

บทนำ

1. การจับก้อนด้วยไฟฟ้า (electrocoagulation)

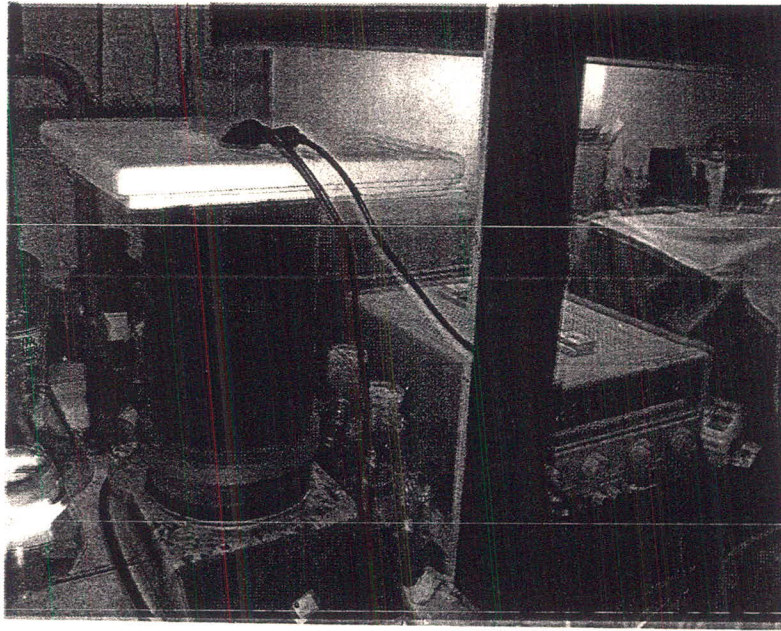
1.1 ความหมายและการจัดอุปกรณ์ของกระบวนการจับก้อนด้วยไฟฟ้า

การจับก้อนด้วยไฟฟ้า (Electrocoagulation or Electroprecipitation) เป็นการประยุกต์ใช้เทคนิคอิเล็กโทรเคมีคัลในการขจัดอนุภาคของสารละลายหลายอย่างที่ไม่ต้องการใช้แล้ว รวมทั้งสารแขวนลอย ซึ่งเป็นการขจัดออกโดยวิธีอิเล็กโทรไลซิส (Electrolysis)¹ ตัวอย่างเช่น ขจัดสารแขวนลอยและสารคอลลอยด์ (Removes suspended and colloidal solids) ขจัดอิมัลชันระหว่างน้ำมันกับน้ำ (Breaks oil emulsions in water) ขจัดไขมัน น้ำมันและไขมันสัตว์ (Removes fats, oil, and grease) ขจัดสารประกอบอินทรีย์ (Removes complex organics) ทำลายและขจัดเชื้อแบคทีเรีย ไวรัส (Destroys and removes bacteria, viruses) การทำให้น้ำเสียจากอาหาร (Food wastewater) น้ำเสียของ tar-sand และ oil-shale เช่นเดียวกันกับทำพวกเครื่องดื่ม (Potable water) ให้บริสุทธิ์ได้ อีกทั้งมันยังสามารถขจัด ฟอสเฟต (phosphate) ออกจากสิ่งปนเปื้อน cyanide และ chromate ออกจากน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรม และ fluoride จากน้ำดื่ม (drinking water)² ไอออนของโลหะหนักหลาย ๆ ตัว ก็สามารถที่จะถูกขจัดออกจากน้ำเสียของโรงงานได้

การจับก้อน³ (coagulation) เป็นปรากฏการณ์ที่ทำให้สารแขวนลอยที่มีประจุกลายเป็นสารที่ไม่มีประจุหรือมีประจุเป็นกลาง ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อสารแขวนลอยนั้นชนกับประจุตรงกันข้าม (counter ions) แล้วจับตัวกันเป็นก้อนและตกตะกอน ซึ่งสารเคมีที่ใช้เป็นสารก่อการจับก้อน (coagulant) มานานแล้วก็คือสารส้ม (alum) $[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}]$ ส่วนกลไกการตกตะกอนจะเริ่มจากการลดลงของประจุที่ผิวของอนุภาคคอลลอยด์ ทำให้อนุภาคต่างๆ เข้าใกล้กันได้มากขึ้นและมากพอที่จะเกิดแรงดึงดูดชนิดแวนเดอร์วาลส์ (van der Waal's force) จนสามารถรวมกันเป็นก้อนและตกตะกอนออกมาได้

ส่วนกระบวนการจับก้อนด้วยไฟฟ้า³ (electrocoagulation process) นั้นก็คล้ายกับการจับก้อนธรรมดา แต่ที่แตกต่างกันคือ มีการผ่านไฟฟ้าเข้าไปที่ขั้วไฟฟ้าสองขั้วที่จัดไว้ขนานกันคือ ขั้วแอโนดและขั้วแคโทด ซึ่งขั้วไฟฟ้าทั้งสองจมอยู่ในสารละลาย การจัดอุปกรณ์แสดงดังตัวอย่างในรูป 1.1 สารก่อการจับก้อนถูกสร้างที่ขั้วแอโนดโดยปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งในขั้นตอนนี้ประจุที่เกิดขึ้น (อาจจะเป็นโลหะไอออนหรือไอออนอื่น) จะถูกแยกออกจากสารละลายโดย

- 1) เกิดปฏิกิริยากับไอออนที่มีประจุตรงกันข้าม
- 2) เกิดปฏิกิริยากับโลหะไฮดรอกไซด์ที่เกิดขึ้น



รูป 1.1 ตัวอย่างการจัดอุปกรณ์เพื่อใช้ในการกระบวนการจับก๊องด้วยไฟฟ้า

1.2 การประยุกต์เทคนิคการจับก๊องด้วยไฟฟ้า

การบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการจับก๊องด้วยไฟฟ้ามีการทดลองกันมากในช่วงศตวรรษที่ 20 และในช่วง 10 ปีหลัง เทคนิคนี้ก็ถูกนำมาใช้มากขึ้นในอเมริกาใต้และยุโรป³ โดยเริ่มใช้ในการกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียจากโรงงาน ส่วนในอเมริกาเหนือ³ เริ่มใช้เทคนิคนี้ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานไม้ที่ใช้ทำกระดาษ, อุตสาหกรรมเหมืองแร่ และโรงงานแปรรูปโลหะ นอกจากนี้ยังมีการประยุกต์เทคนิคนี้เพื่อใช้กับงานอื่นๆ อีก เช่นกำจัดโปรตีนและไขมันในน้ำทิ้งจากโรงงานปลาและเนื้อสัตว์⁶, บำบัดน้ำเสียที่มาจากอาหาร⁷, ทำน้ำให้บริสุทธิ์⁸⁻⁹, กำจัดไขมันและสีในน้ำทิ้งจากโรงงานฟอกหนัง¹⁰, กำจัดของแข็งแขวนลอยและวัสดุที่เป็นพิษในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม น้ำมันดินและน้ำมันถ่านหิน¹¹, บำบัดน้ำเสียของชุมชนเมือง¹², ตกตะกอนสารอินทรีย์ในน้ำบาดาล¹³, กำจัดสีในน้ำเสียจากโรงงานสิ่งทอและสีย้อม¹⁴⁻¹⁸, ตกตะกอนโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำ¹⁹⁻²¹ และกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตกระดาษ²²

หลักการของเทคนิคนี้ยังถูกประยุกต์แยกสารอินทรีย์บางชนิดออกจากสารสกัดจากพืช ได้แก่สาร กลัยโคไซด์²³⁻²⁹ (glycoside) เช่น stevioside²³⁻²⁶, glycyrrhizic acid^{27,29}, D-pinitol²⁸⁻²⁹, asiaticoside²⁹, สารฟีนอลิก³⁰⁻³² (phenolic compounds) เช่น แทนนิน³⁰⁻³¹, ฟลาโวนอยด์³² แต่ยังไม่มียางานเกี่ยวกับการใช้เทคนิคนี้ในการแยกสารพวกแอลคาลอยด์ ในการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอวิธีการใหม่ในการแยกสารแอลคาลอยด์จากสารสกัดธรรมชาติด้วยเทคนิคการจับก๊องด้วยไฟฟ้าซึ่งช่วยลดการใช้สารเคมีโดยเฉพาะตัวทำละลายอินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อ สิ่งแวดล้อม

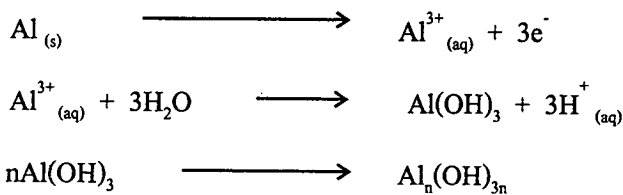
1.3 ปฏิริยาที่เกิดขึ้นในกระบวนการจับกอนด้วยไฟฟ้า

กลไกของการจับกอนด้วยไฟฟ้าโดยสวนมากจะขึ้นอยูกับ pH, ขนาดของอนุภาค, หมู่ฟังก์ชัน (functional group) และขนาดของโมเลกุลของสาร ประสิทธิภาพของการจับกอนด้วยไฟฟ้าจะขึ้นอยูกับโลหะที่นำมาใช้เป็นขั้วไฟฟ้าด้วย โดยโลหะที่ใช้เป็นขั้วไฟฟ้าจะต้องเหมาะสมกับสารที่เราต้องการจะแยกซึ่งโดยสวนมากแล้วนิยมใช้อะลูมิเนียมและเหล็ก ดังนั้นในที่นี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะปฏิริยาที่เกิดขึ้นเมื่อใช้อะลูมิเนียมและเหล็กเป็นขั้วไฟฟ้าเท่านั้น

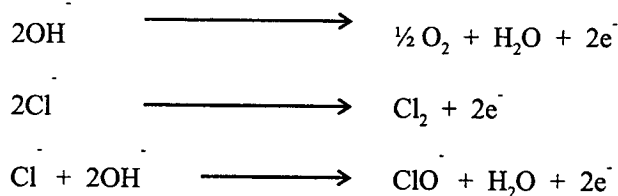
1) ปฏิริยาที่เกิดขึ้นเมื่อใช้อะลูมิเนียมเป็นขั้วไฟฟ้า

ขั้วแอโนด : เกิดออกซิเดชันของอะลูมิเนียม

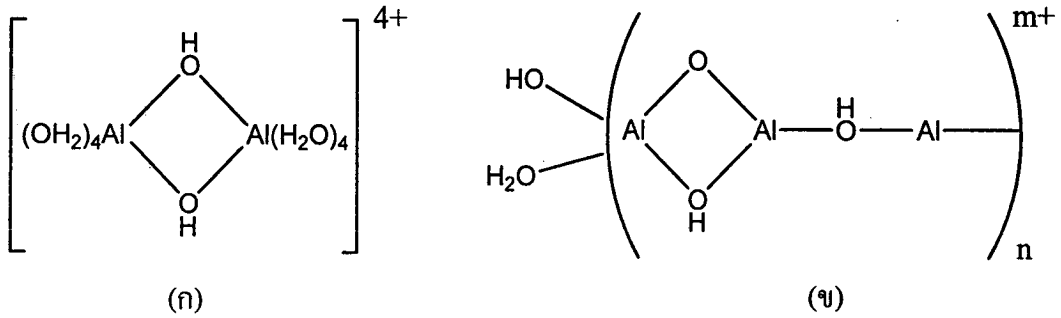
ที่ pH ต่ำๆ จะให้ Al^{3+} และ $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$ และที่ pH ที่เหมาะสมจะเปลี่ยนไปอยูในรูป $\text{Al}(\text{OH})_3$ และสุดท้ายจะเกิด polymerize เป็น $\text{Al}_n(\text{OH})_{3n}$ ดังปฏิริยาข้างล่างนี้³



ปฏิริยาอื่นๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้⁴⁻⁵ เช่น



อย่างไรก็ตามไอออนอื่นๆ เช่น $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$, $\text{Al}_2(\text{OH})_2^{4+}$ และ $\text{Al}(\text{OH})^{4-}$ ก็อาจเกิดขึ้นในระบบได้ ขึ้นอยูกับ pH ของสารละลายตัวกลานั้นๆ นอกจากนี้ยังพบว่าที่สภาวะที่เหมาะสม ประจุจะเปลี่ยนไปอยูในรูป multimeric hydroxo Al^{3+} species ตัวอย่างโครงสร้างของ dimeric และ polymeric Al^{3+} hydroxo complexes แสดงได้ดังนี้³

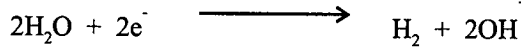


รูป 1.2 โครงสร้าง dimeric และ polymeric Al^{3+} hydroxo complexes (ก) และ (ข) ตามลำดับ

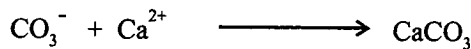
สารเชิงซ้อนเหล่านี้ (hydroxo cationic complexes) มีลักษณะเป็นเจล ที่สามารถกำจัดสิ่งสกปรก โดยการดูดซับสิ่งสกปรกนั้น แล้วเปลี่ยนให้มีประจุเป็นกลาง และจับยึดกันไว้ (enmeshment) จนเกิดการตกตะกอน³

ขั้วแคโทด : เกิดการรีดักชันของน้ำ

ปฏิกิริยาหลัก⁵ คือ



ส่วนปฏิกิริยาอื่นๆ ที่อาจพบได้เมื่อ pH มากกว่า 8 ซึ่งจะกระตุ้นให้เกิดตะกอนของเกลือคาร์บอเนตมีดังนี้⁴⁻⁵

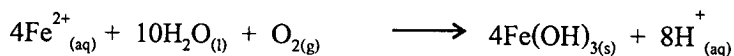


2) ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเมื่อใช้เหล็กเป็นขั้วไฟฟ้า

เหล็กเมื่อเกิดออกซิเดชัน จะให้เหล็กไฮดรอกไซด์, $\text{Fe}(\text{OH})_n$ เมื่อ $n = 2$ หรือ 3 ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กลไกดังนี้³

กลไกที่ 1

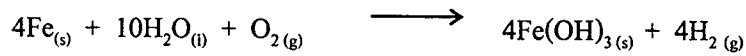
แอโนด :



แคโทด :

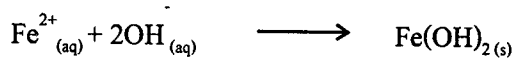
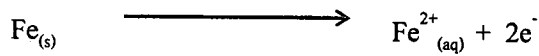


รีดอกซ์ :

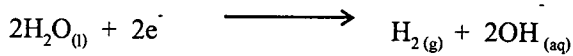


กลไกที่ 2

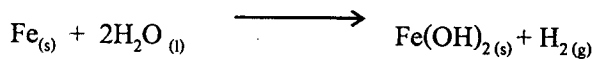
แอโนด :



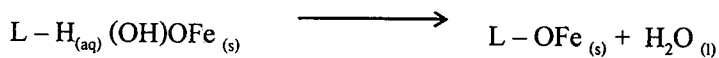
แคโทด :



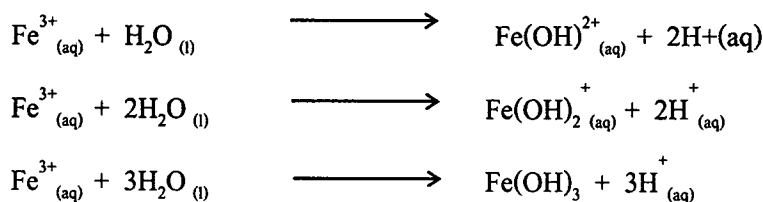
รีดอกซ์ :



$\text{Fe}(\text{OH})_{\text{n}(\text{s})}$ จะอยู่ในรูปสารแขวนลอยที่เป็นเจล³ ซึ่งสามารถกำจัดสิ่งสกปรกจากน้ำเสีย โดยเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน หรืออาจเกิดแรงดึงดูดทางไฟฟ้า แล้วจึงเกิดการตกตะกอนบนพื้นผิวของสารประกอบเชิงซ้อน สิ่งสกปรกจะเปรียบเสมือนเป็นลิแกนด์ (L) ที่จับกับ hydrous iron ในเชิงเคมี ดังนี้³



H_2 ที่เกิดจากปฏิกิริยารีดอกซ์ อาจทำให้สารอินทรีย์หรือวัสดุแขวนลอยต่างๆ ถูกแยกออกไป แต่อย่างไรก็ตาม ไอออนของ Fe^{3+} อาจเกิด hydration และในสภาวะที่เป็นกรดก็อาจจะมี $\text{Fe}(\text{OH})^{2+}$, $\text{Fe}(\text{OH})_2^+$ และ $\text{Fe}(\text{OH})_3$ เกิดขึ้นได้ดังสมการ³



แต่ในสถานะที่เป็นเบส อาจจะมี Fe(OH)_6^- และ Fe(OH)_4^- เกิดขึ้น จะเห็นได้ว่าเมื่อใช้เหล็กเป็นขั้วไฟฟ้า จะมีไอออนที่เป็นทั้งประจุบวกและประจุลบเกิดขึ้น

1.4 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

รายงานการศึกษาการประยุกต์ใช้เทคนิคการจับกอนด้วยไฟฟ้ามีอยู่อย่างแพร่หลาย ส่วนใหญ่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย, กำจัดโลหะหนัก และการทำน้ำดิบให้บริสุทธิ์ ซึ่งสามารถยกมาแสดงบางส่วนได้ดังนี้

ปี ค.ศ. 1983 Vik และคณะ⁹ ได้ศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำดิบ โดยการตกตะกอนด้วยสารส้มและการใช้เทคนิคการจับกอนด้วยไฟฟ้า โดยใช้อะลูมิเนียมเป็นอิเล็กโทรด ปรับ pH ให้เท่ากับ 6.0 ด้วย NaOH ซึ่งผลการทดลองพบว่าน้ำดิบที่ผ่านกระบวนการตกตะกอนด้วยเทคนิคทั้งสองจะมีสีของน้ำในระดับเดียวกัน และจากการตรวจสอบปริมาณสารเจือปนพบว่า น้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยเทคนิคการจับกอนด้วยไฟฟ้ามีสารเจือปนลดน้อยลง มากกว่าการใช้สารส้ม นอกจากนี้ยังลดปริมาณการใช้สารเคมี และมีความสะดวกในการใช้มากกว่า

ปี ค.ศ 2003 Jumpatong และ Buddhasukh¹⁹ ได้ใช้เทคนิคการจับกอนด้วยไฟฟ้าในการตกตะกอนโลหะหนักหลายชนิด ได้แก่ Pb^{2+} Cu^{2+} Cr^{6+} Co^{2+} Ni^{2+} Fe^{2+} และ Zn^{2+} พบว่าโลหะหนักเกือบทั้งหมดสามารถตกตะกอนได้ 98-99 % ยกเว้น Cr^{6+} ที่ตกตะกอนได้ประมาณ 40%

ปี ค.ศ. 2004 Bektas และคณะ²⁰ ได้ศึกษาการตกตะกอนของโบรอนในน้ำ พบว่า ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมจะทำให้โบรอนตกตะกอนได้ 92-96%

และในปีเดียวกัน (ค.ศ. 2004) Yang และ McGarrahan¹⁶ ได้ประยุกต์ใช้เทคนิคการจับกอนด้วยไฟฟ้าในการตกตะกอนสีย้อมผ้าที่ใช้ในโรงงาน โดยเลือกตกตะกอนสารสี 3 สี ซึ่งเป็นสารสีจำพวกแอนทราควิโนน 2 สี และเป็นสารจำพวก azo (azo dyes) 1 สี ซึ่งผลการทดลองพบว่า สารสีทั้ง 3 สามารถตกตะกอนได้มากกว่า 98%

ปี ค.ศ. 2005 Mehmet²² ใช้เทคนิคการจับกอนด้วยไฟฟ้าในการตกตะกอนสารอนินทรีย์ในน้ำทิ้งจากโรงงานกระดาษ ซึ่งมีแอมโมเนีย ฟอสเฟต ไนไตรท์ และ ไนเตรท เป็นองค์ประกอบ ผลการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดขึ้นอยู่กับชนิดของอิเล็กโทรด ระยะเวลาและกระแสไฟฟ้าที่ใช้ โดยอาจทำให้สารที่เป็นองค์ประกอบตกตะกอนได้ภายในสองนาทีก่อน

นอกจากนี้ยังมีรายงานการประยุกต์เทคนิคการจับก๊อนด้วยไฟฟ้าในการสกัดแยกสารอินทรีย์จากสารสกัดธรรมชาติ โดยผู้ที่นำเทคนิคนี้มาใช้ในการแยกสารสกัดธรรมชาติเป็นคนแรกคือ Miwa Kunihiko²³ โดยในปี ค.ศ. 1978 เขาได้ศึกษาการสกัดสารหวานจากใบหญ้าหวาน โดยใช้หลักการกำจัดสารเจือปนที่ไม่ต้องการออกจากสารสกัด ในการทดลองใช้น้ำสกัดใบหญ้าหวานที่อุณหภูมิ 80°C นาน 30 นาที แล้วนำสารสกัดที่ได้มาทำการจับก๊อนด้วยไฟฟ้า 1 ชม. โดยใช้อะลูมิเนียมเป็นขั้วไฟฟ้า พบว่าได้สารสกัดที่ถูกกำจัดออกไป 99.2% และมีสารหวาน 2.57 กรัม/ลิตร

ในปีถัดมา (ค.ศ. 1979) Miwa และคณะ²⁴ ได้ศึกษาการสกัดใบหญ้าหวานด้วยวิธีดังที่กล่าวมา แต่ใช้เวลาในการสกัดที่อุณหภูมิ 80°C นาน 60 นาที ซึ่งผลการทดลองก็ให้ผลเช่นเดียวกันคือพบว่าสารสกัดถูกกำจัดออกไป 99.2% และในปีเดียวกันนี้เอง Miwa²⁵ ได้สกัด stevioside ซึ่งเป็นสารหวานในใบหญ้าหวาน โดยใช้วิธีเดียวกันคือสกัดสารด้วยการจับก๊อนด้วยไฟฟ้า แล้วนำสารละลายไปกรองผ่าน Amberlite IR120 (H⁺) และ IRA410 (OH⁻) พบว่าได้ stevioside ที่มีความบริสุทธิ์ 78%

ปี ค.ศ. 1987 Adduci และคณะ²⁶ ได้ศึกษาการสกัดแยก stevioside จากใบหญ้าหวาน โดยทำการสกัด 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกทำการสกัดโดยวิธีการต้ม ขั้นที่สอง กำจัดสีด้วยเทคนิคการจับก๊อนด้วยไฟฟ้า และขั้นที่สามเป็นการกำจัดสีและแร่ธาตุอย่างต่อเนื่องด้วยการแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange) ซึ่งผลการทดลองพบว่าได้ stevioside ที่มีความบริสุทธิ์ 70-80% และได้สารที่ต้องการ 8-10%

ปี ค.ศ. 1998²⁷ และ ค.ศ. 2000²⁸ Phutdhawong และ Buddhasukh ได้ประยุกต์เทคนิคการจับก๊อนด้วยไฟฟ้าในการแยกกลัยโคไซด์ ได้แก่ glycyrrhizic acid จากรากชะเอมเทศ และ D-pinitol จากใบจีเห็ก ซึ่งผลการทดลองพบว่าได้ปริมาณสารที่ต้องการเป็น 2.1% และ 1% ตามลำดับ

ปี ค.ศ. 2000 Phutdhawong และคณะ³⁰ ได้ประยุกต์เทคนิคการจับก๊อนด้วยไฟฟ้าในการตกตะกอนสารประกอบฟีนอลิกหลายชนิดคือ pyrocatechol, pyrogallol, n-propyl-3,4,5-trihydroxybenzoate และ แทนนินสามารถตกตะกอนได้ 94%

ปี ค.ศ. 2002 Phutdhawong²⁹ ได้รายงานการวิจัยการประยุกต์เทคนิคการจับก๊อนด้วยไฟฟ้าในการแยกกลัยโคไซด์ตัวอื่นที่นอกเหนือจาก glycyrrhizic acid และ D-pinitol ด้วย ได้แก่ asiaticoside จากใบบัวบก และ mukurozioside จากเมล็ดมะคำดีควาย ซึ่งพบว่าได้สารดังกล่าวเป็น 0.025% และ 0.27% ตามลำดับ

ปี ค.ศ. 2002 Chowwanapoonpohn และ Buddhasukh³² ได้ประยุกต์เทคนิคการจับก๊อนด้วยไฟฟ้าในการตกตะกอนสารพวกฟลาโวนอยด์, น้ำตาล, แป้ง และ โปรตีน พบว่าฟลาโวนอยด์ที่มีหมู่

ไฮดร็อกซิลติดกัน สามารถตกตะกอนภายใน 15 นาที แป้งและโปรตีนสามารถตกตะกอนได้ภายใน 30 นาที ส่วนสารอื่นๆ สามารถตกตะกอนได้เพียงเล็กน้อยหรือไม่ตกตะกอนเลย

1.5 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

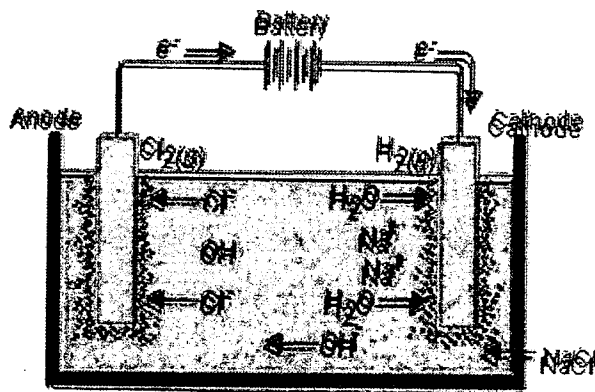
1. เพื่อพัฒนาวิธีการสกัดสารธรรมชาติกลุ่ม Glycosides ด้วยเทคนิคการจับก้อนด้วยไฟฟ้าจากบั่วบก ในระดับอุตสาหกรรม
2. ได้เครื่องสกัด Glycosides ที่พัฒนาการสกัดด้วยเทคนิคการจับก้อนด้วยไฟฟ้า

ผลการทดลอง

2. การทำ model study

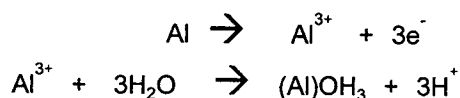
จุดประสงค์ของการทำ model study หลังที่ผู้วิจัยประสบผลสำเร็จการการแยกสารสกัดจากธรรมชาติกลุ่ม Glycosides จากพืชบางชนิดในระดับ Lab scale แล้ว การศึกษานี้จะเป็นการยืนยันผลของวิธีการจับก้อนด้วยไฟฟ้า ว่าสามารถจับก้อนหรือฟอกจางสีของสารละลายสีในระดับ Scale ใหญ่ได้ โดยจะออกแบบ Reaction scale ขนาดใหญ่ขึ้น (10-100 ลิตร)

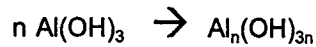
การจับก้อนด้วยไฟฟ้า เป็นวิธีอิเล็กโทรไลซิส (รูป 2.1) โดยจะใช้ Al เป็นอิเล็กโทรดและใช้ NaCl เป็นอิเล็กโทรไลต์



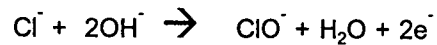
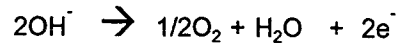
รูป 2.1 วิธีการทำอิเล็กโทรไลซิส

ชนิดปฏิกิริยาของการจับก้อนด้วยไฟฟ้าโดยใช้ อะลูมิเนียม Aluminium ที่ขั้วแอโนด anod อะลูมิเนียมเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน





ปฏิกิริยาอื่น ๆ ที่อาจพบได้



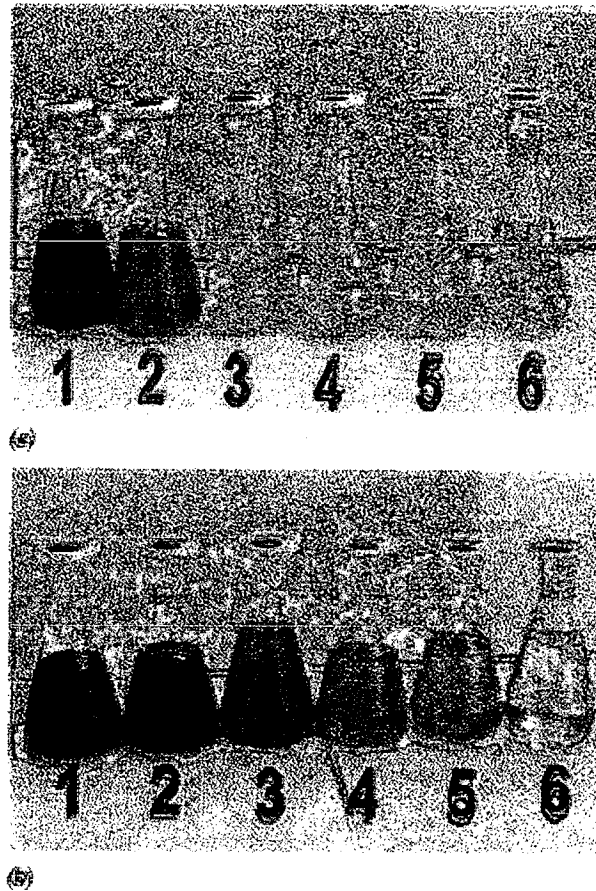
ที่ขั้วแคโทด(cathode) น้ำเกิดปฏิกิริยารีดักชัน



โดยหลักการแล้ว Al(OH)_3 และ Poly OH^- จะเป็นตัวดูดซับสีและตกตะกอนออกมา ซึ่งจะใช้เป็นขบวนการหลักในการแยกสีออก และจะพัฒนาเพื่อใช้ในการสกัดสารกลุ่มไม่ถูกดูดซับจากพืชได้

วิธีการสกัดที่จะพัฒนาขึ้นนี้ ใช้น้ำร้อนเป็นตัวสกัด หรือใช้น้ำผสม Alcohol เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัด และใช้เกลือ NaCl เป็นตัวช่วยนำไฟฟ้า ประกอบกับใช้ Aluminum sheet เป็นอิเล็กโทรด เป็นขบวนการที่ประหยัด ปลอดภัย ลดต้นทุน และสารประกอบที่เกิดขึ้นในระหว่างปฏิกิริยา ก็ไม่มีผลต่อสิ่งแวดล้อม

รูปภาพที่แสดงใน รูป 2.2 เป็นผลการทดลองใน Lab scale บางส่วน ของกลุ่มผู้เสนอขอทุนวิจัย ซึ่งได้เคยศึกษาเรื่องนี้มาก่อน การทำในระดับ Scale ใหญ่ จะเป็นการพิสูจน์ประสิทธิภาพของเทคนิคนี้ ผลการทดลองใน รูป 2.2 เป็นการจับก้อนด้วยไฟฟ้าเพื่อพอกจากสีของสารละลายโดยใช้อิเล็กโทรดที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ การพิจารณาอิเล็กโทรดที่จะใช้ ต้องคำนึงถึงต้นทุนของวิธีการด้วย หมายเลข 1 คือ ก่อนผ่านเทคนิคการจับก้อนด้วยไฟฟ้า หมายเลข 2-6 เป็นการผ่านเทคนิคการจับก้อนด้วยไฟฟ้าในระยะเวลาต่าง ๆ กัน เรียงจากมากไปหาน้อย



รูป 2.2 Colour change under different conditions; (a) Al electrodes used, (b) Fe electrodes used

การทำ model study เป็นการทดลองเพื่อใช้ยืนยันว่าวิธีอิเล็กโทรไลซิส นั้นสามารถฟอกจางสีได้จริง โดยสามารถจับหรือดูดซับรงควัตถุของสี ซึ่งสามารถนำมาเป็นแนวทางในการตกตะกอนด้วยไฟฟ้าเคมีเพื่อดึงสีในน้ำสกัดจากพืชเพื่อแยกสารกลุ่มแทนนินออกไปและเหลือไว้แต่กลุ่มโกลโคไซด์ในสารละลายได้ ในช่วงแรกจะทดสอบกับการตกตะกอนสีข้อม(สารสำคัญที่ทำให้น้ำเสียจากโรงงานสีข้อม) อิเล็กโทรไลซิส จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) ของอลูมิเนียม (Al)/(Fe) กลายเป็นอลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ (Al^{3+})/(Fe $^{2+}$) ที่ขั้วบวก และจะเกิดปฏิกิริยารีดักชัน (Reduction) ของน้ำ(H $_2$ O) กลายเป็น OH $^-$ และก๊าซไฮโดรเจน(H $_2$) ที่ขั้วลบ

ปฏิกิริยานี้จะเกิดตะกอนที่มีลักษณะคล้ายเจล (gel) ของ 2Al(OH) $_3$ / Fe(OH) $_2$ โดยตะกอนที่ได้จะไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม ทำหน้าที่จับหรือดูดซับสิ่งเจือปนและรงควัตถุของสี ทำให้สีของสารละลายจางลง และนอกจากนี้ อลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ (Al^{3+}) / เหล็ก (Fe $^{2+}$) ยังสามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อน (complex) ที่ไม่ละลายน้ำได้อีกด้วย

การทดลอง

ตอนที่ 1 การฟอกจางสีย้อมผ้าโดยเทคนิคการจับก้นด้วยไฟฟ้า

(สีย้อมผ้าที่มี phenolic compound เป็นองค์ประกอบหลัก)

วิธีทำ model study ในการทดลองนี้ แบ่งออกเป็น 2 ระบบ

ระบบที่ 1

เตรียมสารละลายสีย้อมผ้า (สีแดง สีนํ้าเงิน และสีเขียว ซึ่งมีองค์ประกอบของ phenolic compound ที่เป็นโครงสร้างหลักใน Tannin และ Lignin) ให้มีความเข้มข้น 0.1 % (w/v) ปริมาตร 1 ลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสง ณ ความยาวคลื่นที่มีการดูดกลืนแสงมากที่สุด (λ_{max}) เทสารละลายที่เตรียมได้ใส่ในขวดโหล 2 ขวด ขนาด 8 X 22 ซม. ขวดละ 500 มิลลิลิตร เติมน้ำ NaCl 1.0 กรัม ในขวดโหลใบแรก (ใบที่สอง ไม่เติมน้ำ NaCl) (NaCl ทำหน้าที่เป็น Electrolyte) ใส่ magnetic bar ลงไป วางแผ่นอลูมิเนียมขนาด 6.5 X 26 X 0.05 ซม. 2 แผ่น ซึ่งใช้เป็นอิเล็กโทรดให้ห่างกัน 2 ซม. ผ่านไฟฟ้ากระแสตรงจากหม้อแปลงไฟฟ้าประมาณ 2 แอมแปร์ ความต่างศักย์ 12 โวลต์ นาน 2 ชั่วโมง ทุก 15 นาที ปิดเตาละลายออกมารองด้วยกระดาษกรองก่อนนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ λ_{max} ที่เหมาะสมของสีแต่ละตัว

ระบบที่ 2 ทำเช่นเดียวกับระบบที่ 1 แต่ทำการเปลี่ยนอิเล็กโทรดจาก อลูมิเนียม เป็น เหล็ก

(การเปลี่ยนอิเล็กโทรด เป็นการหาอิเล็กโทรดที่เหมาะสม เพื่อความประหยัดในการลดต้นทุน หากมีการทำในระดับอุตสาหกรรมในภายหลัง)

ตอนที่ 2 การสร้างกราฟมาตรฐานของสีย้อมผ้าสีต่าง ๆ

เตรียมสารละลายสีย้อมผ้าให้มีความเข้มข้นต่าง ๆ วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ λ_{max} ที่เหมาะสมของสีแต่ละตัว ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ นำค่าที่ได้มาพล็อตกราฟระหว่างค่าการดูดกลืนแสง กับ ความเข้มข้นของสีย้อมผ้า เพื่อใช้ในการหาค่าเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นที่เหลือของสีย้อมผ้าหลังการทำอิเล็กโทรไลซิส

ตอนที่ 3 การฟอกจางสีของน้ำจากโรงงานย้อมผ้าโดยเทคนิคการจับก้นด้วยไฟฟ้า

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษา Model Study จากน้ำของโรงงานย้อมผ้า
2. เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของ pigment ซึ่งมี phenolic compound เป็นองค์ประกอบหลักเช่นเดียวกันกับ Tannin และ Lignin ในสารสกัดพืช

น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองนี้มี 2 ชนิด คือ

1. น้ำจากการซักผ้าหลังการฟอกย้อม
2. น้ำจากการฟอกย้อม

วิธีการทดลอง

แบ่งออกเป็น 2 ระบบ

ระบบที่ 1

เตรียมตัวอย่างน้ำ ปริมาตร 1 ลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสง ณ ความยาวคลื่นที่มีการดูดกลืนแสงมากที่สุด (λ_{max}) เทสารละลายที่เตรียมได้ใส่ในขวดโหล 2 ขวด ขนาด 8 X 22 ซม. ขวดละ 500 มิลลิลิตร เติมน้ำ NaCl 1.0 กรัมในขวดโหลใบแรก (ใบที่สอง ไม่เติมน้ำ NaCl) ใส่ magnetic bar ลงไป วางแผ่นอลูมิเนียมขนาด 6.5 X 26 X 0.05 ซม. 2 แผ่น ซึ่งใช้เป็นอิเล็กโทรดให้ห่างกัน 2 ซม. ผ่านไฟฟ้ากระแสตรงจากหม้อแปลงไฟฟ้าประมาณ 2 แอมแปร์ ความต่างศักย์ 12 โวลต์ นาน 2 ชั่วโมง ทุก 15 นาที เปิดสารละลายออกมากรองด้วยกระดาษกรองก่อนนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ λ_{max} ที่เหมาะสมของน้ำเสียแต่ละชนิด

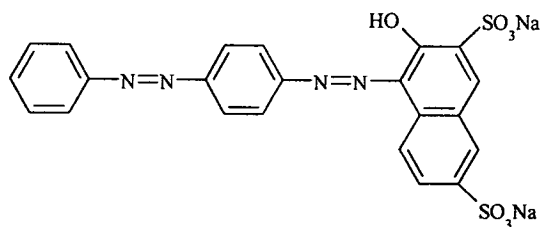
ระบบที่ 2 ทำเช่นเดียวกับระบบที่ 1 แต่ทำการเปลี่ยนอิเล็กโทรดจาก อลูมิเนียม เป็น เหล็ก

ผลการทดลอง

ตอนที่ 1 การฟอกย้อมสีย้อมผ้า ที่เวลาต่างๆ โดยวิธีอิเล็กโทรไลซิส

การวัดค่าการดูดกลืนแสงที่เวลาต่าง ๆ ของสีย้อมผ้าสีแดง เมื่อใช้ อลูมิเนียม และ เหล็ก เป็นอิเล็กโทรด ได้ผลดังตาราง 2.1 และ ตาราง 2.2 ตามลำดับ

หมายเหตุ : องค์ประกอบทางเคมีหลักในสีแดงคือ สาร Ponceau 4R ซึ่งมี phenolic compound เป็นองค์ประกอบ และมีสูตรโครงสร้างดังนี้



ตาราง 2.1 ค่าการดูดกลืนแสงที่เวลาต่าง ๆ ของสีย้อมผ้าสีแดง เมื่อใช้ อลูมิเนียม เป็นอิเล็กโทรด

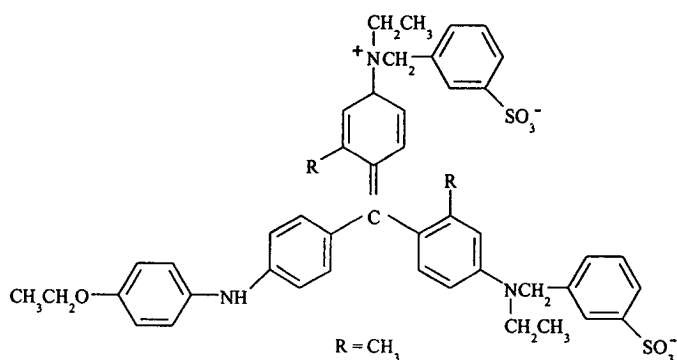
สีย้อมผ้า	absorbance at 538.5 nm								
	(min)	15	30	45	60	75	90	105	120
	0								
1. สีแดง +(NaCl)	1.668	0.050	0.032	0.027	0.017	0.016	0.013	0.012	0.011
2. สีแดง	1.668	0.128	0.094	0.058	0.057	0.052	0.049	0.046	0.030

ตาราง 2.2 ค่าการดูดกลืนแสงที่เวลาต่าง ๆ ของสีย้อมผ้าสีแดง เมื่อใช้ เหล็ก เป็นอิเล็กโทรด

สีย้อมผ้า	absorbance at 538.5 nm								
	(min)	15	30	45	60	75	90	105	120
	0								
1. สีแดง+ (NaCl)	1.668	0.013	0.012	0.011	0.009	0.007	0.005	0.004	0.004
2. สีแดง	1.668	0.023	0.023	0.018	0.017	0.015	0.015	0.013	0.013

การวัดค่าการดูดกลืนแสงที่เวลาต่างๆของสีย้อมผ้าสีน้ำเงิน เมื่อใช้ อลูมิเนียม และ เหล็ก เป็นอิเล็กโทรด ได้ผลดังตาราง 2.3 และ ตาราง 2.4 ตามลำดับ

หมายเหตุ : องค์ประกอบทางเคมีหลักในสีน้ำเงินคือ สาร Brilliant Blue R ซึ่งมี phenolic compound เป็นองค์ประกอบ และมีสูตรโครงสร้างดังนี้



ตาราง 2.3 ค่าการดูดกลืนแสงที่เวลาต่างๆของสีย้อมผ้าสีน้ำเงิน เมื่อใช้ อลูมิเนียม เป็นอิเล็กโทรด

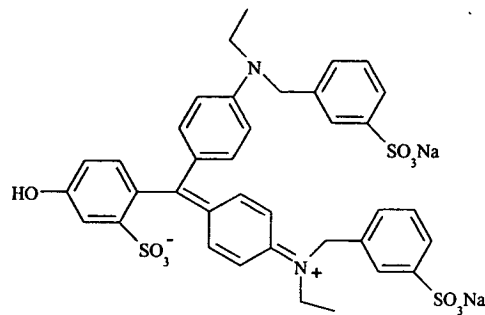
สีย้อมผ้า	absorbance at 544.0 nm								
	(min)	15	30	45	60	75	90	105	120
	0								
1.สีน้ำเงิน+(NaCl)	1.240	0.051	0.028	0.021	0.016	0.012	0.011	0.010	0.009
2.สีน้ำเงิน	1.240	0.058	0.033	0.032	0.031	0.025	0.023	0.017	0.011

ตาราง 2.4 ค่าการดูดกลืนแสงที่เวลาต่าง ๆ ของสีย้อมผ้าสีน้ำเงิน เมื่อใช้ เหล็ก เป็นอิเล็กโทรด

สีย้อมผ้า	absorbance at 544.0 nm								
	(min)	15	30	45	60	75	90	105	120
	0								
1.สีน้ำเงิน+(NaCl)	1.240	0.026	0.025	0.010	0.008	0.007	0.004	0.002	0.000
2. สีน้ำเงิน	1.240	0.028	0.026	0.012	0.011	0.010	0.009	0.002	0.000

การวัดค่าการดูดกลืนแสงที่เวลาต่าง ๆ ของสีย้อมผ้าสีเขียว เมื่อใช้ อลูมิเนียม และ เหล็ก เป็นอิเล็กโทรด ได้ผลดังตาราง 2.5 และ ตาราง 2.6 ตามลำดับ

หมายเหตุ : องค์ประกอบทางเคมีหลักในสีเขียวคือ สาร Fast Green ซึ่งมี phenolic compound เป็นองค์ประกอบ และมีสูตรโครงสร้างดังนี้



ตาราง 2.5 ค่าการดูดกลืนแสงที่เวลาต่างๆ ของสีย้อมผ้าสีเขียว เมื่อใช้ อลูมิเนียม เป็นอิเล็กโทรด

สีย้อมผ้า	absorbance at 624.0 nm								
	(min)	15	30	45	60	75	90	105	120
	0								
1. สีเขียว+(NaCl)	1.844	0.110	0.108	0.106	0.096	0.087	0.065	0.054	0.048
2. สีเขียว	1.844	0.134	0.120	0.117	0.115	0.109	0.090	0.084	0.067

ตาราง 2.6 ค่าการดูดกลืนแสงที่เวลาต่างๆ ของสีย้อมผ้าสีเขียว เมื่อใช้ เหล็ก เป็นอิเล็กโทรด

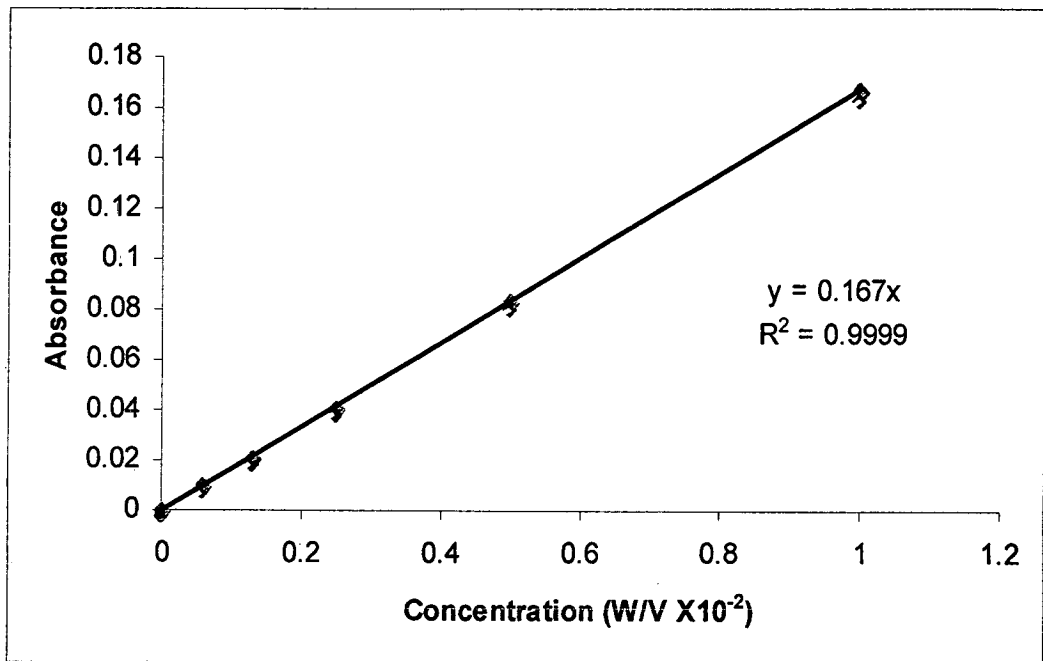
สีย้อมผ้า	absorbance at 624.0 nm								
	(min)	15	30	45	60	75	90	105	120
	0								
1. สีเขียว+(NaCl)	1.844	0.100	0.096	0.095	0.092	0.082	0.057	0.048	0.042
2. สีเขียว	1.844	0.121	0.102	0.097	0.095	0.088	0.065	0.052	0.047

ตอนที่ 2 การสร้างกราฟมาตรฐานของสีย้อมผ้าสีต่าง ๆ

การดูดกลืนแสงและกราฟมาตรฐานของสีย้อมผ้าสีแดง แสดงดังตาราง 2.7 และ รูป 2.3 ตามลำดับ

ตาราง 2.7 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย สีแดง ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

Concentration (%W/V x 10 ⁻²)	Absorbance at 538.5 nm
0.06	0.010
0.13	0.021
0.25	0.041
0.50	0.084
1.0	0.167

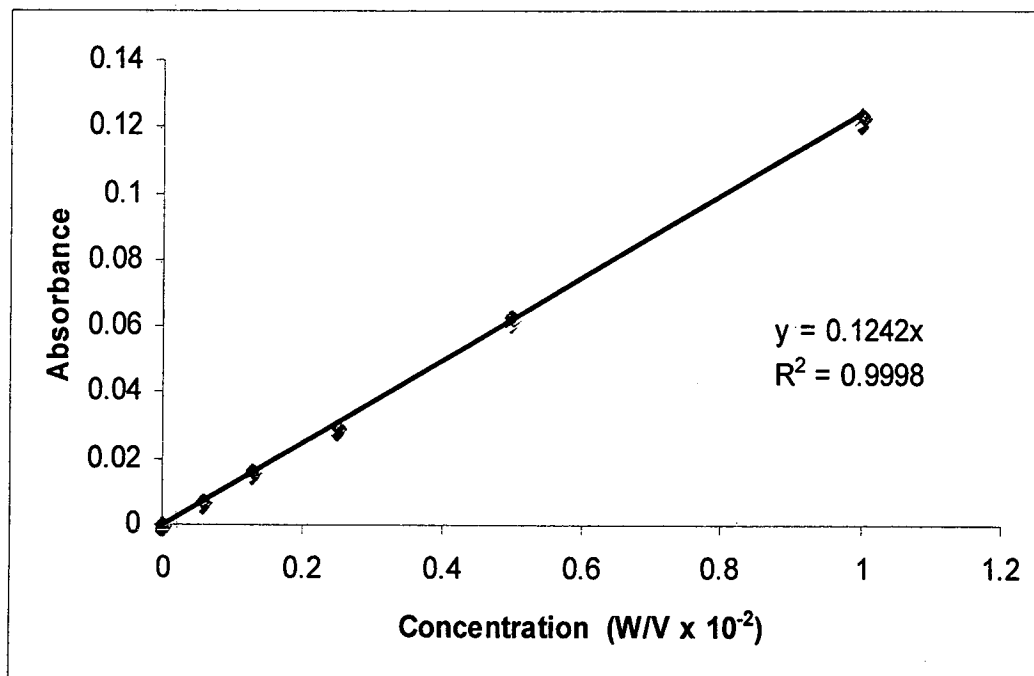


รูป 2.3 กราฟมาตรฐานของสีย้อมผ้า สีแดง

การดูดกลืนแสงและกราฟมาตรฐานของสีย้อมผ้าสีน้ำเงิน แสดงดังตาราง 2.8 และ รูป 2.4 ตามลำดับ

ตาราง 2.8 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย สีนํ้าเงิน ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

Concentration (%W/V x 10 ⁻²)	Absorbance at 544.0 nm
0.06	0.007
0.13	0.016
0.25	0.030
0.50	0.063
1.0	0.124

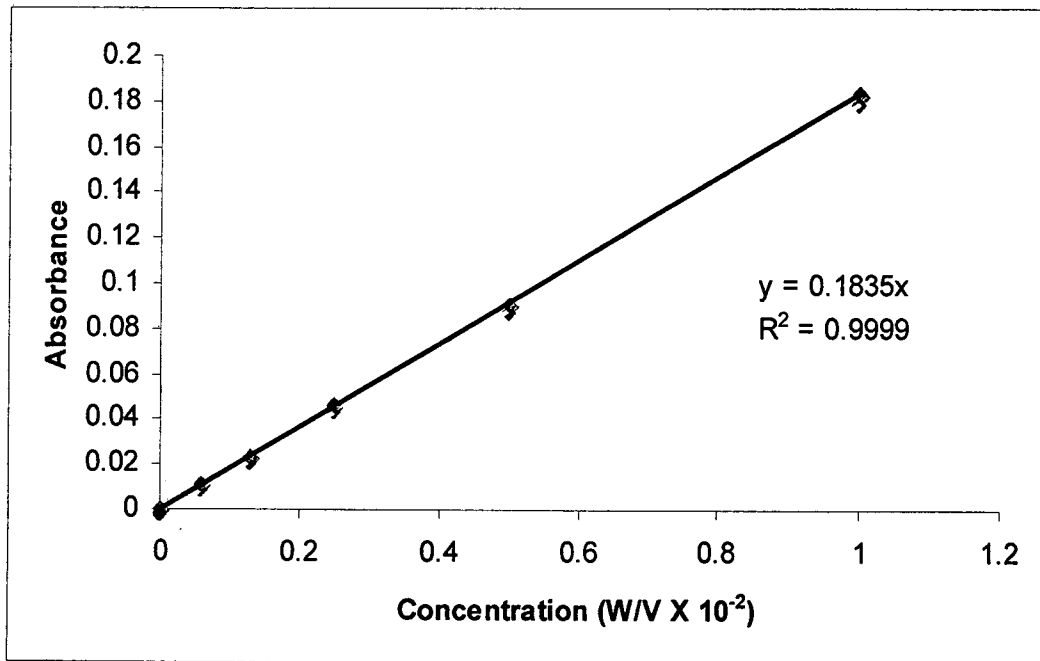


รูป 2.4 กราฟมาตรฐานของสีย้อมผ้า สีนํ้าเงิน

การดูดกลืนแสงและกราฟมาตรฐานของสีย้อมผ้าสีเขียว แสดงดังตาราง 2.9 และ รูป 2.5 ตามลำดับ

ตาราง 2.9 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย สีเขียว ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

Concentration (%W/V x 10 ⁻²)	Absorbance at 624.0 nm
0.06	0.011
0.13	0.023
0.25	0.046
0.50	0.091
1.0	0.184



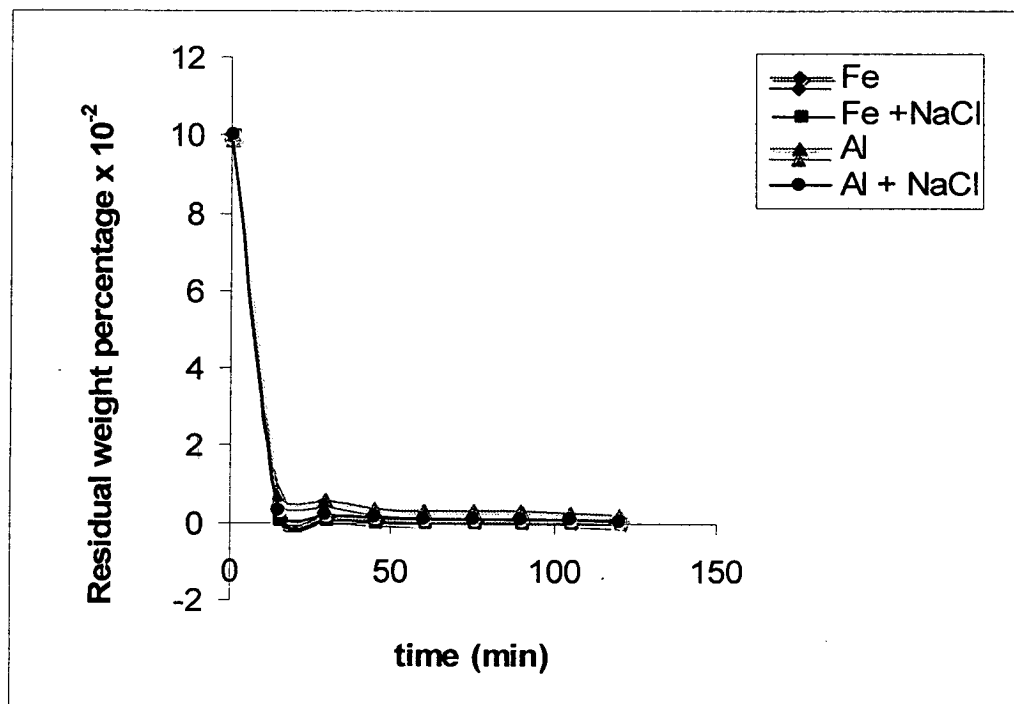
รูป 2.5 กราฟมาตรฐานของสีย้อมผ้า สีเขียว

การหาค่าเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นที่เหลือของสีย้อมผ้าหลังการทำอิเล็กโทรไลซิส

ตารางและกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นที่เหลืออยู่เป็นเวลาต่าง ๆ กับเวลาที่ทำอิเล็กโทรไลซิส ของสีย้อมผ้าสีแดง แสดงดังตาราง 2.10 และ รูป 2.6 ตามลำดับ

ตาราง 2.10 เปอร์เซ็นความเข้มข้นที่เหลืออยู่ที่เวลาต่าง ๆ ของสีย้อมผ้าสีแดง

สีย้อมผ้า	เปอร์เซ็นความเข้มข้นที่เหลืออยู่ (%W/V) x 10 ⁻²								
	(min) 0	15	30	45	60	75	90	105	120
Al เป็นอิเล็กโทรด									
1. สีแดง+(NaCl)	10.00	0.299	0.192	0.162	0.102	0.096	0.078	0.072	0.066
2. สีแดง	10.00	0.766	0.563	0.347	0.341	0.311	0.293	0.275	0.180
Fe เป็นอิเล็กโทรด									
1. สีแดง+(NaCl)	10.00	0.078	0.072	0.066	0.054	0.042	0.030	0.024	0.024
2. สีแดง	10.00	0.138	0.138	0.108	0.102	0.090	0.090	0.078	0.078

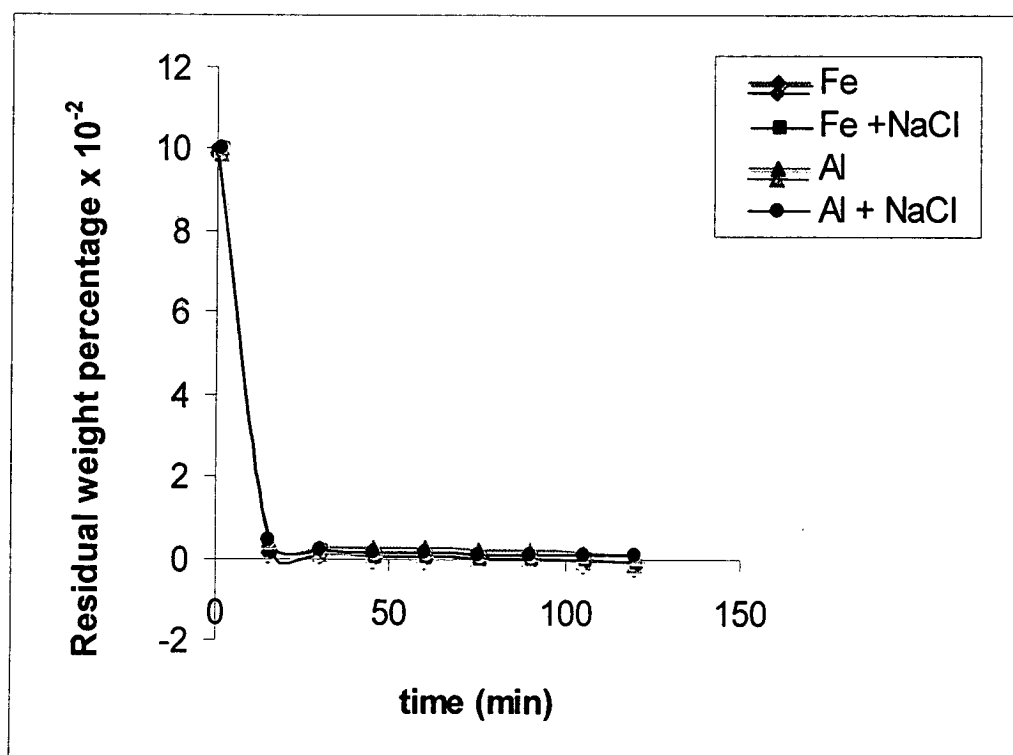


รูป 2.6 กราฟ ความเข้มข้นที่เหลือของสีย้อมผ้าสีแดงหลังการทำอิเล็กโทรไลซิส

ตารางและกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นที่เหลืออยู่ที่เวลาต่าง ๆ กับเวลาที่ทำอิเล็กโทรไลซิส ของสีย้อมผ้าสีน้ำเงิน แสดงดังตาราง 2.11 และ รูป 2.7 ตามลำดับ

ตาราง 2.11 เปอร์เซ็นความเข้มข้นที่เหลืออยู่ที่เวลาต่าง ๆ ของสีย้อมผ้าสีน้ำเงิน

สีย้อมผ้า	เปอร์เซ็นความเข้มข้นที่เหลืออยู่ (%W/V) x 10 ⁻²								
	(min)	15	30	45	60	75	90	105	120
Al เป็นอิเล็กโทรด									
1.สีน้ำเงิน+(NaCl)	10.00	0.411	0.225	0.169	0.129	0.097	0.089	0.080	0.072
2.สีน้ำเงิน	10.00	0.467	0.266	0.258	0.250	0.201	0.185	0.137	0.088
Fe เป็นอิเล็กโทรด									
1.สีน้ำเงิน+(NaCl)	10.00	0.209	0.201	0.080	0.064	0.056	0.032	0.016	0.000
2.สีน้ำเงิน	10.00	0.225	0.209	0.097	0.088	0.080	0.072	0.016	0.000

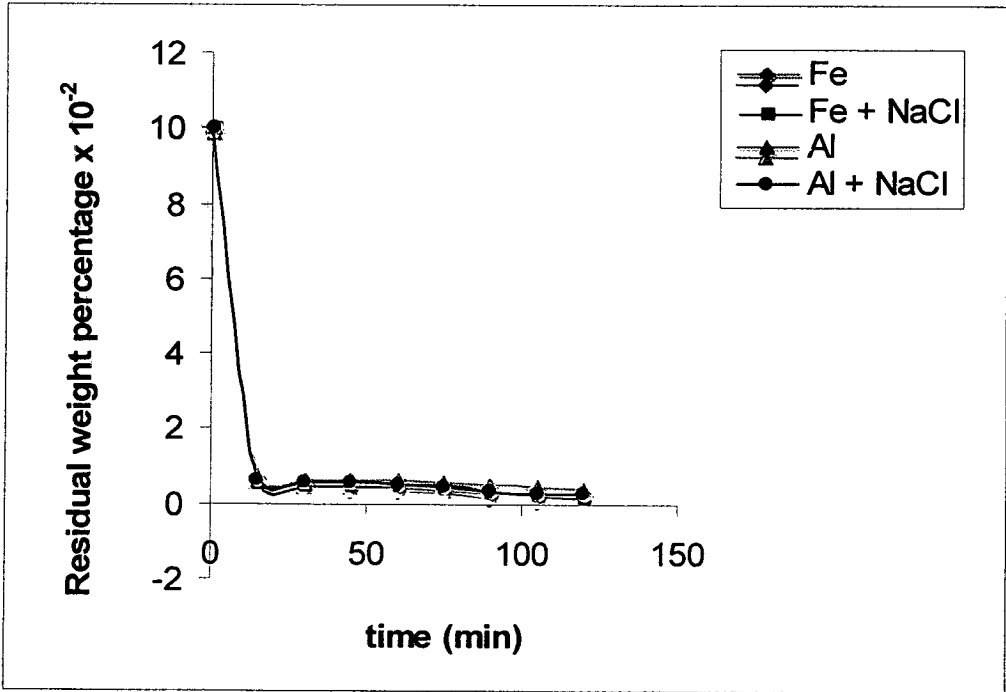


รูป 2.7 กราฟความเข้มข้นที่เหลือของสีย้อมผ้าสีน้ำเงินหลังการทำอิเล็กโทรไลซิส

ตารางและกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นความเข้มข้นที่เหลืออยู่ที่เวลาต่าง ๆ กับเวลาที่ทำอิเล็กโทรไลซิส ของสีย้อมผ้าสีเขียว แสดงดังตาราง 2.12 และ รูป 2.8 ตามลำดับ

ตาราง 2.12 เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นที่เหลืออยู่ที่เวลาต่าง ๆ ของสีย้อมผ้าสีเขียว

สีย้อมผ้า	เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นที่เหลืออยู่ (% W/V) x 10-2								
	(min)	15	30	45	60	75	90	105	120
	0								
Al เป็นอิเล็กโทรด									
1. สีย้อม + (NaCl)	10.00	0.599	0.589	0.578	0.523	0.474	0.354	0.294	0.262
2. สีย้อม	10.00	0.730	0.654	0.638	0.627	0.594	0.490	0.458	0.365
Fe เป็นอิเล็กโทรด									
1. สีย้อม + (NaCl)	10.00	0.545	0.523	0.518	0.501	0.447	0.311	0.262	0.229
2. สีย้อม	10.00	0.659	0.556	0.529	0.518	0.480	0.354	0.283	0.256



รูป 2.8 กราฟความเข้มข้นที่เหลือของสีย้อมผ้าสีเขียวหลังการทำอิเล็กโทรไลซิส

ตอนที่ 3 การฟอกจางสีของน้ำเสีย ที่เวลาต่างๆ โดยวิธีอิเล็กโทรไลซิส

การวัดค่าการดูดกลืนแสงที่เวลาต่าง ๆ ของน้ำเสียจากการซักผ้าหลังการฟอกย้อม เมื่อใช้อลูมิเนียม และ เหล็ก เป็นอิเล็กโทรด ได้ผลดังตาราง 2.13 และ ตาราง 2.14 ตามลำดับ

ตาราง 2.13 ค่าการดูดกลืนแสงที่เวลาต่าง ๆ ของ น้ำเสียจากการซักผ้าหลังการฟอกย้อม
เมื่อใช้ อลูมิเนียม เป็นอิเล็กโทรด

น้ำเสีย	absorbance at 460.0 nm								
	(min)	15	30	45	60	75	90	105	120
	0								
1.น้ำเสีย + (NaCl)	0.283	0.038	0.026	0.021	0.014	0.013	0.010	0.006	0.000
2.น้ำเสีย	0.283	0.062	0.037	0.035	0.026	0.021	0.015	0.007	0.002

ตาราง 2.14 ค่าการดูดกลืนแสงที่เวลาต่าง ๆ ของ น้ำเสียจากการซักผ้าหลังการฟอกย้อม
เมื่อใช้ เหล็ก เป็นอิเล็กโทรด

น้ำเสีย	absorbance at 460.0 nm								
	(min	15	30	45	60	75	90	105	120
	)								
	0								
1.น้ำเสีย + (NaCl)	0.283	0.025	0.014	0.010	0.007	0.006	0.004	0.003	0.000
2.น้ำเสีย	0.283	0.058	0.026	0.023	0.019	0.017	0.011	0.005	0.000

การวัดค่าการดูดกลืนแสงที่เวลาต่าง ๆ ของน้ำเสียจากการฟอกย้อม เมื่อใช้อลูมิเนียม และ เหล็ก เป็นอิเล็กโทรด ได้ผลดังตาราง 2.15 และ ตาราง 2.16 ตามลำดับ

ตาราง 2.15 ค่าการดูดกลืนแสงที่เวลาต่างๆ ของ น้ำเสียจากการฟอกย้อม เมื่อใช้ อลูมิเนียม เป็น อิเล็กโทรด

น้ำเสีย	absorbance at 444.5 nm								
	(min) 0	15	30	45	60	75	90	105	120
1.น้ำเสีย+(NaCl)	1.451	1.085	0.705	0.645	0.497	0.423	0.321	0.299	0.200
2. น้ำเสีย	1.451	1.151	0.778	0.693	0.542	0.465	0.350	0.310	0.210

ตาราง 2.16 ค่าการดูดกลืนแสงที่เวลาต่างๆ ของ น้ำเสียจากการฟอกย้อม เมื่อใช้ เหล็ก เป็น อิเล็กโทรด

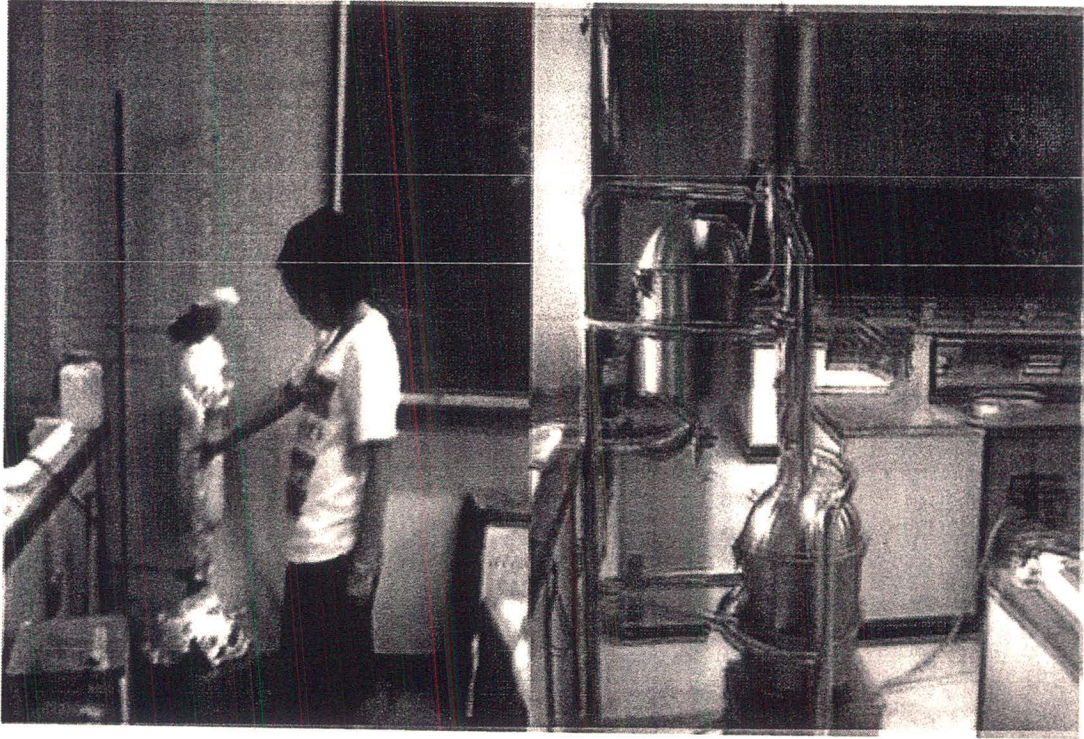
น้ำเสีย	absorbance at 444.5 nm								
	(min) 0	15	30	45	60	75	90	105	120
1.น้ำเสีย+ (NaCl)	1.451	1.164	0.250	0.200	0.126	0.086	0.060	0.055	0.043
2.น้ำเสีย	1.451	1.233	0.280	0.216	0.152	0.107	0.077	0.071	0.054

ผลการทดลองในระดับอุตสาหกรรม

3. การออกแบบเครื่องมือในระดับอุตสาหกรรม

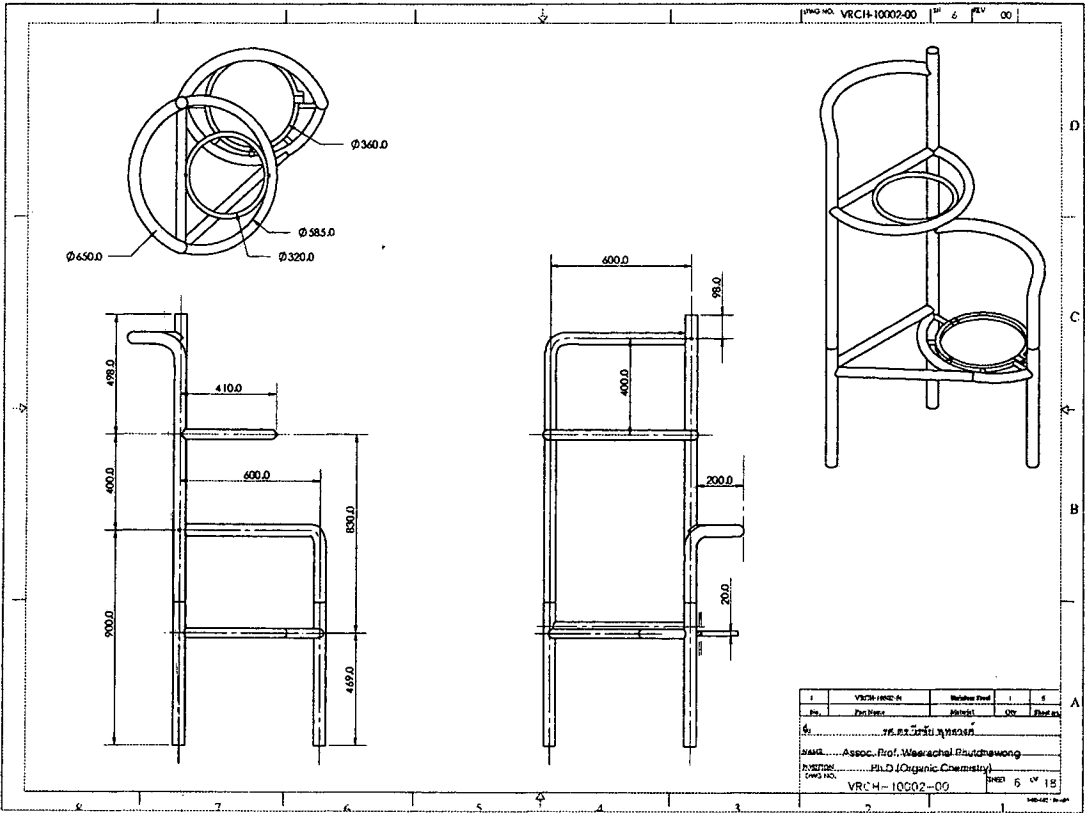
3.1 เครื่องสกัดสารสำคัญจากบัวบก

ขั้นตอนการสกัดสารสกัดจากบัวบก เปรียบเทียบสองวิธีคือ วิธีปกติด้วยเครื่องมือที่สั่งซื้อ (ภาพซ้าย) และการใช้เครื่องสกัดที่ออกแบบ (ขวา) แสดงในรูปที่ 3.1

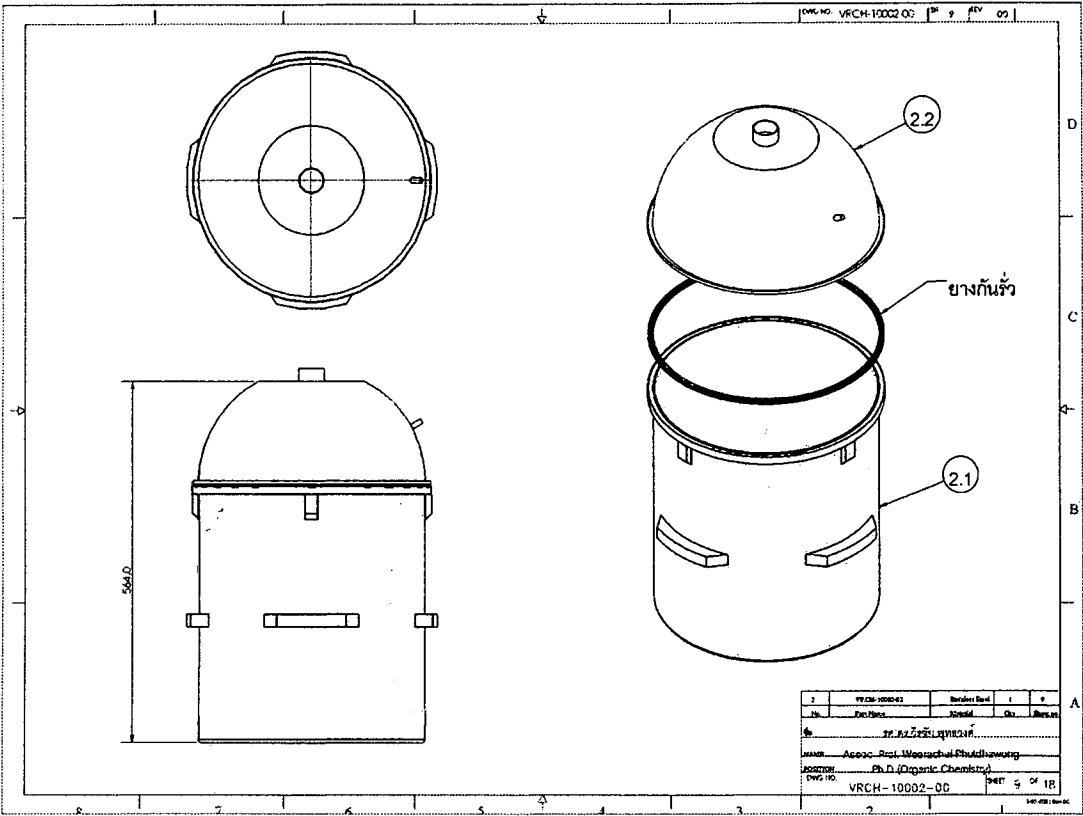


รูปที่ 3.1 แสดงการเปรียบเทียบการสกัดด้วย Soxhlet Extractor และเครื่องสกัดที่ออกแบบขึ้น

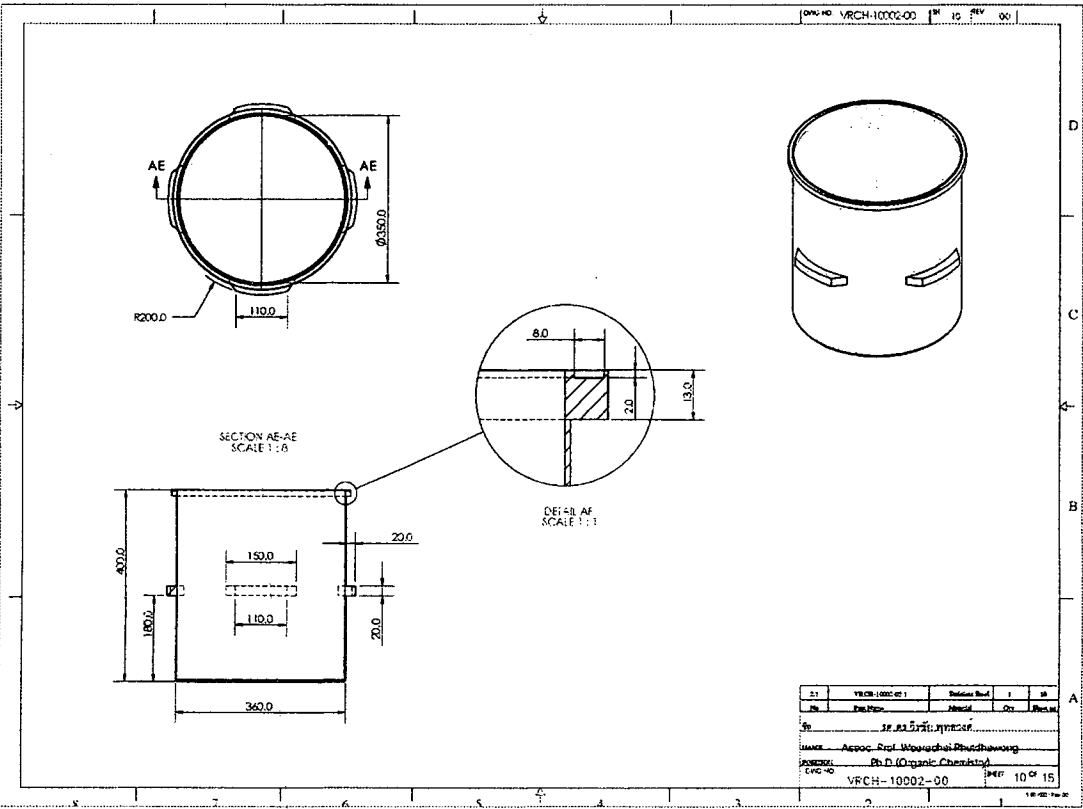
รายละเอียดการออกแบบเครื่องสกัดข้างต้นอธิบายได้ดังผังต่อไปนี้

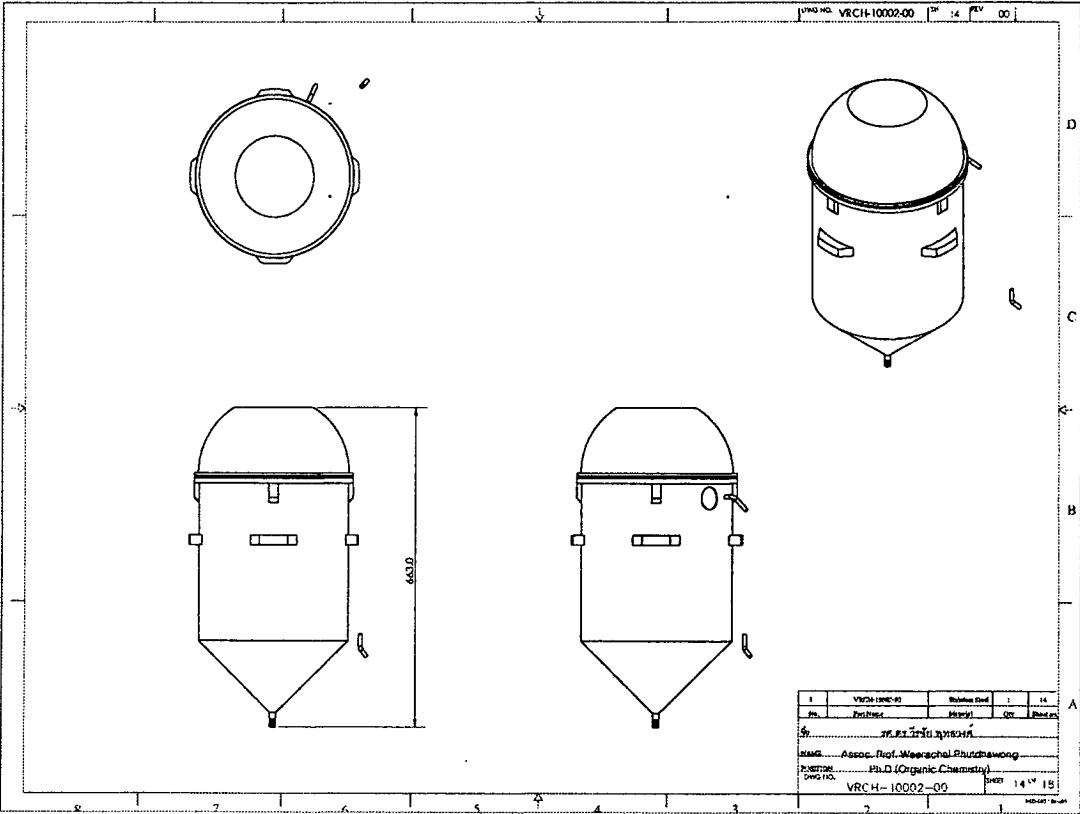


รูปที่ 3.7 แสดงแบบขนาดและตำแหน่งอุปกรณ์โครงสร้างชุดรับอุปกรณ์ย่อย

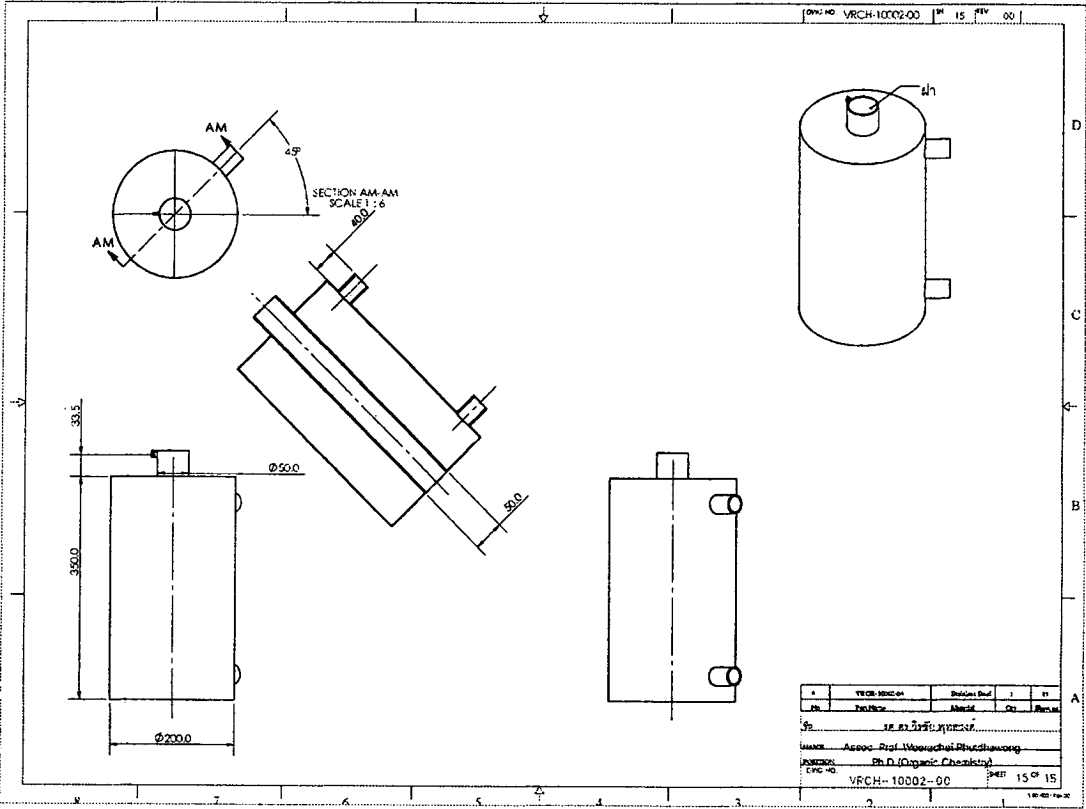


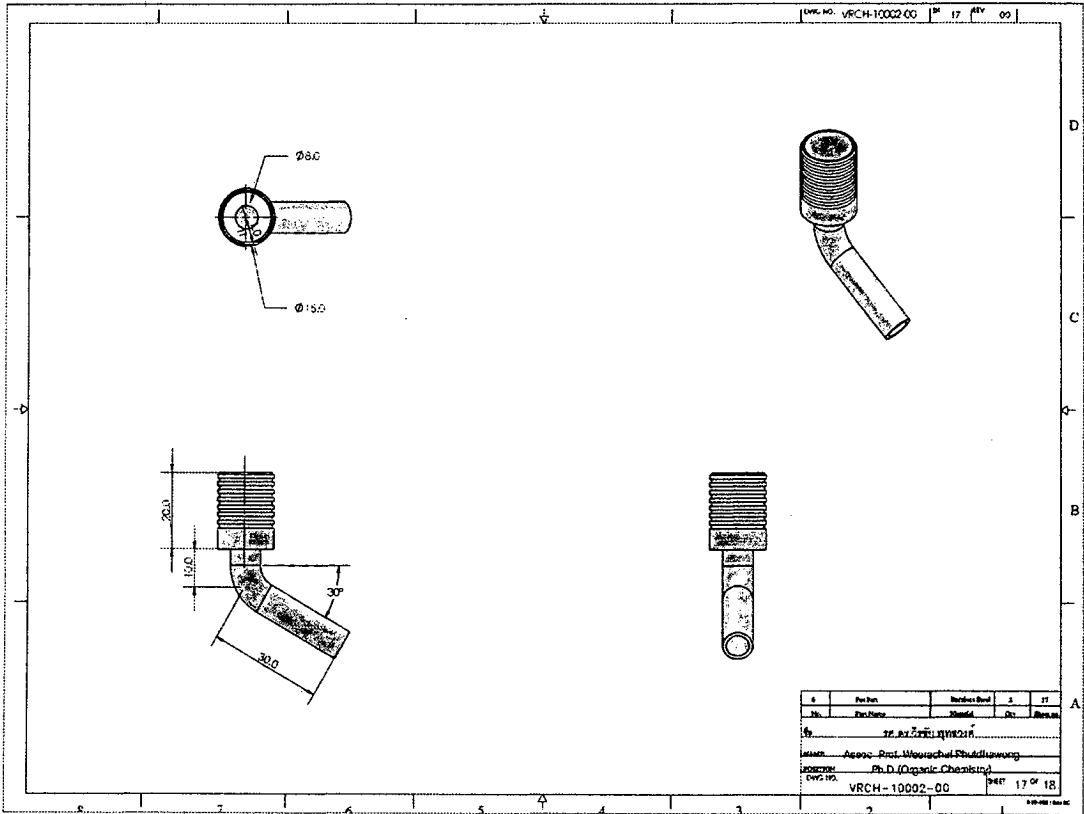
รูปที่ 3.10 แสดงแบบและขนาดถังใส่ตัวทำละลายและถังเก็บสารสกัดจากบัวบก



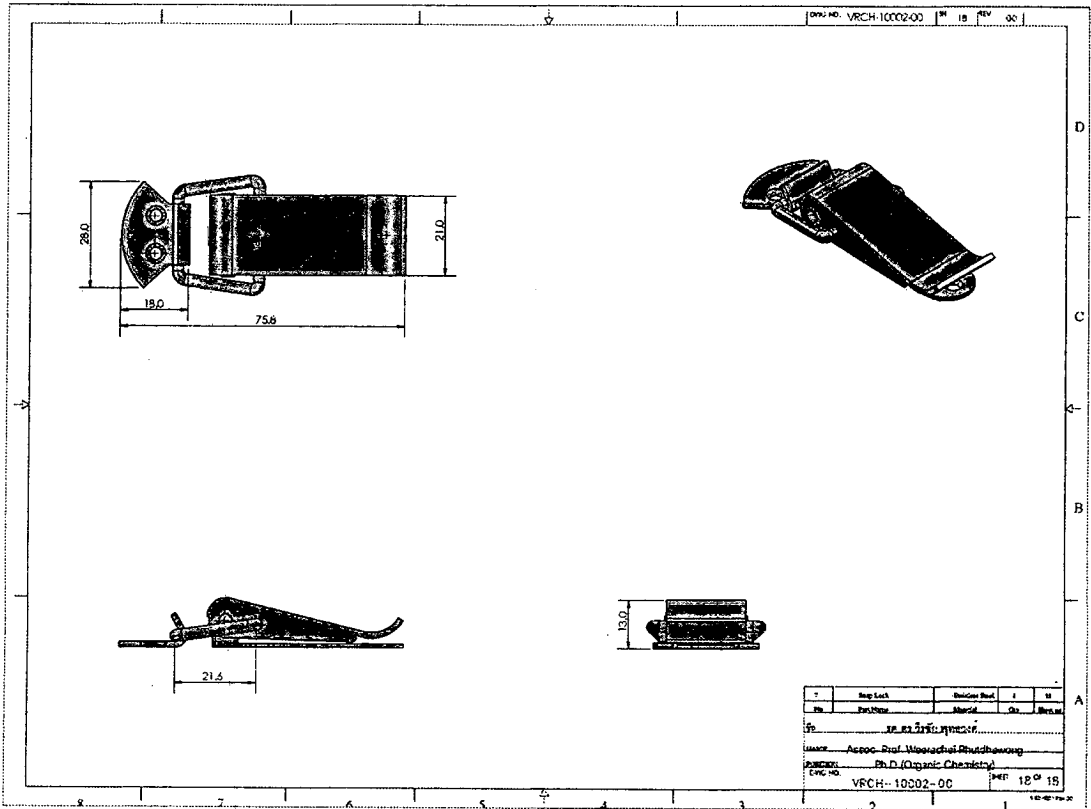


รูปที่ 3.15 แสดงแบบและตำแหน่งถังบรรจุบวก





รูปที่ 3.18 แสดงแบบอุปกรณ์นำสายละลายจากถังบรรจุบวก



รูปที่ 3.19 แสดงแบบกลไกการล็อก

3.2 เครื่องระเหยน้ำและแอลกอฮอล์ แบบลดความดัน สำหรับการผลิตสารสกัดจากบัวบก

ซึ่งได้ดำเนินการส่งมหาวิทยาลัยเพื่อขอจดอนุสิทธิบัตรในนามมหาวิทยาลัยและ สกว. รายละเอียด ดังนี้

หน้า 1 ของจำนวน 3 หน้า

รายละเอียดการประดิษฐ์

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์ : เครื่องระเหยน้ำและแอลกอฮอล์ แบบลดความดัน สำหรับการผลิตสารสกัดจากบัวบก

จดอนุสิทธิบัตรในนามชื่อผู้ประดิษฐ์ต่อไปนี้

- สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
- บริษัท เอเชียน ไฟย์โตซูติคอลส์ จำกัด (มหาชน)
- รศ. ดร. วีรชัย พุทธวงศ์
- มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- อ. ดร. วยา พุทธวงศ์

1. ลักษณะและความมุ่งหมายของการประดิษฐ์

การประดิษฐ์นี้เป็นการประดิษฐ์เครื่องระเหยน้ำ หรือ แอลกอฮอล์ หรือ น้ำผสมแอลกอฮอล์ ที่ใช้ในการสกัดสารกลุ่มที่มีขั้วสูงจากบัวบก เพื่อนำสารสกัดเข้มข้นดังกล่าวมาแปรรูปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องสำอาง โดยปกติ การสกัดบัวบกโดยใช้น้ำ หรือ แอลกอฮอล์ หรือ น้ำผสมแอลกอฮอล์ ในปริมาตรขนาด 200 ลิตร ขึ้นไปนั้น จะมีปัญหาในการระเหยน้ำ หรือ แอลกอฮอล์ หรือ น้ำผสมแอลกอฮอล์ ออกได้ยาก เพราะเป็นสารละลายที่มีขั้วและมีจุดเดือดสูง ประมาณ 100 องศาเซลเซียส การระเหยจึงทำได้ยากและใช้เวลานาน ในการประดิษฐ์เครื่องระเหยน้ำและแอลกอฮอล์ นี้ จะช่วยให้ปัญหาดังกล่าวให้หมดไป โดยอาศัยหลักการระเหยด้วยความร้อนต่ำกว่าจุดเดือดของน้ำภายใต้บรรยากาศสูญญากาศ ซึ่งขบวนการดังกล่าว จะช่วยรักษาและถนอมความคงตัวของสารสกัดจากบัวบกได้อย่างดี เพื่อนำไปใช้เป็นสารสกัดเข้มข้นในการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารเสริมและเครื่องสำอางต่อไป

ความมุ่งหมายของการประดิษฐ์นี้คือ เพื่อใช้เป็นเครื่องระเหย น้ำ หรือ แอลกอฮอล์ หรือ น้ำผสมแอลกอฮอล์ ออกจากสารละลายที่ได้จากการสกัดบัวบกในปริมาตร ตั้งแต่ 50 ถึง 200 ลิตร โดยใช้อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเดือดของน้ำ ภายใต้แรงดันต่ำ และใช้เวลาในการระเหยเร็ว

2. สาขาวิทยาการที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์

วิศวกรรมอาหารหรือวิศวกรรมเครื่องกลที่เกี่ยวกับเครื่องมือทางอาหารและยา

3. ภูมิหลังของศิลปะหรือวิทยาการที่เกี่ยวข้อง

การระเหย น้ำ หรือ แอลกอฮอล์ จากสารละลายที่ได้จากการสกัดจากพืช เช่น บัวบก ใน ปริมาตรสูงตั้งแต่ 50 ถึง 200 ลิตร ปกติเป็นขบวนการที่ทำได้โดยการต้มหรือเคี่ยวให้ระเหยไปเรื่อยๆ ซึ่งต้องใช้ความร้อนสูงถึง 100 องศาเซลเซียส เพื่อทำให้น้ำเดือดและระเหยออกไปอย่างช้าๆ ซึ่งอาจใช้เวลาหลายสัปดาห์ สถานประกอบการบางแห่งใช้หลักการผึ่งในภาชนะปากกว้างให้แห้ง ซึ่งก็ใช้เวลาหลายอาทิตย์กว่าจะได้สารละลายเข้มข้นที่ต้องการ ซึ่งการใช้ความร้อนสูงและการใช้ เวลาที่นานมากนี้ จะเกิดผลเสียคือ สารสกัดสำคัญในสารละลายจะสลายตัวเมื่อโดนความร้อนสูงๆ นานๆ และทำให้วัตถุประสงค์ของการสกัดเพื่อต้องการเอา

หน้า 2 ของจำนวน 3 หน้า

สารสำคัญดังกล่าวจากพืชสูญเสียไป นอกจากนี้ยังใช้เวลานาน สิ้นเปลืองพลังงานความร้อน เวลา และเพิ่มต้นทุนการผลิต ซึ่ง เครื่องระเหยน้ำและแอลกอฮอล์ แบบลดความดัน สำหรับการผลิตสาร สกัดจากบัวบก นี้ จะขจัดปัญหาดังกล่าวได้อย่างดี

4. การเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

ตามรูปที่ 1 แสดงให้เห็นถึงรูปลักษณะด้านซ้ายและขวาของเครื่องระเหยน้ำและแอลกอฮอล์ แบบลดความดัน สำหรับการผลิตสารสกัดจากบัวบก รูปที่ 2 แสดงรูปลักษณะและองค์ประกอบ ภายนอกด้านข้างด้านหน้าและด้านบน ซึ่งประกอบด้วยถังต้มขนาด 200 ลิตร 1 มีความหนาที่ สามารถทนต่อระบบสุญญากาศได้มากกว่า 27 kPa หรือประมาณ 265 mbar ซึ่งจะสามารถให้ให้น้ำ เดือดได้ที่อุณหภูมิน้อยกว่า 70 องศาเซลเซียส และ แอลกอฮอล์เดือดได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 45 องศา เซลเซียส โดยภายในถัง 1 จะมีขดลวดให้ความร้อนดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งจะมีกล่องควบคุม 7 ในรูป ที่ 4 คอยควบคุมอุณหภูมิ และจะตัดวงจรอัตโนมัติเมื่ออุณหภูมิถึงจุดที่ต้องการ ขณะเดียวกันจะมี แกนใบพายเพื่อกวนสารละลายภายในถัง 1 คือ แกนใบพายที่ยึดกับ 10 ที่ต่อกับมอเตอร์ในแนวนอน ผ่านมู่เล่ 10 ที่จะทดรอบให้หมุนต่ำลง โดยแสดงรูปลักษณะภายในในรูปที่ 5 โดยมีมอเตอร์ 8 เป็น มอเตอร์หลักในการหมุนผ่าน 10 ทดรอบลงไปหมุนแกนใบพายในถัง 1 ซึ่งถัง 1 จะมีฝาปิดที่มีน็อต ยึด 8 จุด โดยมียางซีลโคนกันความร้อนสูงรองรับระหว่างขอบฝาลัง 1 ที่ฝาลัง 1 จะมีท่อนี้อเปิดปิด เพื่อเติมสารละลายได้ ดังแสดงในรูปที่ 6 และจะมีถ่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร ต่อไปยัง

ถึง 2 ซึ่งเป็นถึงที่มีรู 5 อยู่ด้านบนและล่าง โดยรูล่างของ 5 จะต่อน้ำประปาเข้ามาและไหลออกทางรู 5 ด้านบนซึ่งภายในส่วนประกอบของถึง 2 นี้แสดงในรูปที่ 7 และ 8 จะมีท่อของเหลวชนิดเป็นวงรอบถึง 2 ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 เซนติเมตรนี้ไว้ ขดเป็นวงจากด้านบนลงมาด้านล่าง และทะลุออกไปยัง ถึงเก็บสาร 3 ซึ่งภายในองค์ประกอบแสดงในรูปที่ 9 ในถึงเก็บสารจะมีท่อต่อบนล่างที่ต่อกับสายยางใส่ที่ทนแรงดูดสูงเพื่อบอกระดับสารละลายที่ถูกกลั่นออกมา โดยมีท่อ 6 เป็นท่อตีปเกลียวขนาด $\frac{1}{2}$ นิ้ว แสดงรูปลักษณะภายนอกในรูปที่ 10 ซึ่งถึง 3 นี้ ต้องทนแรงดูดสุญญากาศได้เช่นเดียวกันกับถึง 1 และท่อ 6 นี้ จะต่อเข้ากับปั๊มสุญญากาศ 9 ที่มีแรงดูดสูงและสามารถปรับขนาดของแรงดูดได้ อุปกรณ์ทั้งหมด ตั้งในโครงเหล็กกันสนิม 4 มีขนาดและรูปลักษณะแสดงในรูปที่ 11 และ 12

5. คำอธิบายรูปเขียนโดยย่อ

รูปที่ 1 แสดงให้เห็นถึงรูปลักษณะด้านซ้ายและขวาของเครื่องระเหยน้ำและแอลกอฮอล์แบบลดความดัน สำหรับการผลิตสารสกัดจากบัวบก

รูปที่ 2 แสดงให้เห็นถึงรูปลักษณะด้านข้างด้านหน้าและด้านบนของเครื่องระเหยน้ำและแอลกอฮอล์ แบบลดความดัน สำหรับการผลิตสารสกัดจากบัวบก

รูปที่ 3 แสดงให้เห็นถึงรูปลักษณะด้านนอกและด้านในจากภาพข้างด้านหน้าและด้านบนของเครื่องระเหยน้ำและแอลกอฮอล์ แบบลดความดัน สำหรับการผลิตสารสกัดจากบัวบก

รูปที่ 4 แสดงให้เห็นถึงตำแหน่งของเครื่องควบคุมอุณหภูมิและการปิดเกาะของถึง 1, 2 และ 3 กับโครงเหล็ก

รูปที่ 5 แสดงให้เห็นถึงรูปลักษณะสามมิติผ่าครึ่งของถึง 1

หน้า 3 ของจำนวน 3 หน้า

รูปที่ 6 แสดงให้เห็นถึงรูปลักษณะภายนอกและภายในอย่างละเอียดของถึง 1

รูปที่ 7 แสดงให้เห็นถึงรูปลักษณะสามมิติผ่าครึ่งของถึง 2

รูปที่ 8 แสดงให้เห็นถึงรูปลักษณะภายนอกและภายในอย่างละเอียดของถึง 2

รูปที่ 9 แสดงให้เห็นถึงรูปลักษณะสามมิติผ่าครึ่งของถึง 3

รูปที่ 10 แสดงให้เห็นถึงรูปลักษณะภายนอกและภายในอย่างละเอียดของถึง 3

รูปที่ 11 แสดงให้เห็นถึงรูปลักษณะภายนอกด้านซ้ายและขวาของโครงเหล็ก

รูปที่ 12 แสดงให้เห็นถึงรูปลักษณะภายนอกรายละเอียดด้านหน้าด้านข้างด้านซ้ายและด้านบนของโครงเหล็ก

6. วิธีการในการประดิษฐ์ที่ดีที่สุด

เหมือนกับที่ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อการเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

หน้า 1 ของจำนวน 1 หน้า

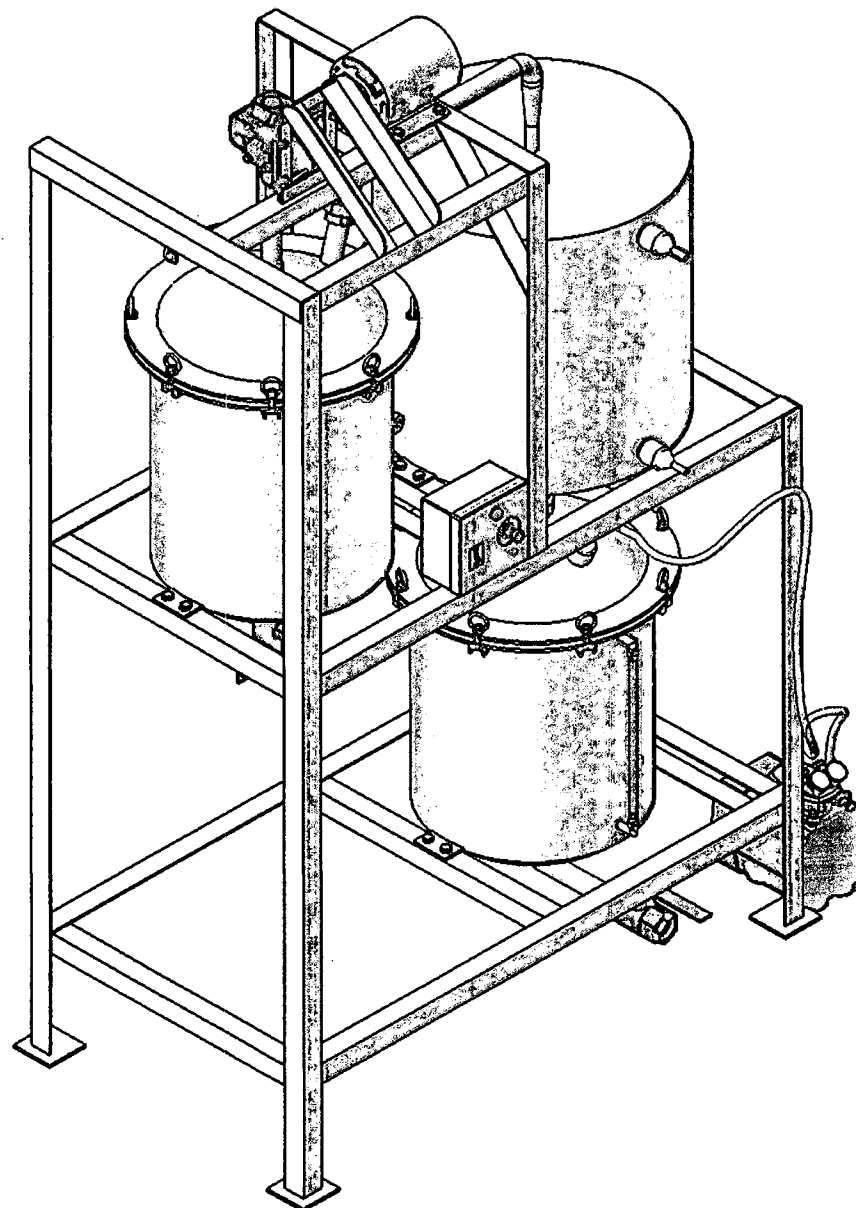
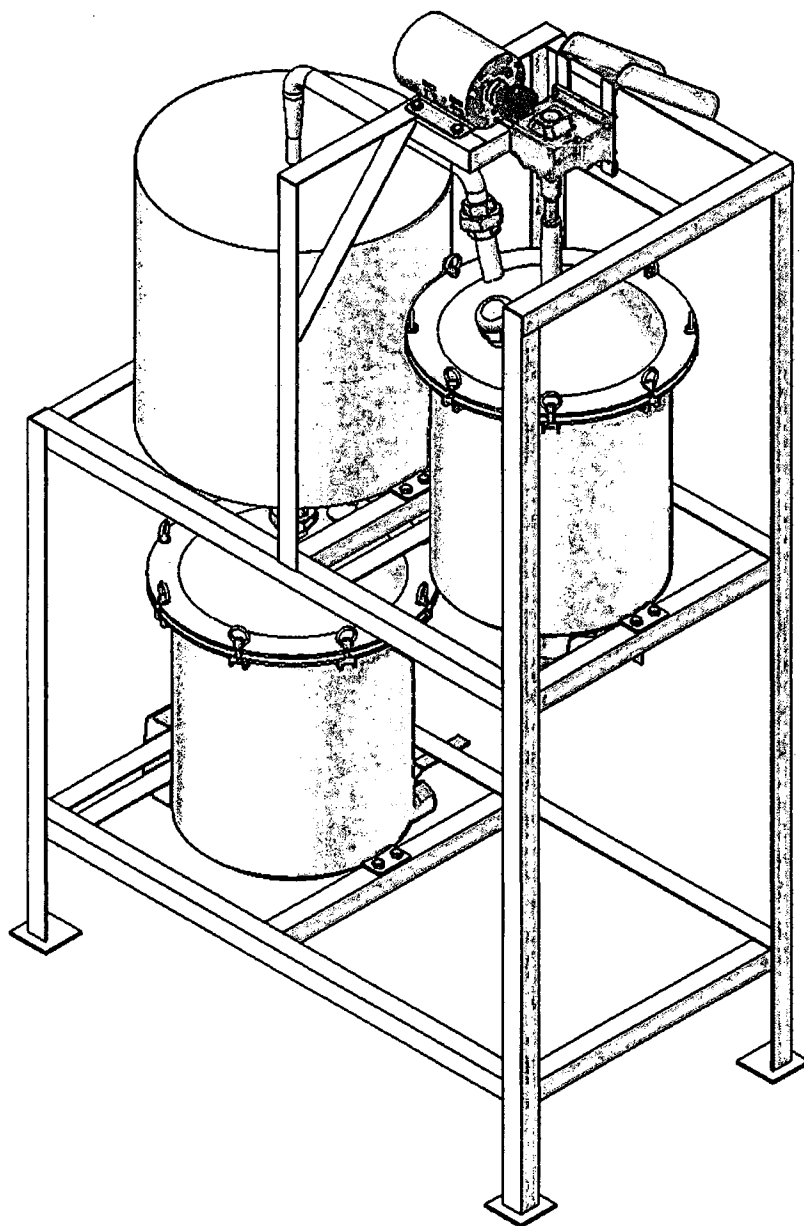
ข้อถ้อยสิทธิ์

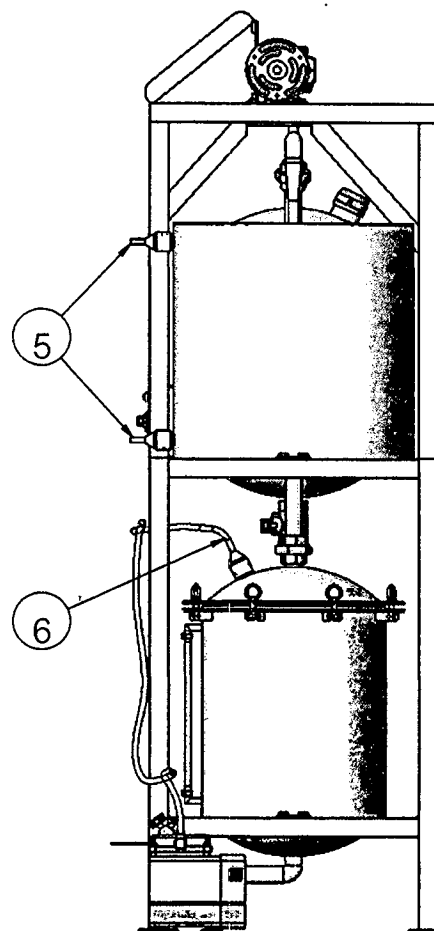
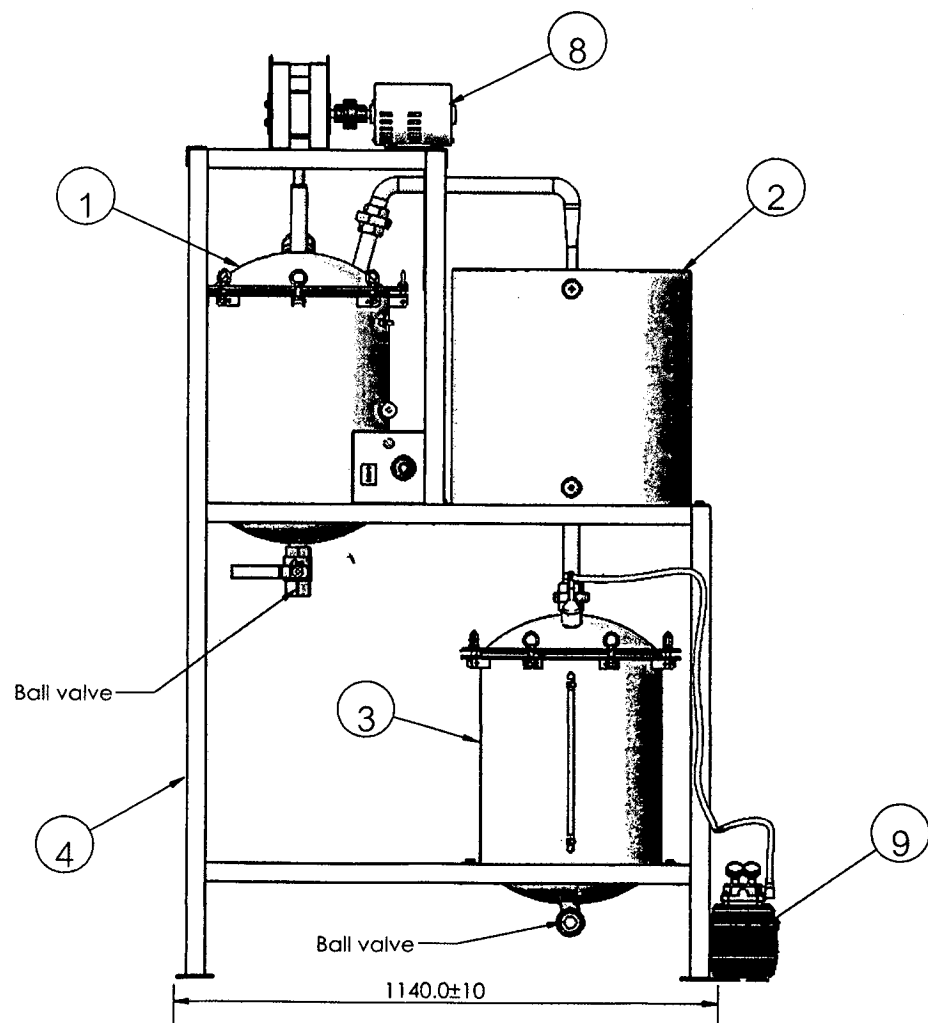
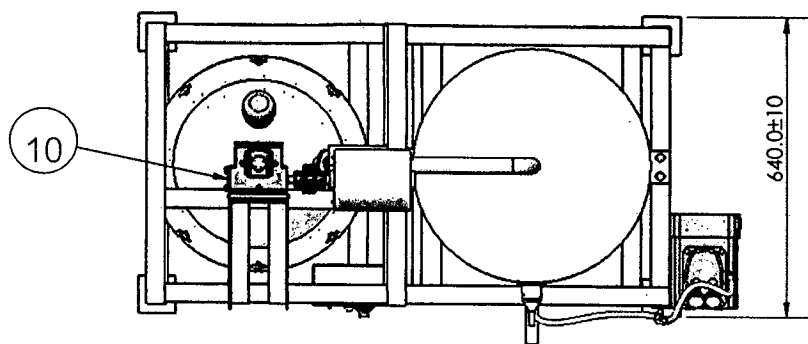
1. กลไกการระเหยน้ำและแอลกอฮอล์ที่ได้จากการสกัดสารสำคัญจากบัวบก เริ่มจากสารละลายดังกล่าวจะบรรจุในถัง 1 ซึ่งกวนโดยใบพายผ่านแกนมู่เล่ 10 ทดรอบที่มีมอเตอร์ 8 หมุนอยู่ในแนวนอน โดยในถัง 1 มีขดลวดนำความร้อนพันรอบถัง 1 เพื่อให้ความร้อนผ่านการควบคุมที่กล่อง 7 เพื่อควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ระหว่าง 60-70 องศาเซลเซียส ภายใต้แรงดูดสุญญากาศต่ำกว่า 265 mbar จะทำให้น้ำเดือดและแอลกอฮอล์ระเหยได้เร็วมาก การระเหยออกของน้ำและแอลกอฮอล์ จะกลายเป็นไอน้ำผ่านไปยังถัง 2 ซึ่งมีกลไกคือ เป็นท่อขดรอบถัง 2 ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร สูง 50 เซนติเมตร โดยท่อดังกล่าวมีขนาดและรายละเอียดอธิบายในรูปที่ 7 และ 8 จะขดเป็นวงจากบนลงล่าง และต่อท่อมายังถัง 3 ซึ่งมีกลไกการวัดระดับของเหลวผ่านท่อสายยางทดแรงดูดสูง แสดงให้เห็นได้จากด้านนอกของถัง ระบบกลไกการระเหยน้ำและแอลกอฮอล์ที่ได้จากการสกัดสารสำคัญจากบัวบกนี้ติดตั้งอยู่โครงเหล็กกันสนิมอธิบายในรูปที่ 11 และ 12 ตามลำดับ

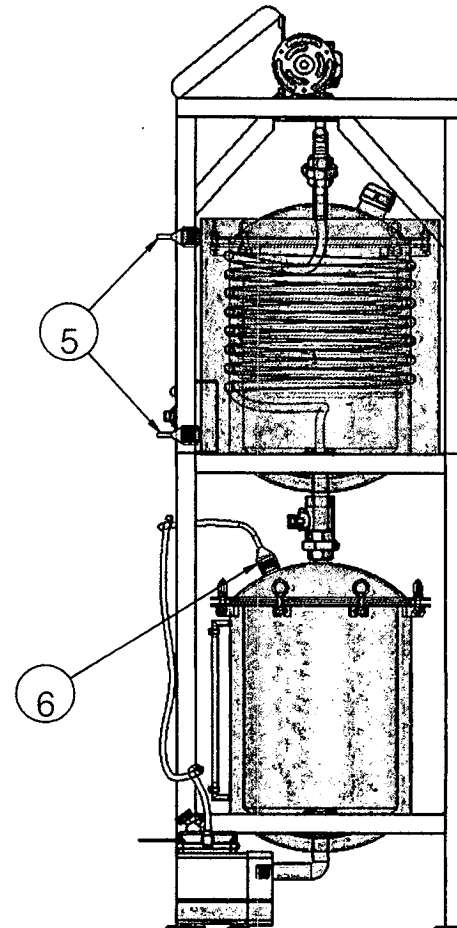
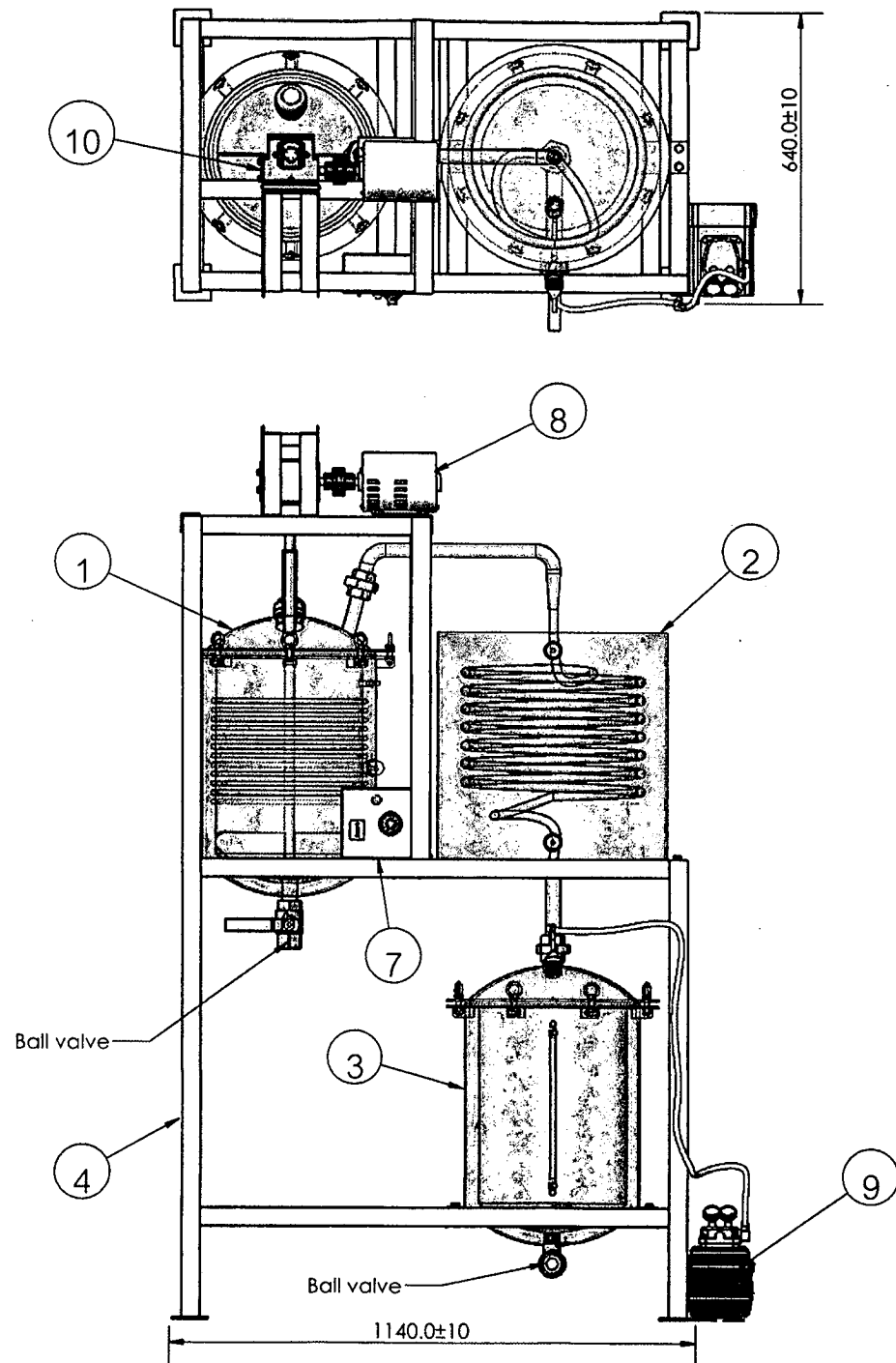
หน้า 1 ของจำนวน 1 หน้า

บทสรุปการประดิษฐ์

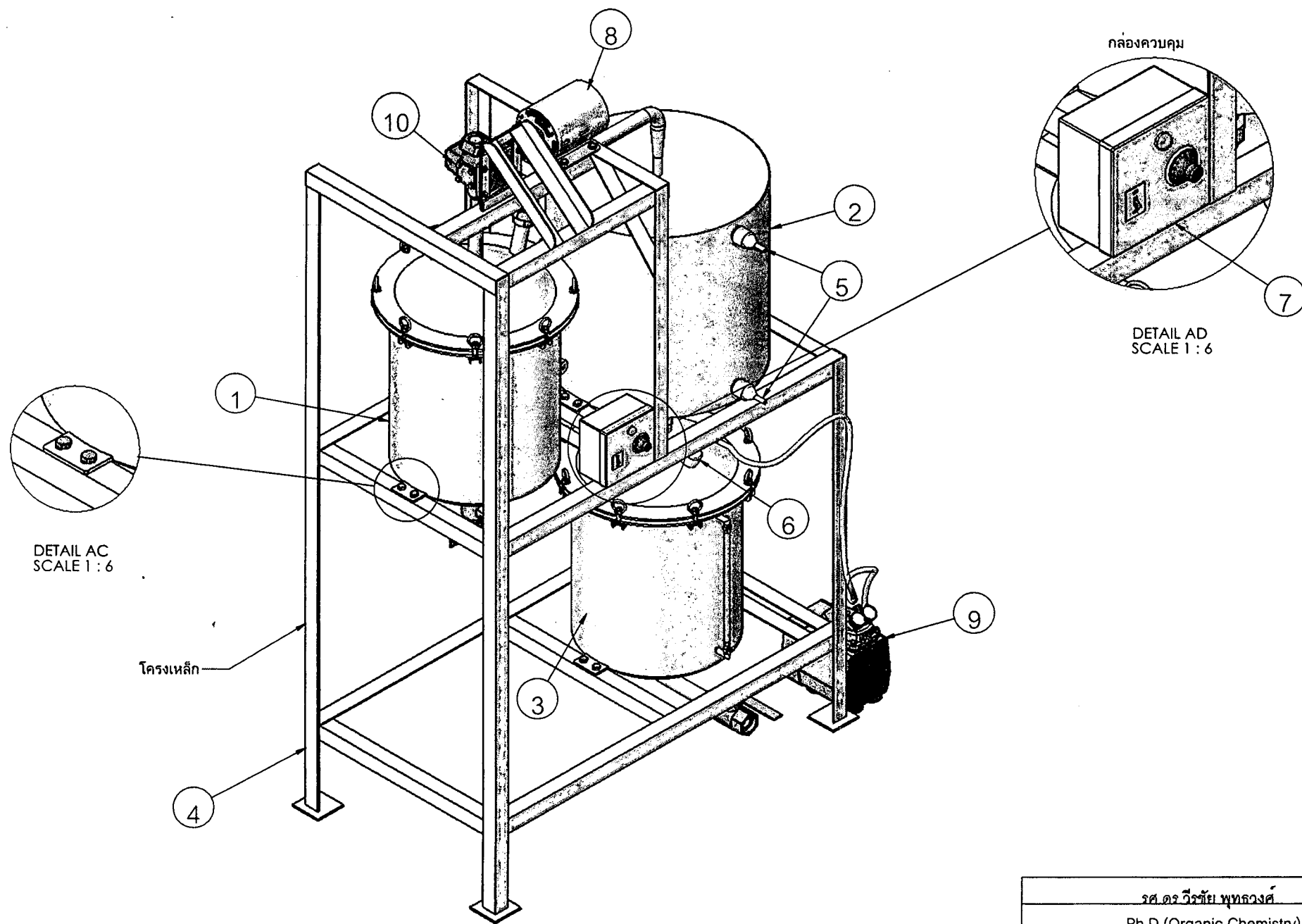
การระเหย น้ำ หรือ แอลกอฮอล์ จากสารละลายที่ได้จากการสกัดจากพืช เช่น บัวบก ในปริมาณสูงตั้งแต่ 50 ถึง 200 ลิตร ปกติเป็นขบวนการที่ทำได้โดยการต้มหรือเคี่ยวให้ระเหยไปเรื่อยๆ ซึ่งต้องใช้ความร้อนสูงถึง 100 องศาเซลเซียส เพื่อทำให้น้ำเดือดและระเหยออกไปอย่างช้าๆ ซึ่งอาจใช้เวลาหลายสัปดาห์ และสารสำคัญในสารสกัดอาจสลายตัว เครื่องระเหยสารละลายดังกล่าวที่อุณหภูมิต่ำ จึงมีประโยชน์ โดยอาศัยหลักการกลไกการระเหยน้ำและแอลกอฮอล์ที่ได้จากการสกัดสารสำคัญจากบัวบก ในถึงความร้อนภายใต้ การควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ระหว่าง 60-70 องศาเซลเซียส ภายใต้แรงดูดสุญญากาศต่ำกว่า 265 mbar จะทำให้น้ำเดือดและแอลกอฮอล์ระเหยได้เร็ว การระเหยออกของน้ำและแอลกอฮอล์ จะกลายเป็นไอน้ำในระบบควบแน่นไปยังถังเก็บ ได้ อย่างมีประสิทธิภาพสูง

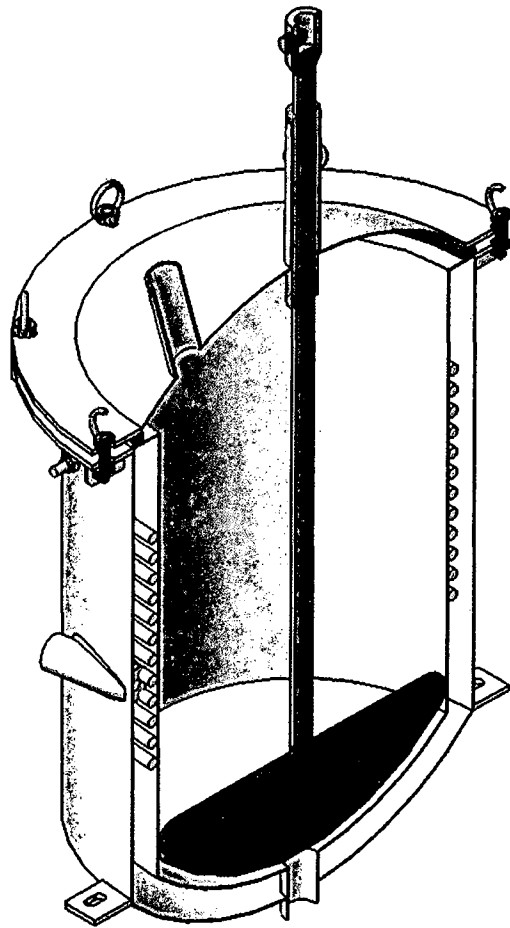




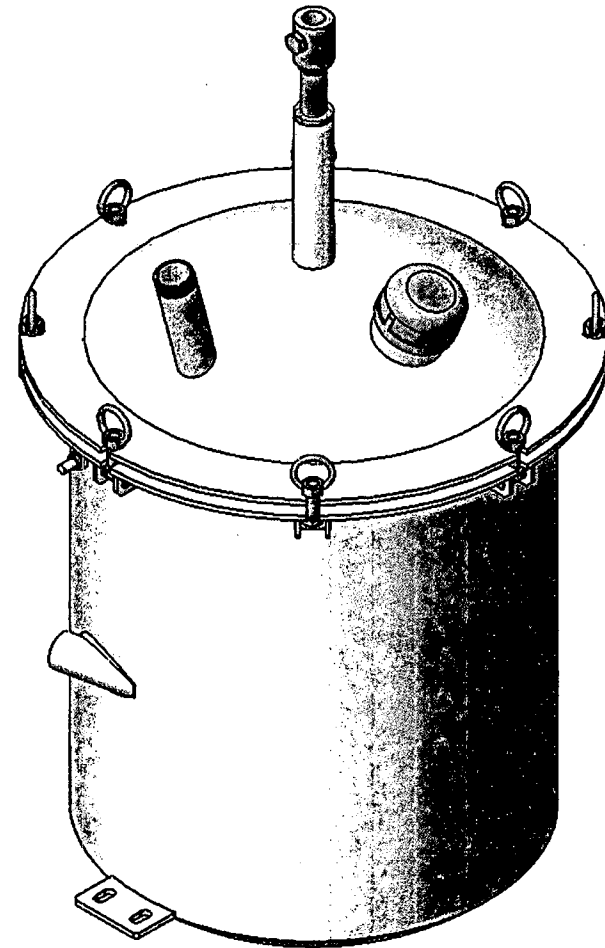


รศ.ดร. วีรชัย พุทธหลวงค์	
Ph.D (Organic Chemistry)	
Assoc. Prof. Weerachai Phutdhawong	
DWG NO.	MC-10001-00
SHEET	3 OF 19





Section View



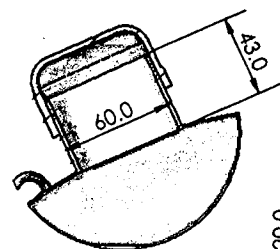
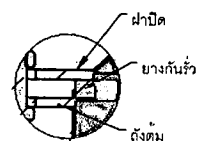
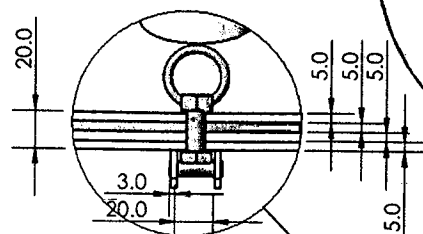
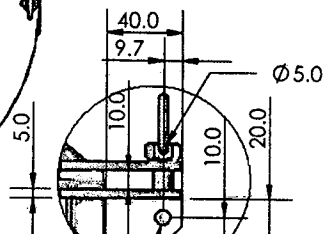
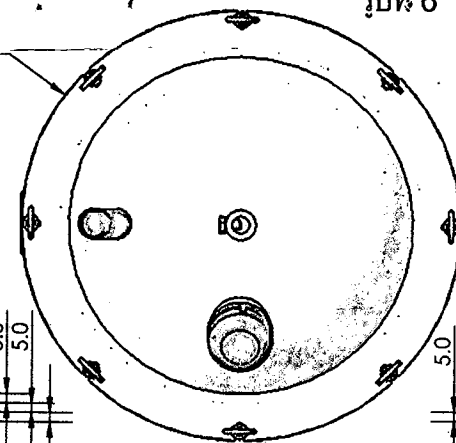
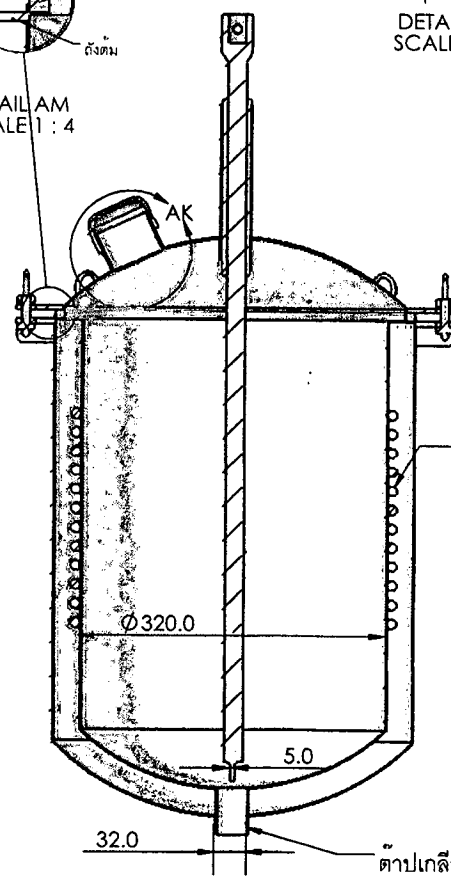
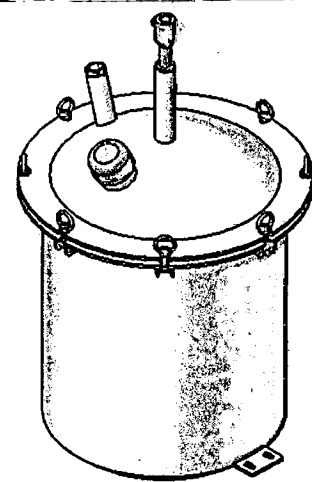
ISO View

หมายเลข	1
ชื่องาน	ถังต้ม
วัสดุ	สแตนเลส
จำนวน	1 ชุด

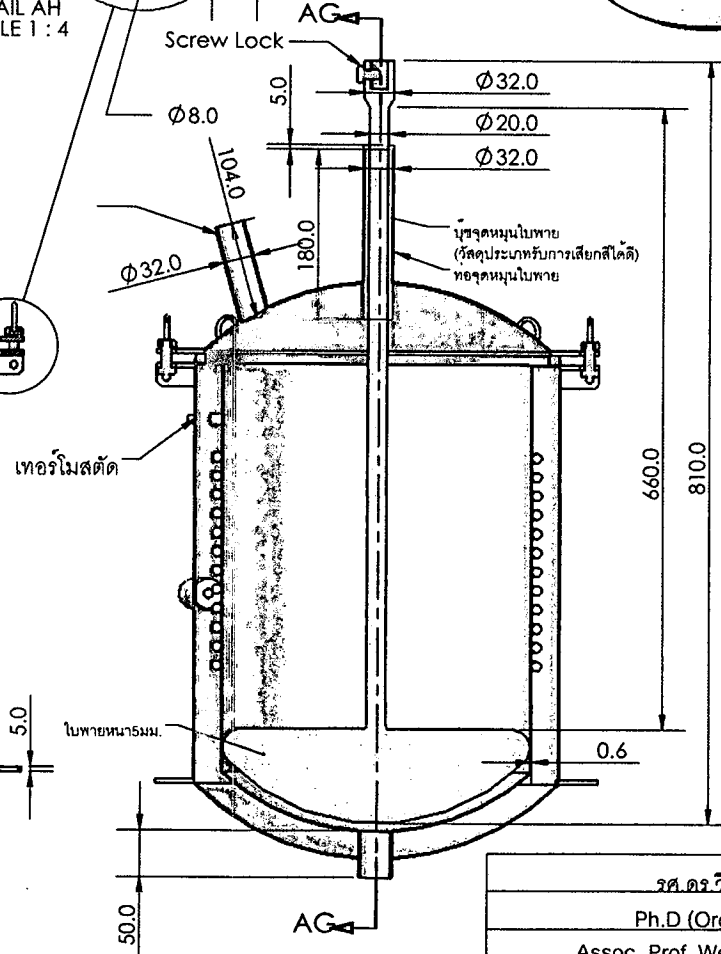
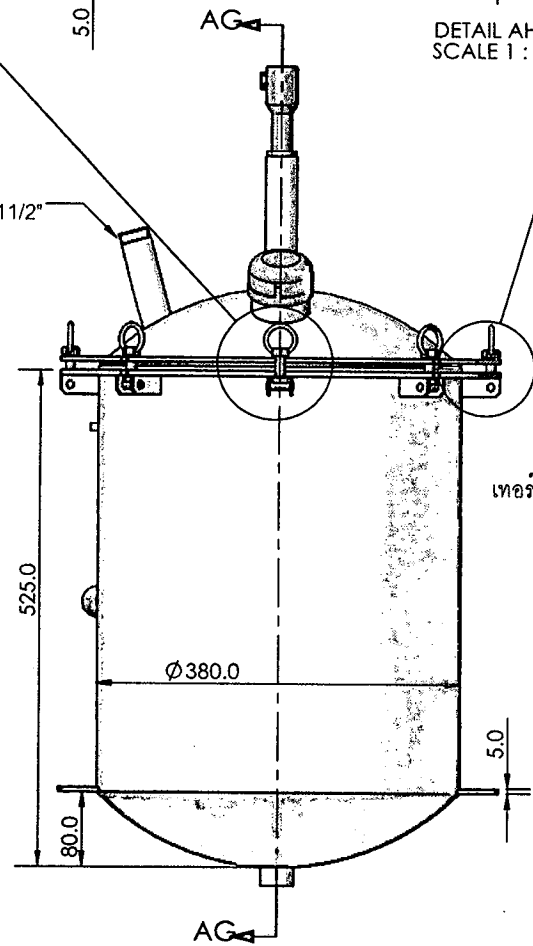
ถังต้ม

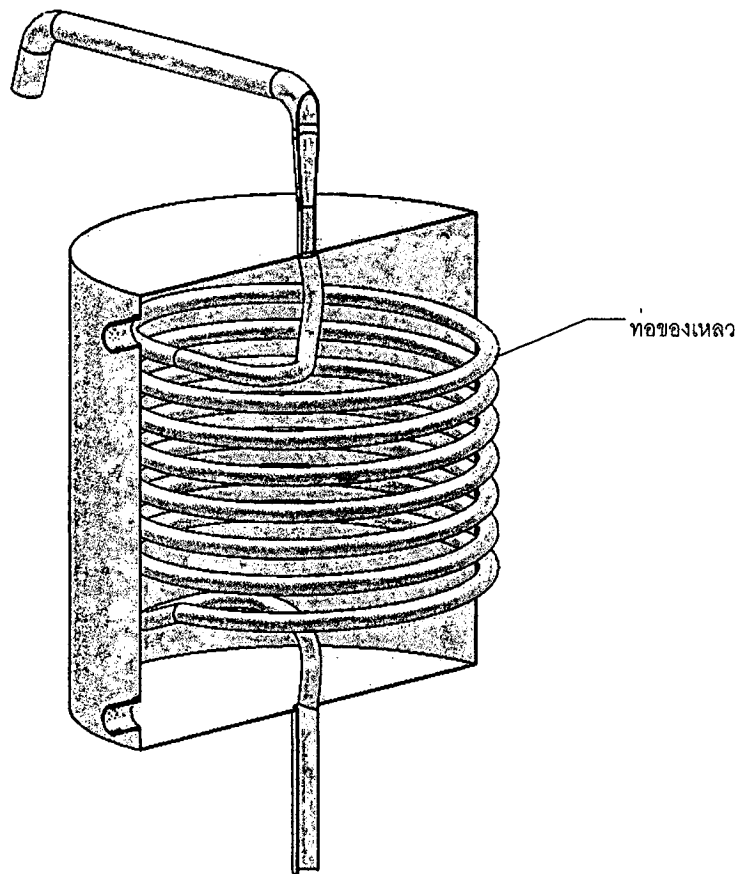
รศ. ดร. วีระชัย พุดธวงศ์	
Ph.D (Organic Chemistry)	
Assoc. Prof. Weerachai Phutdhawong	
DWG NO.	MC-10001-00
SHEET	5 OF 19

รศ.ดร. วีรชัย พุทธวงศ์

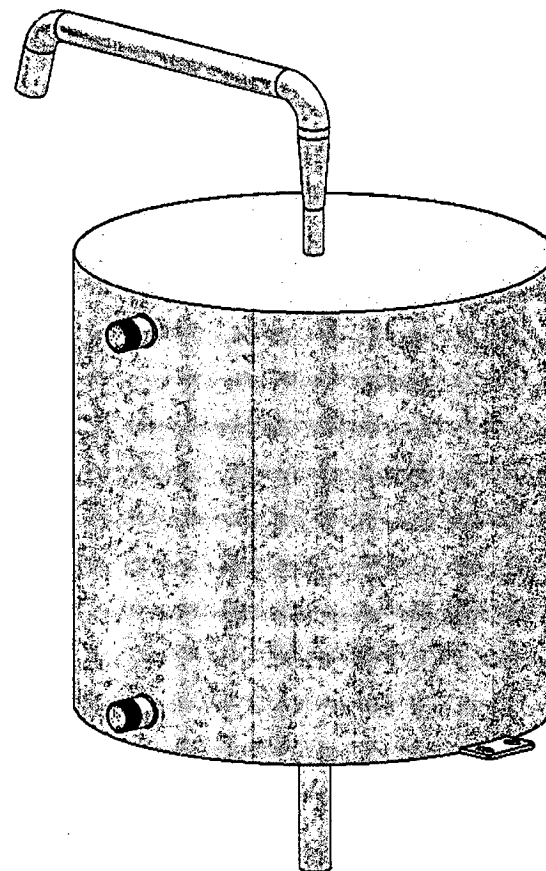
DETAIL AK
SCALE 1 : 4DETAIL AM
SCALE 1 : 4DETAIL AJ
SCALE 1 : 4DETAIL AH
SCALE 1 : 4SECTION AG-AG
SCALE 1 : 8

ตาปเกลียว 1 1/2"





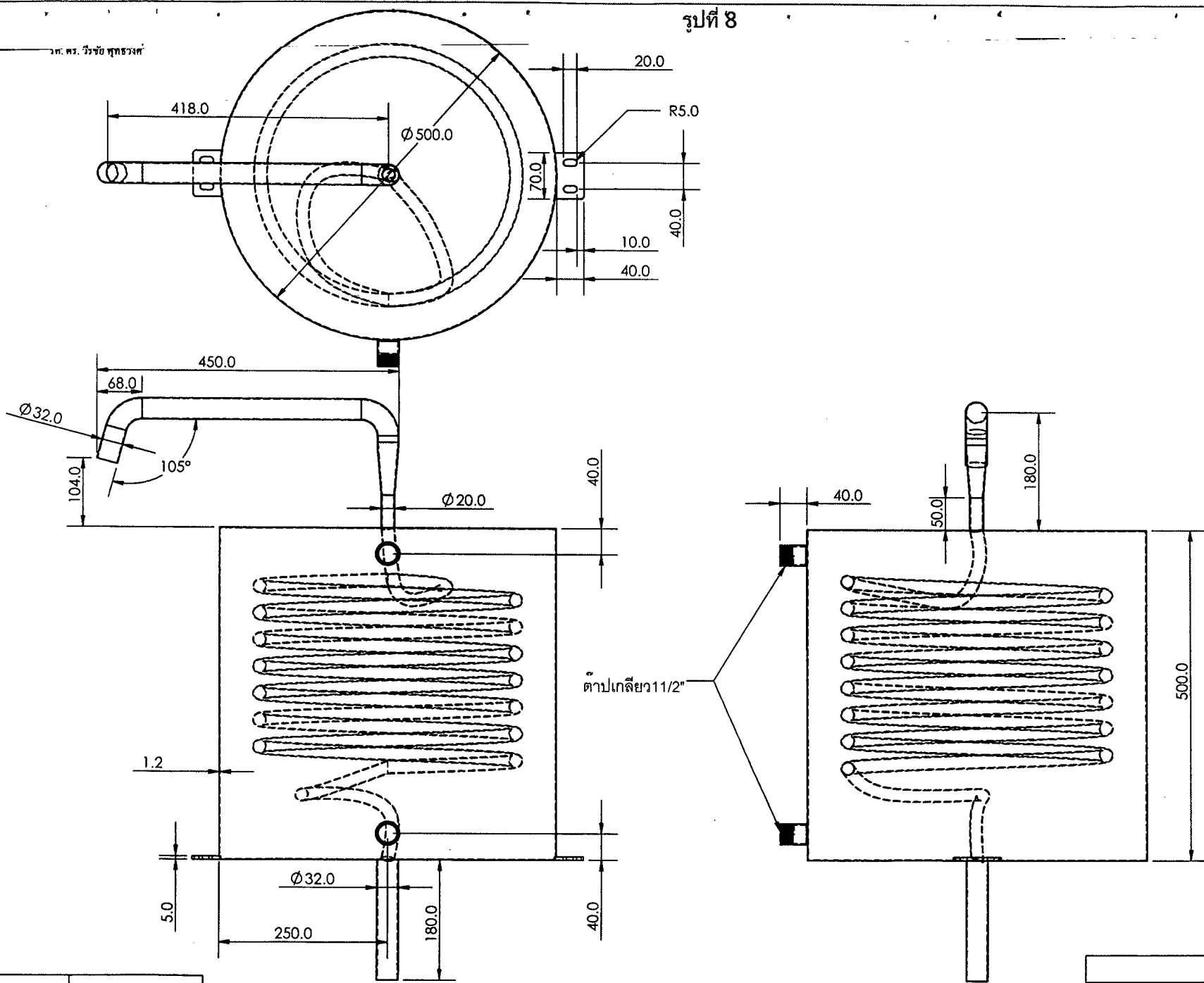
Section View



ISO View

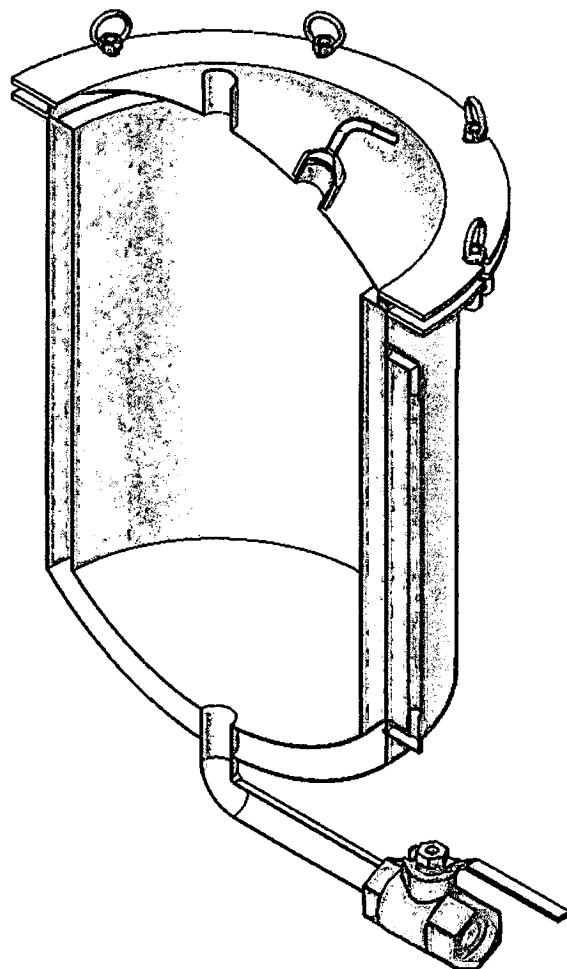
ถังกัลน

รศ.ดร. วีรชัย พุทธวงศ์	
Ph.D (Organic Chemistry)	
Assoc. Prof. Weerachai Phutdhawong	
DWG NO.	MC-10001-00
SHEET	7 OF 19

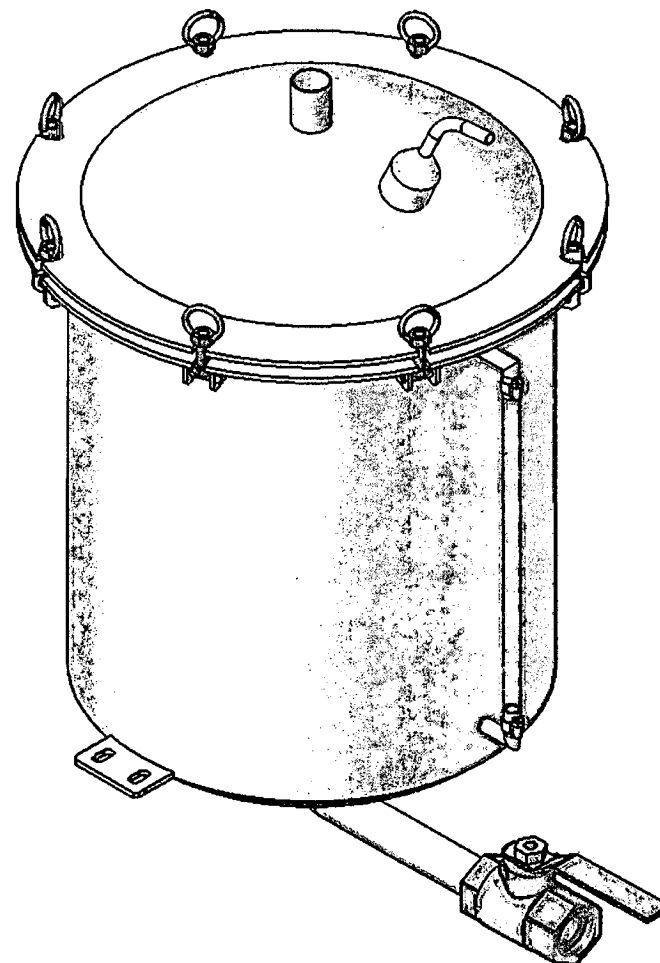


หมายเลข	2
ชื่องาน	ถังกั่น
วัสดุ	สแตนเลส
จำนวน	1 ชุด

รศ.ดร.วีระชัย พุดธาวงศ์	
Ph.D (Organic Chemistry)	
Assoc. Prof. Weerachai Phutdhawong	
DWG NO.	MC-10001-00
SHEET	8 OF 19



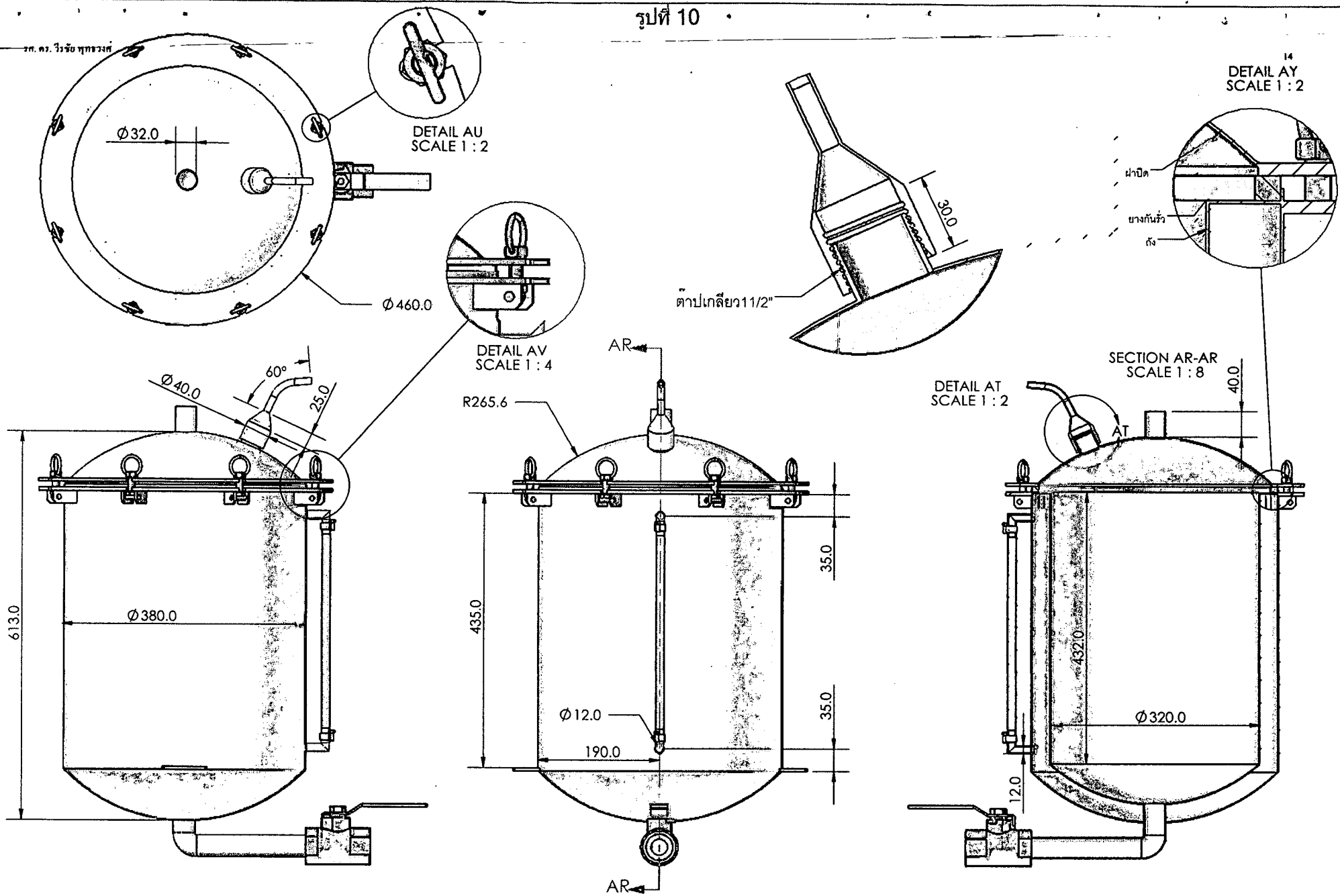
Section View



ISO View

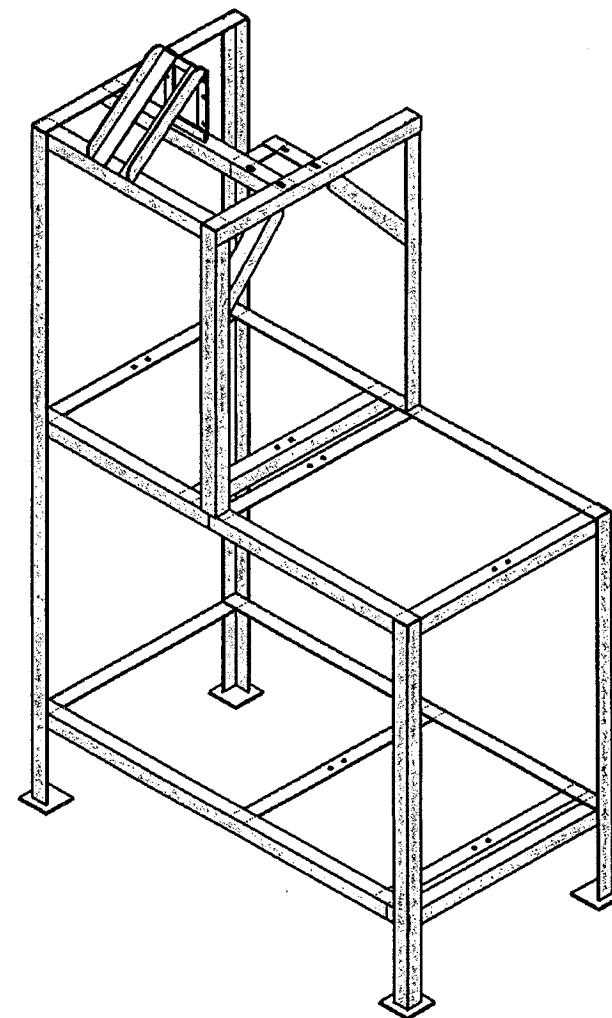
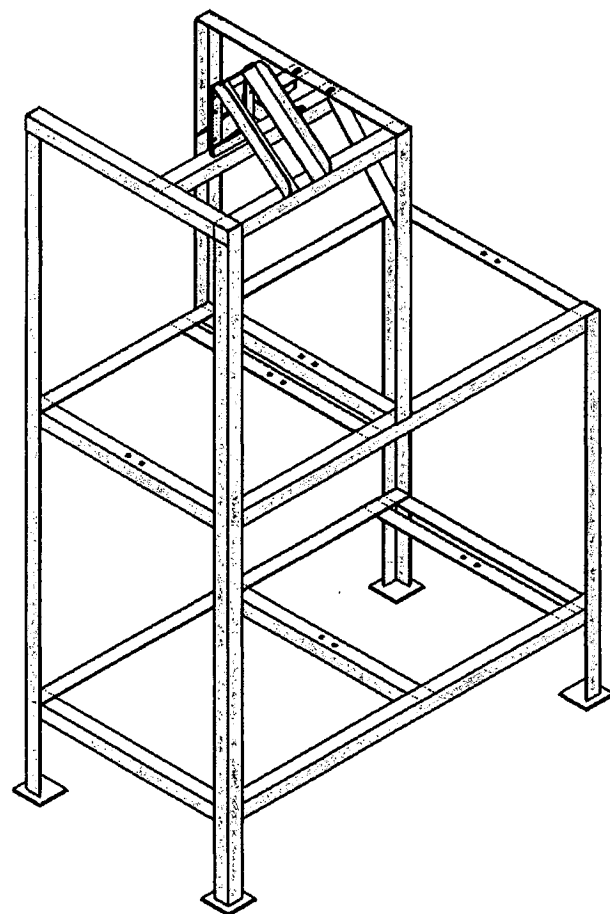
ถังเก็บสาร

รศ.ดร. วีรชัย พุทธวงศ์	
Ph.D (Organic Chemistry)	
Assoc. Prof. Weerachai Phutdhawong	
DWG NO.	MC-10001-00
SHEET	9 OF 19



หมายเลข	3
ชื่องาน	ถังพักเก็บ
วัสดุ	สแตนเลส
จำนวน	1 ชุด

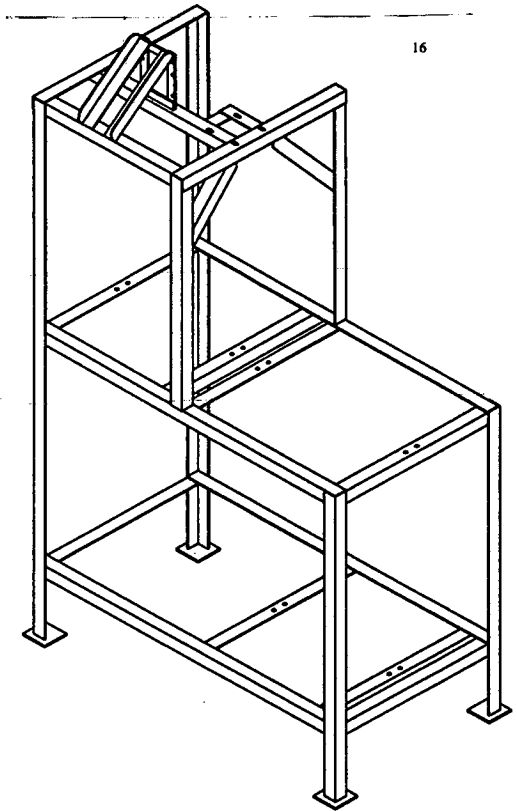
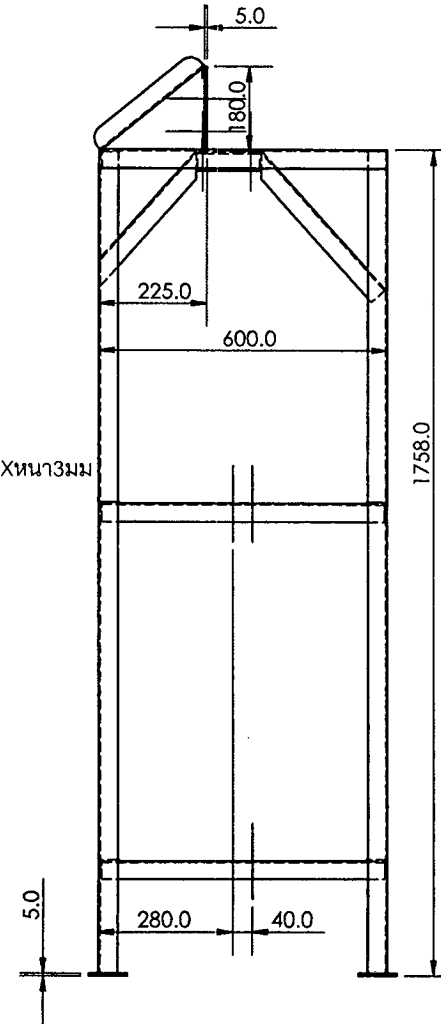
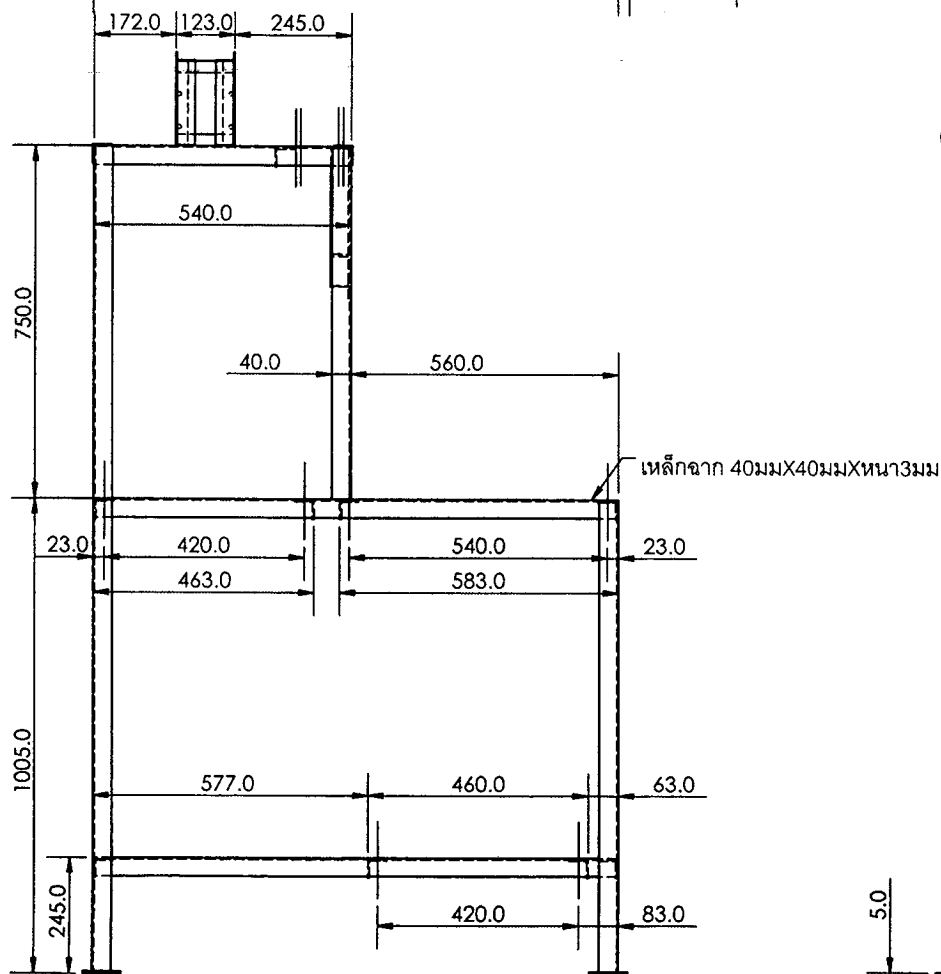
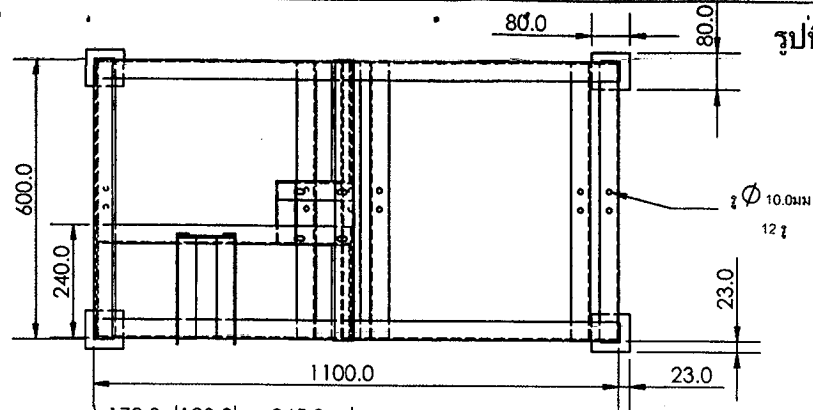
รศ.ดร.ธีรชัย พุทธธวัช	
Ph.D (Organic Chemistry)	
Assoc. Prof. Weerachai Phutdhawong	
DWG NO.	MC-10001-00
SHEET	11 OF 19



โครงเหล็ก

รศ.ดร. วีรชัย พุทธวงศ์	
Ph.D (Organic Chemistry)	
Assoc. Prof. Weerachai Phutdhawong	
DWG NO.	MC - 10001 - 00
SHEET	13 OF 19

รูปที่ 12



หมายเลข	4
ชื่องาน	โครงเหล็ก
วัสดุ	เหล็กฉาก 40 มม X 40 มม X หนา 3 มม
จำนวน	1 ชุด

รศ. ดร. วีรชัย พุทธวงศ์	
Ph.D (Organic Chemistry)	
Assoc. Prof. Weerachai Phutdhawong	
DWG NO.	MC-10001-00
SHEET	14 OF 19

3.3 เครื่องกรองตะกอนอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ด้วยแรงดันสูง

สิ่งประดิษฐ์รายการที่ 3 ที่ส่งของคณูสิทธิบัตร

รายละเอียดของการประดิษฐ์

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์ เครื่องกรองตะกอนอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ด้วยแรงดันสูง

1. ลักษณะและความมุ่งหมายของการประดิษฐ์

การประดิษฐ์นี้เป็นการประดิษฐ์ที่เกี่ยวข้องกับกลไกการกรองตะกอนอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ด้วยแรงดันสูง โดยการใช้ปั๊มดูดของเหลวที่มีตะกอนอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ผ่านท่อจากอ่างพัก แล้วผ่านของเหลวที่มีตะกอนของอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ผ่านท่อนำส่งแนวระนาบและโค้งไป แนวโค้งลงไปยังถังกรองซึ่งมีหลุมตะแกรงรูปทรงกระบอกปลายแหลมที่มีรูพรุนรองรับอยู่ในกระบอกทรงรีและเป็นระบบปิด โดยระบบจะถูกควบคุมความดันจากเกจวัดแรงดันเพื่อวัดระดับแรงดันของของเหลวที่ไหลผ่าน และวาล์วลดแรงดันเพื่อปรับเปลี่ยนแรงดันของเหลวได้ตามเหมาะสม ตะกอนของอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์จะถูกดักจับที่ถังกรอง ส่วนสารละลายใสจะผ่านออกไป

ความมุ่งหมายของการประดิษฐ์นี้ เนื่องจากปัญหาของการกรองอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ในระบบอุตสาหกรรมนั้น กรองยาก และใช้เวลานาน ซึ่งปกติการกรองจะกรองผ่านแรงดูด หรือที่เรียกว่า กรองผ่านระบบสุญญากาศ ซึ่งแรงดูดสูงสุดทั่วไป สามารถดูดได้เพียง 1 บรรยากาศ ทำให้ประสิทธิภาพการกรองได้เต็มที่เพียง 1 บรรยากาศ ส่วนการกรองตะกอนอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ด้วยแรงดันสูง จะสามารถผ่านของเหลวไปยังกระบอกที่บรรจุถังกรองได้ด้วยแรงดันสูงกว่า 1 บรรยากาศ ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการกรองได้ดีกว่า

2. สาขาวิทยาการที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์

วิศวกรรมอาหารที่เกี่ยวข้องกับกลไกการกรองตะกอนออกจากของเหลว

3. ภูมิหลังของศิลปะหรือวิทยาการที่เกี่ยวข้อง

อะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ เป็นฟอร์มที่เสถียรที่สุดของอะลูมิเนียมในสภาวะปกติ มีลักษณะเป็นตะกอนผงละเอียด ดังเช่นที่พบในยาลดกรดทั่วไป ปัจจุบันมีการใช้แพร่หลายในระบบอุตสาหกรรมและจำเป็นต้องกรองออกจากระบบเพื่อนำสารละลายใส่ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ต่อไป

การกรองมีหลายประเภท เป็นเทคนิคในการแยกของแข็งออกจากของเหลว โดยของแข็งดังกล่าวอาจอยู่ในรูปของผงแป้งละเอียดเช่นอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งมีขนาดเล็กมาก และกรองออกได้ยาก กล่าวคือ เมื่อผงแป้งของอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์มาทับถมกันหนามากขึ้น สมบัติการกรองจะลดลงทันที โดยการกรองแบบปกติที่ปล่อยให้ของเหลวไหลผ่านจะหยุดชะงักทันที จำเป็นต้องกรองแบบดูด คือ ใช้แรงดูดจากด้านล่าง โดยต้องต่อระบบให้อยู่ในระบบปิดและดูดจากด้านล่างก็จะทำให้สารละลายไหลผ่านลงไปด้านล่างได้อย่างรวดเร็ว แต่อย่างไรก็ตาม แรงดูดนั้นสามารถทำให้เกิดระบบสุญญากาศได้เพียง 1 บรรยากาศและเป็นแรงดูดสูงสุดที่สามารถทำได้ หากชั้นตะกอนของอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์หนามากขึ้น แรงดูดดังกล่าวก็จะไม่สามารถดูดของเหลวลงไปได้อีก จึงจำเป็นที่จะต้องพัฒนาเทคนิคอื่นสำหรับการกรองเช่น การบีบ หรือการใช้แรงอัดแรงดันสูงเข้าช่วย ซึ่งสามารถสร้างแรงดันได้มากกว่า 1 บรรยากาศ ซึ่ง เครื่องกรองตะกอนอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ด้วยแรงดันสูง จะช่วยแก้ปัญหาเหล่านั้นได้

4. การเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

ตามรูปที่ 1 แสดงให้เห็นถึงรูปลักษณะด้านซ้ายของเครื่องกรองตะกอนอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ด้วยแรงดันสูง ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ 3 ส่วนหลัก โดยมีตำแหน่งและการจัดวางระยะห่างแสดงในรูปที่ 2 ประกอบด้วยภาพด้านหน้า ด้านข้าง และด้านบนของเครื่องกรองตะกอนอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ด้วยแรงดันสูง ซึ่งอุปกรณ์ทั้ง 3 ส่วนประกอบด้วย ถังพักของเหลว 1 ที่ใส่ของเหลวผสมอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ จะถูกดูดผ่านปั๊ม 3 และพ่นออกด้วยความเร็วสูงผ่านท่อ 5 ไปยังกระบอกกรองระบบปิด 2 โดยขนาดของถังพักของเหลวได้แสดงให้เห็นในรูปที่ 4 อย่างละเอียด และรูปที่ 5 แสดงให้เห็นถึงภาพฝาปิดถังพักของเหลว 1 ดังกล่าว กลไกการทำงาน เมื่อปั๊ม 3 ดูดของเหลว และพ่นผ่านท่อ 5 ด้วยความเร็วสูงจะเกิดแรงดันขนาดมากกว่า 1 บรรยากาศ ผ่านท่อ 5 ไปยัง กระบอกกรองระบบปิด 2 ซึ่งในรูปที่ 6 จะแสดงให้เห็นถึงกรวยกรองรูปกรวยทรงกระบอกปลายแหลมอยู่ข้างใน ซึ่งจะทำหน้าที่ใส่ถุงผ้ากรองลงไปในกรวยนี้ ส่วนด้านบน จะมี o-ring ยางเพื่อช่วยให้ระบบปิดดังกล่าว ของเหลวไม่รั่วซึมออกไปภายนอก เมื่อของเหลวไหลผ่านเข้ามาใน

ระบบด้วยแรงดันสูง จะมีเกจวัดแรงดันด้านบนฝาปิด ดังแสดงในรูปที่ 7 ได้อธิบายตำแหน่งของเกจวัดแรงดัน และวาล์วปรับแรงดัน พร้อมทั้งขนาดและระยะของชิ้นส่วนอุปกรณ์ของกระบอกกรองระบบปิดนี้อย่างละเอียด ในรูปที่ 8 แสดงให้เห็นถึงภาพ 3 มิติของกระบอกกรองระบบปิดที่ด้านในมีกรวยกรองรูพรุนทรงกระบอกปลายแหลมที่จะใส่ผ้ากรองให้เห็นอย่างละเอียด ในรูปที่ 9 เป็นภาพตัดขวางแสดงทั้งทางการไหลของของเหลวที่มาจากปั๊ม 3 ผ่านท่อ 5 เข้าไปยังระบบ และเมื่ออะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ได้ถูกกรองไว้ในผ้ากรองในกรวยกรองด้านในแล้ว ของเหลวจะผ่านท่อมายังด้านล่าง และไหลออกจากระบบในที่สุด ในรูปที่ 10 แสดงให้เห็นถึงรายละเอียดขนาดของกรวยกรองรูพรุนทรงกระบอกปลายแหลมดังกล่าว ส่วนในรูปที่ 11 แสดงให้เห็นถึงชนิดของปั๊มดูด 3 ซึ่งเป็นปั๊มหอยโข่ง กันสนิม

5. คำอธิบายรูปเขียนโดยย่อ

- รูปที่ 1 แสดงถึงลักษณะของเครื่องกรองตะกอนอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ด้วยแรงดันสูง ด้านซ้าย
- รูปที่ 2 แสดงถึงรายละเอียดระยะห่างระหว่างแต่ละอุปกรณ์ประกอบด้วยภาพด้านหน้า ด้านข้าง และด้านบนของเครื่องกรองตะกอนอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ด้วยแรงดันสูง
- รูปที่ 3 แสดงถึงตำแหน่งหมายเลขของอุปกรณ์แต่ละส่วนของเครื่องกรองตะกอนอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ด้วยแรงดันสูง
- รูปที่ 4 แสดงถึงรายละเอียดขนาดของถังพักของเหลว ด้านหน้า ด้านข้าง และด้านบน
- รูปที่ 5 แสดงถึงรายละเอียดของฝาปิดถังพักของเหลว ด้านหน้า ด้านข้าง และด้านบน
- รูปที่ 6 แสดงถึงตำแหน่งของกรวยกรองรูพรุนทรงกระบอกปลายแหลม ซึ่งเป็นอุปกรณ์รองรับผ้ากรองในกระบอกกรองระบบปิด
- รูปที่ 7 แสดงถึงรายละเอียดของกระบอกกรองระบบปิด ด้านหน้า ด้านข้าง และด้านบน
- รูปที่ 8 แสดงภาพ 3 มิติของกระบอกกรองระบบปิด ด้านหน้า ด้านข้าง และด้านบน ที่บรรจุ กรวยกรองรูพรุนทรงกระบอกปลายแหลมไว้ด้านใน
- รูปที่ 9 แสดงภาพตัดขวางของกระบอกกรองระบบปิดพร้อมเกจและวาล์วปรับแรงดัน
- รูปที่ 10 แสดงถึงรายละเอียดของกรวยกรองรูพรุนทรงกระบอกปลายแหลม ซึ่งเป็นอุปกรณ์รองรับผ้ากรองในกระบอกกรองระบบปิด ด้านหน้า ด้านข้าง และด้านบน
- รูปที่ 11 แสดงถึงลักษณะปั๊มหอยโข่ง ที่ใช้

6. วิธีการประดิษฐ์ที่ดีที่สุด

เหมือนกับที่ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อการเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

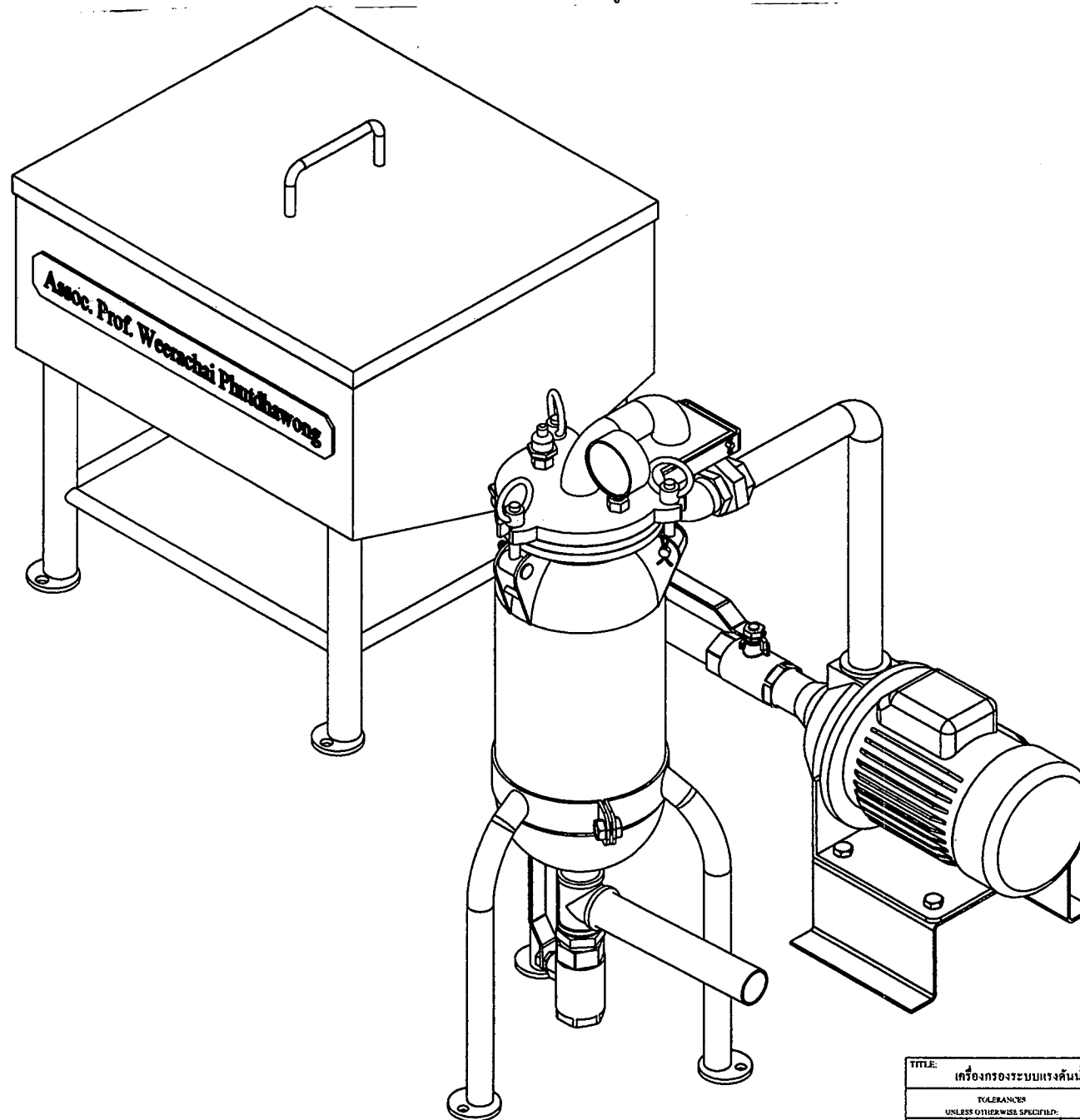
ข้อถ้อยสิทธิ

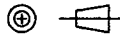
1. เครื่องรอกตะกอนอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ด้วยแรงดันสูง ประกอบด้วย

ในรูปที่ 6 แสดงชัดเจนถึงกรวยกรอกรูพรุนทรงกระบอกปลายแหลม หมายเลข 4 ที่ใส่เข้าไปในกระบอกกรอกระบบปิด หมายเลข 2 โดยจะมีฝาปิดและมีท่อนำเข้าของเหลวผสมอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ หมายเลข 5 นำของเหลวด้วยแรงดันสูงผ่านเข้าไปในระบบปิด ซึ่งจะมี o-ring กันของเหลวซึมอยู่ในตำแหน่งด้านบนของ 4 และ 2 โดยฝาปิดดังกล่าว และถูกปิดให้แน่นด้วยสลกรูล็อก 3 จุดดังแสดงในรูปที่ 6 และเมื่อของเหลวไหลผ่านฝากรองแล้ว จะสามารถรอกตะกอนอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์แยกออกจากของเหลวที่จะผ่านมายังด้านล่าง และไหลออกจากระบบในที่สุด ในระบบ จะมีเกจและวาล์วเพื่อปรับแต่งแรงดันได้ตามเหมาะสม

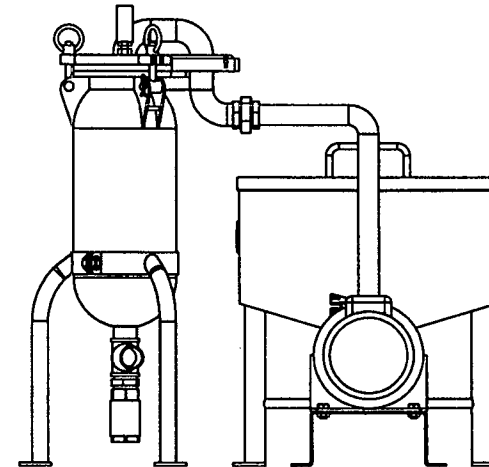
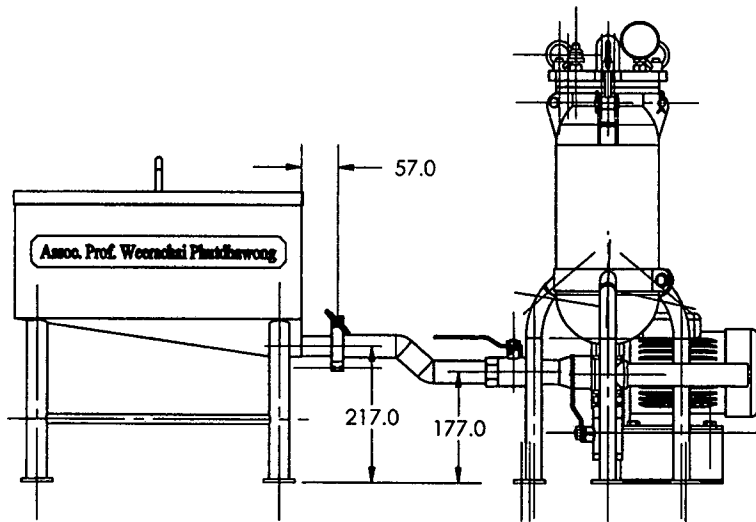
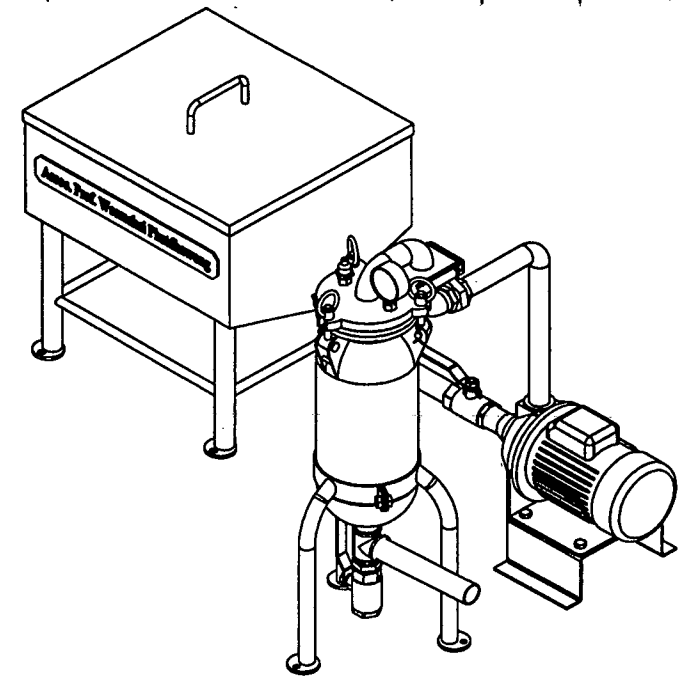
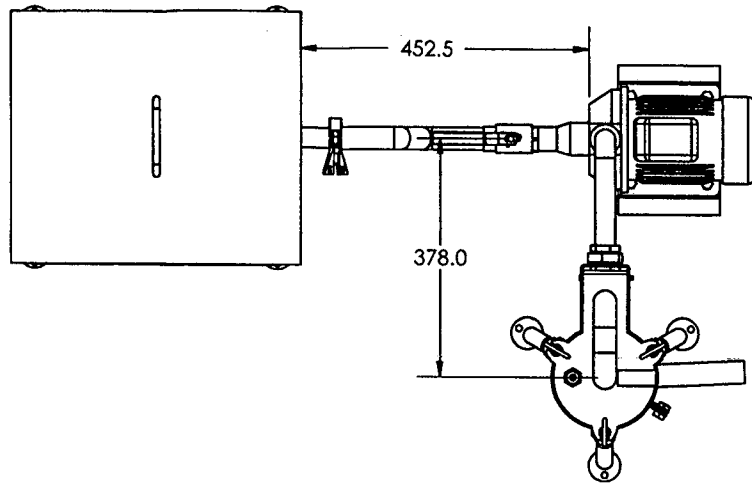
บทสรุปการประดิษฐ์

เครื่องรอกอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์แรงดันสูงนี้ เป็นเครื่องที่เสนอกลไกการรอกตะกอนอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ด้วยแรงดันสูง โดยการใช้ปั๊มดูดของเหลวที่มีตะกอนอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ผ่านท่อจากอ่างพักแล้วพ่นของเหลวที่มีตะกอนของอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ผ่านท่อส่งแนวระนาบและโค้งไปแนวตั้งลงไปยังถังกรอซึ่งมีหลุมตะแกรงรูปทรงกระบอกปลายแหลมที่มีรูพรุนรองรับอยู่ในกระบอกทรงรีและเป็นระบบปิด โดยระบบจะถูกควบคุมความดันจากเกจวัดแรงดันเพื่อวัดระดับแรงดันของของเหลวที่ไหลผ่าน และวาล์วลดแรงดันเพื่อปรับเปลี่ยนแรงดันของเหลวได้ตามเหมาะสม ตะกอนของอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์จะถูกดักจับที่ถังกรอ ส่วนสารละลายใสจะผ่านออกไป ซึ่งเครื่องมือดังกล่าวนี้ จะแก้ปัญหของการรอกอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ในระบบอุตสาหกรรม ที่กรอยาก และใช้เวลานาน ซึ่งปกติการรอกจะรอกผ่านแรงดูด หรือที่เรียกว่า กรอกผ่านระบบสุญญากาศ ซึ่งแรงดูดสูงสุดทั่วไป สามารถดูดได้เพียง 1 บรรยากาศ ทำให้ประสิทธิภาพการรอกเต็มกำลังที่ 1 บรรยากาศ ส่วนการรอกตะกอนอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ด้วยแรงดันสูง จะสามารถผ่านของเหลวไปยังกระบอกที่บรรจุถังกรอได้ด้วยแรงดันสูงกว่า 1 บรรยากาศ ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการรอกได้ดีกว่า

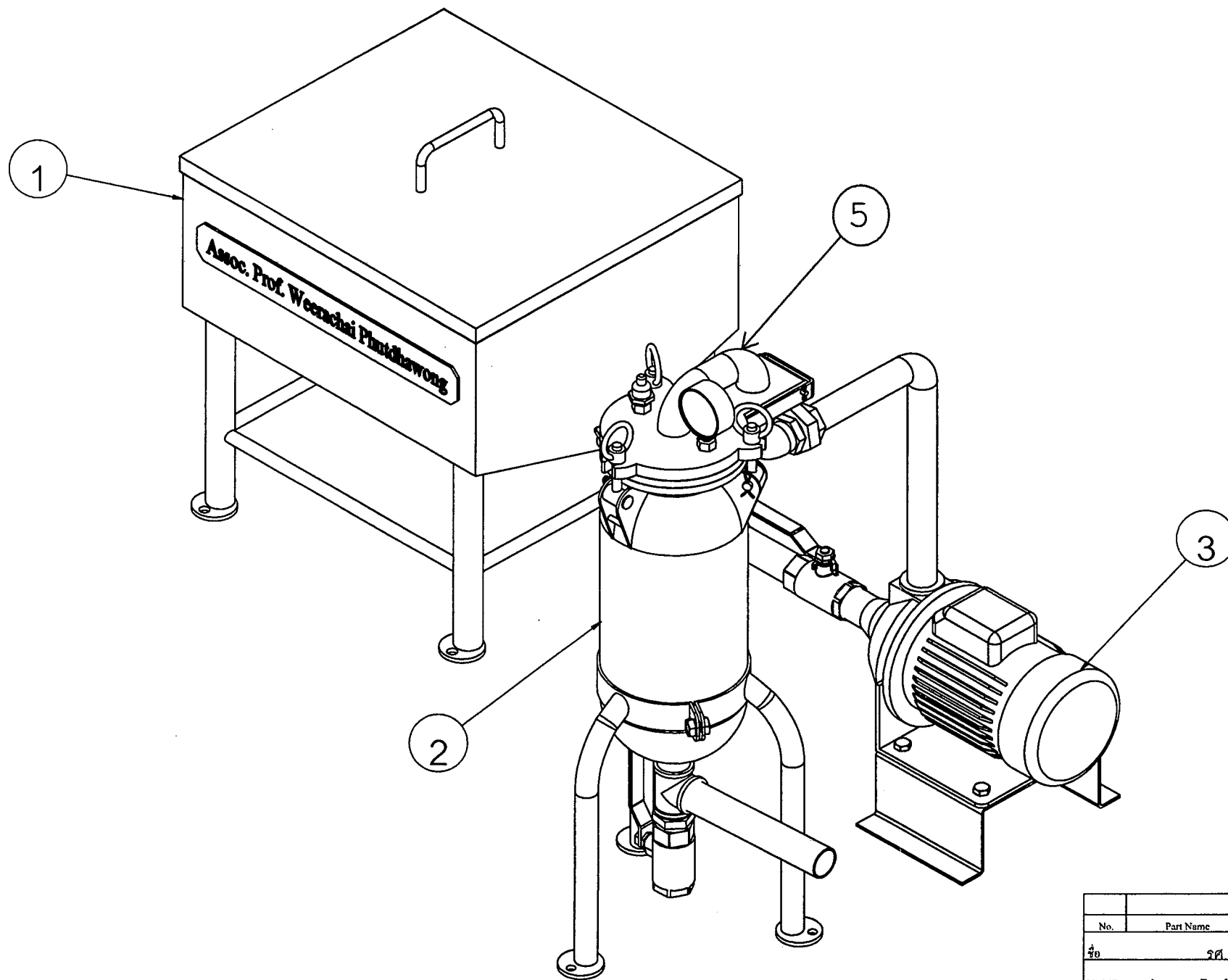


TITLE: เครื่องกรองระบบแรงดันน้ำ				ชื่อ	รศ.ดร.วีรชัย พุทธวงศ์
TOLERANCES UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:				NAME	Assoc. Prof. Weerachai Phutdhawong
DIMENSIONS UNITS		DECIMALS	ANGLES	POSITION	Ph.D (Organic Chemistry)
mm.	.XX	2.10			
	.XXX	1.010	1.5°		
	.XXXX	1.0050			
 THIRD ANGLE PROJECTION				DWG NO.	VRCH-10003-00
				SHEET	1 OF 11

รูปที่ 2

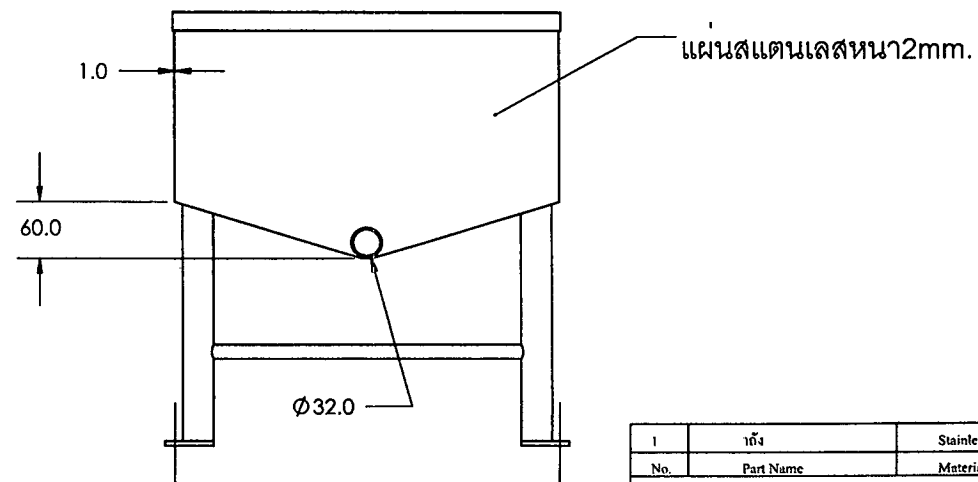
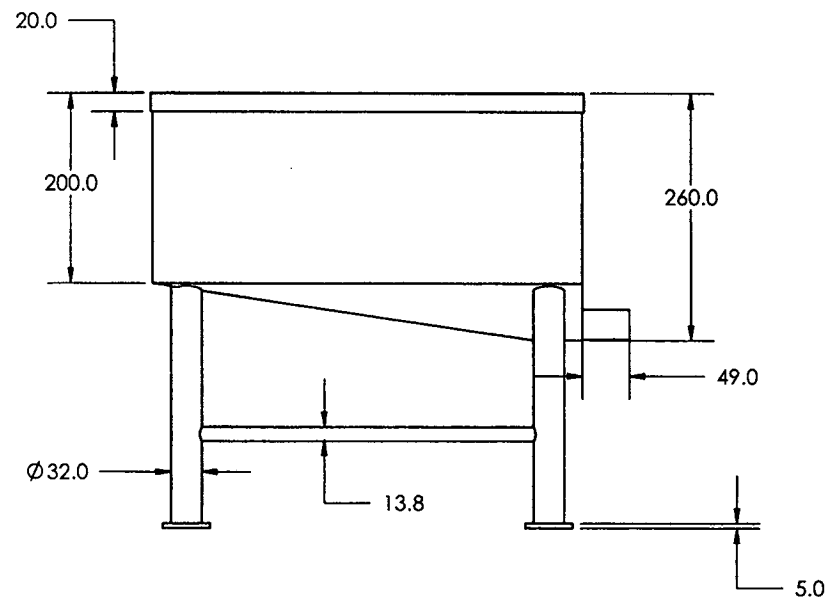
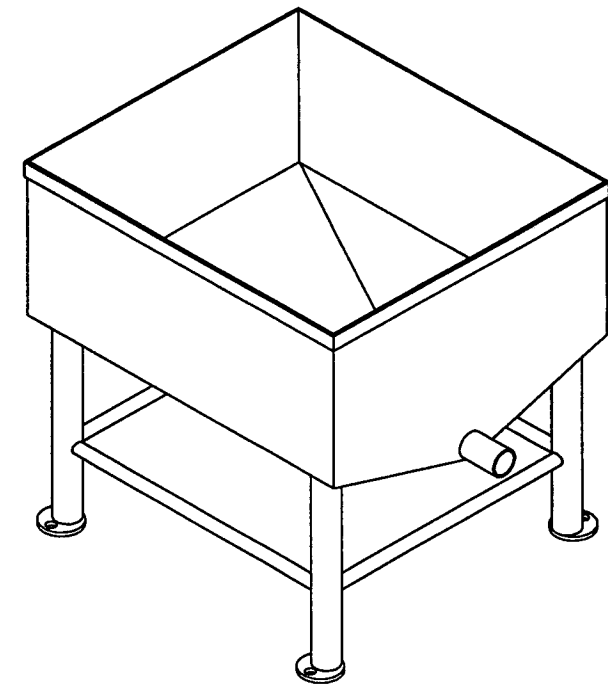
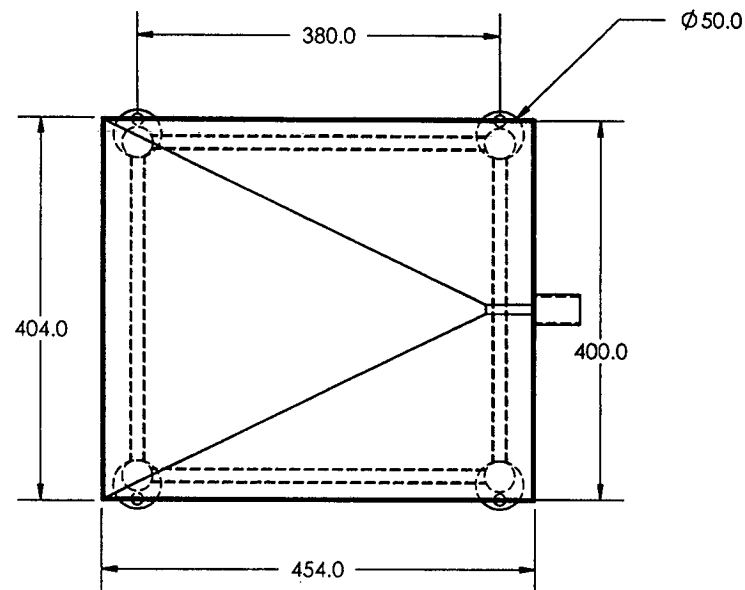


No.	Part Name	Material	Qty	2
ชื่อ	รศ. ดร. วีรชัย พุทธวงศ์			
NAME	Assoc. Prof. Weerachai Phutdhawong			
POSITION	Ph.D (Organic Chemistry)			
DWG NO.	VRCH-10003-00			
SHEET 2 OF 11				

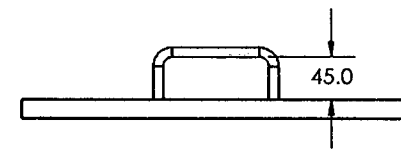
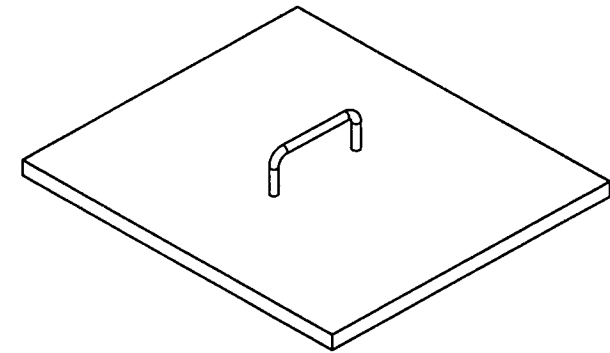
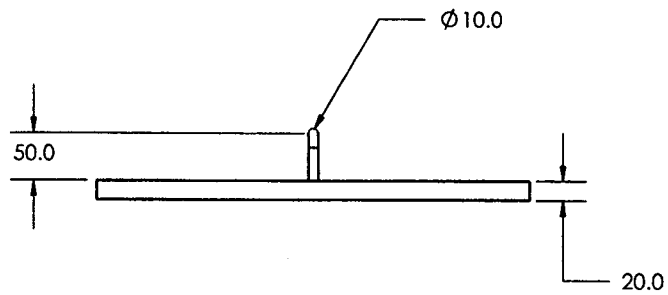
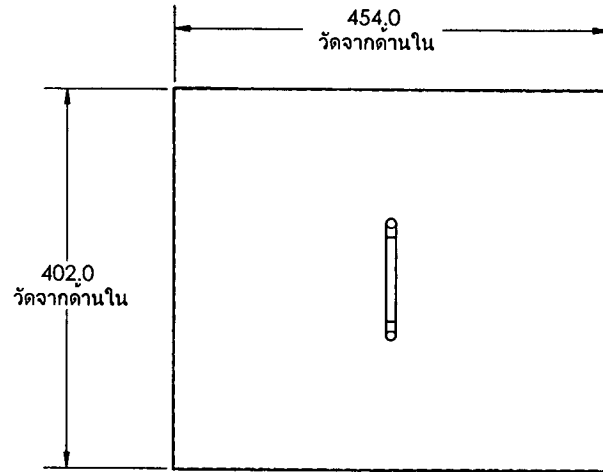


No.	Part Name	Material	Qty	3
ชื่อ รศ.ดร. วีระชัย พุดธวงศ์				
NAME Assoc. Prof. Weerachai Phutdhawong				
POSITION Ph.D (Organic Chemistry)				
DWG NO. VRCH-10003-00				SHEET 3 OF 11

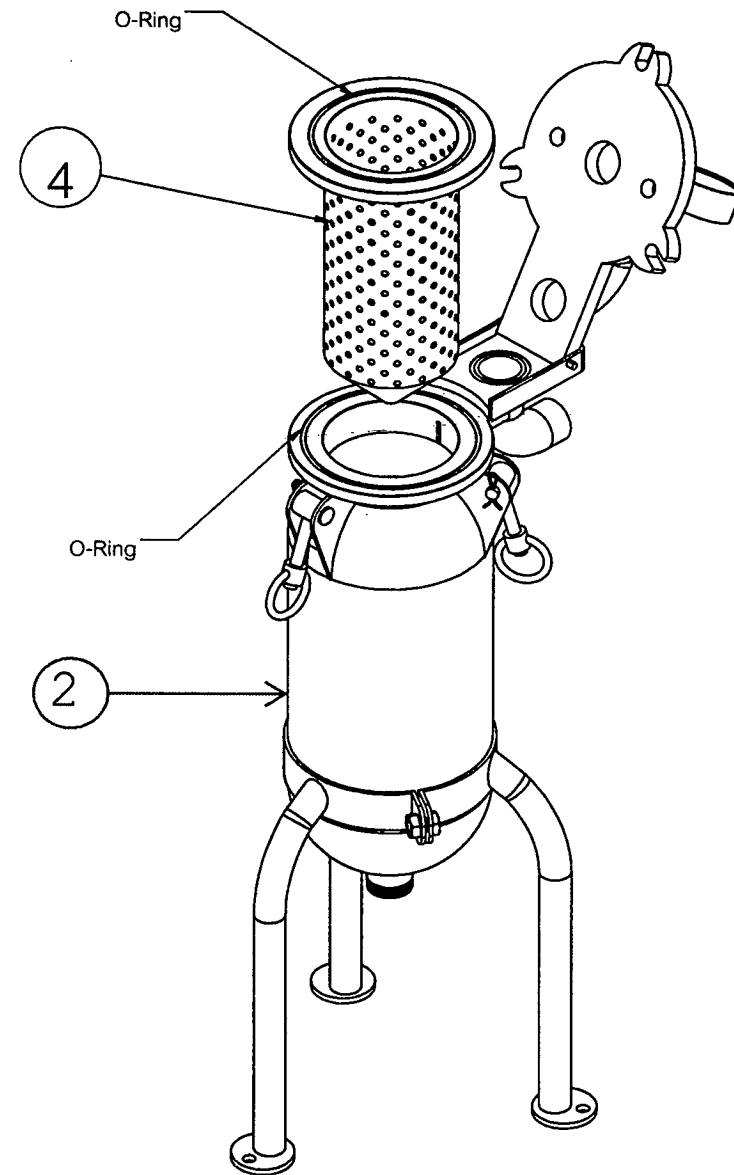
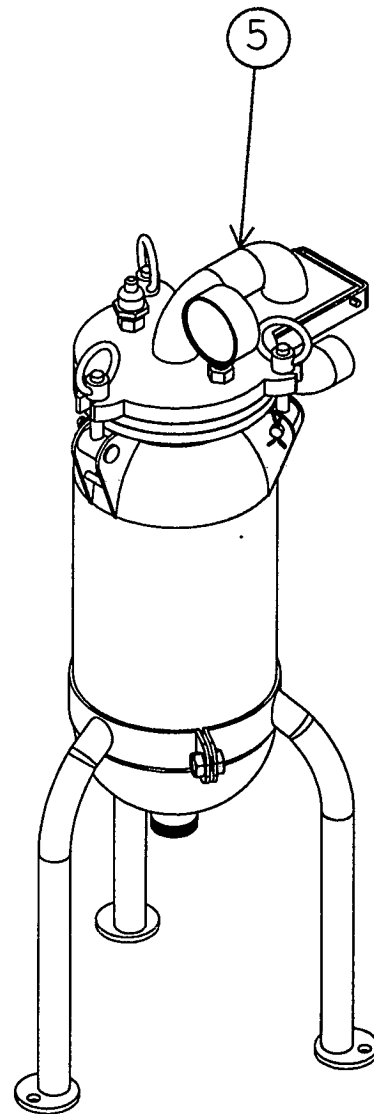
รูปที่ 4



1	ถัง	Stainless Steel	1	4
No.	Part Name	Material	Qty	Sheet no.
ชื่อ รศ.ดร. วีรชัย พุทธวงศ์				
NAME Assoc. Prof. Weerachai Phutdhawong				
POSITION Ph.D (Organic Chemistry)				
DWG NO. VRCH-10003-00			SHEET 4 OF 11	

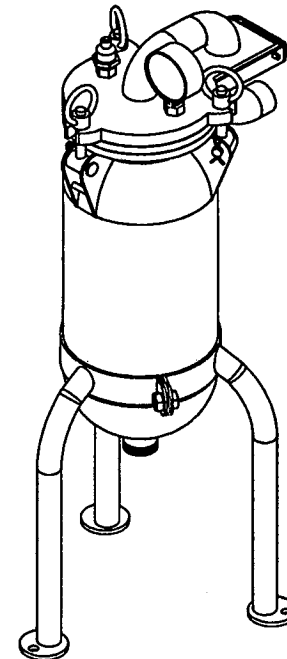
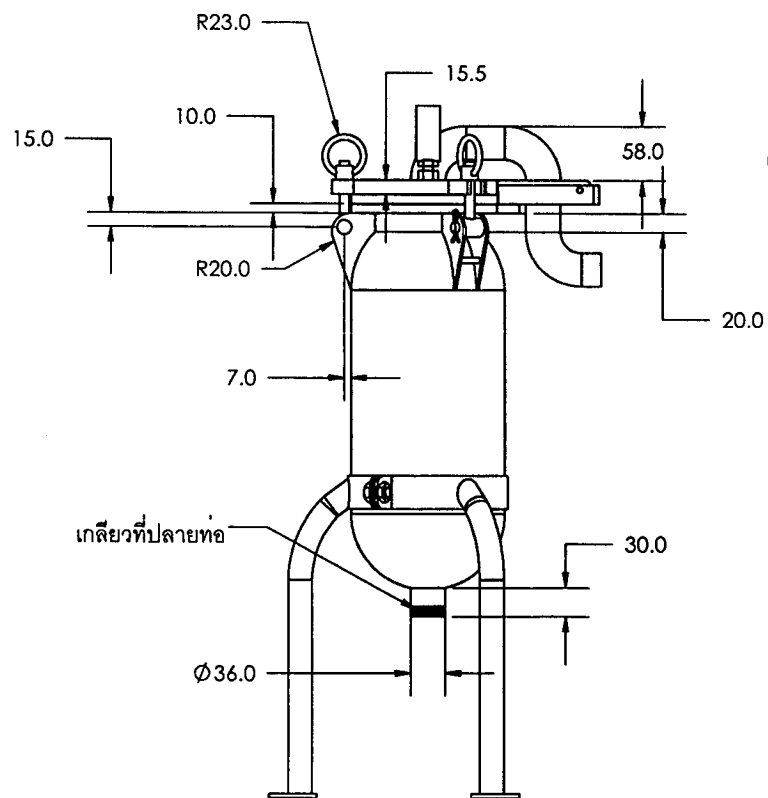
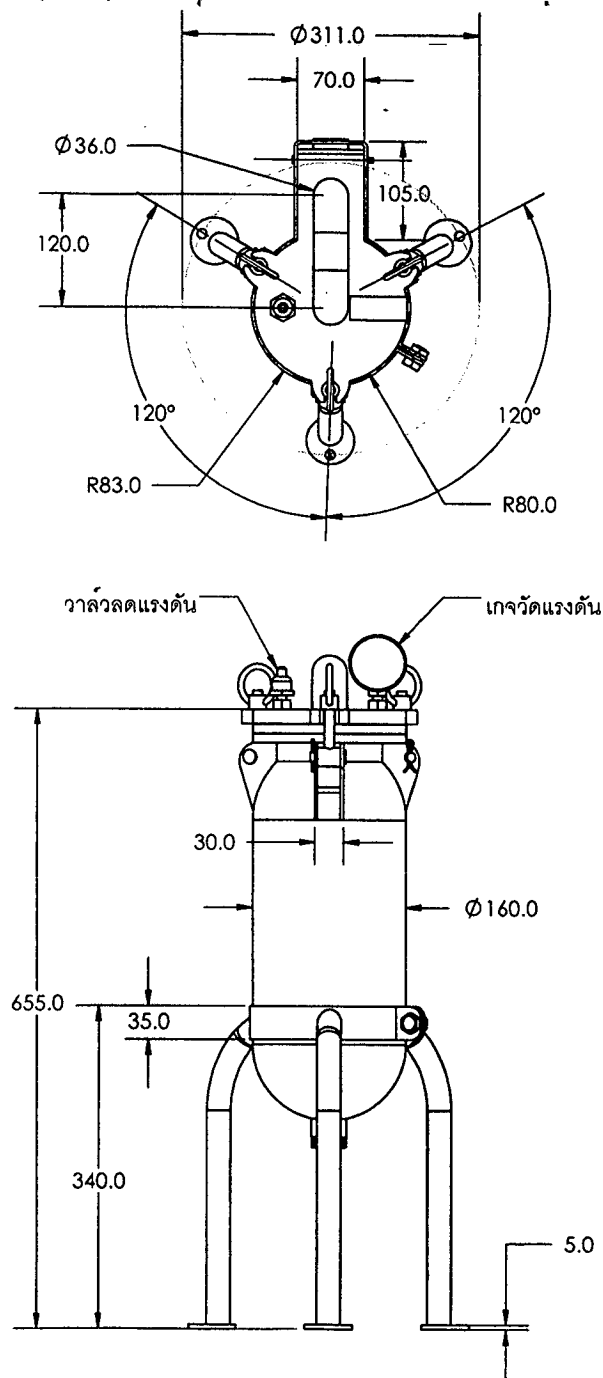


2	แผ่นัง	Stainless Steel	1	5
No.	Part Name	Material	Qty	Sheet no.
ชื่อ	รศ.ดร.วีรชัย พุทธวงศ์			
NAME	Assoc. Prof. Weerachai Phutdhawong			
POSITION	Ph.D (Organic Chemistry)			
DWG NO.	VRCH-10003-00			SHEET 5 OF 11



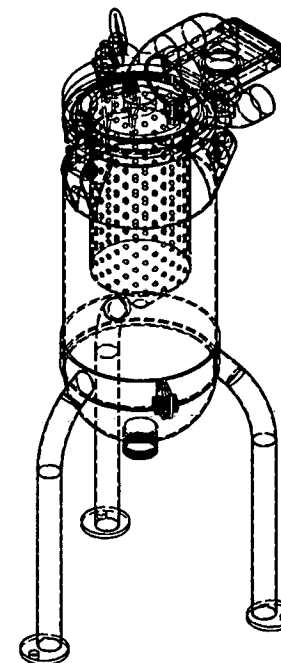
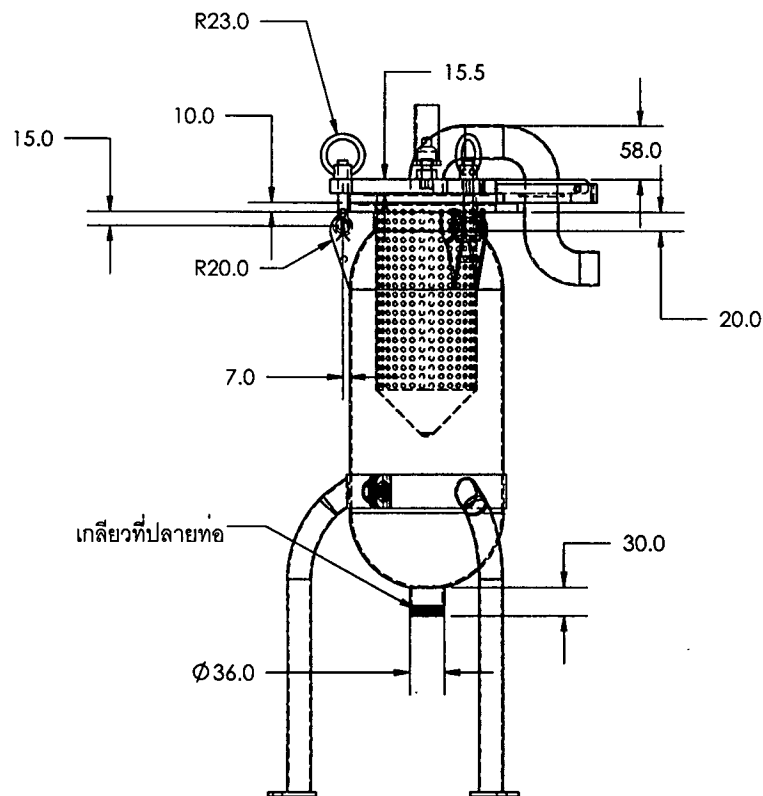
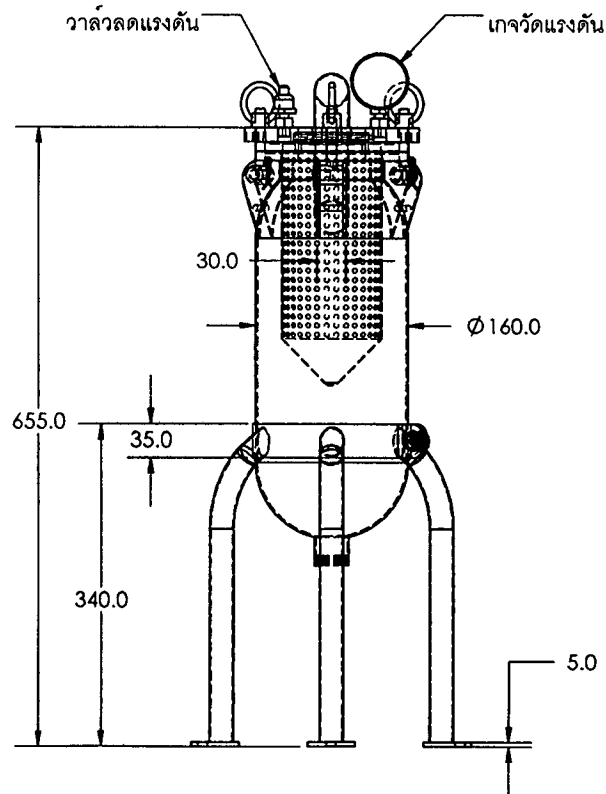
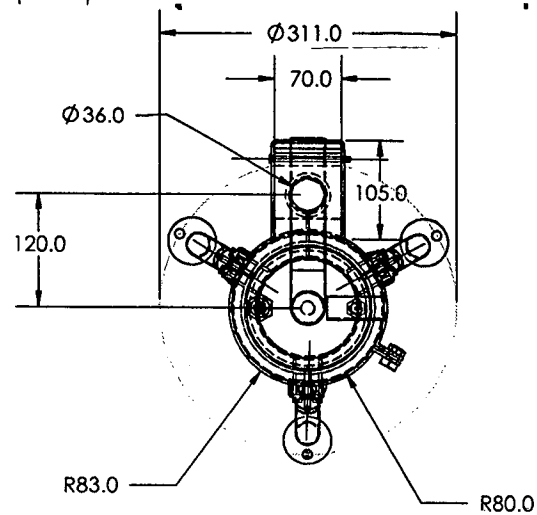
3	Filler Tank	Stainless Steel	1	6
No.	Part Name	Material	Qty	Sheet no.
ชื่อ รศ. ดร. วีรชัย พุทธวงศ์				
NAME Assoc. Prof. Weerachai Phutdhawong				
POSITION Ph.D (Organic Chemistry)				
DWG NO. VRCH-10003-00				SHEET 6 OF 11

รูปที่ 7

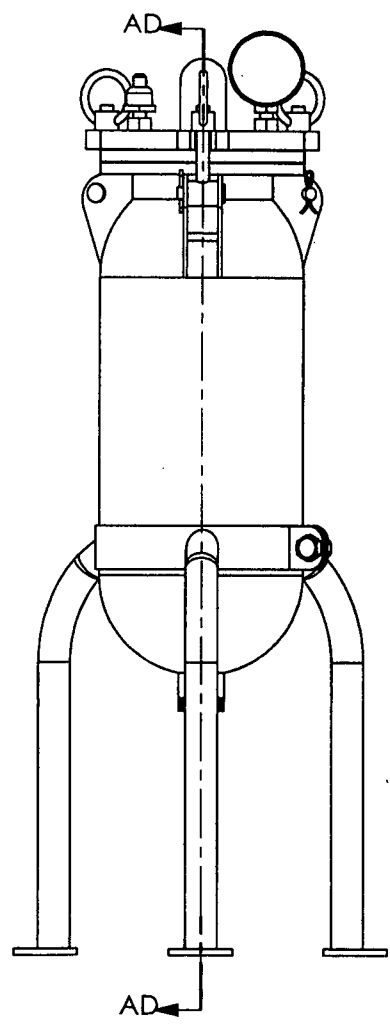


3	Fifmer Tank	Stainless Steel	1	7
No.	Part Name	Material	Qty	Sheet no.
ชื่อ รศ.ดร.วีรชัย พุทธวงศ์				
NAME Assoc. Prof. Weerachai Phutthawong				
POSITION Ph.D (Organic Chemistry)				
DWG NO. VRCH-10003-00		SHEET 7 OF 11		

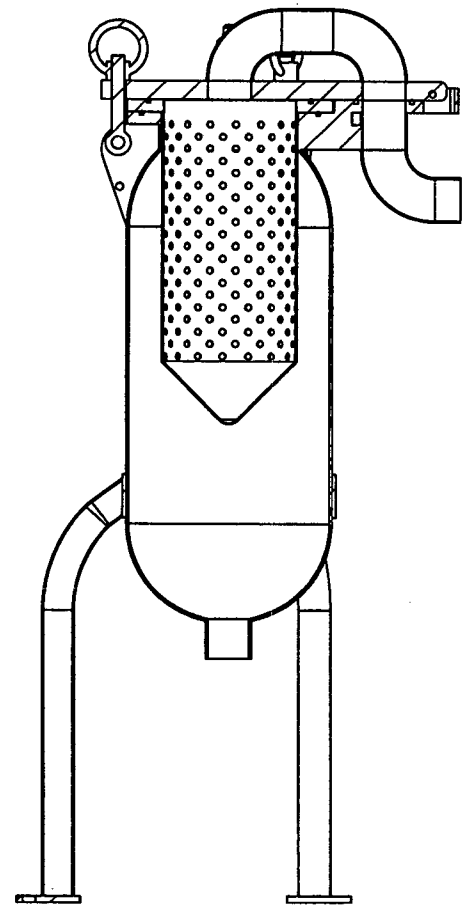
รูปที่ 8



3	Fitter Tank	Stainless Steel	1	8
No.	Part Name	Material	Qty	Sheet no
ชื่อ	รศ. ดร. วิจัย พุทธวงศ์			
NAME	Assoc. Prof. Weerachai Phutdhawong			
POSITION	Ph.D (Organic Chemistry)			
DWG NO.	VRCH-10003-00			SHEET 8 OF 11

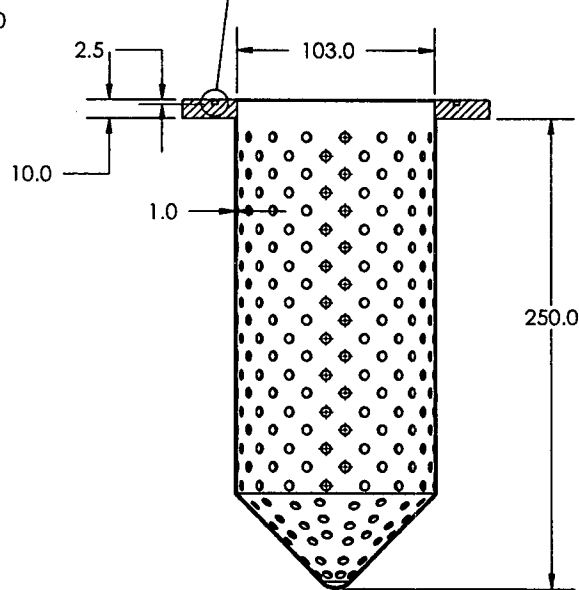
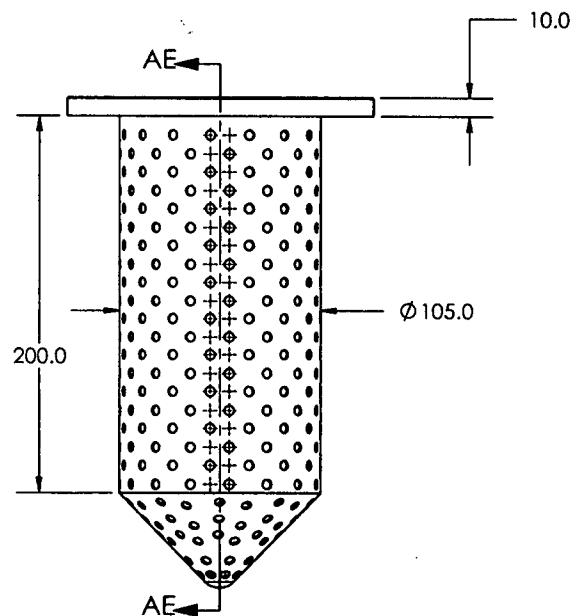
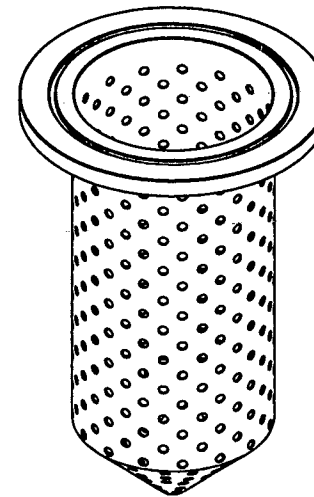
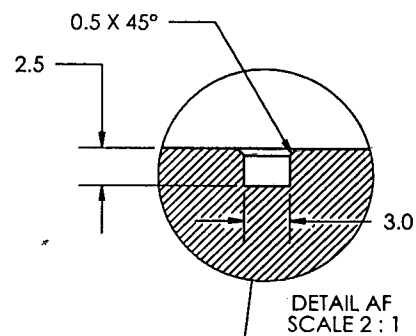
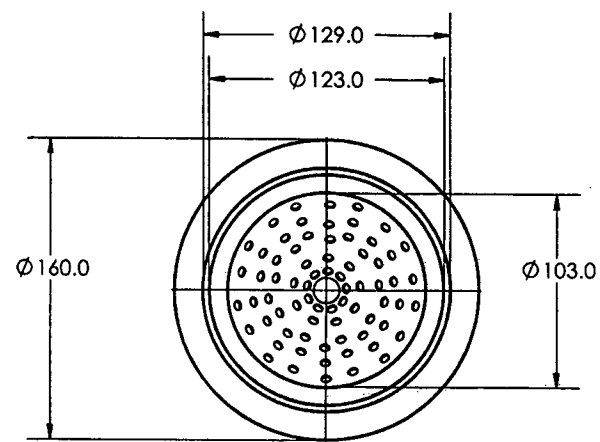


SECTION AD-AD
SCALE 1 : 6



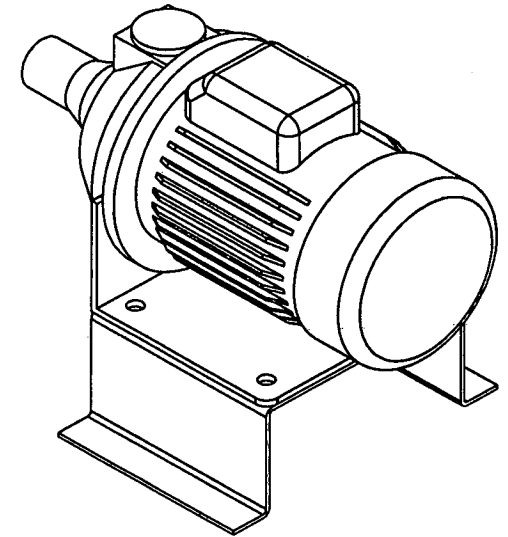
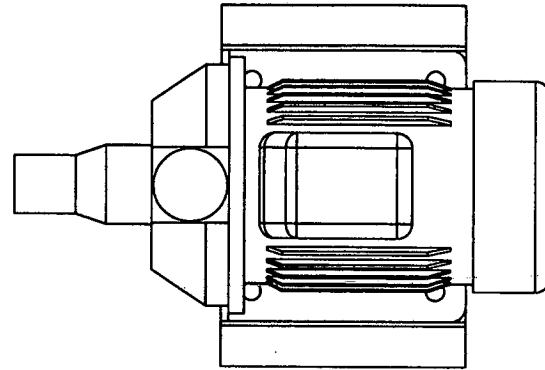
Water in

3	Filler Tank	Stainless Steel	1	9
No.	Part Name	Material	Qty	Sheet no.
ชื่อ	รศ. ดร. วีรชัย พุทธวงศ์			
NAME	Assoc. Prof. Weerachai Phutthawong			
POSITION	Ph.D (Organic Chemistry)			
DWG NO.	VRCH-10003-00			SHEET 9 OF 11

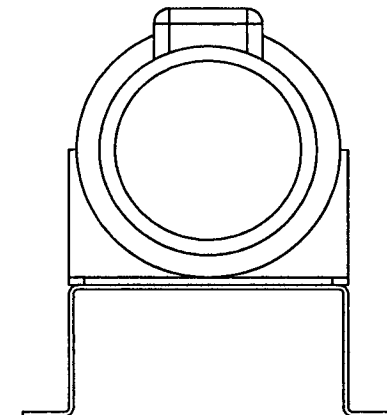
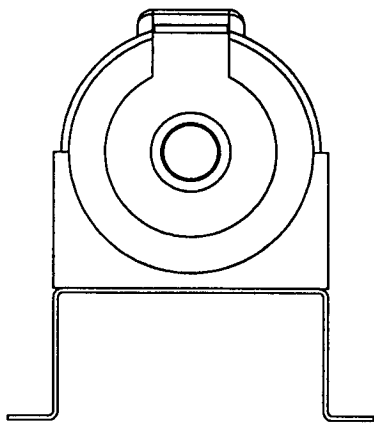
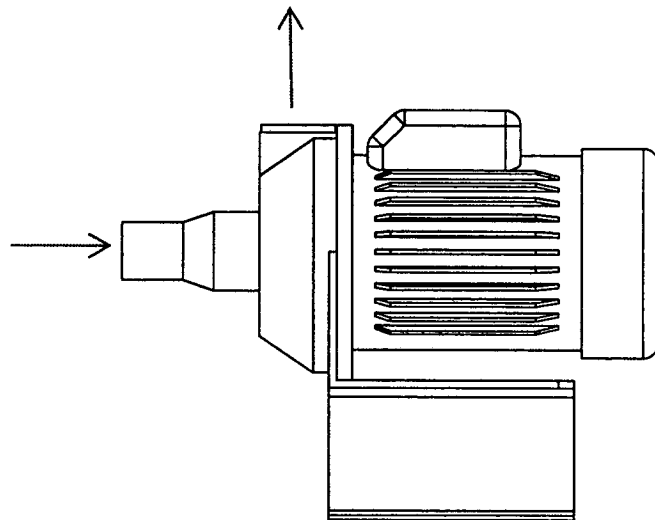


SECTION AE-AE
SCALE 1:4

No.	Part Name	Material	Qty	10
ชื่อ วิศวกร วรชัย พงษ์วงศ์				
NAME Assoc. Prof. Weerachai Phutdhawong				
POSITION Ph.D. (Organic Chemistry)				
DWG NO. VRCH-10003-00				
SHEET 10 OF 11				



Solution out

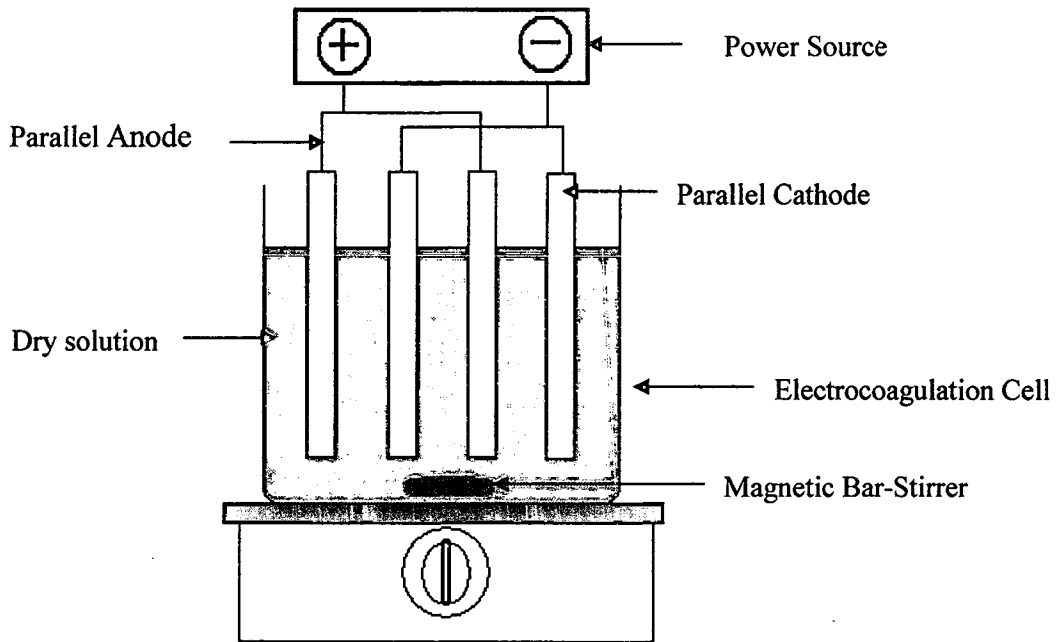


4	Pump	CEAM70/3N/A	1	11
No.	Part Name	Material	Qty	Sheet no.
ชื่อ	รศ.ดร.วีรชัย พุทธวงศ์			
NAME	Assoc. Prof. Weerachai Phutdhawong			
POSITION	Ph.D (Organic Chemistry)			
DWG NO.	VRCH-10003-00			SHEET 11 OF 11

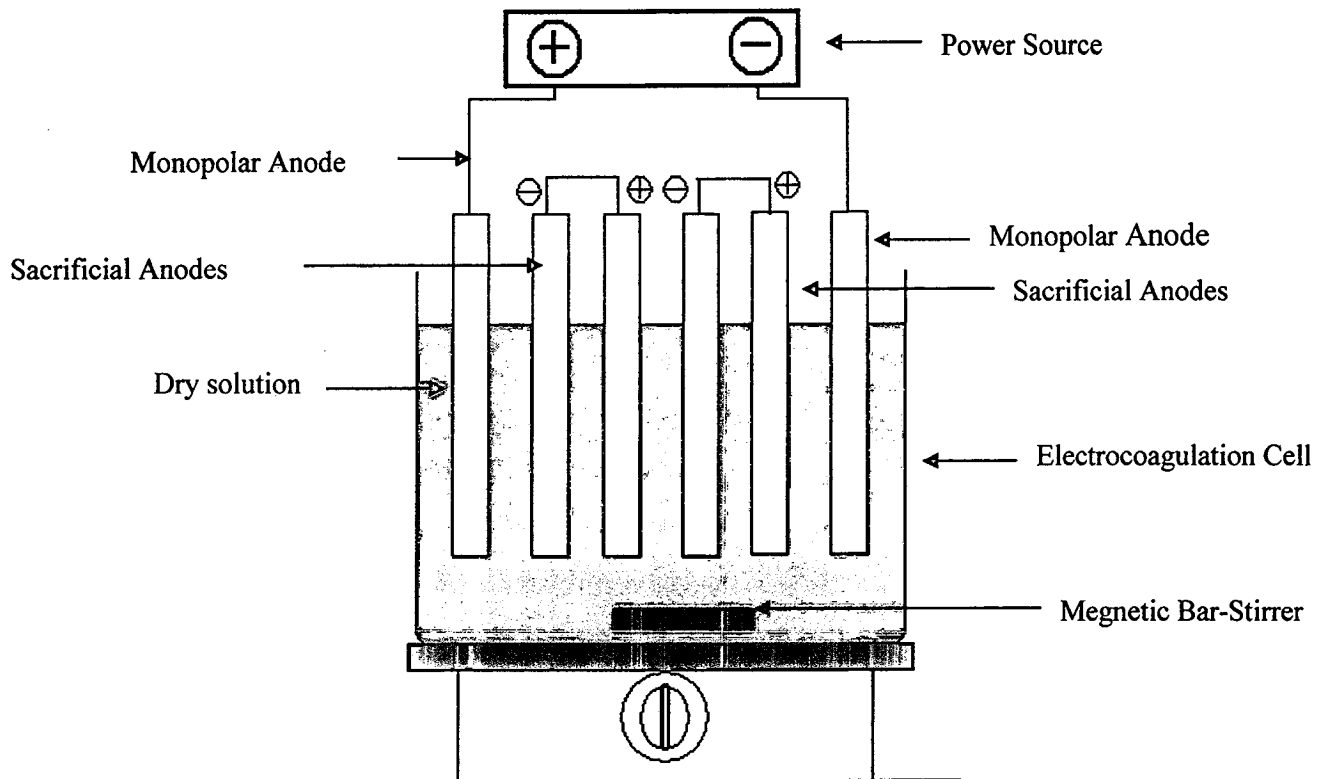
3.4 เครื่องตกตะกอนคอลลอยด์จากสารสกัดด้วยไฟฟ้า

การออกแบบชุดการจับกอนด้วยไฟฟ้า (Electrocoagulation, (EC)) ในระดับ Scale ใหญ่ จะศึกษาประสิทธิภาพโดยออกแบบการทดลอง 3 วิธีคือ

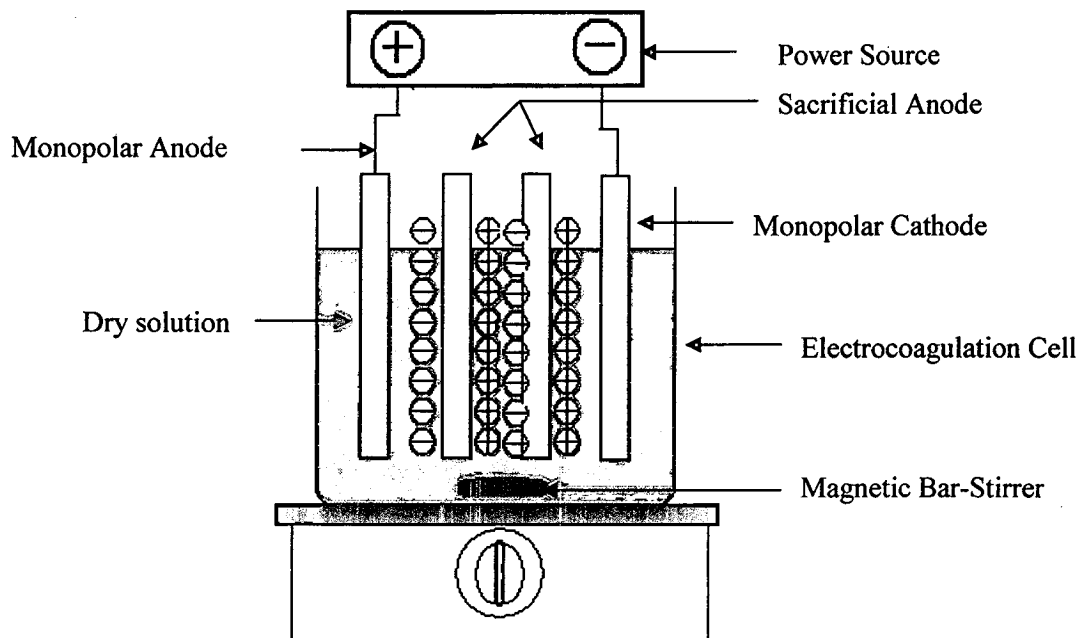
- EC reactor with electrodes in parallel connection (รูป 3.1)
- EC reactor with electrodes in series connection (รูป 3.2)
- EC reactor with bipolar electrodes (รูป 3.3)



รูป 3.1 EC reactor with electrodes in parallel connection



ပုံ 3.2 EC reactor with electrodes in series connection



ပုံ 3.3 EC reactor with bipolar electrodes

รายละเอียดของการประดิษฐ์

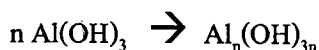
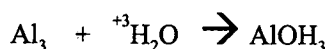
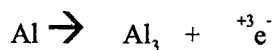
ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์ เครื่องตกตะกอนคลอโรฟิลล์จากสารสกัดบวบกด้วยไฟฟ้า

ชื่อผู้ประดิษฐ์

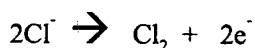
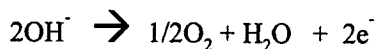
- รศ. ดร. วีรชัย พุทธวงศ์
- มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
- บริษัท เอเชียน ไฟย์โตซูติคอลส์ จำกัด (มหาชน)

1. ลักษณะและความมุ่งหมายของการประดิษฐ์

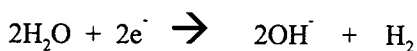
การประดิษฐ์นี้เป็นการประดิษฐ์ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องตกตะกอนคลอโรฟิลล์จากสารสกัดบวบกด้วยไฟฟ้า เป็นวิธีอิเล็กโทรไลซิส โดยใช้แผ่นอะลูมิเนียมเป็นอิเล็กโทรด และใช้ไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง เป็นตัวช่วยให้เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ เพื่อให้เกิดการจับก้อนด้วยไฟฟ้า โดยไม่ใช้อิเล็กโทรไลต์ใดๆช่วย โดยชนิดปฏิกิริยาของการจับก้อนด้วยไฟฟ้าโดยใช้ อะลูมิเนียม (Aluminium) ที่ขั้วแอโนด (anode) อะลูมิเนียมเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน



และมีปฏิกิริยาอื่น ๆ ที่อาจพบได้คือ



ที่ขั้วแคโทด (cathode) น้ำเกิดปฏิกิริยารีดักชัน



ความมุ่งหมายคือจะให้เครื่องตกตะกอนคลอโรฟิลล์จากสารสกัดบวบกด้วยไฟฟ้านี้ สร้าง Al(OH)_3 และ Poly OH^- จำนวนมากออกมาเพื่อจะเป็นตัวที่เลือกดูดซับเฉพาะสีและคลอโรฟิลล์ให้ตกตะกอนออกมาจากสารสกัดบวบก ที่ใช้น้ำร้อนเป็นตัวสกัด หรือใช้น้ำผสม Alcohol เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัด โดยสารธรรมชาติกลุ่มที่ไม่มีสีจะไม่ตกตะกอนออกมาด้วย

2. สาขาวิทยาการที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์

วิศวกรรมอาหารที่เกี่ยวข้องกับกลไกการตกตะกอนคลอโรฟิลล์จากสารสกัดที่เป็นของเหลว

3. ภูมิหลังของศิลปะหรือวิทยาการที่เกี่ยวข้อง

คลอโรฟิลล์ เป็นสารประกอบที่พบได้ในส่วนที่มีสีเขียวของพืช โดยพบมากที่ใบ นอกจากนี้ยังพบได้ที่ลำต้น ดอก ผลและรากที่มีสีเขียว และยังพบได้ในสาหร่ายทุกชนิด นอกจากนี้ยังพบได้ในแบคทีเรียบางชนิด คลอโรฟิลล์ทำหน้าที่เป็นโมเลกุลรับพลังงานจากแสง และนำพลังงานดังกล่าวไปใช้ในการสร้างพลังงานเคมีโดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เพื่อสร้างสารอินทรีย์ เช่น น้ำตาล และนำไปใช้เพื่อการดำรงชีวิต

คลอโรฟิลล์มีประโยชน์ แต่ในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องสำอางที่สนใจองค์ประกอบของสารเคมีกลุ่มที่มีประโยชน์ตัวอื่นที่ไม่มีสี เพราะสีของคลอโรฟิลล์ทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่น่าสนใจ จึงต้องมีขบวนการการขจัดออก ซึ่งมีหลายวิธี เช่น การแยกด้วยซิลิกาเจล การสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ และล่าสุดมีการพยายามใช้การแยกด้วยไฟฟ้า โดยการทำอิเล็กโทรลิซิสซึ่งเป็นขบวนการที่ใช้พลังงานไฟฟ้าทำให้เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ (redox) ขึ้น ทำได้โดยผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในสารที่อยู่ในสถานะสารละลายหรือหลอมเหลวไอออนิก (ionise) ได้ เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในสารดังกล่าวโดยใช้อิเล็กโทรด ทำให้อิออนทั้งหลายเคลื่อนที่ไปยังอิเล็กโทรดที่มีประจุตรงข้ามและมีการถ่ายเทอิเล็กตรอนที่อิเล็กโทรดเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของสารที่ให้ทดลอง เช่น อาจเกิดเป็นอะตอมของธาตุหรือสารประกอบซึ่งเคลือบบนพื้นผิวอิเล็กโทรด อาจให้ก๊าซออกมาหรืออิออนอาจทำปฏิกิริยาซึ่งกันและกัน หรือทำปฏิกิริยากับอิเล็กโทรดหรือทำปฏิกิริยากับตัวทำละลาย1 จากหลักการดังกล่าว อาจประยุกต์ใช้ในการกำจัดสิ่งเจือปน โดยเฉพาะอย่างยิ่งสีออกจากสารสกัดของพืชได้ วิธีนี้เป็นแนวคิดที่ดีแต่ยังไม่มีเครื่องมือที่ผลิตออกมาใช้ ดังนั้น เครื่องตกตะกอนคลอโรฟิลล์จากสารสกัดบับกด้วยไฟฟ้า จะเป็นเครื่องมือแรกที่เป็นคำตอบและช่วยแก้ปัญหาการแยกคลอโรฟิลล์ให้ทำได้ง่าย สะดวก ปลอดภัย

4. การเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

ตามรูปที่ 1 แสดงให้เห็นถึงรูปลักษณะด้านขวาของเครื่องตกตะกอนคลอโรฟิลล์จากสารสกัดบับกด้วยไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ 5 ส่วนหลัก โดยมีตำแหน่งการจัดวางแสดงในรูปที่ 2 ประกอบด้วยภาพด้านหน้า ด้านข้าง และด้านบนของเครื่องตกตะกอนคลอโรฟิลล์จากสารสกัดบับกด้วยไฟฟ้า ซึ่งอุปกรณ์ทั้ง 5 ส่วนประกอบด้วย โครงเหล็กบรรจุถังพลาสติกขนาดใหญ่มีวาล์วระบายด้านล่าง (เลข 1) หม้อแปลงกระแสไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นกระแสตรง (เลข 2) ซึ่งจะผ่านกระแสตรงแรงดันสูงผ่านสายไฟไปยังแผ่นอิเล็กโทรดอะลูมิเนียมที่บรรจุในถังพลาสติก โดยมีกล่องควบคุมเวลาและแรงดัน (เลข 3) เป็นตัวควบคุมวงจรอิเล็กทรอนิกส์หลักๆทั้งหมด และมีมอเตอร์หมุนช้าแรงบิดสูง (เลข 4) เป็นตัวพาแกนกวนใบพายพับได้ (เลข 5) ที่ติดใบพายขนาดใหญ่ที่พับได้ หมุนช้าๆ ในโครงเหล็กบรรจุถังพลาสติกขนาดใหญ่มีวาล์วระบายด้านล่าง (เลข 1) ซึ่งจะบรรจุสารสกัดจากบับกที่จะนำมาตกตะกอนคลอโรฟิลล์ด้วยไฟฟ้า

5. คำอธิบายรูปเขียนโดยย่อ

รูปที่ 1 แสดงถึงลักษณะของเครื่องตกตะกอนคลอโรฟิลล์จากสารสกัดบับกด้วยไฟฟ้า ด้านขวา

รูปที่ 2 แสดงถึงรายละเอียดเครื่องตกตะกอนคลอโรฟิลล์จากสารสกัดบับกด้วยไฟฟ้าตำแหน่งการจัดวางอุปกรณ์ประกอบด้วยภาพด้านหน้า ด้านข้าง และด้านบนของเครื่องตกตะกอนคลอโรฟิลล์จากสารสกัดบับกด้วยไฟฟ้า

รูปที่ 3 แสดงถึงรายละเอียดด้านในของถังบรรจุสารสกัดของเครื่องตกตะกอนคลอโรฟิลล์จากสารสกัดบับกด้วยไฟฟ้า

รูปที่ 4 แสดงถึงรายละเอียดแกนกวนใบพายพับได้ของเครื่องตกตะกอนคลอโรฟิลล์จากสารสกัดบับกด้วยไฟฟ้า

6. วิธีการประดิษฐ์ที่ดีที่สุด

เหมือนกับที่ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อการเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

ข้อถ้อยสิทธิ

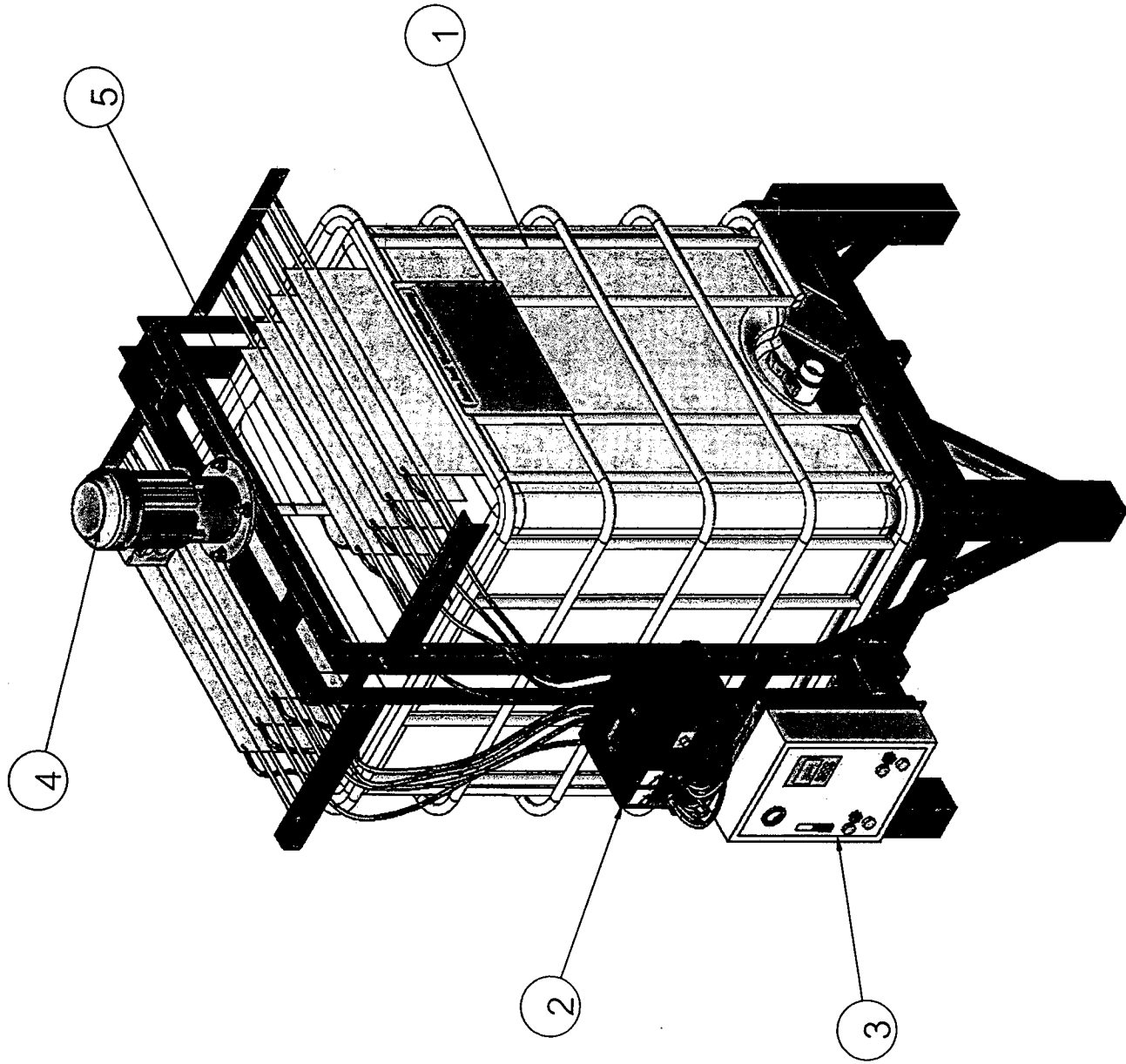
1. เครื่องตกตะกอนคลอโรฟิลล์จากสารสกัดบับกด้วยไฟฟ้า ประกอบด้วย

ในรูปที่ 1 แสดงชัดเจนถึงโครงหลักบรรจุถังพลาสติกขนาดใหญ่มีวาล์วระบายด้านล่าง (เลข 1) ที่บรรจุแผ่นอลูมิเนียมแปดแผ่นต่อสายไฟฟ้าสลับขั้วบวกและลบแรงดันสูงมาจากหม้อแปลงกระแสไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นกระแสตรง (เลข 2) ซึ่งมีกล่องควบคุมเวลาและแรงดัน (เลข 3) เป็นตัวควบคุมวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ให้มอเตอร์หมุนช้าแรงบิดสูง (เลข 4) เป็นตัวพาแกนทวนใบพายพับได้ (เลข 5) ที่ติดใบพายขนาดใหญ่ที่พับได้ หมุนช้าๆ ในโครงหลักบรรจุถังพลาสติกขนาดใหญ่มีวาล์วระบายด้านล่าง (เลข 1) ซึ่งจะบรรจุสารสกัดจากบับก เมื่อวงจรต่อครบและเกิดขบวนการจับก้อนด้วยไฟฟ้าอย่างสมบูรณ์ ก็จะทำให้ตกตะกอนคลอโรฟิลล์ด้วยไฟฟ้าออกมาจำนวนมาก ซึ่งจะระบายออกจาก โครงหลักบรรจุถังพลาสติกขนาดใหญ่มีวาล์วระบายด้านล่าง (เลข 1) ทางวาล์วระบายด้านล่าง

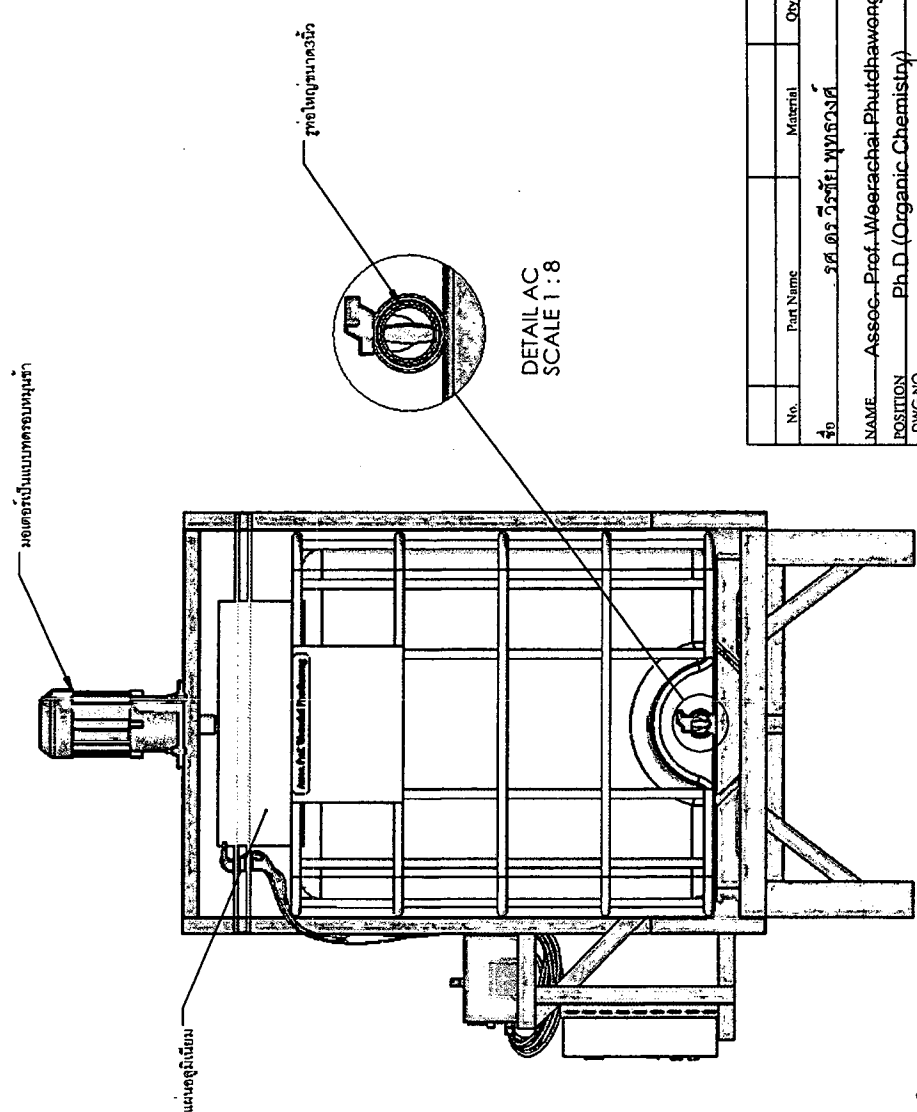
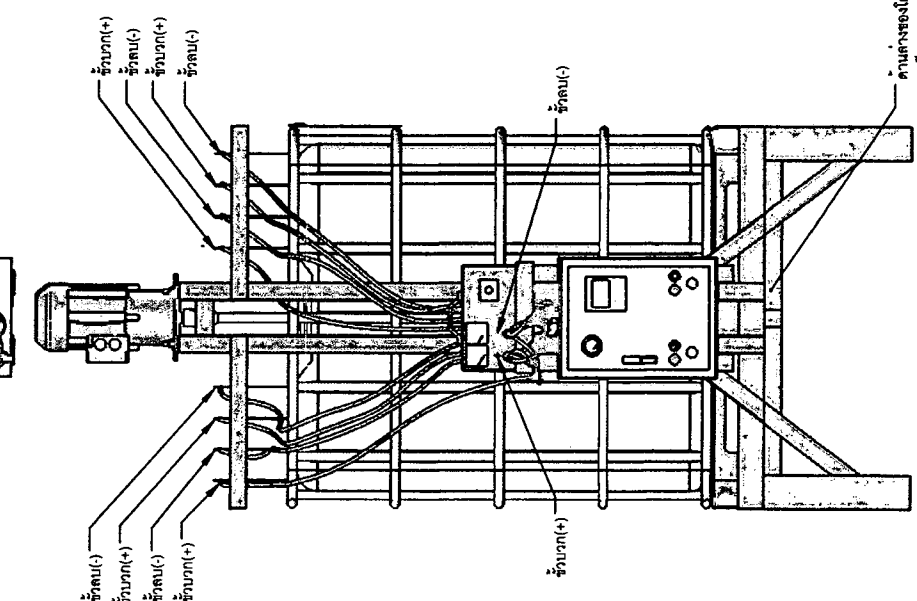
บทสรุปการประดิษฐ์

เครื่องตกตะกอนคลอโรฟิลล์จากสารสกัดบับกด้วยไฟฟ้านี้ เป็นเครื่องที่เสนอกลไกการตกตะกอนคลอโรฟิลล์จากสารสกัดบับกด้วยไฟฟ้า โดยการใช้ไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงผ่านไปยังแผ่นอลูมิเนียมขนาดใหญ่แปดแผ่นที่จุ่มในสารสกัดบับกในถังพลาสติกขนาดใหญ่ที่มีวาล์วระบายตะกอนด้านล่างของถัง โดยเมื่อต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงครบแล้ว และเปิดเครื่องเพื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงไปยังแผ่นอะลูมิเนียมโดยมีตัวควบคุมกระแสและจับเวลาคอยควบคุมเพื่อไม่ให้เกิดไฟฟ้าลัดวงจร ในถังพลาสติกขนาดใหญ่ที่บรรจุสารสกัดจากบับกจะเกิดปฏิกิริยาทางเคมี สร้าง $Al(OH)_3$ และ $Poly\ OH^-$ จำนวนมากออกมาเพื่อจะเป็นตัวที่เลือกดูดซับเฉพาะสีและคลอโรฟิลล์ให้ตกตะกอนออกมาจากสารสกัดบับก ที่ใช้น้ำร้อนเป็นตัวสกัด หรือใช้น้ำผสม Alcohol เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัด โดยเหลือสารธรรมชาติกลุ่มที่ไม่มีสีไว้ในสารละลาย โดยตะกอนจำนวนมากจะถูกระบายออกทางวาล์วระบายด้านล่างของถังบรรจุสารสกัดจากบับก เครื่องตกตะกอนคลอโรฟิลล์จากสารสกัดบับกด้วยไฟฟ้านี้เป็นเครื่องมือที่ช่วยแยกคลอโรฟิลล์จากสารสกัดบับกเร็ว สะดวก สะอาดลดต้นทุนและไม่ใช้สารละลายอินทรีย์

รูปที่ 1

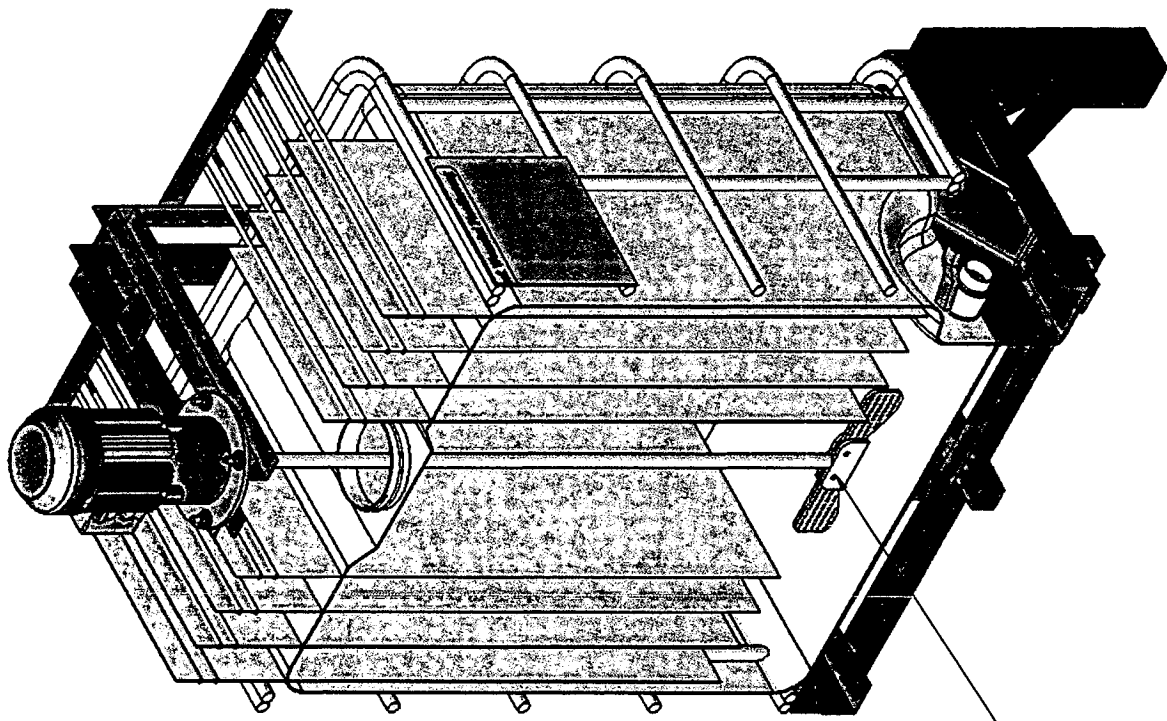


No.	Part Name	Material	Qty	Sheet no.
๕๖	รศ.ดร. วีรชัย พุทธวงศ์			
NAME	Assoc. Prof. Weerachai Phutthawong			
POSITION	Ph.D.(Organic Chemistry)			
DWG NO.	VRCH-10004-00			
			SHEET	5 OF 10



No.	Part Name	Material	Qty	Sheet no.
1	วัสดุ วัสดุ พลาสติก			
NAME : Assoc. Prof. Weerachai Phuthawong				
POSITION : Ph.D.(Organic Chemistry)				
DWG NO.		SHEET 2 OF 10		
VRCH--10004--00				

รูปที่ 3

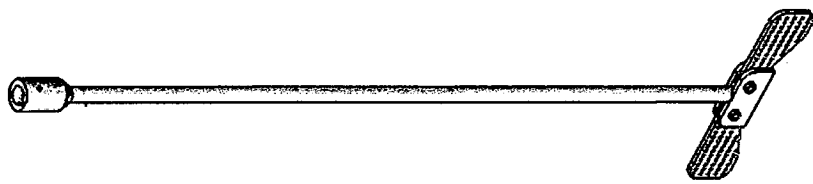
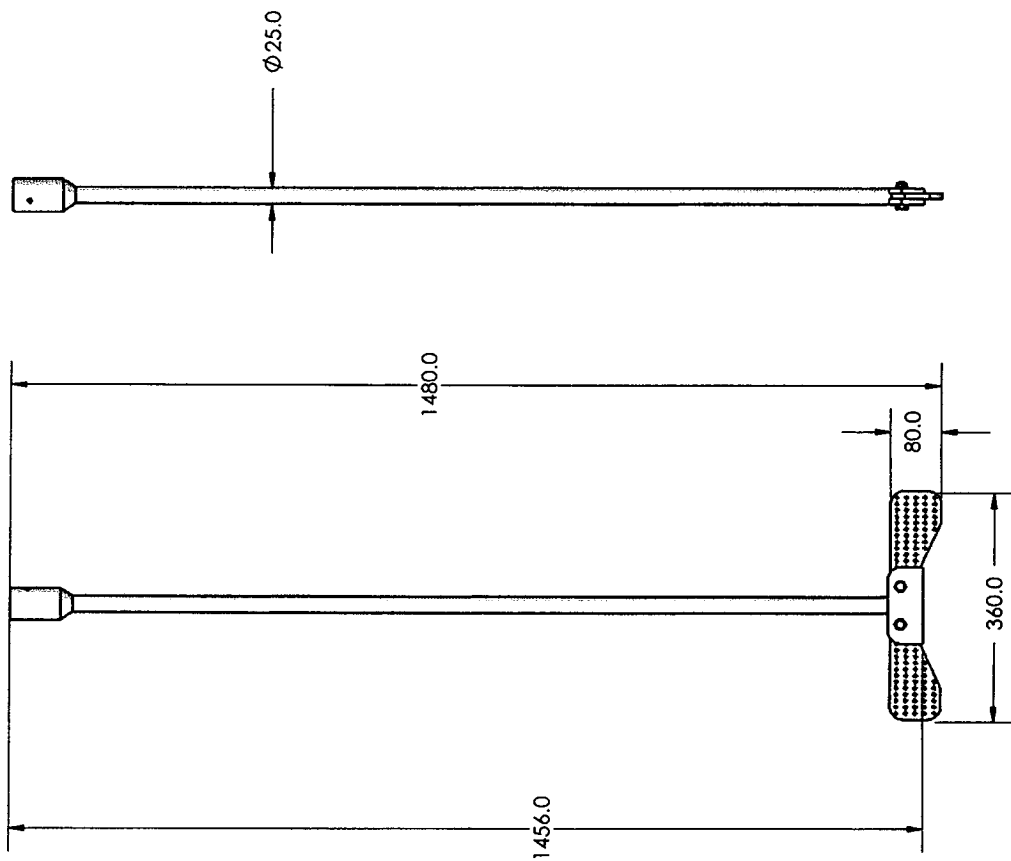


แกนมอเตอร์จมลงไปในถัง
มีใบพัดแบบพับเก็บได้โดยเยื้องลงไปด้านล่างถึง

หน้าตัดด้านใน

No.	Part Name	Material	Qty	Sheet no.
ชื่อ	รศ.ดร.วิรัช พุทธวงศ์			
NAME	Assoc. Prof. Weerachai Phutdhawong			
POSITION	Ph.D.(Organic Chemistry)			
DWG NO.	VRCH-10004-00			
				SHEET 3 OF 10

รูปที่ 4



၇၆၆

۱۰۰

5	ชวโรทน	Part Name	Qty	1	10
No.		Material			Sheet no
ชื่อ	รศ.ดร.วีรชัย พุทธวงศ์				
NAME	Assoc. Prof. Weerachai Phutdhawong				
POSITION	Ph.D. (Organic Chemistry)				
DWG NO.	VRCH-10004-00			SHEET 10 OF 10	

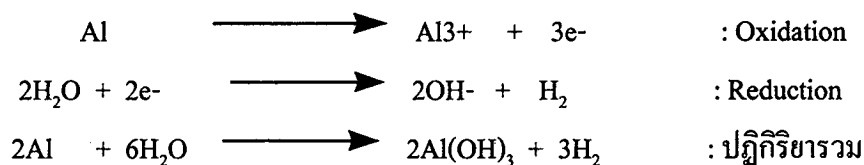
ชุดไปพล

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

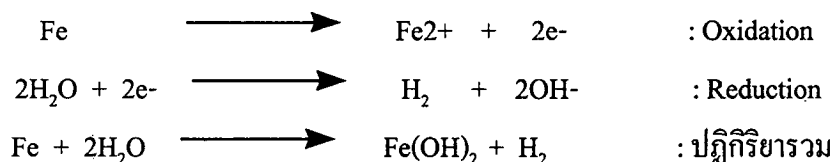
4.1 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง การทำ Model Study ของเทคนิคการจับกอนด้วยไฟฟ้า

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้ว กระบวนการที่ใช้พลังงานไฟฟ้าทำให้เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ (redox) ระหว่างที่ทำอิเล็กโทรไลต์จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) ของอลูมิเนียม (Al)/เหล็ก (Fe) กลายเป็น อลูมิเนียมไอออน (Al^{3+})/เหล็กไอออน (Fe^{2+}) ที่ขั้วบวก (Anode) และจะเกิดปฏิกิริยารีดักชัน (Reduction) ของน้ำ (H_2O) กลายเป็นไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) และมีก๊าซไฮโดรเจน (H_2) เกิดขึ้นที่ขั้วลบ (Cathode) ดังสมการ

สมการปฏิกิริยาที่ใช้อลูมิเนียมเป็นอิเล็กโทรด



สมการปฏิกิริยาที่ใช้เหล็กเป็นอิเล็กโทรด



ปฏิกิริยาอันนี้จะเกิดตะกอนเบที่มีลักษณะคล้ายเจล (gel) ของ $2Al(OH)_3 / Fe(OH)_2$ ซึ่งตะกอนเบานี้จะทำหน้าที่ดูดซับสิ่งเจือปนและแรงดึงดูดของสารละลายสีย้อมผ้า ทำให้ตะกอนที่เกิดขึ้นตกลงมาจึงทำให้สารละลายสีย้อมผ้ามีสีจางลง

การทดลอง ได้ทำการศึกษา model โดยใช้สารละลายสีย้อมผ้าสีต่าง ๆ ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีหลัก คือสารในกลุ่ม phenolic compound อันเป็นสารที่สามารถพบได้มากใน Tannin และ Lignin ในพืช การทดลองนี้ใช้ความเข้มข้น 0.1 % (W/V) ปริมาตร 1 ลิตร ระบบที่ใช้ในการทดลองแบ่งเป็น 2 ระบบ ดังนี้ ระบบที่ 1 ใช้เทคนิคทางไฟฟ้าเคมีที่ใช้อลูมิเนียมเป็นอิเล็กโทรด ใช้โซเดียมคลอไรด์เป็นอิเล็กโทรไลต์ และไม่ใช่โซเดียมคลอไรด์ ระบบที่ 2 ใช้เทคนิคทางไฟฟ้าเคมีที่ใช้เหล็กเป็นอิเล็กโทรด ใช้โซเดียมคลอไรด์เป็นอิเล็กโทรไลต์ และไม่ใช่โซเดียมคลอไรด์ สารละลายสีย้อมผ้าที่เหลือ ณ เวลาต่าง ๆ หลังการบำบัดโดยเทคนิคทางไฟฟ้า

เคมี ด้วยสองระบบนี้ นำออกมาวัดปริมาณสีที่เหลือนด้วยเทคนิคยูวีสเปกโตรสโคปีที่มีความยาวคลื่นที่เหมาะสมต่อสีแต่ละตัว ให้ผลดังตาราง 2.1 2.2 และ 2.3 จากนั้นทำการสร้างกราฟมาตรฐานของสีย้อมผ้าแต่ละตัว โดยนำสารละลายสีย้อมผ้าที่มีความเข้มข้นต่างๆ มาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ λ_{max} ที่เหมาะสมของสีแต่ละตัว ให้ผลดังตาราง 2.6 2.7 และ 2.8 จากนั้นนำค่าจากตารางมาสร้างกราฟมาตรฐาน ได้กราฟมาตรฐานดังรูป 2.1 2.2 และ 2.3 จากกราฟมาตรฐาน จะได้สมการ $y = 0.167x$ (สีแดง) $y = 0.1242x$ (สีน้ำเงิน) และ $y = 0.1835x$ (สีเขียว) ตามลำดับ (ให้ $x =$ ความเข้มข้นที่เหลือของสีย้อมผ้า $y =$ ค่าการดูดกลืนแสง) สมการข้างต้นใช้หาค่าเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นที่เหลือหลังการทำอิเล็กโทรไลซิส ของสีย้อมผ้า จากนั้นนำค่าที่ได้มาพล็อตกราฟระหว่างเวลา กับ เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นที่เหลือหลังการทำอิเล็กโทรไลซิส ดังรูป 2.4 2.5 และ 2.6 และเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ของสีย้อมผ้าที่ถูกบำบัด ได้ผลดังนี้

สีย้อมผ้า	สีแดง		สีน้ำเงิน		สีเขียว	
	เดิม NaCl	-	เดิม NaCl	-	เดิม NaCl	-
เปอร์เซ็นต์ของสีย้อมผ้าที่ถูกบำบัด (เมื่อใช้ Al เป็นอิเล็กโทรด)	99.34	98.20	99.28	99.12	97.38	96.35
เปอร์เซ็นต์ของสีย้อมผ้าที่ถูกบำบัด (เมื่อใช้ Fe เป็นอิเล็กโทรด)	99.76	99.22	100	100	97.71	97.44

จากกราฟ 2.6 2.7 และ 2.8 เมื่อเปรียบเทียบการใช้อิเล็กโทรดระหว่าง อลูมิเนียม และ เหล็ก พบว่าเมื่อใช้เหล็กเป็นอิเล็กโทรด ให้ผลที่ดีกว่าการใช้อลูมิเนียมเป็นอิเล็กโทรดเล็กน้อย เนื่องจาก เหล็ก (Fe) สามารถเกิดปฏิกิริยาได้ทั้ง Fe^{2+} และ Fe^{3+} และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการใช้ และไม่ใช้ โซเดียมคลอไรด์ เป็นอิเล็กโทรไลต์ พบว่า การใช้โซเดียมคลอไรด์ ให้ผลที่ดีกว่าเล็กน้อย เนื่องจากโครงสร้างของสีย้อมผ้าเองมีส่วนที่เป็นเกลืออยู่แล้ว คือ เกลือโซเดียมของกรดซัลโฟนิก (sulphonic acid) ดังนั้นเพื่อเป็นการลดต้นทุนในโรงงานอุตสาหกรรมจึงควรใช้เหล็กเป็นอิเล็กโทรด เนื่องจากเหล็กมีราคาถูกกว่าอลูมิเนียม และไม่จำเป็นต้องใช้โซเดียมคลอไรด์เป็นอิเล็กโทรไลต์ ในการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีอิเล็กโทรไลซิส

จากการนำเทคนิคการจับก้อนด้วยไฟฟ้า มาใช้ในการบำบัดน้ำเสียจริง จากโรงงานสโนไวน์ลอนลี่ และโรงงานคุณสมบัติ จังหวัดเชียงใหม่ ผลการทดลองให้ผลที่ดี เช่นเดียวกันกับการทำ model study ดังตาราง 2.13 2.14 2.15 และ 2.16 คือจะให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงเรื่อย ๆ เมื่อใช้เวลาเพิ่มขึ้น

ผลจากการทดลองก่อให้เกิดแนวโน้มที่จะลดสารอินทรีย์ไฮโดรไลซ์ ออกจากการใช้เทคนิคทางไฟฟ้าเคมีบำบัดน้ำเสียจากโรงงานย้อมผ้า อันเป็นทางเลือกที่จะก่อให้เกิดความปลอดภัยต่อระบบสิ่งแวดล้อมมากขึ้น วิธีการนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้การสกัดสีออกจากสารสกัดพืชได้

4.2 สรุปวิจารณ์ผลการทดลองในระดับอุตสาหกรรม

นำต้นบัวบกที่ผึ่งในที่ร่มจนแห้งแล้ว นำมา สกัดหยาบด้วยน้ำร้อน หรือน้ำร้อนผสม Alcohol ด้วยเครื่องเครื่องสกัดสาร สำคัญจากบัวบก พบว่าระยะเวลาการสกัดใช้เวลา 6 ชั่วโมง สามารถสกัดเป็นสารละลายออกมาจนใส(สังเกตสีของสารละลาย) ซึ่งเป็นลักษณะของการสกัดสาร ออกเกือบหมดแล้วจากพืชบัวบกแห้ง 50 กิโลกรัม และมีระบบกรองอัตโนมัติได้เฉพาะสารละลาย เพื่อนำเข้าเครื่องตกตะกอนคอลลอยด์จากสารสกัดบัวบกด้วยไฟฟ้า โดยใช้กระแสไฟฟ้า 100 Am 24 Volt เป็นเวลา 6 ชั่วโมงพบว่า สามารถเกิดปฏิกิริยา Electrolysis ได้ดีมาก(มีฟองแก๊สเกิดขึ้นตลอดระยะเวลาการทดลอง) ในระบบมีอุปกรณ์ช่วยกวนสารละลาย ใช้แผ่นอะลูมิเนียมเป็นขั้ว อิเล็กโทรด จากนั้นกรองตะกอนด้วยเครื่องกรองตะกอนอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ด้วยแรงดันสูง ซึ่งประสิทธิภาพดีมาก สามารถกรองสารละลายได้ในอัตราเร็ว 10 ลิตรต่อชั่วโมง ลักษณะการกรองแบบแรงดันจะมีพลังการกรองที่ดีกว่าการกรองลักษณะการดูดเป็นสุญญากาศ ด้วยเครื่องสามารถสร้างแรงดันให้มากกว่าการดูดแบบสุญญากาศถึง 20 เท่า นำสารละลายที่กรองได้ซึ่งมีลักษณะใส มาระเหยสารละลายออกด้วย เครื่องระเหยน้ำและแอลกอฮอล์ แบบลดความดัน สำหรับการผลิตสารสกัดจากบัวบก จะได้สารสกัดหยาบของบัวบก 30 % Yield จากน้ำหนักพืชแห้ง เพื่อนำไปใช้ในการผสมสูตรเครื่องสำอางต่อไป

สรุปรูปแบบของผลผลิตหรือการนำผลงานไปใช้ประโยชน์

บริษัท เอเชียน ไฟฟ์โตเซวติคอลส์ จำกัด (มหาชน) (Asian Phytoceuticals Co., Ltd.) และบริษัท เอเชียนไลฟ์ จำกัด ได้ผลิต ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารและเครื่องสำอางเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นจากผลงานการค้นคว้าวิจัย และพัฒนาโดยคณะวิจัยวิทยาศาสตร์การแพทย์ของเอเชีย นูทราเซวติคอล เซ็นเตอร์ (Asian Nutraceutical Centre) โดยมีมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ ที่มีพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ที่เชื่อถือได้ มีความปลอดภัยสำหรับผู้บริโภค 100% มีประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์เกินกว่า 90% และเป็นบริษัทที่เริ่มทำธุรกิจผลิตภัณฑ์ธรรมชาติเพื่อสุขภาพ และความงามอย่างครบวงจรของประเทศไทย โครงการวิจัยนี้ได้

พัฒนาวิธีการสกัดสารธรรมชาติเพื่อสุขภาพ โดยจะสกัดสารตัวหลักในพืชบัวบก กลุ่ม triterpene พวก asiatic acid และ madecassic acid และอนุพันธุ์ของ triterpene ester glycosides คือ asiaticoside และ madecassoside จากใบบัวบก ในระดับอุตสาหกรรม โดยใช้เทคนิคการจับก๊อนด้วยไฟฟ้า ซึ่งจะใช้ต้นทุนในการสกัดต่ำ ไม่ใช้สารอินทรีย์ และให้ความบริสุทธิ์สูง โดยประโยชน์ของสารกลุ่มนี้ นอกจากในทางการแพทย์ จะใช้เป็นยาให้ทา รักษาแผล แผลไฟไหม้ แผลเปื่อย ป้องกันการเกิด keloid และแผลเป็น รักษาโรคกระเพาะและลำไส้เป็นแผลที่เกิดจากอาการเครียด แล้ว ด้วยสมบัติของ asiaticoside มีฤทธิ์ทำให้เกิดการสมานแผลโดยไปช่วยเพิ่มแรงดึง (tensile strength) ของแผล ทำให้แผลแข็งแรงขึ้นมีผลทำให้แผลหายเร็วขึ้นยังสามารถประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารและเครื่องสำอาง โดยความร่วมมือกับบริษัท เอเชียน ไฟย์โตซูติคอลส์ จำกัด (มหาชน) (Asian Phytoceuticals Co., Ltd.) และบริษัท เอเชียนไลฟ์ จำกัด โครงการได้จดอนุสิทธิบัตรจากการพัฒนาเครื่องสกัดสารธรรมชาติเพื่อสุขภาพจากบัวบกในระดับอุตสาหกรรม จำนวน 2 อนุสิทธิบัตร พร้อมกับมอบสารสกัดสำคัญจากบัวบกเพื่อให้บริษัทนำไปใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางในนามบริษัทที่ใช้สารสกัดจากบัวบก เช่น เครื่องสำอางในการลดเลือนริ้วรอยได้ดวงตา ด้วยส่วนผสมของผลิตภัณฑ์และ Asiaticoside เป็นต้น