

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำตั้งเรื่อง

อุตสาหกรรมอาหารทะเลกระป๋องและแปรรูป เป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญ เนื่องจากทำรายได้ให้ประเทศปีละหลายล้านบาทซึ่งใน ปี พ.ศ.2548 อุตสาหกรรมอาหารทะเลกระป๋องและแปรรูปมีมูลค่าส่งออก 1,700.65 ล้านดอลลาร์สหรัฐ และ พ.ศ. 2549 (ม.ค – ก.พ) มีมูลค่าส่งออก 273.36 ล้านดอลลาร์สหรัฐ (fact sheet สินค้าอาหารทะเลกระป๋องและแปรรูปเดือน กุมภาพันธ์ 2549 กรมส่งเสริมการส่งออกกระทรวงพาณิชย์) และโดยเฉพาะในภาคใต้มีโรงงานอุตสาหกรรมอาหารทะเลกระป๋องและแปรรูปตั้งอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นผลมาจากการพัฒนาทางเศรษฐกิจของประเทศที่ต้องการกระจายความเจริญสู่ภูมิภาค ประกอบกับลักษณะของที่ตั้งของภาคใต้ ทำให้อุตสาหกรรมมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง และเป็นอุตสาหกรรมหลักอย่างหนึ่งของภาคใต้ อย่างไรก็ตามอุตสาหกรรมประเภทนี้ก่อให้เกิดของเสียจากกระบวนการผลิต เช่น น้ำเสียที่ออกมาจากกระบวนการผลิต ซึ่งมีความจำเป็นต้องผ่านการบำบัดก่อนปล่อยออกสู่แหล่งน้ำต่อไป เนื่องจากน้ำเสียจากกระบวนการผลิตประกอบด้วยของแข็งและของเหลว ปะปนกันอยู่โดยปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำที่ส่วนใหญ่เป็นเลือด น้ำมัน ไขมัน และโปรตีนจากวัตถุดิบ ซึ่งมีปริมาณและลักษณะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับวัตถุดิบ ขนาดโรงงาน และกรรมวิธีการผลิต

โรงงานผลิตซูริมิ เป็นอุตสาหกรรมอาหารทะเลกระป๋องและแปรรูปประเภทหนึ่งซึ่งมีน้ำทิ้งที่ออกจากกระบวนการผลิตหลายขั้นตอน เริ่มตั้งแต่ น้ำที่ใช้ล้างวัตถุดิบจนกระทั่งน้ำที่ออกจากเครื่องบีบน้ำออกจากเนื้อปลาสด เศษเหลือจากกระบวนการผลิตซูริมิในขั้นตอนการตัดแต่งปลา มี 40 เปอร์เซ็นต์ ของเนื้อปลาทั้งตัว (วรรณวิบูลย์ กาญจนกุญชร และคณะ , 2541) และพบว่าน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตซูริมิมีค่า BOD₅ อยู่ระหว่าง 4,000 - 6,000 มิลลิกรัมต่อลิตร สารแขวนลอยซึ่งเป็นเนื้อปลาอยู่ระหว่าง 2,000 - 3,500 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณไขมันมีค่า 150 - 250 มิลลิกรัมต่อลิตร อุณหภูมิน้ำทิ้งอยู่ในช่วง 10 - 20 องศาเซลเซียส ค่า pH อยู่ระหว่าง 6.0-7.0 ปริมาณน้ำทิ้งประมาณ 30 - 40 ลูกบาศก์เมตรต่อหนึ่งตันวัตถุดิบ(สัณหัชชัย กลิ่นพิกุล :มปป.)

ของแข็งในน้ำเสียที่เจือปนอยู่ในส่วนที่เป็นสารโปรตีนและไขมัน ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ เช่น ทำเป็นอาหารสัตว์ และปุ๋ย เนื่องจากเนื้อปลามีคุณค่าทางโภชนาการสูงประกอบด้วย โปรตีนชนิดสมบูรณ์ปริมาณสูงและมีไขมันน้อย ดังนั้นการหาทางแยกนำเอาโปรตีน

และไขมันออกจากน้ำทิ้งซึ่งจะมีเศษเนื้อปลาและไขมันปะปนออกมาปริมาณมาก จากกระบวนการผลิตซูริมิ จะช่วยลดปริมาณสารอินทรีย์ เช่น ค่า BOD₅ หรือ COD ของน้ำทิ้งที่เข้าระบบบำบัดขั้นต่อไป ทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย ตลอดจนตะกอนที่ได้ยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อีก เช่นนำไปทำเป็นอาหารสัตว์ เพราะเศษตะกอนต่างๆ ล้วนเป็นเศษเนื้อปลาที่มีคุณค่าทางอาหารรวมทั้งไขมันจากปลาที่มีคุณค่าทางโภชนาการ

กระบวนการในการแยกเอาโปรตีนและไขมันออกจากน้ำเสียในกระบวนการผลิต นอกจากการใช้บ่อดักน้ำมันและไขมัน (Oil and grease trap) แล้วยังนิยมใช้กระบวนการลอยตะกอน (Flotation) ซึ่งเป็นกระบวนการที่เหมาะสมสำหรับการลอยอนุภาคที่มีขนาดเล็กมาก ซึ่งเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้เก็บเกี่ยวของแข็ง เช่น เนื้อปลาสด และเนื่องจากสารโปรตีนและไขมันในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมซูริมิเป็นอนุภาคเล็กมากกระจายอยู่ (Dispersed) ในน้ำ การศึกษาครั้งนี้จึงเลือกศึกษาการนำกลับโปรตีนและไขมันโดยใช้วิธีการรวมตะกอนและการลอยตะกอน (Flotation)

1.2 การตรวจเอกสาร

1.2.1 อุตสาหกรรมซูริมิ

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หมายเลข 935(2533) ได้ให้ความหมายของ “เนื้อปลาสด (ซูริมิ) เยือกแข็ง” ไว้ว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำปลาสดที่ผ่านการตัดหัวควักไส้มาผ่านกรรมวิธีแยกเนื้อปลาซึ่งจะได้เนื้อปลาสด จากนั้นนำเนื้อปลาสดมาล้างน้ำผ่านกรรมวิธีบีบน้ำ แล้วผสมกับวัตถุดิบอาหาร นวดให้เข้ากันและเหนียว ทำเป็นก้อนรูปสี่เหลี่ยมหรือรูปอื่นๆ นำไปผ่านกรรมวิธีเยือกแข็งโดยให้มีระยะเวลาการเกิดผลึกน้ำแข็งอย่างรวดเร็ว แล้วจึงลดอุณหภูมิที่บริเวณจุดกึ่งกลางของผลิตภัณฑ์ให้ต่ำกว่า -18 องศาเซลเซียส จากนั้นจึงนำไปเก็บรักษา โดยควบคุมอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ไว้ที่ -18 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่าให้สม่ำเสมอตลอดเวลา

สำหรับวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ส่วนใหญ่นิยมใช้ปลาทรายแดง ปลาจวด ปลาเจิน ปลาเม็ดยูนุ ปลาหัวโมง ปลาไหลทะเล และปลาปากคม กรรมวิธีการผลิตซูริมิ ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน (รูปที่ 1.1 และรูปที่ 1.2) คือ

ก. การเตรียมวัตถุดิบ วัตถุดิบเป็นปลาสดที่ไม่ผ่านการแช่แข็งมาก่อน แต่เก็บที่อุณหภูมิต่ำอยู่เสมอ เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของโปรตีน และควรเป็นปลาที่มีโปรตีนละลายในน้ำเกลือที่ระดับสูง และนิยมใช้ปลาที่มีเนื้อสีขาว เช่น ปลาทรายแดง ปลาจวด เป็นต้น แล้วนำมาทำการล้าง ตัดหัว ผ่าท้อง และทำความสะอาด โดยเฉพาะส่วนกระดูกสันหลัง ใต้ ควรกำจัดออกให้หมด เพราะจะทำให้สีของเนื้อปลาคล้ำลง จากนั้นทำการแยกเนื้อปลาโดยใช้เครื่อง

แยกเนื้อปลา (Deboning machine) และบดให้ละเอียด ระหว่างการแยกเนื้อปลา สิ่งปนเปื้อนต่างๆ เช่น ก้อนเลือด เศษก้างปลาที่มีขนาดเล็กจะสามารถผ่านรูของลูกกลิ้งทรงกระบอกและผสมกับเนื้อปลาบด ซึ่งในทางปฏิบัติมักจะยอมให้มีการปนเปื้อนสิ่งดังกล่าวในเนื้อปลาบด เนื่องจากสามารถแยกออกจากเนื้อปลาบดได้ขั้นตอนถัดไป สำหรับเลือดปลาแม้ว่าจะไม่สามารถหลีกเลี่ยงการปนเปื้อนในเนื้อปลาบดได้ แต่เนื่องจากเลือดสามารถถูกออกซิไดซ์ได้อย่างรวดเร็วเมื่อสัมผัสกับอากาศทำให้เกิดการเปลี่ยนสีของเนื้อปลา ด้วยเหตุนี้เนื้อปลาบดที่แยกได้จึงต้องทำการแช่ไว้ในน้ำเย็นทันทีที่ออกจากเครื่องแยกเนื้อปลาบด และในขั้นตอนการล้างเนื้อปลาบดในขั้นตอนถัดไป จะต้องใช้อัตราส่วนระหว่างเนื้อปลาต่อน้ำที่แน่นอน ดังที่ผู้ใช้รับเนื้อปลาบดจากเครื่องแยกปลาบดจึงทำหน้าที่ในการปรับอัตราส่วนระหว่างเนื้อปลาบดกับน้ำเย็นไปด้วย

ข. การล้างเนื้อปลาบด เป็นขั้นตอนที่สำคัญมากเพราะว่าจะมีผลต่อคุณภาพของ ชูริมิ วัตถุดิบที่สำคัญของขั้นตอนนี้ คือ การกำจัดไขมัน และกลิ่นปลาออกจากเนื้อปลาบด ในขั้นตอนการล้างปัจจัยที่สำคัญที่ควรได้รับการพิจารณาได้แก่ วิธีการล้าง อัตราส่วนระหว่างเนื้อปลาบดต่อน้ำที่ใช้ล้าง จำนวนครั้งที่ทำการล้าง และคุณภาพน้ำ ทำการล้างด้วยน้ำเย็นอุณหภูมิประมาณ 5 - 10 องศาเซลเซียส ในขั้นตอนการล้างเนื้อปลาบดจะประกอบด้วยปฏิบัติการหลายประการที่กระทำต่อเนื้อปลาบดได้แก่

(1) การแยกสิ่งปนเปื้อน ออกจากเนื้อปลาบดโดยอาศัยการแยกเชิงกล (Mechanical separation) การกวนสารผสมระหว่างเนื้อปลาบดกับน้ำ จะช่วยในการแยกไขมันและน้ำมันออกจากเนื้อปลาขณะเดียวกันจะช่วยให้สิ่งดังกล่าวลอยขึ้นสู่ผิวน้ำทำให้การแยกออกจากถังล้างทำได้ง่ายขึ้น

(2) การล้างเนื้อปลาบด น้ำที่ใช้จะทำหน้าที่ในการสกัดองค์ประกอบที่ละลายน้ำได้ออกจากเนื้อปลาบด โดยเฉพาะอย่างยิ่งโปรตีนซาร์โคพลาสมิก ซึ่งมีผลขัดขวางการเกิดเจลที่ดีของชูริมิ การแยกโปรตีนซาร์โคพลาสมิกออกไปจึงมีผลให้ปริมาณโปรตีนไมโอโอบริลลาร์ที่จำเป็นต่อการเกิดเจลเพิ่มขึ้น การล้างเนื้อปลาบดช่วยขจัดเอนไซม์และสารตั้งต้นและสิ่งเจือปนอื่นๆ ออกมาและเมื่อใช้สารป้องกันการเสื่อมสภาพธรรมชาติของโปรตีนในระหว่างการเก็บรักษาในสภาพแช่เยือกแข็งร่วมกับการล้างเนื้อปลาบดจะมีผลให้ชูริมิที่ได้ยังคงมีความสามารถในการเกิดเจลที่ดีแม้ว่าจะทำการเก็บไว้ในสภาพแช่เยือกแข็งเป็นระยะเวลาหนึ่ง

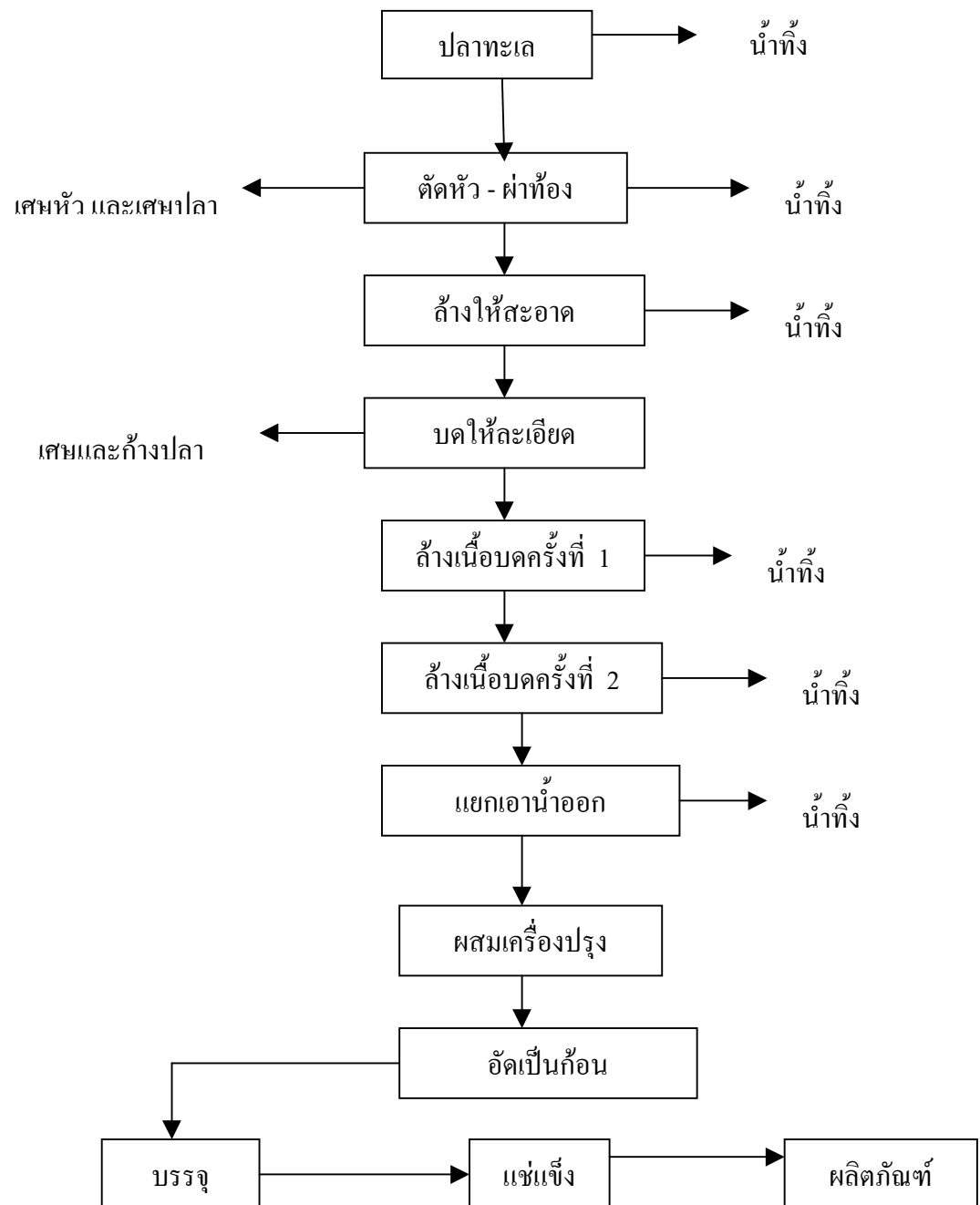
(3) การสกัดเนื้อปลาบด ระยะเวลาที่ให้ทำการล้างเนื้อปลาบดคือ 15 - 20 นาที

ค. การแยกน้ำจากเนื้อปลาบด การแยกน้ำในขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการปรับความชื้นในเนื้อปลาบดจากร้อยละ 90 โดยประมาณให้มีความชื้นสุดท้ายประมาณร้อยละ 80 - 84 ซึ่งมีอยู่หลายวิธี คือ ใช้เครื่องแยกน้ำระบบเกลียวอัด (Screw press) เครื่องเหวี่ยง หรือใช้ถุงในลอน แล้วบีบน้ำออกโดยใช้เครื่องบีบน้ำไฮดรอลิก

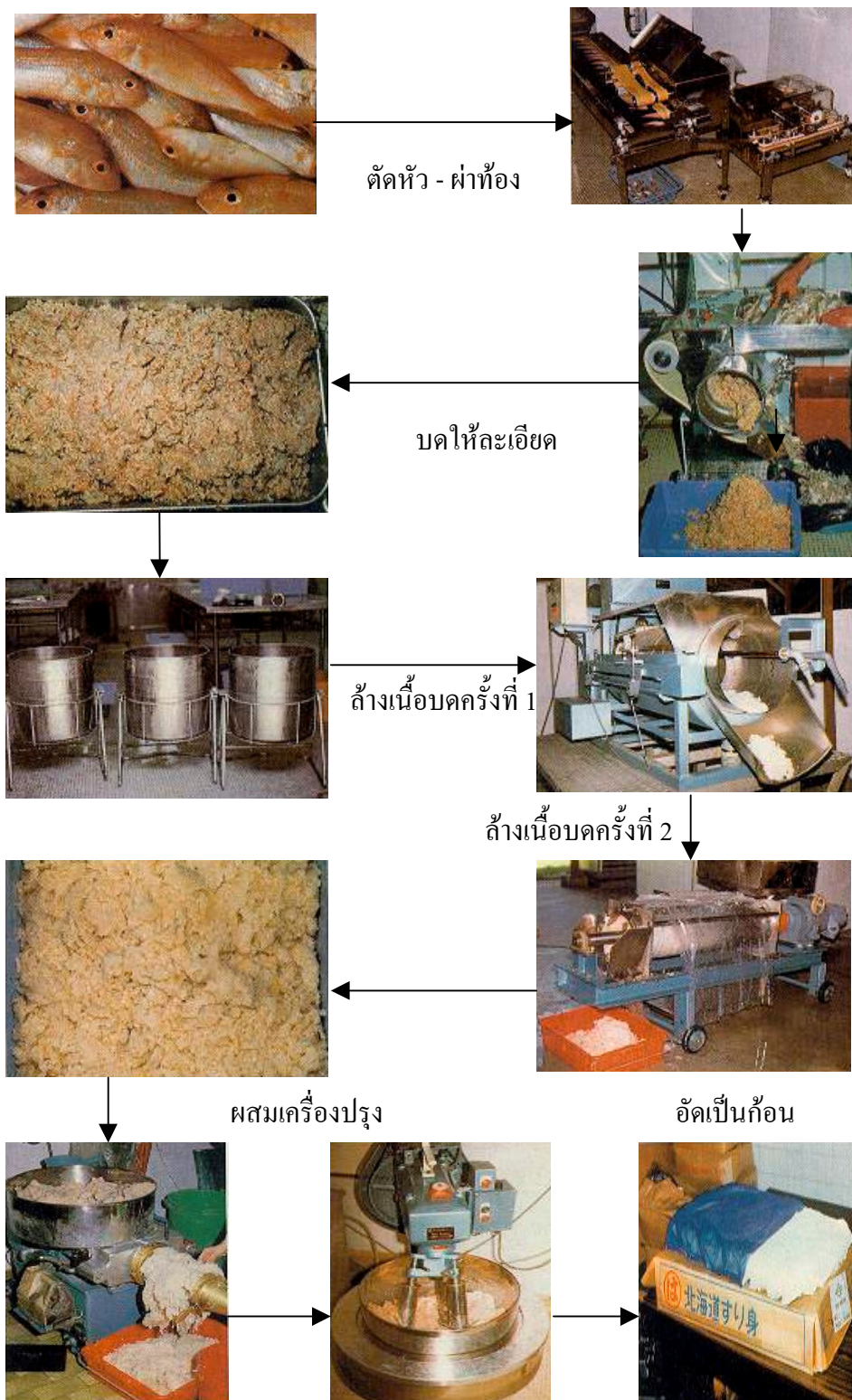
ง. การแยกก้างและเศษเกล็ด โดยผ่านเข้าเครื่องแยกเกล็ด กระจุก (Strainer) เป็นการกำจัดเอาเศษเกล็ด เชื้อบู เชื้อกล้ำมเนื้อปลา และก้างปลาที่ติดค้างอยู่ออกไป

จ. การนวดและการผสม เนื้อที่ผ่านการแยกเกล็ด จะนำมาผสมสารป้องกันการเสื่อมสภาพธรรมชาติของโปรตีนในระหว่างการเก็บรักษาในสภาพแช่เยือกแข็ง ซึ่งโดยทั่วไปจะได้แก่ น้ำตาล ซึ่งมักใช้พวกโพลีฟอสเฟต ซอร์บิทอล (Sorbital) หรือน้ำตาลซูโครส (Sucrose) การนวดมักจะใช้เครื่องนวด (Grinder) หรือเครื่องตัดและผสมอาหาร (Silent cutter)

ฉ. การบรรจุในถาดและแช่เยือกแข็ง ทำการอัดเนื้อปลาที่นวดแล้วลงในถาดที่บุด้วยพลาสติก ขนาดบรรจุมาตรฐานของซูริมิ คือ 10 กิโลกรัม การบรรจุทำได้โดยการกดซูริมิลงในเป่าพ่นลมเย็น (Air blast freezer) หรือแบบรักษาที่ๆ มีอุณหภูมิต่ำกว่า - 20 องศาเซลเซียส



รูปที่ 1.1 : กระบวนการผลิตเนื้อปลาบดแช่แข็งโดยทั่วไป (ภักวดี ธรรมเจษฎา, 2543)



รูปที่ 1.2 : ภาพกระบวนการผลิตเนื้อปลาสดแช่แข็งโดยทั่วไป (Tan Sen Min *et al.*, 1987)

1.2.2 การนำกลับโปรตีนและไขมันโดยวิธีการลอยตะกอน (Flotation)

การลอยตะกอน เป็นวิธีการแยกตะกอนออกจากน้ำเสียโดยการทำให้ตะกอนต่างๆ ในน้ำเสยลอยขึ้นสู่ชั้นบนของผิวน้ำเพื่อทำการกวาดตะกอนลอยทิ้งไป วิธีนี้นิยมใช้กับตะกอนที่ยากแก่การตกตะกอน เช่น ตะกอนแขวนลอยที่มีน้ำหนักเบากว่าน้ำ ไขมันและน้ำ ส่วนตะกอนเบาที่มีความถ่วงจำเพาะสูงกว่าน้ำ การทำให้ตะกอนลอยขึ้นสู่บริเวณชั้นบนของผิวน้ำต้องใช้ฟองอากาศเกาะกับตะกอนเพื่อให้ความถ่วงจำเพาะของตะกอนมีน้อยกว่าน้ำเสีย ตะกอนจึงลอยขึ้นมาบนผิวน้ำ ซึ่งวิธีการทำให้ตะกอนลอยขึ้นมามีอยู่ด้วยกัน 3 วิธี ดังนี้

ก. การลอยด้วยอากาศละลาย (Dissolved air flotation – DAF)

การลอยด้วยอากาศละลาย เป็นวิธีหนึ่งที่มีการนำมาใช้นานแล้ว โดยใช้เพื่อแยกตะกอนที่มีขนาดเล็กมากและน้ำหนักเบา หรือตะกอนที่มีแนวโน้มจะลอยขึ้นมาที่ผิวหน้าของระบบ หลักการสำคัญ คือการเป่าอากาศลงในน้ำเสียภายใต้ความดัน 2 - 3 บรรยากาศ (40 - 50 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) ซึ่งใช้เวลาเก็บกักของน้ำในถังความดันประมาณ 2 - 4 นาทีเพื่อให้อากาศละลายเข้าไปในน้ำ จากนั้นจึงปล่อยน้ำออกจากถังความดันไปยังถัง Flotation โดยมีวาล์วควบคุมความดัน (Pressure reducing valve) เป็นตัวควบคุมความดัน น้ำที่ไหลเข้าสู่ถัง Flotation จะมีฟองอากาศจำนวนมากลอยอยู่ทั่วทั้งถัง ฟองอากาศจำนวนมากเกิดที่ผิวของอนุภาค เช่น โปรตีน ไขมัน เป็นต้น ทำให้อนุภาคลอยขึ้นสู่ผิวหน้าของระบบ ทำให้สามารถแยกตะกอนของแข็งแขวนลอยและอนุภาคเล็กๆ ในน้ำได้

ข. การลอยด้วยอากาศ (Air flotation)

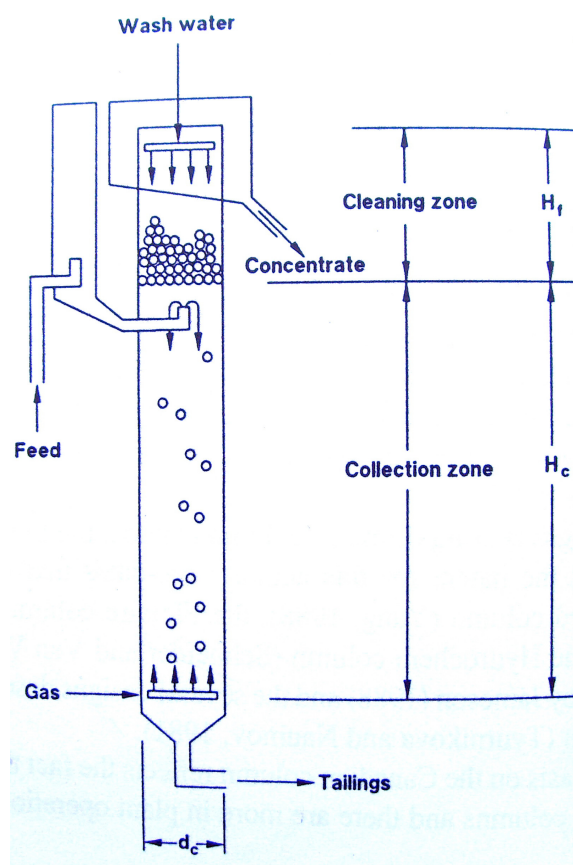
หลักการของวิธีการนี้ คือ การเติมอากาศหรือเป่าอากาศลงในน้ำเสียโดยตรงที่ความดันบรรยากาศ ในการเป่าอากาศเพื่อสร้างฟองอากาศในน้ำเสียโดยเป่าอากาศผ่านอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดฟองอากาศ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2 - 3 มิลลิเมตร จะนำพาตะกอนต่างๆ ลอยขึ้นสู่ผิวและถูกกวาดทิ้งไป โดยอุปกรณ์ลอยนี้อาจเป็นเซลล์สี่เหลี่ยมหรือเป็นคอลัมน์

ทั้งนี้การลอยแร่ด้วยคอลัมน์นั้นเป็นวิธีที่ให้ ประสิทธิภาพที่สูงกว่าการลอยแร่ที่ใช้เซลล์สี่เหลี่ยมทั้งทางด้านคุณภาพของหัวแร่ (grade) และเปอร์เซ็นต์การเก็บแร่ เนื่องจากความลึกของโซนลอยแร่ค่อนข้างมากกว่าเซลล์สี่เหลี่ยมโดยทั่วไปโดยคอลัมน์จะมีลักษณะเป็น กระบอกยาวในคอลัมน์ไม่มีใบพัดคววนแร่ที่จะทำให้เกิดสภาวะปั่นป่วนเหมือนเซลล์ลอยแร่ ฟองอากาศนั้นผลิตโดยให้อากาศผ่านตัวทำฟองอากาศ (sparger) ซึ่งมีรูพรุน ทำให้เกิดฟองอากาศขนาดเล็กเท่า ๆ กัน ฟันเข้าสู่คอลัมน์

นอกจากนี้แล้วยังมีการใช้น้ำล้าง (Wash water) ฉีดผ่านท่อเจาะรู (distribution) หรือหัวฉีดทางตอนบนของคอลัมน์ ทำให้น้ำล้างสามารถชะเอาวัสดุที่ไม่ควรขึ้นมากลับลงไปตาม

ช่องว่างของฟองอากาศคู่ต่อน้ำของคอลลัมน์ D.A. Weeler (1988) สรุปข้อดีของคอลลัมน์คือสามารถควบคุมอัตราการผลิตได้เต็มที่ ที่ภาวะการทำงานต่าง ๆ ลอยแร่ได้เร็วกว่าเซลล์ลอยแร่และสามารถลอยแร่ที่มีความเข้มข้นสูงได้ อากาศที่ใช้ประมาณ 10-15% ของอากาศที่ใช้ในเซลล์ลอยแร่และไม่มีส่วนเคลื่อนไหว ใช้กำลังไฟฟ้าต่ำกว่าใช้พื้นที่ในแนวราบน้อย การซ่อมบำรุงสะดวกและนาน ๆ ครั้ง

ในคอลลัมน์จะประกอบด้วยโซนเก็บแร่ (Collection zone) และโซนทำความสะอาดหัวแร่ (cleaning zone) ดังรูป อนุภาคต่าง ๆ จากแร่ป้อนจะจับกับฟองอากาศและลอยขึ้นไปสู่โซนทำความสะอาดหัวแร่และหัวแร่จะไหลลงไปยังส่วนที่เก็บหัวแร่ ที่ส่วนบนของโซนทำความสะอาดหัวแร่จะมีน้ำฉีดพ่นเพื่อช่วยสร้างชั้นของแร่ลอยให้มีความหนาและเสถียรภาพ และไหลลื่นสู่ที่เก็บหัวแร่ได้ง่ายขึ้น ขณะเดียวกันน้ำล้างจะช่วยล้างแร่ลทินที่ปะปนขึ้นไปในโซนทำความสะอาดหัวแร่เป็นการทำให้ได้หัวแร่ที่สะอาดขึ้น สำหรับหางแร่หรือแร่ที่ไม่ต้องการลอยนั้นจะถูกสูบออกจากทางตอนล่างของคอลลัมน์



รูปที่ 1.3 ภาพแสดงหลักการของเครื่องลอยแร่แบบคอลลัมน์ (Finch, J.A. et al., 1990)

ในการทำงานของคอลัมน์ข้อมูลที่จำเป็นในการออกแบบได้แก่ ปริมาณอากาศที่ต้องการใช้ในระบบ อัตราการลอยตัวของฟองอากาศ ความสูงของคอลัมน์ อัตราการป้อนแร่ ปริมาณอากาศที่ใช้ในระบบสามารถคำนวณหาจากสมการ (Finch, J.A. *et al.*, 1990)

$$J_g = Q_g / A_c$$

และอัตราการลอยตัวของฟองอากาศ, S_b จากสมการ

$$S_b = 6J_g / d_b$$

ความสูงของคอลัมน์โดยทั่วไปจะมีอัตราส่วน H_c/d_c ประมาณ 10:1 Finch, J.A. *et al.* (1990) ได้เสนอค่าอัตราการนำกลับแร่ได้เมื่อปฏิกิริยาของสมการเป็นลำดับที่ 1 (First-order process) ดังสมการ

$$R_c = 1 - \exp(-k_c t_c)$$

$$k_c = 1.5 J_g E_k / d_b$$

ส่วนอัตราการป้อนแร่สามารถคำนวณกลับจากเวลาที่แร่อยู่ในคอลัมน์ (t_c)

J_g Gas flowrate

Q_g Volumn flowrate

A_c Column cross-sectional area

S_b bubble superficial surface rate

d_b bubble diameter

H_c collection zone height

d_c column diameter

R_c rate of particle removal

k_c collection zone rate constant

t_c residence time of the particle in the collection zone

E_k collection zone efficiency

จากสมการข้างต้นหากทำการทดลองเพื่อประเมินค่าคงที่ k_c ได้แล้วจะสามารถหาความสัมพันธ์ของ ขนาดของคอลัมน์ ปริมาณอากาศ อัตราการป้อนแร่ ที่ได้สำหรับขนาดฟองอากาศหนึ่ง และสามารถประมาณปริมาณแร่ที่นำกลับได้โดยประมาณ

ค.การลอยตัวด้วยสูญญากาศ (Vacuum flotation)

หลักของวิธีการนี้ คือ พยายามเป่าอากาศลงในน้ำเสียจนถึงจุดอิ่มตัว ซึ่งมี 2 วิธีคือการเป่าอากาศลงในน้ำเสียโดยตรงหรืออีกวิธีคือปล่อยให้อากาศเข้าไปในเครื่องสูบน้ำเอง ระบบนี้จะใช้ถังแบบปิดซึ่งจะเก็บน้ำที่ถูกเป่าอากาศลงไป จนถึงจุดอิ่มตัวสภาวะภายในถังจะมีสภาพสูญญากาศ เมื่อถังถูกเปิดออกโดยใช้วาล์วควบคุมความดันพวกอากาศที่ละลายอยู่ในน้ำจะแยกออกมาจากน้ำในลักษณะของฟองอากาศเล็ก ๆ พวกฟองอากาศเล็ก ๆ เหล่านี้ จะพาตะกอนต่างๆ ในน้ำเสียลอยขึ้นสู่ผิวน้ำ ซึ่งสามารถแยกออกจากน้ำได้โดยการกวาดหรือการสูบลอย (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2535)

1.2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาของ ภักวดี ธรรมเจษฎา (2543) ศึกษาการนำกลับโปรตีนและไขมันออกจากน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมซูรีมีด้วยวิธีการรวมตะกอนและลอยตะกอนด้วย อากาศละลายซึ่งในน้ำทิ้งมีเนื้อปลาและไขมันค่อนข้างสูงมีปริมาณโปรตีนในรูป TKN ประมาณ 140 - 630 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าไขมันประมาณ 130 - 180 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าเมื่อใช้สารรวมตะกอนที่เหมาะสมคือ ใช้สาร โพลีคริสลามิด ชนิดประจุบวก ปริมาณ 35 มิลลิกรัมต่อลิตร ผ่านเข้าสู่ระบบลอยตะกอนด้วยอากาศละลายที่ความดันอากาศ 70 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ระยะเวลาในถังอัดอากาศ 4 นาที สามารถลดค่า BOD₅ 4,800 - 5,400 ลงเหลือ 1,174 - 1,200 มิลลิกรัมต่อลิตร และ COD 6,580 - 6,950 มิลลิกรัมต่อลิตร ลงเหลือ 1,380 - 1,550 มิลลิกรัมต่อลิตร และนำกลับโปรตีนในรูป TKN ประมาณ 54 - 75 % และปริมาณไขมัน 94 - 98 % ได้ตะกอนอบแห้งประมาณ 3.8 - 6.3 กิโลกรัมต่อน้ำเสีย 1 ลูกบาศก์เมตร งานในลักษณะคล้ายกันแต่ประยุกต์ใช้กับน้ำเสียกลุ่มน้ำยางชั้น (Latex) ได้แก่งานของ นางน้อย ศรีสุวรรณ (2539) ศึกษาการแยกเอาเนื้อยางออกจากน้ำเสียจากโรงงานถลุงมือยางโดยอาศัยการรวมตะกอนด้วยสาร โพลีคริสลามิด ชนิดประจุบวก ตามด้วยการลอยตะกอนด้วยการใส่ฟองอากาศเข้าไปในระบบเพื่อช่วยจับกลุ่มตะกอนของยางขึ้นมาจากน้ำ พบว่าสามารถลดค่า COD ได้ 96% ค่า TSS ได้มากกว่า 99 % และความขุ่นได้ 99% สารรวมตะกอนที่ทำให้เกิดการรวมตัวของยางได้ดีที่สุด คือ สารส้มในปริมาณ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร และโพลีคริสลามิดชนิดประจุบวก 4 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้สามารถรวมตะกอนได้ดี โดยลดค่า COD จาก 16,600 มิลลิกรัมต่อลิตร เหลือประมาณ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร และสารแขวนลอย 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เหลือ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร นอกจากนี้ยังพบว่าระยะเวลาในการกักเก็บในถังลอยตะกอนที่น้อยที่สุดเท่าที่ทำให้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดมี คุณภาพดีขึ้นประมาณ 15 นาที งานของ พงศ์นรินทร์ ปรานนคร (2543) เป็นอีกงานหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มน้ำยางชั้นโดยทำการศึกษการแยกเอาเนื้อยางออกจากน้ำเสียที่อยู่ในบ่อดักยางโดยการทำให้เนื้อยางรวมตัวกันแล้วลอยขึ้นสู่ผิวน้ำ

จากโรงงานผลิตน้ำยางข้น โดยอาศัยการรวมตะกอนด้วยสารรวมตะกอนชนิดต่าง ๆ เช่น พอลิเมอร์ ประจุลบ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ pH 4.5 พอลิเมอร์ประจุบวก 8 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ pH 5.5 ,สารส้ม 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ pH 5 ปูนขาว 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ pH 7.5 เฟอร์ริคคลอไรด์ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ pH 4 ความเข้มข้นและค่า pH ที่ทำให้เกิดการรวมตัวของตะกอนในน้ำเสียที่ดีที่สุด มีประสิทธิภาพในการลดมลสารได้ดีพอ ๆ กันและยังได้ทำการทดลองปรับสัดส่วนของน้ำเสีย จากกระบวนการผลิตน้ำยางข้นและน้ำเสียจากการผลิตยางสกีให้มีค่า pH ต่าง ๆ กัน ผลการทดลองพบว่า การปรับ pH 4.5 โดยไม่มีการเติมสารรวมตะกอน สามารถบำบัดน้ำเสียได้ดีที่สุด คือ สามารถลดค่า SS ได้ 98.43 % ความขุ่นได้ 99.22% ค่า COD ได้ 80.71% และ ค่า BOD₅ ได้ 81.54% นอกจากนี้ยังสามารถนำเนื้อยางกลับคืนจากน้ำเสียได้ 7.25 กรัมต่อน้ำเสีย 1 ลิตร หลังจากนั้นมีการทดลองโดยการปรับ pH น้ำเสียเท่ากับ 4.5 ตามด้วยการลอยตะกอนด้วยการใส่ ฟองอากาศเข้าไปในระบบเพื่อช่วยจับกลุ่มตะกอนของยางข้นมาจากน้ำภายใต้เวลาที่กำหนด พบว่า เวลา 45 นาทีเติมอากาศตลอดถึงสามารถลดค่ามลสารที่ดีที่สุด คือ สามารถลดค่า SS ได้ 98.43 % ความขุ่นได้ 99.22% ค่า COD ได้ 80.71% และค่า BOD₅ ได้ 81.54% นอกจากนี้ได้มีการ ศึกษาการแยกโปรตีนจากน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมปลาทุ่นากระป๋องกลับมาใช้ประโยชน์เป็น อาหารสัตว์โดยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (2537) โดยศึกษาน้ำเสียรวมและน้ำนึ่งปลา ผลการศึกษาพบว่ากระบวนการระบบลอยตะกอน โดยใช้ร่วมกับสารรวมตะกอน Carboxy methyl cellulose (CMC) เป็นวิธีการที่เหมาะสมในการแยกโปรตีน โดยพบว่ากากตะกอนแห้งที่ สามารถแยกออกมาได้เฉลี่ย 1.96 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ของน้ำเสียโดยในตะกอนมีค่า โปรตีนประมาณ 40 % ปริมาณ CMC ที่ใช้ในน้ำเสียรวมอยู่ในช่วง 2 - 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ในกระบวนการ Low chemical process (LCP) และ 4 – 8 มิลลิกรัมต่อลิตร ในกระบวนการ High chemical process (HCP) และ สามารถลดค่าความสกปรกในรูป BOD₅ 40 % SS 60 % และ Oil & grease 40 % ค่าใช้จ่ายสารเคมีสำหรับน้ำเสียรวมเท่ากับ 3 บาทต่อลูกบาศก์เมตร และ 17 บาทต่อลูกบาศก์เมตร สำหรับกระบวนการ LCP และ HCP ตามลำดับ และได้มีการศึกษานำ กากโปรตีนและการหมุนเวียนน้ำทิ้งจากการผลิตซูริมิมาใช้ประโยชน์ โดยใช้วิธีการกรองแบบ Microfiltration และนำตะกอนที่ได้กลับเข้ามาในการผลิตโดยสัดส่วนของตะกอนที่นำกลับเข้ามา ผสม 10 % พบว่า คุณสมบัติต่างๆ ได้แก่ความเหนียว ความแข็ง เป็นเจล สี ไม่ได้ลดน้อยลงเมื่อ เทียบกับซูริมิทั่วไป และใช้การกรองแบบ Ultrafiltration กับน้ำเสียจากการผลิต พบว่าค่า COD ความขุ่น Aerobic plate count จะมีค่าลดลงอย่างไรก็ตามพบว่าความเข้มข้นของโปรตีนที่ใช้วิธีการ Ultrafiltration จะมีสีคล้ำและมีกลิ่นมาก (Lin et al., 1995)

การลอยแร่ด้วยคอลัมน์ เป็นวิทยาการหนึ่งในอุตสาหกรรมการแต่งแร่ ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าเซลล์ลอยแร่แบบสี่เหลี่ยม ทั้งในด้านคุณภาพของหัวแร่ (Grade) และเปอร์เซ็นต์การเก็บแร่ (recovery) และได้มีการศึกษาการลอยแร่ด้วยคอลัมน์เพื่อหาความเหมาะสมในการลอยแร่ต่าง ๆ เช่น J.B.Yianatos et al. (1988) ได้ศึกษาการลอยแร่โมลิบดีนัมในชั้นสะอาดด้วยเครื่องลอยแร่แบบคอลัมน์ขนาดอุตสาหกรรม เล็ก สีคง (2536) ได้ศึกษาพัฒนาเครื่องลอยแร่แบบคอลัมน์ เพื่อเหมาะสมในการลอยแร่ชนิดต่าง ๆ โดยออกแบบและสร้างเครื่องลอยแร่มีลักษณะทรงกระบอกใส มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 และ 15 เซนติเมตร สามารถปรับเปลี่ยนความสูงของคอลัมน์และตำแหน่งของช่องป้อนได้ ขนาดของฟองอากาศควบคุมโดยการเลือกหัวทรายที่เหมาะสม สามารถเก็บแร่ได้ 80 % และพบว่าตัวแปรที่มีผลต่อการลอยแร่แบบคอลัมน์ ได้แก่ความยาวคอลัมน์ ตำแหน่งช่องป้อน ปริมาณฟองอากาศ และเกรดของแร่ป้อน นอกจากนั้น มนุษย์ มาศนิยม และคณะ (2545) ได้ศึกษาการลอยแร่แบบคอลัมน์ (Column flotation) โดยใช้คอลัมน์แบบสั้นหรือเครื่องลอยแร่แบบ Jamerson ซึ่งมีลักษณะที่สั้นกว่าแบบคอลัมน์ธรรมดา ใช้ในการแยกแร่แบไรต์ พบว่าเปอร์เซ็นต์การเก็บแร่เพิ่มขึ้นเมื่อความยาวและเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อที่จุ่มลงในคอลัมน์ (Downcomer) ลดลง และความเข้มข้นของแร่แข็งที่เหมาะสม 5 % Solid การลอยแร่แบบคอลัมน์ได้ถูกใช้อย่างแพร่หลายและสามารถนำมาใช้ลอยแร่หลายชนิดได้แก่ แร่โครไมต์ แร่กาไลนา แร่ทองคำ แร่ฟลูออไรด์ ถ่านหิน ลอยแร่ไฟไรต์ออกจากถ่านหิน และการเก็บถ่านหินจากน้ำทิ้งของโรงงานแต่งถ่านหิน ซึ่งการใช้คอลัมน์ในการลอยแร่เพื่อแยกแร่นั้นมีข้อน่าสนใจว่าสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในทางด้านสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะการนำกลับสาร โปรตีนและไขมันออกจากน้ำทิ้งได้หรือไม่ ผู้ศึกษาจึงได้สนใจที่จะนำวิธีการนี้มาศึกษาในงานวิจัยนี้

1.3 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษากระบวนการนำกลับสาร โปรตีนและไขมันออกจากน้ำทิ้ง โรงงานอุตสาหกรรมสุริมิโดยวิธีการรวมตะกอนและการลอยตะกอน (flotation) โดยใช้วิธีการลอยด้วยฟองอากาศในระบบลอยตะกอนแบบคอลัมน์ (Column flotation)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ข้อมูลเป็นทางเลือกของเทคโนโลยี สำหรับนำกลับ โปรตีนและไขมันที่แยกออกจากน้ำทิ้งไปใช้ประโยชน์อื่นได้โดยใช้วิธีการด้วยฟองอากาศในระบบลอยตะกอนแบบคอลัมน์

1.5 ขอบเขตการวิจัย

1.5.1 ศึกษากระบวนการสำหรับน้ำทิ้งจาก โรงงานอุตสาหกรรมชุนริมิ โรงงานที่เลือกคือ โรงงานบริษัท แมนเอ โพรเซ้นฟูดส์ จำกัด จังหวัดสงขลา

1.5.2 จำกัดกระบวนการที่ศึกษาเฉพาะจุดที่รวมน้ำทิ้งโดยศึกษา

1.5.2.1 การรวมตะกอนด้วยสารก่อตะกอนและสารรวมตะกอนที่เหมาะสมก่อนการลอยตะกอน

1.5.2.2 การลอยตะกอนด้วยฟองอากาศในระบบลอยตะกอนแบบคอลัมน์ ที่ใช้ในกระบวนการลอยแร่มาพัฒนาใช้นำกลับโปรตีนและไขมัน ที่แยกออกจากรน้ำทิ้งไปใช้ประโยชน์อื่นได้