เรากำลังหาความถี่ที่ตรงกับจุลชีพ โดยใช้เพลงเป็นตัวแทนของความถี่ เนื่องจากเพลงเป็นการเรียงเรียงเสียงประสานขององค์ประกอบของคนตรีที่มีความหลากหลาย จึงมีความถี่อยู่ในเพลงแต่ละเพลงมากมาย คล้ายกับการหยิบสุ่มเพลงขึ้นมา โดยคาดหวังว่า การเล่นเพลง 1 เพลงหรือหลายเพลงต่อ ๆ กันนั้น ต้องมีความถี่ช่วงใดช่วงหนึ่งที่ตรงกับความถี่ของจุลชีพ ส่งผลให้เกิดการสั่นพ้องขึ้น และทำให้เกิดผลในเชิงบวกในแง่การนำไปใช้ประโยชน์ต่าง ๆ

6. จากผลการทดลองที่สรุปได้ว่าความหมาย อารมณ์ ความรู้สึกของเพลงมีผลต่อการเจริญ และการใช้สารอาหารของกลุ่มแบคทีเรียใช้อากาศจากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชน แสดงว่าความหมายของภาษาอารมณ์ ความรู้สึกที่ส่งไปยังสิ่งมีชีวิตเป็นเรื่องที่สำคัญยิ่ง เมื่อนำมาเชื่อมโยงให้สัมพันธ์กับการดำเนินชีวิตของมนุษย์ ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีพัฒนาการสูงกว่าสิ่งมีชีวิตใด ๆ มนุษย์ควรที่จะดำเนินวิถีชีวิต ด้วยอารมณ์และความรู้สึกทางบวกอยู่เสมอ เพื่อสภาพร่างกายและจิตใจที่จะดำเนินไปได้อย่างเป็นปกติสุข และมีการพัฒนาในทางที่ดีขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งสนับสนุนความคิดนี้ด้วย “กฎแห่งการดึงดูด” ที่ว่า สิ่งที่เหมือนกันจะมีแรงดึงดูดเข้าหากัน” (Byrne, 2009) คล้ายกับหลักการของการสั่นพ้องที่จะเกิดขึ้นได้สิ่งนั้นต้องมีความถี่เดียวกัน ดังนั้นการฝึกจิตใจ และดำรงตนให้ตั้งมั่นอยู่ในความดี มีความคิดดี ๆ อยู่เสมอ ย่อมส่งผลคลื่นความถี่ในลักษณะคลื่นดี ๆ ออกไป และเป็นการดึงดูดสิ่งที่ดี ๆ กลับมา ซึ่งมีความถี่เดียวกัน และเกิดการสั่นพ้อง ส่งผลในเชิงบวกต่อชีวิต

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2552. โครงการ “เยาวชนร่วมใจ ลดน้ำเสีย คืบหน้าใสให้เจ้าพระยา”. แหล่งที่มา:

http://www.cleanchaophraya.com/project_detail.php?plan=1&id=17&OrganizeId=24&OrgGroupId=&OrgGroupName=, 17 เมษายน 2552

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2545. ตำราระบบมลพิษน้ำ. สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2545. วิศวกรรมการจัดน้ำเสีย เล่ม 3. พิมพ์ครั้งที่ 2. เอส. อาร์. พรินติ้ง แมสโปรดักส์, นนทบุรี.

โกวิทย์ ชันศรี. 2550. ดุริยางคศิลป์ตะวันตก (เบื้องต้น). สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

คมสันต์ วงศ์วรรณ. 2551. ดนตรีตะวันตก. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2537. การควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ฉัชชา พันธุ์เจริญ. 2552. พจนานุกรมศัพท์ดุริยางคศิลป์. พิมพ์ครั้งที่ 3. โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, สมุทรปราการ.

ฉัชชา โสคติยานุรักษ์. 2543. ทฤษฎีดนตรี. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ประกายรัตน์ สุวรรณ. 2548. **คู่มือการใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 12 สำหรับ Windows**. เอ็น.เอช. กรุ๊ป จำกัด, กรุงเทพฯ.

กองบรรณาธิการวารสาร update. 2547. คนตรีบำบัด(ตอนแรก). วารสาร **update**. (กันยายน): 33-38

กองบรรณาธิการวารสาร update. 2547. คนตรีบำบัด(ตอนจบ). วารสาร **update**. (ตุลาคม): 45-50

ปราโมช เชี่ยวชาญ. 2551. **การตรวจวัดและประเมินการสัมผัสเสียงอุตสาหกรรม: การประเมิน**. สำนักพิมพ์สุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

กองบรรณาธิการคู่สร้างคู่สม. 2548. **ต้นไม้ฟังเพลง**. แหล่งที่มา:

<http://www.unisci.com/stories/20012/0627015.htm>, 18 มีนาคม 2552

ภันท์ กนกเกศตรา. 2539. **อิทธิพลของเสียงดนตรีที่มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตในงานปั้นด้วย**
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ราชบัณฑิตยสถาน. 2548. **ศัพท์ดนตรีสากล**. อรุณการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

วิกิพีเดีย. 2552. **เพลง**. แหล่งที่มา: <http://th.wikipedia.org>, 16 มีนาคม 2552.

วิกิพีเดีย. 2553. **เซฟวีเมทัล**. แหล่งที่มา: <http://th.wikipedia.org>, 1 มีนาคม 2553.

วิศนี วงศ์วิรุฬห์. 2552. **มหัศจรรย์ดนตรีสี่ฤดู “The Four Seasons” กับ ดร. แช็กเชมเบอร์**
ออร์เคสตรา. แหล่งที่มา: <http://paidoo.net/article/209886.html>, 1 มีนาคม 2553.

สมพงษ์ ใจดี. 2547. **ฟิสิกส์มหาวิทยาลัย 2**. พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

สมศักดิ์ สร้อยระย้า. 2545. **จังหวะ(The Rhythm)**. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

สันทนต์ ศิริอนันต์ไพบูลย์. 2549. **ระบบบำบัดน้ำเสีย การเลือกใช้ การออกแบบ การควบคุม และการแก้ปัญหา**. สำนักพิมพ์ท็อป, กรุงเทพฯ.

สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. 2548. **ศัพท์บัญญัติและนิยามสิ่งแวดล้อม**. สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

สมาร์ตเลิร์นนิ่ง. 2552. **เขียนเครื่องเสียง**. สามัญสมาร์ตเลิร์นนิ่ง, กรุงเทพฯ.

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 2548. **มนุษย์เดินเรือก่อเสียงรบกวนหนัก ทำลายโลกของสัตว์ในมหาสมุทร**. แหล่งที่มา: <http://www.nrct.go.th/2008/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=1879&mode=thread&order=0&thold=0>, 17 มีนาคม 2552

สุเทพ สิริวิทยาปกรณ. 2549. **เทคโนโลยีน้ำเสีย**. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

แสงสุริย์ ทศนพูนชัย. 2006. **ดนตรีบำบัดเพื่อสุขภาพที่ดี**. *Quality of Life* 12(99): 121-124

อุเทน พรหมแดง. 2551. **Adobe Audition เหนือชั้นทุกงานเสียง**. สำนักพิมพ์วิดีทัศน์, กรุงเทพฯ.

Andrew D., Lenore S. and Eugue W. 2005. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21st ed. Port city Press, Maryland.

Byrne, R. 2006. **The Secret** (translated from English). Amarin printing and publishing PUBLIC company limited, Bangkok.

Emoto, M. 2001. **Crystal of water that had been exposed to a playing of "Heavy Metal" Music**. Available Source: <http://www.kabirkadre.com/study/world/emoto.water/emoto.htm>, March 1, 2010.

Emoto, M. 2004(a). **The Hidden Messages in Water Crystals** (translated from Japanese). Loaksouy publishing, Bangkok.

Emoto, M. 2005. **Message from Water** (translated from Japanese). Suannguengmeema Publishing, Bangkok.

Emoto, M. 2004(b). **Message from Water vol.3 Love Thyself** (translated from Japanese). HADO Kyoikusha publishing company, Tokyo.

Indian Institue of Science. 2009. **Growth curve of cell microbial**. Available Source: <http://nptel.iitm.ac.in/courses/Webcourse-contents/IIT-KANPUR/wasteWater/images/growth%20curve.jpg>, March 16, 2009.

Instrulabs. 2010. **Sound Level meter**. Available Source: <http://www.instrulabs.com.au>, March 1, 2010.

Metcalf & Eddy, Inc. 2004. **Wastewater Engineering: Treatment, and Reuse**. 4th ed.

International Edition. McGraw-Hill Inc., Singapore

Michael H. Gerardi. 2006. **Wastewater Bacteria**. John Wiley & Sons Inc.,

United States of America.

Mozart, W., Koch, R. and Pasteur, L. 2002. Investigation of the response of microorganisms to diverse musical stimuli. **Musical Bacteriology**(x):xxx-xxx

Pitt, W.G. and Ross, S.A. 2003. Ultrasound increases the rate of bacterial cell growth. **Biotechnol Prog** 19(3): 1038-1044

Puresinsight. 2010. **Crystal of water that had been exposed to a playing of Farewell Music, “Love/Thanks” wording, “You Make Me Sick and I Will Kill You” wording.**

Available Source: <http://puresinsight.org>, March 1, 2010

Qin, Y.C., Lee, W.C., Choi, Y.C. and Kim, T.M. 2003. Biochemical and physiological changes in plant as a result of different sonic exposures. **Ultrasonic** (41): 407-411

Reynolds and Richards. 1996. **Unit Operation and Processes in Environmental Engineering**.

PWS publishing Co., United States of America.

Secondhandsaxes. 2010. **Metronome**. Available Source: <http://secondhandsaxes.com.au>,

March 1, 2010.

Unisci. 2001. **Slow Music Seen Increasing Dairy Herd Yields By 3%**. Available Source:

<http://www.unisci.com/stories/20012/0627015.htm>, April 17, 2009.

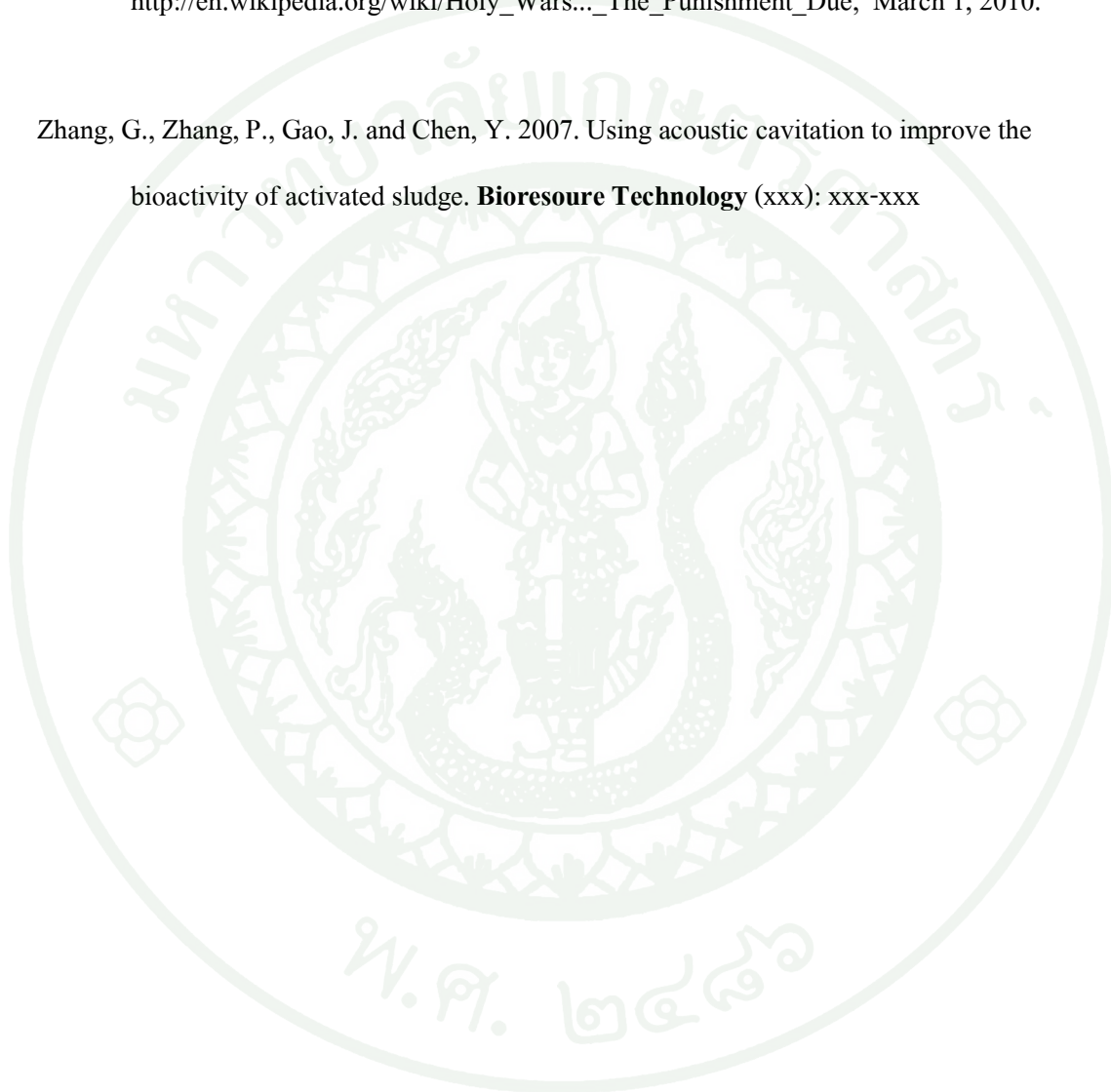
Visionantics. 2010. **Crystal of water that had been exposed to a playing of "The four season"**

Music. Available Source: <http://www.visionantics.co.uk>, March 1, 2010.

Wikipedia. 2010. Holy Wars... The Punishment Due. Available Source:

http://en.wikipedia.org/wiki/Holy_Wars..._The_Punishment_Due, March 1, 2010.

Zhang, G., Zhang, P., Gao, J. and Chen, Y. 2007. Using acoustic cavitation to improve the bioactivity of activated sludge. **Bioresour Technology** (xxx): xxx-xxx





ภาคผนวก



ตารางผนวกที่ ก1 แสดงองค์ประกอบของอาหารเลี้ยงจุลชีพ

ชนิดอาหาร	องค์ประกอบ	จำนวน (g/L)
Nutrient Agar	Agar	15
	Casein Peptone	5
	Yeast Extract	2.5
	Glucose	1.0
Nutrient Broth	Peptic digest of animal tissue	5.00
	Sodium chloride	5.00
	Beef extract	1.50
	Yeast extract	1.50



เพลง Holy Wars The Punishment Due

เนื้อร้อง: Dave Mustaine

Brother will kill brother	Holy wars	They killed my wife, and my
Spilling blood across the land	Upon my podium, as the	baby
Killing for religion	Know it all scholar	With hopes to enslave me
Something I don't understand	Down in my seat of judgement	First mistake... last mistake!
	Gavel's bang, uphold the law	Paid by the alliance, to slay all
Fools like me, who cross the sea	Up on my soapbox, a leader	the giants
And come to foreign lands	Out to change the world	Next mistake... no more
Ask the sheep, for their beliefs	Down in my pulpit as the holier	mistakes!
Do you kill on God's command?	Than-thou-could-be-messenger	
	of God	Fill the cracks in, with judicial
A country that's divided		granite
Surely will not stand	...The Punishment Due	Because I don't say it, don't
My past erased, no more disgrace	Wage the war on organized	mean I ain't
No foolish naive stand	crime	Thinkin' it
	Sneak attacks, repel down the	Next thing you know, they'll
The end is near, it's crystal clear	rocks	take my thoughts away
Part of the master plan	Behind the lines	I know what I said, now I must
Don't look now to Israel	Some people risk to employ me	scream of the
It might be your homelands	Some people live to destroy me	overdose
	Either way they die	And the lack of mercy killings

เพลงพระราชนิพนธ์เพลงรัก

ทำนอง: พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ภูมิพลอดุลยเดช

คำร้อง: สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี

รักทะเล อันกว้างใหญ่ไพศาล

รักท้องฟ้า โอพาร สีสดใส

รักท้องทุ่ง ท้องนา ดังดวงใจ

รักป่าเขา ลำเนาไพร แสนสุนทร

รักพฤษภา รุกขชาติ ที่ด้ายป่า

รักปักษี ร้องกู่ บนสิงขร

รักอุทัย สว่าง กลางอัมพร

รักทั้งรัต-ดิกร ในนภดล

รักดารา ส่องแสง สุกสว่าง

รักน้ำค้าง อย่างมณี มีโภคผล

รักทั้งหมด ทั้งสิ้น ที่ได้ยล

รักนวลนาง รักจน หมดสิ้นใจ

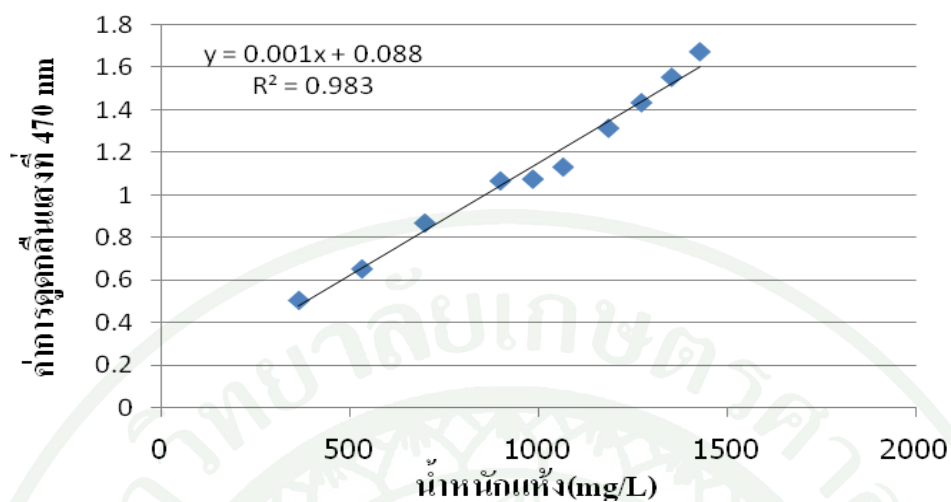
เพลงไอ้ละหนอมายเลฟ

คำร้อง/ทำนอง: โจอี้ บอย

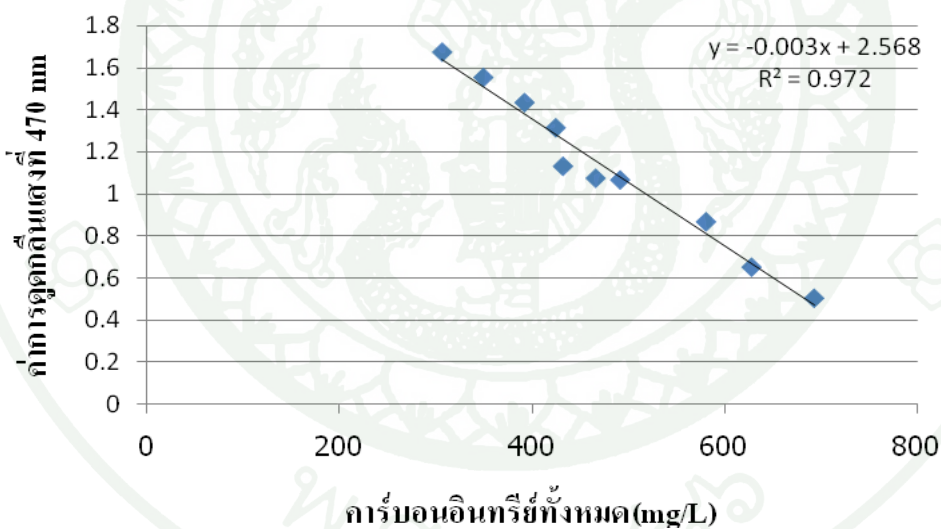
เรียบเรียง: Spydamonkee และ โจอี้ บอย

ฝากเอาไว้ก่อนนะ ขอทีวันนี้ไม่เอา	เบื้อคนนินทาละใช้สิพี่นี่มันจน	Oh Oh Oh My love for you
ละ เรื่องเราเอาคืนไว้ก่อนนะ ไว้รอ	นะ ไม่อยากรักใครเป็นภาระ ไว้	Papi. Never find no love like
ให้ถึงเมื่อวันพระ วันพระไม่ได้มี	รอให้พี่รวยก่อนนะ วันพระ	me ละนะ ไม่อยากเป็นดอกไม้
หนเดียว เข้าพรรษาไม่ได้มีหนเดียว	ไม่ได้มีหนเดียว ออกพรรษา	แห้งตายโรยรา ริบๆ กลับมาหา
ออกพรรษาไม่ได้มีหนเดียว	ไม่ได้มีหนเดียว	จันท์
วันวาเลนไทน์ไม่ได้มีหนเดียว	เข้าพรรษาไม่ได้มีหนเดียว	ไอ้ ไอ้ละหนอ น้องรอดีดี เรื่อง
ถ้าอยากจะรักกับพี่ รอหน่อยคนดี	วันวาเลนไทน์ไม่ได้มีหนเดียว	พรรค์อย่างนี้ต้องใช้เวลา
คอยทำ พี่กลับมาหาเพราะเงินทอง	ถ้าอยากจะรักกับพี่ รอหน่อยคน	ชาติก่อนทำบุญกันไว้คงไม่หนี
มากมาย (ซัด ซัด ซ้า)	ดีคอยทำ พี่กลับมาหาเพราะเงิน	ไปไกลตา พี่จะกลับมาหาอีก
พ่อตาแม่ยายไม่ดูแล รับแขกคนนี้ไว้	ทองมากมาย (ซัด ซัด ซ้า)	ครึ่งปี
เป็นลูก จะปลุกเรื้อนหอไว้รอเธอ	พ่อตาแม่ยายไม่ดูแล รับแขกคน	Oh Oh Oh My love for you
หลังใหญ่ (เอวอะ เอวอะ อะ)	นี้ไว้เป็นลูก จะปลุกเรื้อนหอไว้	Papi.
Oh Oh Oh My love for you Papi.	รอเธอหลังใหญ่ (เอวอะ เอวอะ	Never find no love like me ละ
Never find no love like me ละนะ	อะ)	นะ
ไม่อยากเป็นดอกไม้แห้งตายโรยรา	Oh Oh Oh My love for you	ไม่อยากเป็นดอกไม้แห้งตาย
ริบๆ กลับมาหาจันท์	Papi. Never find no love like	โรยรา ริบๆ กลับมาหาจันท์
ไอ้ ไอ้ละหนอ น้องรอดีดี เรื่อง	me ละนะ ไม่อยากเป็นดอกไม้	ไอ้ ไอ้ละหนอ น้องรอดีดี เรื่อง
พรรค์อย่างนี้ต้องใช้เวลา ชาติก่อน	แห้งตายโรยรา ริบๆ กลับมาหา	พรรค์อย่างนี้ต้องใช้เวลา
ทำบุญกันไว้คงไม่หนีไปไกลตา พี่	จันท์ ไอ้ ไอ้ละหนอ น้องรอดีดี	ชาติก่อนทำบุญกันไว้คงไม่หนี
จะกลับมาหาอีกสามปี	เรื่องพรรค์อย่างนี้ต้องใช้เวลา	ไปไกลตา พี่ไม่ไปแล้วหนาคณ
	ชาติก่อนทำบุญกันไว้คงไม่หนี	ดี
	ไปไกลตา พี่จะกลับมาหาอีก	พี่ไม่ไปแล้วหนาคณดี
	สองปี	

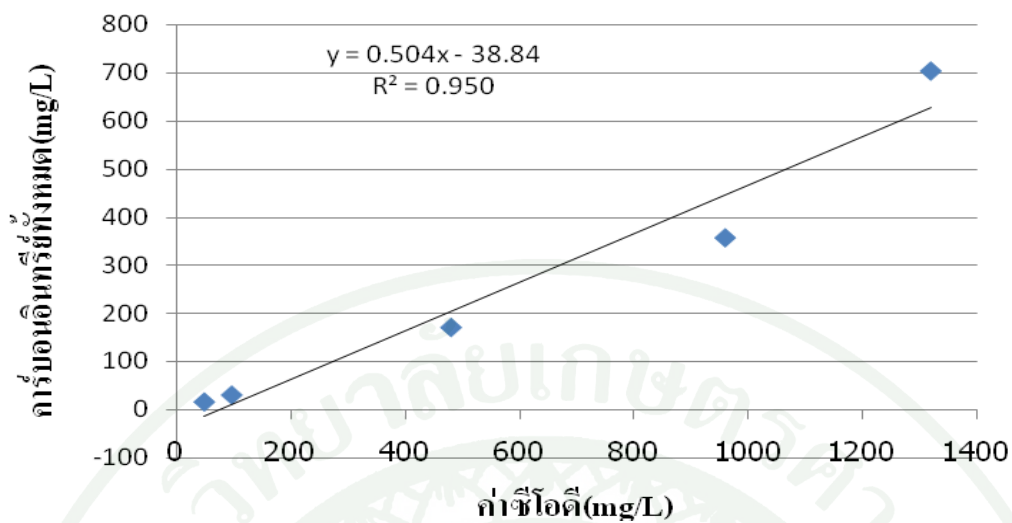




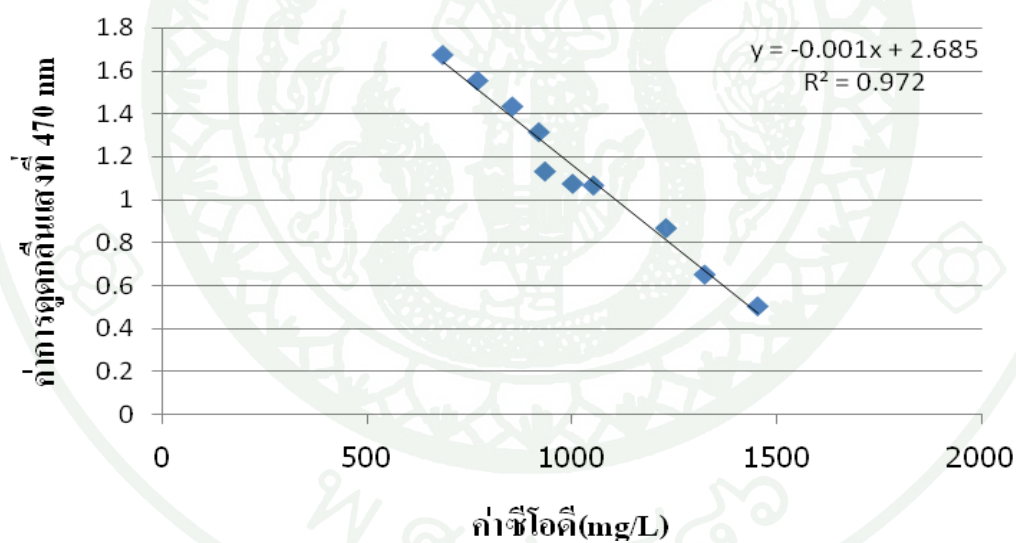
ภาพผนวกที่ ค1 กราฟมาตรฐานค่า OD กับน้ำหนักแห้งของจุลชีพ



ภาพผนวกที่ ค2 กราฟมาตรฐานค่า OD กับ TOC



ภาพผนวกที่ ค3 กราฟมาตรฐานค่า TOC กับค่า COD



ภาพผนวกที่ ค4 กราฟมาตรฐานค่า OD กับค่า COD

ตารางผนวกที่ ค1 แสดงค่าน้ำหนักแห้ง ค่า TOC และ COD ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

ชื่อ		Dry weight	Dry weight	Substrate ที่ 0 ชั่วโมง		Substrate ที่ 24	
เพลง	กลุ่ม	cells ที่ 0 ชั่วโมง	cells ที่ 24	(mg/L)		ชั่วโมง (mg/L)	
		(mg/L)	ชั่วโมง(mg/L)	TOC	COD	TOC	COD
Farew	ควบคุม	426.00	839.50	684.67	2171.00	546.83	1756.00
ell	ทดลอง	426.00	847.00	684.67	2171.00	544.33	1750.00
Holy	ควบคุม	429.00	877.30	683.67	2168.00	534.23	1720.00
Wars	ทดลอง	429.00	884.96	683.67	2168.00	531.68	1712.00
พระ	ควบคุม	427.00	850.40	684.33	2170.00	543.20	1747.00
ราช...	ทดลอง	427.00	882.04	684.33	2170.00	532.65	1715.00
ไอ้ตะ	ควบคุม	432.00	865.05	682.67	2165.00	538.32	1732.00
หนอ	ทดลอง	432.00	893.63	682.67	2165.00	528.79	1703.00
four	ควบคุม	442.00	889.55	679.33	2155.00	530.15	1707.00
seasons	ทดลอง	442.00	947.32	679.33	2155.00	510.89	1650.00

ตารางผนวกที่ ค2 แสดงประสิทธิภาพการผลิตมวลชีวภาพ (Growth Yield) ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

ชื่อเพลง	Growth Yield (TOC)		Growth Yield (COD)	
	(mg cells/mg TOC removed)		(mg cells/mg COD removed)	
	กลุ่มควบคุม	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม	กลุ่มทดลอง
Farewell	2.99993	2.99993	1.00000	1.00000
Holy Wars The Punishment Due	2.99993	2.99993	1.00000	1.00000
พระราชนิพนธ์เพลงรัก	3.00007	3.00007	1.00000	1.00000
ไอ้สะพานลอย	2.99993	2.99994	1.00000	1.00000
The four seasons	3.00006	3.00006	1.00000	1.00000

ตารางผนวกที่ ค3 แสดงอัตราการโตจำเพาะของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

ชื่อเพลง	อัตราการโตจำเพาะ (hr ⁻¹)	
	กลุ่มควบคุม	กลุ่มทดลอง
Farewell	2.72303×10^{-2}	2.75570×10^{-2}
Holy Wars The Punishment Due	2.85999×10^{-2}	2.89202×10^{-2}
พระราชนิพนธ์เพลงรัก	2.76186×10^{-2}	2.89678×10^{-2}
ไอ้สะพานลอย	2.78170×10^{-2}	2.90126×10^{-2}
The four seasons	2.80125×10^{-2}	3.03170×10^{-2}

ตารางผนวกที่ ค4 แสดงอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

ชื่อเพลง	อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ (TOC)		อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ (COD)	
	(mgTOC removed/mg cells-hr)		(mgCOD removed/mg cells-hr)	
	กลุ่มควบคุม	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม	กลุ่มทดลอง
Farewell	9.07151×10^{-3}	9.19089×10^{-3}	2.72303×10^{-2}	2.75570×10^{-2}
Holy Wars The Punishment Due	9.53839×10^{-3}	9.63500×10^{-3}	2.85999×10^{-2}	2.89202×10^{-2}
พระราชนิพนธ์เพลงรัก	9.20620×10^{-3}	9.65593×10^{-3}	2.76186×10^{-2}	2.89678×10^{-2}
ไอ้ตะหนอมายเลิฟ	9.26718×10^{-3}	9.67087×10^{-3}	2.78324×10^{-2}	2.90126×10^{-2}
The four seasons	9.34250×10^{-3}	10.10566×10^{-3}	2.80125×10^{-2}	3.03098×10^{-2}

ตารางผนวกที่ ค5 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของน้ำหนักแห้งระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง
ที่เปิดเพลง Farewell ณ เวลาการบ่มที่ 24 ชั่วโมง

Group Statistics

STATUS		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
WEIGHT	1.00	20	839.5000	14.67006	3.28032
	2.00	100	847.0000	31.02296	3.10230

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances				T – test for Equality of Means				
		F	Sig.	T	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	85% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
WEIGHT	Equal variances assumed	2.062	0.154	-1.055	118	0.294	-7.5000	7.10821	-17.79953	2.79953
	Equal variances not assumed			-1.661	59.111	0.102	-7.5000	4.51495	-14.08499	-0.91501

ตารางผนวกที่ ๑๖ แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของปริมาณสารอาหาร (TOC) ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง
ที่เปิดเพลง Farewell ณ เวลาการป้อนที่ 24 ชั่วโมง

Group Statistics

STATUS		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
TOC	1.00	20	546.8333	4.89002	1.09344
	2.00	100	544.3333	10.34099	1.03410

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		T – test for Equality of Means						
		F	Sig.	T	df	Sig.(2- tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	85% Confidence Interval of the Difference	
TOC	Equal variances assumed	2.062	0.154	1.055	118	0.294	2.5000	2.36940	-0.93318	5.93318
	Equal variances not assumed			1.661	59.111	0.102	2.5000	1.50498	0.30500	4.69500

ตารางผนวกที่ ๗ แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของปริมาณสารอาหาร (COD) ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง
ที่เปิดเพลง Farewell ณ เวลาการบ่มที่ 24 ชั่วโมง

Group Statistics

	STATUS	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
COD	1.00	20	1757.5000	14.67006	3.28032
	2.00	100	1750.000	31.02296	3.10230

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		T – test for Equality of Means						
		F	Sig.	T	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	85% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
COD	Equal variances assumed	2.062	0.154	1.055	118	0.294	7.5000	7.10821	-2.79953	17.79953
	Equal variances not assumed			1.661	59.111	0.102	7.5000	4.51495	0.91501	14.08499

ตารางผนวกที่ ค8 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของน้ำหนักแห้งระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง
ที่เปิดเพลง Holy Wars The Punishment Due ณ เวลาการป้อนที่ 24 ชั่วโมง

Group Statistics

STATUS		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
WEIGHT	1.00	20	877.3000	13.73854	3.07203
	2.00	100	884.9600	39.85249	3.98525

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		T – test for Equality of Means						
		F	Sig.	T	df	Sig. (2- tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	85% Confidence Interval of the Difference	
WEIGHT	Equal variances assumed	8.542	0.004	-0.847	118	0.399	-7.6600	9.04284	-20.76274	5.44274
	Equal variances not assumed			-1.522	88.602	0.131	-7.6600	5.03186	-14.96686	-0.35314

ตารางผนวกที่ ๙ แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของปริมาณสารอาหาร (TOC) ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง
ที่เปิดเพลง Holy Wars The Punishment Due ณ เวลาการบ่มที่ 24 ชั่วโมง

Group Statistics

STATUS		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
TOC	1.00	20	534.2333	4.57951	1.02401
	2.00	100	531.6800	13.28416	1.32842

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		T – test for Equality of Means						
		F	Sig.	T	df	Sig. (2- tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	85% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
TOC	Equal variances assumed	8.542	0.004	0.847	118	0.399	2.5533	3.01428	-1.81425	6.92091
	Equal variances not assumed			1.522	88.602	0.131	2.5533	1.67729	0.11771	4.98895

ตารางผนวกที่ ค10 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของปริมาณสารอาหาร (COD) ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง
 ที่เปิดเพลง Holy Wars The Punishment Due ณ เวลาการป้อนที่ 24 ชั่วโมง

Group Statistics

	STATUS	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
COD	1.00	20	1719.7000	13.73854	3.07203
	2.00	100	1712.0400	39.85249	3.98525

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		T – test for Equality of Means						
		F	Sig.	T	df	Sig.(2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	85% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
COD	Equal variances assumed	8.542	0.004	0.847	118	0.399	7.6600	9.04284	-5.44274	20.76274
	Equal variances not assumed			1.522	88.602	0.131	7.6600	5.03186	0.35314	14.96686

ตารางผนวกที่ ค11 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของน้ำหนักแห้งระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง
ที่เปิดเพลงพระราชนิพนธ์เพลงรัก ณ เวลาการบ่มที่ 24 ชั่วโมง

Group Statistics

STATUS		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
WEIGHT	1.00	20	850.4000	15.01368	3.35716
	2.00	100	882.0400	34.40781	3.44078

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances				T – test for Equality of Means				
		F	Sig.	T	Df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	99.5% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
WEIGHT	Equal variances assumed	3.593	0.060	-4.026	118	0.000	-31.6400	7.85964	-54.12466	-9.15534
	Equal variances not assumed			-6.582	65.922	0.000	-31.6100	4.80723	-45.60303	-17.67697

ตารางผนวกที่ ค12 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของปริมาณสารอาหาร (TOC) ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง
ที่เปิดเพลงพระราชนิพนธ์เพลงรัก ณ เวลาการบ่มที่ 24 ชั่วโมง

Group Statistics

	STATUS	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
TOC	1.00	20	543.2000	5.00456	1.11905
	2.00	100	532.6533	11.46927	1.14693

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		T – test for Equality of Means						
		F	Sig.	T	df	Sig. (2- tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	99.5% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
TOC	Equal variances assumed	3.593	0.060	4.026	118	0.000	10.5467	2.61988	3.05178	18.04155
	Equal variances not assumed			6.582	65.922	0.000	10.5467	1.60241	5.89232	15.20101

ตารางผนวกที่ ค13 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของปริมาณสารอาหาร (COD) ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง
ที่เปิดเพลงพระราชนิพนธ์เพลงรัก ณ เวลาการบ่มที่ 24 ชั่วโมง

Group Statistics

STATUS		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
COD	1.00	20	1746.6000	15.01368	3.35716
	2.00	100	1714.9600	34.40781	3.44078

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		T – test for Equality of Means						
		F	Sig.	T	Df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	99.5% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
COD	Equal variances assumed	3.593	0.060	4.026	118	0.000	31.6400	7.85964	9.15534	54.12466
	Equal variances not assumed			6.582	65.922	0.000	31.6400	4.80723	17.67697	45.60303

ตารางผนวกที่ ค14 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของน้ำหนักแห้งระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง
ที่เปิดเพลงไอ้ละหนอมายเลิฟ ณ เวลาการบ่มที่ 24 ชั่วโมง

Group Statistics

STATUS		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
WEIGHT	1.00	20	865.0500	10.34904	2.31412
	2.00	100	893.6300	40.73657	4.07366

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		T – test for Equality of Means							
		F	Sig.	T	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	99.5% Confidence Interval of the Difference		
										Lower	Upper
WEIGHT	Equal variances assumed	13.613	0.000	-3.108	118	0.002	-28.5800	9.19623	-54.88835	-2.27165	
	Equal variances not assumed			-6.100	112.280	0.000	-28.5800	4.68506	-41.99598	-15.16402	

ตารางผนวกที่ ค15 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของปริมาณสารอาหาร (TOC) ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง
ที่เปิดเพลงไอ้สะพานลอยเลิฟ ณ เวลาการบ่มที่ 24 ชั่วโมง

Group Statistics

	STATUS	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
TOC	1.00	20	538.3167	3.44968	0.77137
	2.00	100	528.7900	13.57886	1.35789

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		T – test for Equality of Means						
		F	Sig.	T	Df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	99.5% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
TOC	Equal variances assumed	13.613	0.000	3.108	118	0.002	9.5267	3.06541	0.75722	18.29612
	Equal variances not assumed			6.100	112.28	0.000	9.5267	1.56169	5.05467	13.99866

ตารางผนวกที่ ค16 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของปริมาณสารอาหาร (COD) ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง
ที่เปิดเพลงไอ้ละหนอมายเลิฟ ณ เวลาการบ่มที่ 24 ชั่วโมง

Group Statistics

	STATUS	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
COD	1.00	20	1731.9500	10.34904	2.31412
	2.00	100	1703.3700	40.73657	4.07366

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances			T – test for Equality of Means					
		F	Sig.	T	df	Sig.(2- tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	99.5% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
COD	Equal variances assumed	13.613	0.000	3.108	118	0.002	28.5800	9.19623	2.27165	54.88835
	Equal variances not assumed			6.100	112.280	0.000	28.5800	4.68506	15.16402	41.99598

ตารางผนวกที่ ค17 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของน้ำหนักแห้งระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง
 ที่เปิดเพลงชุด The four seasons ณ เวลาการบ่มที่ 24 ชั่วโมง

Group Statistics

STATUS		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
WEIGHT	1.00	20	889.5500	16.89433	3.77769
	2.00	100	947.3200	29.03007	2.90301

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		T – test for Equality of Means						
		F	Sig.	T	Df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	99.5% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
WEIGHT	Equal variances assumed	0.554	0.458	-8.595	118	0.000	-57.7700	6.72163	76.99909	-38.5491
	Equal variances not assumed			-12.126	45.051	0.000	-57.7700	4.76428	-71.83372	-43.70628

ตารางผนวกที่ ค18 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของปริมาณสารอาหาร (TOC) ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง
 ที่เปิดเพลงชุด The four seasons ณ เวลาการบ่มที่ 24 ชั่วโมง

Group Statistics

	STATUS	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
TOC	1.00	20	53.1500	5.63144	1.25923
	2.00	100	510.8933	9.67669	0.96767

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		T – test for Equality of Means							
		F	Sig.	T	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	99.5% Confidence Interval of the Difference		
										Lower	Upper
TOC	Equal variances assumed	0.554	0.458	8.595	118	0.000	19.2567	2.24054	12.84697	25.66636	
	Equal variances not assumed			12.126	45.051	0.000	19.2567	1.58809	14.56876	23.94457	

ตารางผนวกที่ ค19 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของปริมาณสารอาหาร (COD) ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง
 ที่เปิดเพลงชุด The four seasons ณ เวลาการบ่มที่ 24 ชั่วโมง

Group Statistics

STATUS		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
COD	1.00	20	1707.4500	16.89433	3.77769
	2.00	100	1649.6800	29.03007	2.90301

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		T – test for Equality of Means						
		F	Sig.	T	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	99.5% Confidence Interval of the Difference	
COD	Equal variances assumed	0.554	0.458	8.595	118	0.000	57.7700	6.72163	38.54091	76.99909
	Equal variances not assumed			12.126	45.051	0.000	57.7700	4.76428	43.70628	71.83372

ตารางผนวกที่ ค20 แสดงระดับความดังเสียงเฉลี่ย ระดับความดังสูงสุด และระดับความดังต่ำสุด
ของเพลงที่ใช้ในการทดลอง

เพลง	ระดับความดังเสียงเฉลี่ย	
	dB(A)	dB(C)
Farewell	74.7	77.3
Holy Wars The Punishment Due	74.8	76.4
พระราชนิพนธ์เพลงรัก	73.1	76.5
ไอ้ละหนอมายเลิฟ	74.2	76.8
The four seasons	74.3	75.5

ตารางผนวกที่ ค21 แสดงความดังระดับเสียงแบบแยกความถี่ของเพลง Farewell

Frequency(Hz)	dB(A)	dB(C)	Frequency(Hz)	dB(A)	dB(C)
12.5	35	34.1	315	56	58.6
16	33	32.6	400	61.1	61.7
20	34.2	33.6	500	73	74
25	35	32.5	630	70.8	73.7
31.5	35.9	34.1	800	58.7	58.5
40	38	39.1	1k	49.1	42.4
50	46.9	52	1.25k	40.3	34.9
63	39.2	43.4	1.6k	41.1	36
80	39.9	42.2	2k	42.4	32.4
100	46.5	45.9	2.5k	43.4	28.9
125	35.4	39.3	3.15k	41.6	24.9
160	42.4	39.6	4k	46.7	25.2
200	49.3	50	5k	45.7	24
250	55.1	55.8	6.3k	41.7	20.7

ตารางผนวกที่ ค22 แสดงความดังระดับเสียงแบบแยกความถี่ของเพลง Holy Wars The
Punishment Due

Frequency(Hz)	dB(A)	dB(C)	Frequency(Hz)	dB(A)	dB(C)
12.5	-4.8	37.5	315	55.4	61.9
16	-4.7	34.7	400	60.6	65.4
20	-4.3	36.7	500	68.6	72.2
25	-1.4	38	630	72.7	73.7
31.5	4.6	37.6	800	61.5	60.8
40	11.7	38.9	1k	47.1	46.4
50	19.1	45.9	1.25k	39.9	39.9
63	15.8	39.4	1.6k	42.2	41.1
80	21	41	2k	46.8	43.9
100	21.6	40.9	2.5k	49.1	47.2
125	21.9	37.5	3.15k	48.8	47.9
160	37.5	49	4k	55.1	52.6
200	49	59.2	5k	52.5	50.7
250	50.5	60.6	6.3k	45	43.7

ตารางผนวกที่ ค23 แสดงความดังระดับเสียงแบบแยกความถี่ของเพลงพระราชนิพนธ์เพลงรัก

Frequency(Hz)	dB(A)	dB(C)	Frequency(Hz)	dB(A)	dB(C)
12.5	-4.9	42.4	315	52.2	59.2
16	-4.8	48.8	400	59.6	64.6
20	-4.1	52	500	69.3	73
25	-1.5	53.7	630	69.2	71.8
31.5	1	47.9	800	57.1	58.8
40	12.2	48.7	1k	41.4	41.2
50	26.4	56.9	1.25k	37.2	37.4
63	14.8	59.1	1.6k	36.8	36.3
80	21.5	57.1	2k	41.1	40.2
100	29.5	58.5	2.5k	41.6	41.3
125	24.4	55.8	3.15k	37.4	39
160	32.7	49.1	4k	44.9	45.8
200	44.9	57.5	5k	41.1	38.2
250	50.1	59.9	6.3k	34.6	31.7

ตารางผนวกที่ ค24 แสดงความดังระดับเสียงแบบแยกความถี่ของเพลง ไอ้สะพานลอย

Frequency(Hz)	dB(A)	dB(C)	Frequency(Hz)	dB(A)	dB(C)
12.5	-4.9	35.4	315	54.6	59.9
16	-4.9	34.2	400	62.5	66.4
20	-4.6	36.7	500	68.8	71.3
25	-3.6	37.3	630	71.5	73.2
31.5	-0.6	36.4	800	61.1	62.6
40	12.7	42.5	1k	50.8	51.8
50	27.1	56.1	1.25k	43.4	43.5
63	15.6	41.3	1.6k	44.2	43.6
80	20.2	41.3	2k	46.1	44.4
100	27.4	45.6	2.5k	48.6	45.4
125	22.3	37.8	3.15k	47.7	42.9
160	35.3	46.7	4k	52	48.1
200	46.6	55.9	5k	53	51.3
250	50.2	58	6.3k	50.4	48.9

ตารางผนวกที่ ค25 แสดงความดังระดับเสียงแบบแยกความถี่ของเพลงชุด The four seasons

Frequency(Hz)	dB(A)	dB(C)	Frequency(Hz)	dB(A)	dB(C)
12.5	-4.9	35	315	50.7	56
16	-4.8	33	400	58.2	61.1
20	-4.6	34.2	500	71.7	73
25	-3.2	35	630	70	70.8
31.5	-0.2	35.9	800	58.3	58.7
40	5.9	38	1k	49.5	49.1
50	14.9	46.9	1.25k	39.6	40.3
63	17.9	39.2	1.6k	39.7	41.1
80	18.6	39.9	2k	42.4	42.4
100	26.1	46.5	2.5k	45.5	43.4
125	21.1	35.4	3.15k	43.2	41.6
160	30.9	42.4	4k	47.8	46.7
200	39.5	49.3	5k	49.5	45.7
250	47.6	55.1	6.3k	43	41.7



ตัวอย่างการคำนวณของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่ได้รับเสียงเพลง The Four Seasons

กลุ่มควบคุม

$$\text{Growth Yield (mg cells/mg TOC removed)} = \frac{X_{24} - X_0}{S_0(\text{TOC}) - S_{24}(\text{TOC})}$$

$$= \frac{889.55 - 442.00}{679.33 - 530.15}$$

$$= 3.00$$

$$\text{Growth Yield (mg cells/mg COD removed)} = \frac{X_{24} - X_0}{S_0(\text{COD}) - S_{24}(\text{COD})}$$

$$= \frac{889.55 - 442.00}{2155.00 - 1707.00}$$

$$= 1.00$$

$$\text{อัตราการโตจำเพาะ (hr}^{-1}\text{)} = \frac{\frac{X_{24} - X_0}{t}}{X}$$

$$= \frac{\frac{889.55 - 442.00}{24}}{665.78}$$

$$= 2.80125 \times 10^{-2}$$

$$\text{อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ (mg TOC removed/mg cells-hr)} = \frac{\frac{S_0(\text{TOC}) - S_{24}(\text{TOC})}{t}}{X}$$

$$= \frac{\frac{679.33 - 530.15}{24}}{665.78}$$

$$= 9.34250 \times 10^{-3}$$

$$\text{อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ (mg COD removed/mg cells-hr)} = \frac{\frac{S_0(\text{COD}) - S_{24}(\text{COD})}{t}}{X}$$

$$= \frac{\frac{2155.00 - 1707.00}{24}}{665.78}$$

$$= 2.80125 \times 10^{-2}$$

กลุ่มทดลอง

$$\text{Growth Yield (mg cells/mg TOC removed)} = \frac{X_{24} - X_0}{S_0(\text{TOC}) - S_{24}(\text{TOC})}$$

$$= \frac{947.32 - 442.00}{679.33 - 510.89}$$

$$= 3.00$$

$$\begin{aligned}\text{Growth Yield (mg cells/mg COD removed)} &= \frac{X_{24} - X_0}{S_0(\text{COD}) - S_{24}(\text{COD})} \\ &= \frac{947.32 - 442.00}{2155.00 - 1650.00} \\ &= 1.00\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{อัตราการโตจำเพาะ (hr}^{-1}\text{)} &= \frac{\frac{X_{24} - X_0}{t}}{X} \\ &= \frac{\frac{947.32 - 442.00}{24}}{694.66} \\ &= 3.03170 \times 10^{-2}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ (mg TOC removed/mg cells-hr)} &= \frac{\frac{S_0(\text{TOC}) - S_{24}(\text{TOC})}{t}}{X} \\ &= \frac{\frac{679.33 - 510.89}{24}}{694.66} \\ &= 10.10566 \times 10^{-3}\end{aligned}$$

$$\text{อัตราการใช้อาหารจำเพาะ (mg COD removed/mg cells-hr)} = \frac{S_0(\text{COD}) - S_{24}(\text{COD})}{t \times X}$$

$$= \frac{2155.00 - 1650.00}{24 \times 694.66}$$

$$= 3.09098 \times 10^{-2}$$

ค่าความแตกต่างของค่าจลศาสตร์ต่าง ๆ ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม
ที่ได้รับเสียงเพลง The four seasons

$$\text{ค่าความแตกต่าง (\%)} = \frac{\text{กลุ่มทดลอง} - \text{กลุ่มควบคุม}}{\text{กลุ่มควบคุม}} \times 100$$

$$\text{ค่าความแตกต่าง Growth Yield (\%TOC)} = \frac{3.00 - 3.00}{3.00} \times 100$$

$$= 0$$

$$\text{ค่าความแตกต่าง Growth Yield (\%COD)} = \frac{1.00 - 1.00}{1.00} \times 100$$

$$= 0$$

$$\text{ค่าความแตกต่างอัตราการโตจำเพาะ (\%)} = \frac{(3.03170 \times 10^{-2}) - (2.80125 \times 10^{-2})}{(2.80125 \times 10^{-2})} \times 100$$

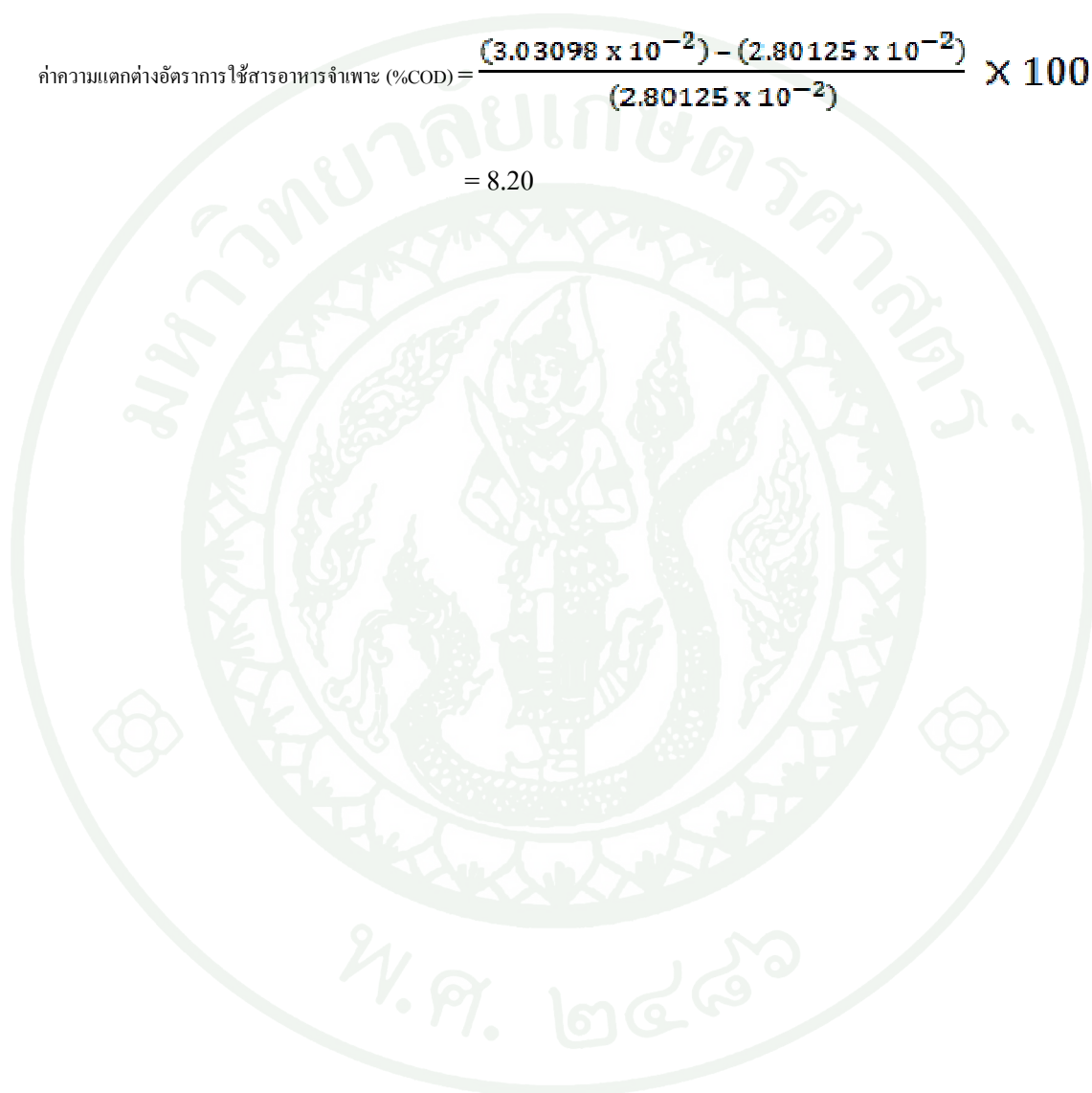
$$= 8.23$$

$$\text{ค่าความแตกต่างอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ (\%TOC)} = \frac{(10.10566 \times 10^{-3}) - (9.34250 \times 10^{-3})}{(2.80125 \times 10^{-2})} \times 100$$

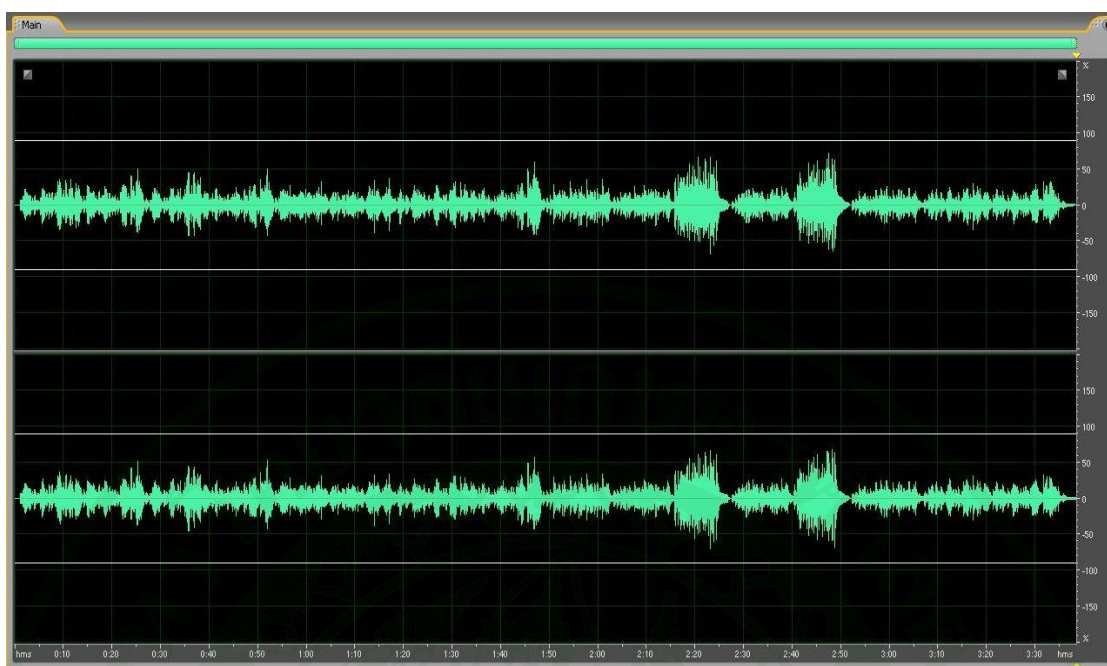
$$= 8.17$$

$$\text{ค่าความแตกต่างอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ (\%COD)} = \frac{(3.03098 \times 10^{-2}) - (2.80125 \times 10^{-2})}{(2.80125 \times 10^{-2})} \times 100$$

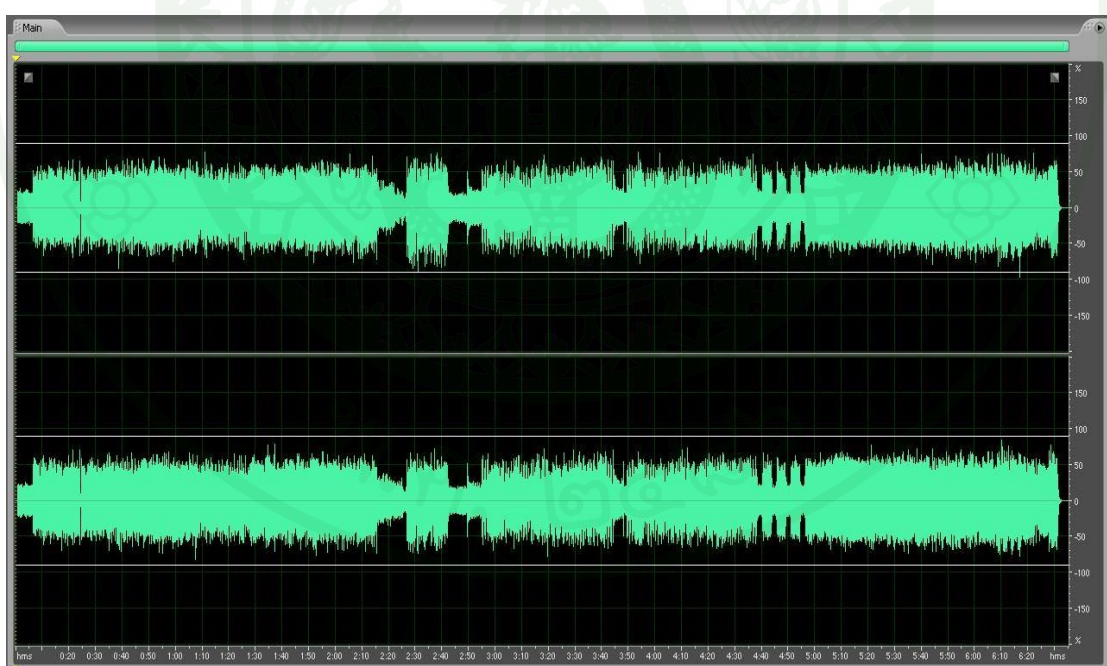
$$= 8.20$$



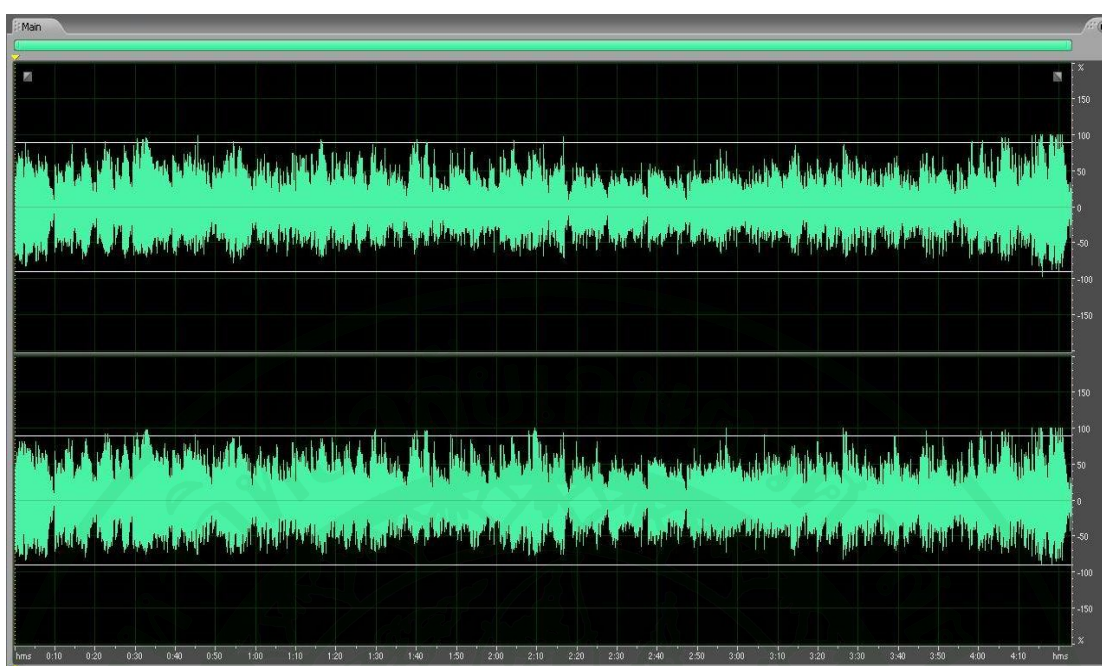




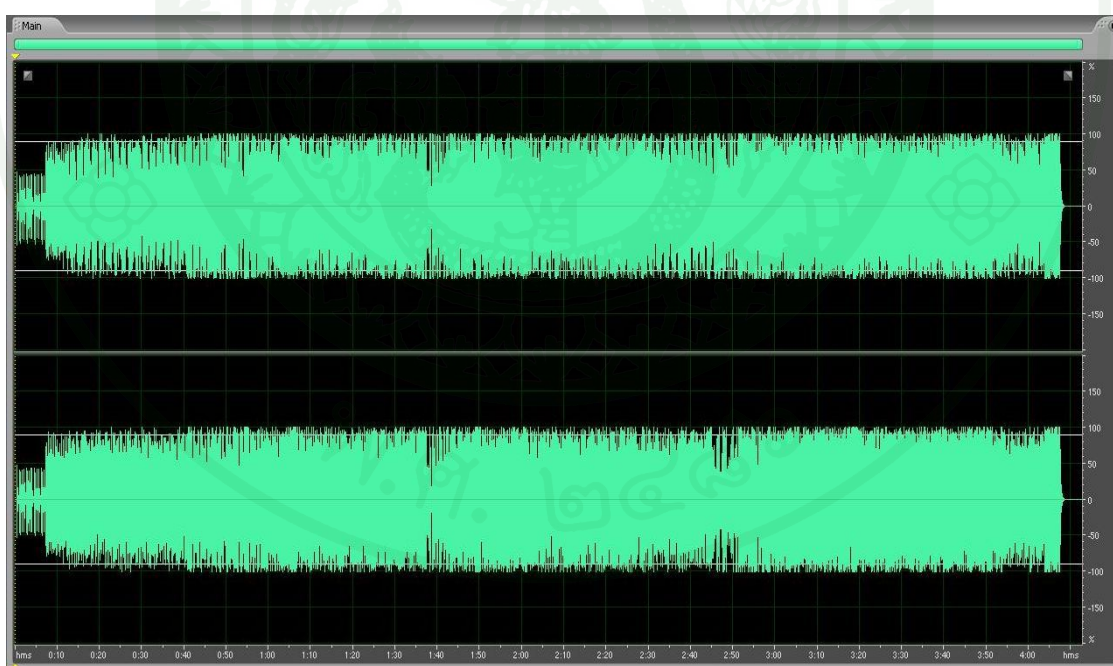
ภาพผนวกที่ จ1 แสดงลักษณะคลื่นเสียงของเพลง Farewell



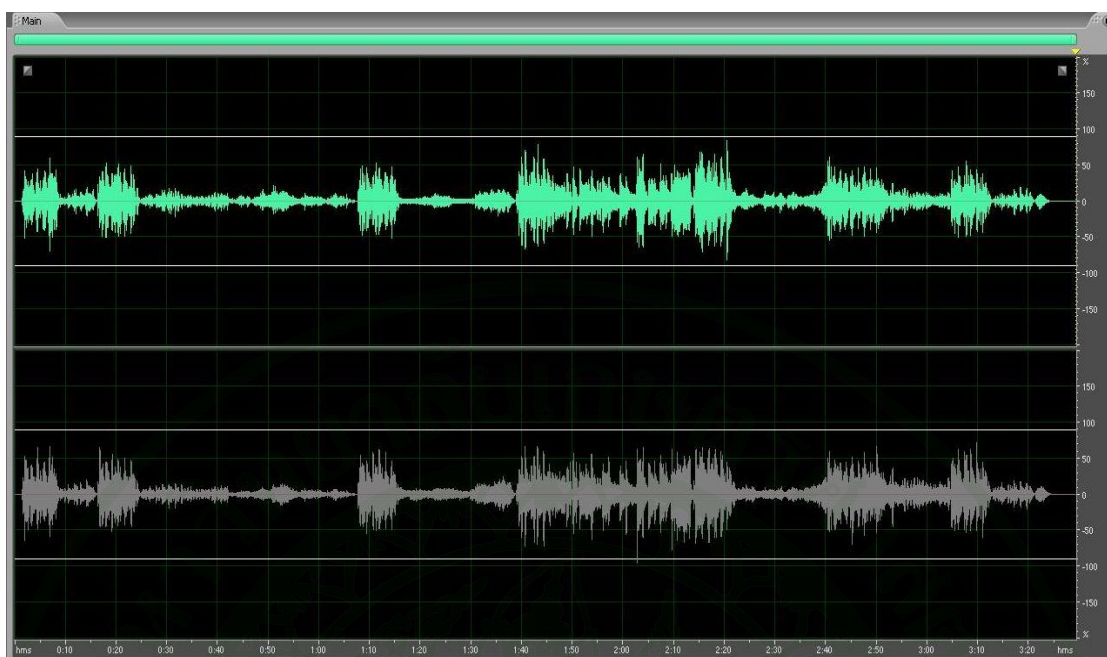
ภาพผนวกที่ จ2 แสดงลักษณะคลื่นเสียงของเพลง Holy Wars The Punishment Due



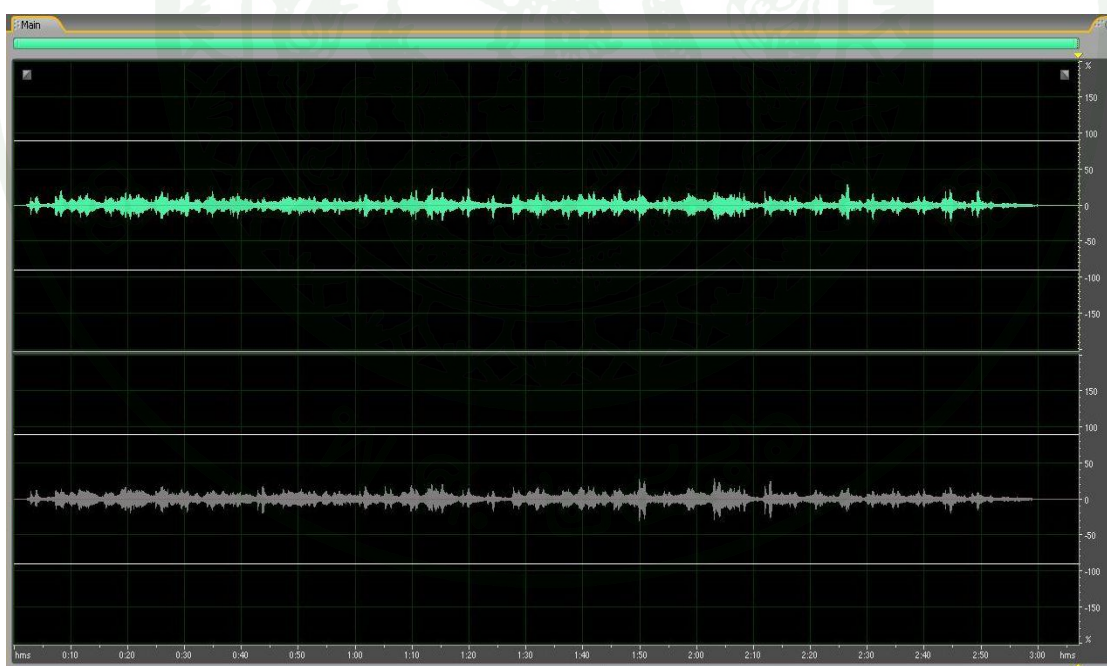
ภาพผนวกที่ จ3 แสดงลักษณะคลื่นเสียงของเพลงพระราชนิพนธ์เพลงรัก



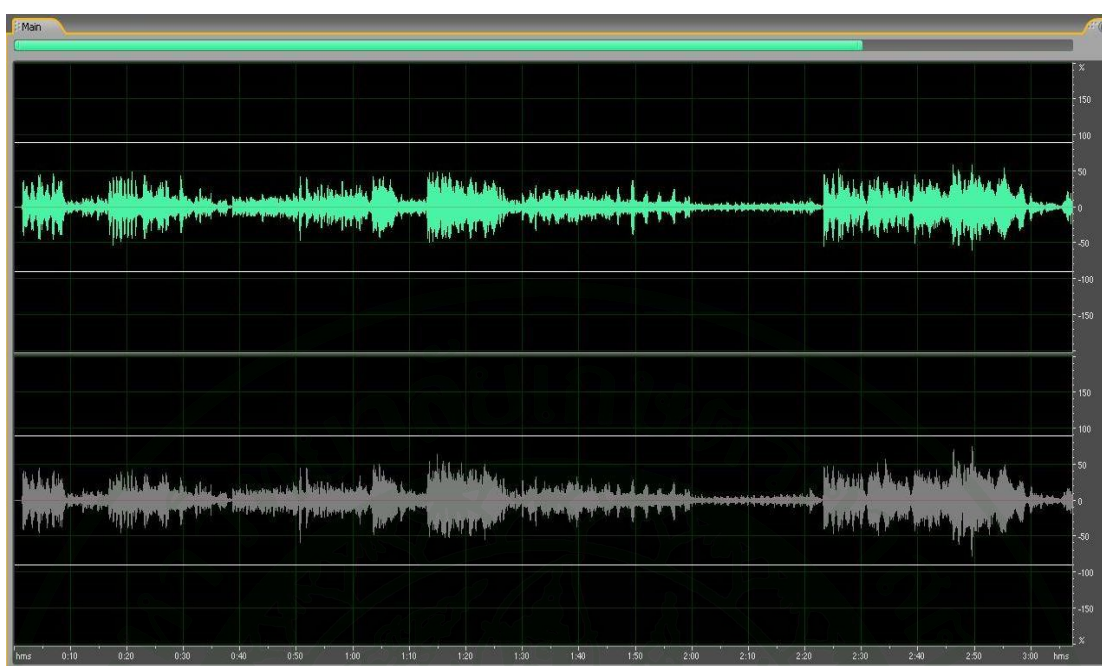
ภาพผนวกที่ จ4 แสดงลักษณะคลื่นเสียงของเพลงโอ้ละหนอมายเลิฟ



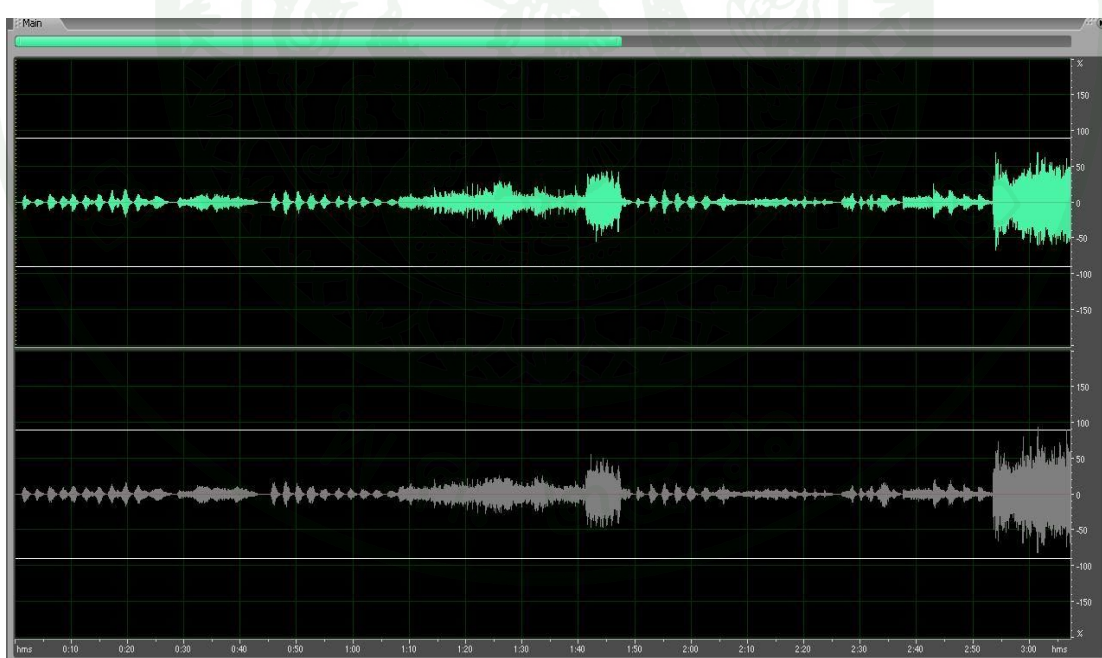
ภาพผนวกที่ จ5 แสดงลักษณะคลื่นเสียงของชุดเพลง The four seasons ฤดูใบไม้ผลิ เพลงที่ 1



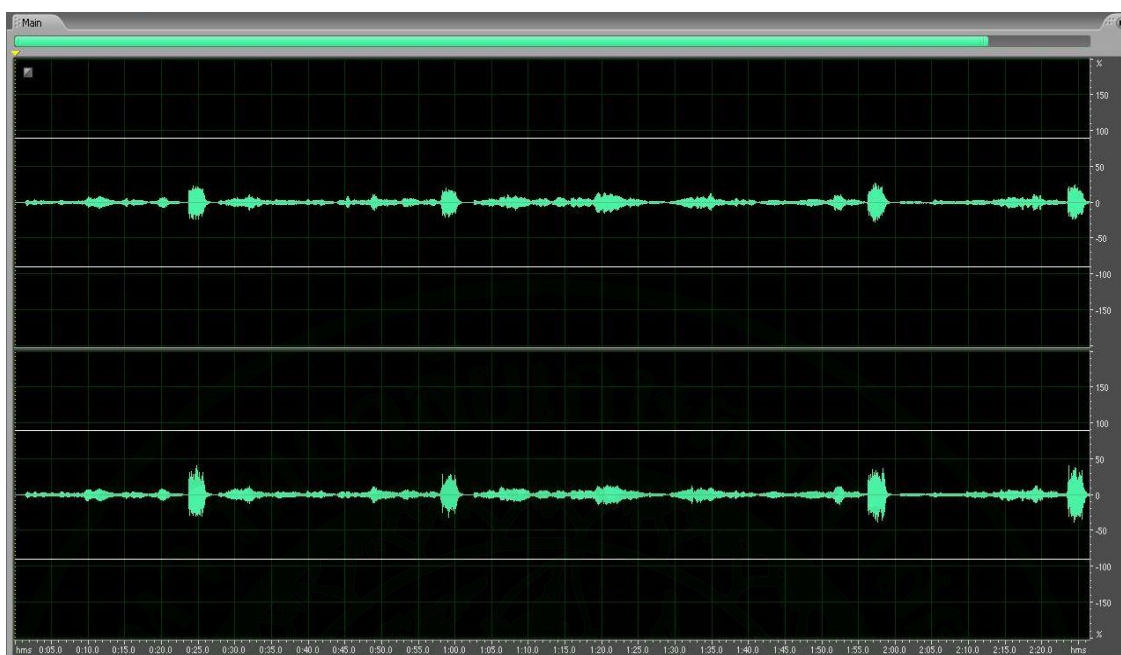
ภาพผนวกที่ จ6 แสดงลักษณะคลื่นเสียงของชุดเพลง The four seasons ฤดูใบไม้ผลิ เพลงที่ 2



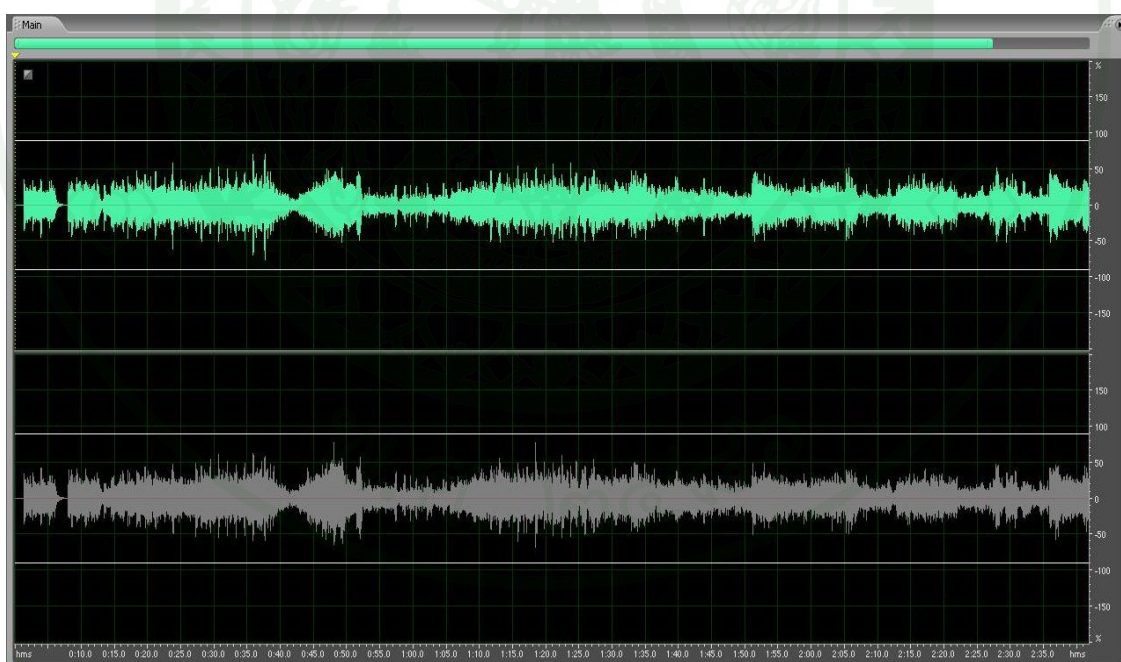
ภาพผนวกที่ จ7 แสดงลักษณะคลื่นเสียงของชุดเพลง The four seasons ฤดูใบไม้ผลิ เพลงที่ 3



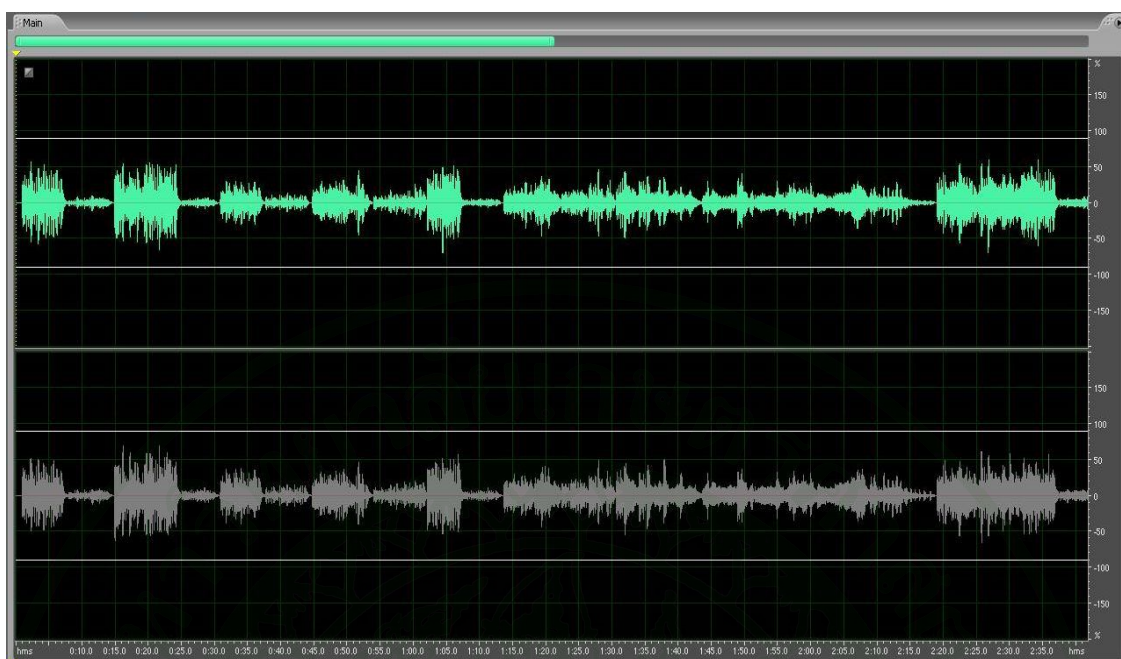
ภาพผนวกที่ จ8 แสดงลักษณะคลื่นเสียงของชุดเพลง The four seasons ฤดูร้อน เพลงที่ 4



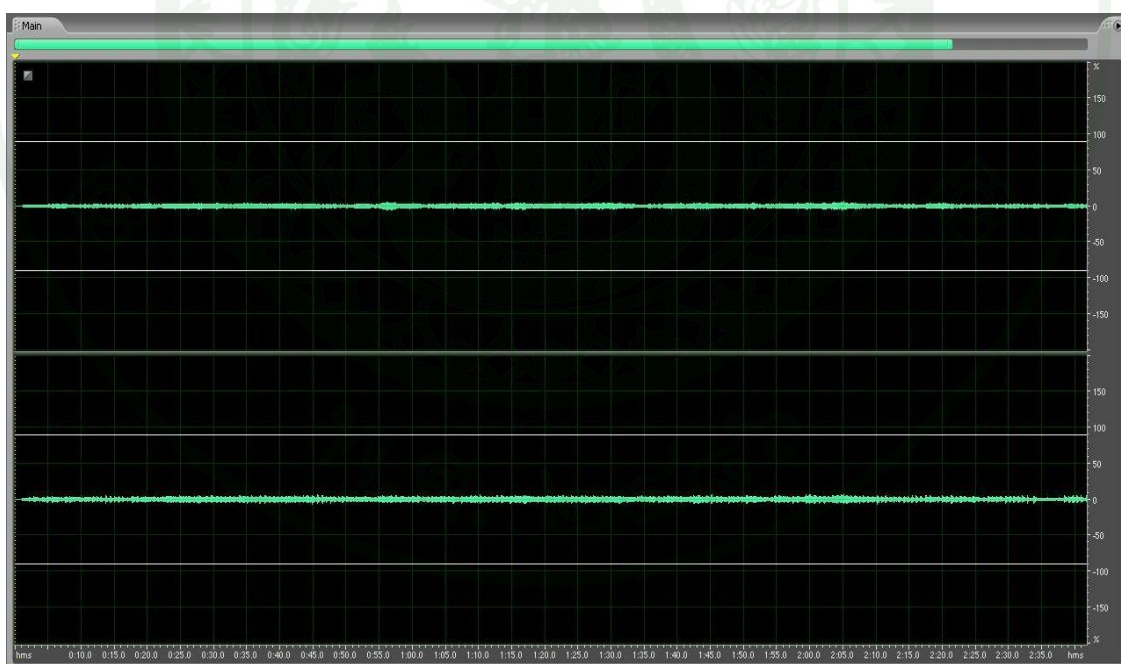
ภาพผนวกที่ จ9 แสดงลักษณะคลื่นเสียงของชุดเพลง The four seasons ฤดูร้อน เพลงที่ 5



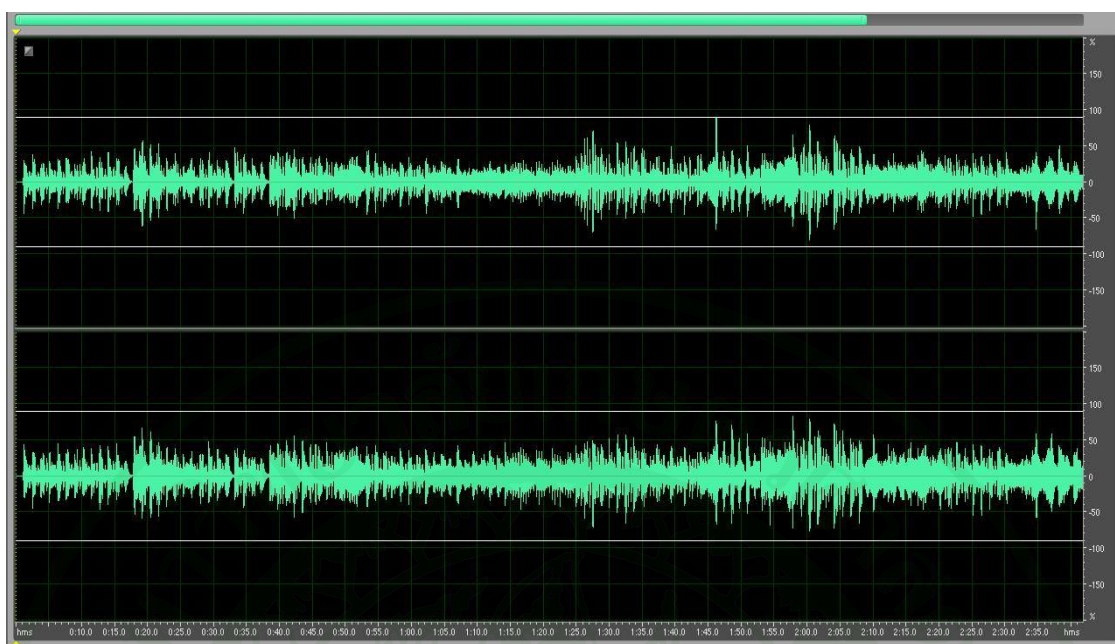
ภาพผนวกที่ จ10 แสดงลักษณะคลื่นเสียงของชุดเพลง The four seasons ฤดูร้อน เพลงที่ 6



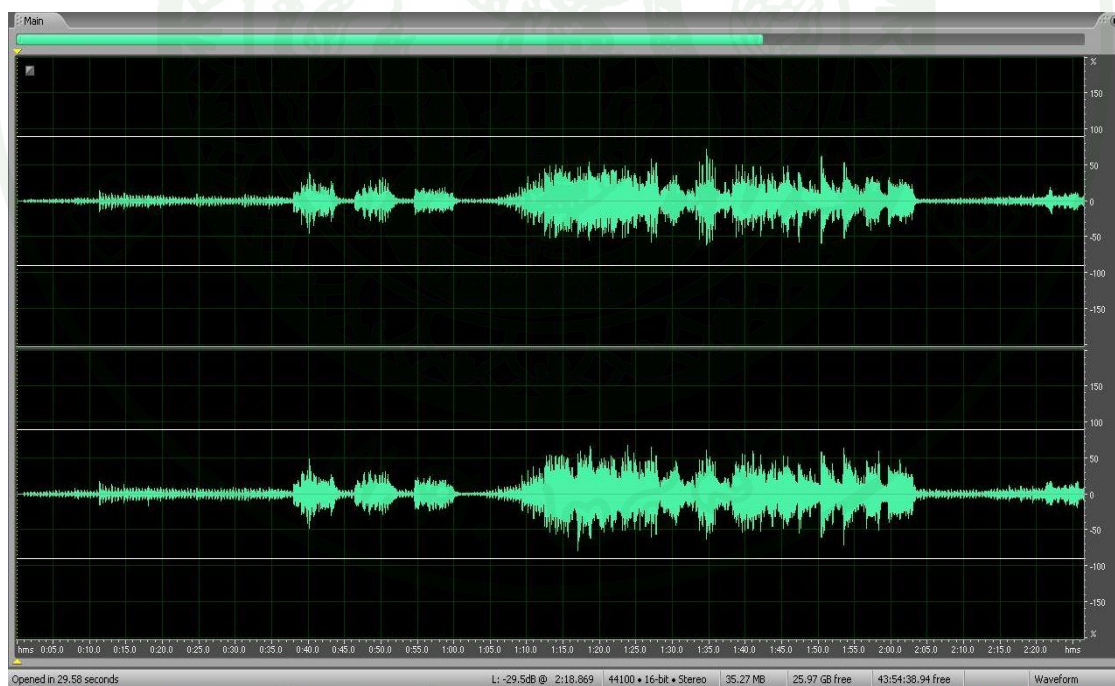
ภาพผนวกที่ จ11 แสดงลักษณะคลื่นเสียงของชุดเพลง The four seasons ฤดูใบไม้ร่วง เพลงที่ 7



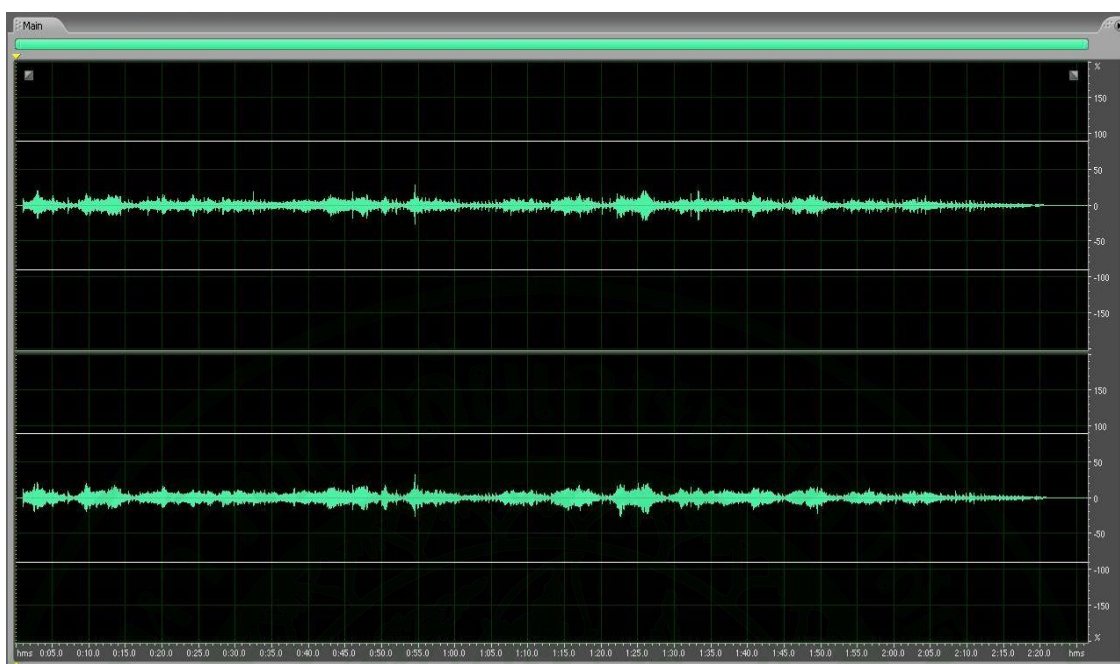
ภาพผนวกที่ จ12 แสดงลักษณะคลื่นเสียงของชุดเพลง The four seasons ฤดูใบไม้ร่วง เพลงที่ 8



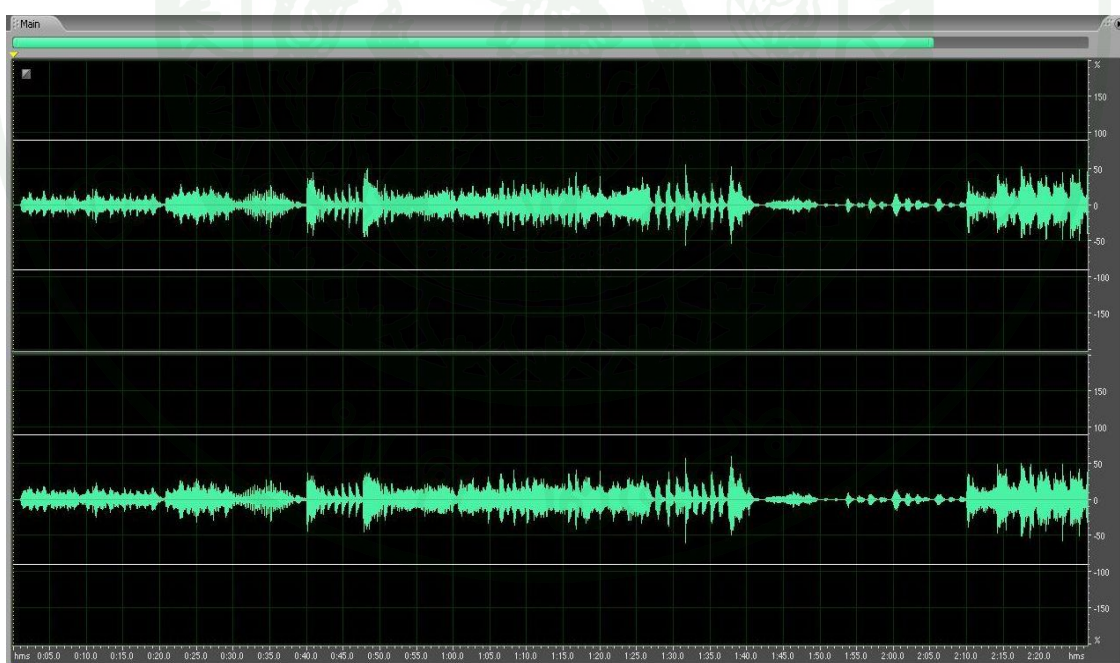
ภาพผนวกที่ จ13 แสดงลักษณะคลื่นเสียงของชุดเพลง The four seasons ฤดูใบไม้ร่วง เพลงที่ 9



ภาพผนวกที่ จ14 แสดงลักษณะคลื่นเสียงของชุดเพลง The four seasons ฤดูหนาว เพลงที่ 10



ภาพผนวกที่ จ15 แสดงลักษณะคลื่นเสียงของชุดเพลง The four seasons ฤดูหนาว เพลงที่ 11



ภาพผนวกที่ จ16 แสดงลักษณะคลื่นเสียงของชุดเพลง The four seasons ฤดูหนาว เพลงที่ 12

ประวัติการศึกษา

ชื่อ – นามสกุล	นางสาวศุภพจี พรพงษ์เมตตา
วัน เดือน ปี ที่เกิด	15 พฤศจิกายน พ.ศ.2528
สถานที่เกิด	บางกอกใหญ่ กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (ชีววิทยา) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (พ.ศ.2551)
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ได้รับทุนผู้ช่วยสอนจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (พ.ศ.2552)