บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายของน้ำสกัดชีวภาพ

น้ำสกัดชีวภาพ หรือน้ำหมักชีวภาพหรือปุ๋ยน้ำอินทรีย์ เป็นคำที่มีความหมายเดียวกัน คือสารละลายที่ได้จากการหมักเศษพืชหรือสัตว์ โดยจุลินทรีย์ใช้น้ำตาลเป็นแหล่งพลังงานในการย่อยสลายซึ่งจุลินทรีย์ในกระบวนการหมักมีทั้งประเภทต้องการออกซิเจนและไม่ต้องการออกซิเจน์ ทั้งนี้กระบวนการหมักในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน คุณภาพของน้ำสกัดชีวภาพที่ได้มักมีความไม่แน่นอนแตกต่างกันไปตามสภาพแวดล้อม วัสดุในการหมัก และจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมัก

สถาบันวิจัยวิทยาศาตร์และเทคโนโลยี (2542) ได้ให้ความหมายไว้ว่า น้ำสกัดชีวภาพจัดเป็นปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่ง เนื่องจากน้ำสกัดชีวภาพมีธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแตสเซียม ซึ่งตรงกับคุณสมบัติของปุ๋ยที่ต้องได้จากอินทรีย์สารที่ผลิตขึ้นโดยกรรมวิธีต่างๆ และก่อนที่จะนำไปใช้ให้เป็นประโยชน์ต่อพืชจะต้องผ่านกระบวนการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ทางชีวภาพ ดังนั้นน้ำสกัดชีวภาพหากจะนำมาใช้ในแง่ของปุ๋ยแล้ว น้ำสกัดชีวภาพควรเรียกว่า "ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดน้ำ" ซึ่งสอดคล้องกับ ยงยุทธ โอสถสภา (2542) ที่ได้กล่าวว่ากระบวนการผลิตน้ำสกัดจากพืชหรือสัตว์ มีกระบวนการแตกต่างจากปุ๋ยชีวภาพ น้ำสกัดจึงไม่ใช่ปุ๋ยชีวภาพแต่เป็นสารสกัดจากสิ่งมีชีวิตที่มีจุลินทรีย์เข้าไปเกี่ยวข้องในการย่อยสลายเท่านั้น ประโยชน์ที่ได้จากการใช้สารสกัดจึงอยู่ในรูปของสารหลากหลายชนิดที่พืชสามารถดูดซึมได้ง่าย

กรมวิชาการเกษตร (2546) ศึกษาจุลินทรีย์ที่พบในน้ำสกัดชีวภาพคือแบคทีเรียและรา แบคทีเรียที่พบส่วนใหญ่ติดสีแกรมบวกและเป็นแบคทีเรียกลุ่มที่สร้างกรดแลกติก มีบทบาทช่วยย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ที่นำมาทำน้ำสกัดชีวภาพจากโมเลกุลใหญ่ให้เล็กลง ปลดปล่อยหรือเปลี่ยนให้อยู่ในรูปธาตุอาหารที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ และช่วยยับยั้งจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคพืช และราที่พบส่วนใหญ่เป็นยีสต์ ส่วนราเส้นใยพบในปริมาณน้อยตามผิวหน้าของน้ำสกัดชีวภาพหรือบนพื้นผิวภาชนะที่มีน้ำตาลติดอยู่ ผลการศึกษาจำนวนและประเภทของกลุ่มจุลินทรีย์ในน้ำสกัดชีวภาพที่ทำจากวัสดุต่าง ๆ พบว่าแบคทีเรียเป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่พบในปริมาณมากและมีหลายสายพันธุ์ที่สุด และจะลดปริมาณและความหลากหลายของสายพันธุ์ลงตามระยะเวลาการหมัก แบคทีเรียกรดแลกติกจะพบในน้ำสกัดชีวภาพจากสัตว์ในจำนวนมากกว่าและระยะเวลาหมักนาน

กว่าพบในน้ำสกัดชีวภาพจากผักและผลไม้ ยีสต์จะพบมากในน้ำสกัดจากผักและปลา ส่วนราเส้นใยไม่พบที่ระยะเวลาต้นของการหมัก แต่พบบ้างในน้ำสกัดชีวภาพจากมูลสัตว์

แนวคิดการผลิตน้ำสกัดชีวภาพโดยใช้กลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพสูง(Effective microorganism : EM) ถูกแนะนำโดย Teruo Higa จากประเทศญี่ปุ่น โดยจุลินทรีย์เหล่านี้ประกอบไปด้วย รา ยีสต์ แลคติกแบคทีเรีย และจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อดินชนิดต่างๆ (Setboonsarng and Gilman, 1999) การใช้ EM มีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมและรักษาระบบนิเวศของจุลินทรีย์ในดิน ซึ่งการทำ EM เริ่มจากการหมักเศษพืชหรือสัตว์ด้วยกากน้ำตาลและน้ำเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 7 วันและใช้ภายใน 3 เดือน ซึ่งปัจจุบัน EM มีขายตามท้องตลาดในราคาที่แตกต่างกัน

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น พบว่าน้ำสกัดชีวภาพมีธาตุอาหาร ฮอร์โมน กรดอินทรีย์และจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อพืช และได้ผลเป็นที่น่าพอใจระดับหนึ่ง แต่ยังไม่มีวิธีการผลิตที่แน่นอน รวมทั้งข้อมูลต่างๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์ยังน้อยมากและขาดความชัดเจน ดังนั้นการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตน้ำสกัดชีวภาพจากเศษผัก ต. บึงพระ อ.เมือง จ.พิษณุโลก โดยการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลัก กรดอินทรีย์ ฮอร์โมน และปริมาณจุลินทรีย์ รวมทั้งนำน้ำสกัดชีวภาพที่ได้มาทดลองปลูกกับผักในพื้นที่เกษตรกรรมในท้องถิ่น จะเป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรและสามารถนำไปใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย ส่งเสริมการเกษตรแบบชีวภาพ ลดการใช้สารเคมี เพื่อพัฒนาการพึ่งพาตนเองของเกษตรกรและรักษาสภาพแวดล้อมอย่างยั่งยืนต่อไป

2.2 ประเภทน้ำสกัดชีวภาพ

น้ำสกัดชีวภาพสามารถแบ่งออกตามประเภทของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิตโดยแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.2.1 น้ำสกัดชีวภาพที่ผลิตจากพืช

น้ำสกัดชีวภาพที่ผลิตจากพืช มักนิยมใช้เศษพืช เศษผัก และเปลือกผลไม้ต่างๆ ซึ่งสามารถแบ่งประเภทตามแหล่งของวัตถุดิบได้ 2 ประเภท ดังนี้

2.2.1.1 น้ำสกัดชีวภาพที่ผลิตจากผักและเศษพืช

เกษตรธรรมชาติ (2541) ได้กล่าวถึงการทำน้ำสกัดชีวภาพโดยการหมักเศษพืชในภาชนะที่มีฝาปิดปากกว้าง โดยนำผักมาผสมกับน้ำตาล ถ้าพืชผักมีขนาดใหญ่ให้สับเป็นชิ้นเล็กๆ ทำการจัดเรียงผักเป็นชั้นๆ โรยน้ำตาลทับสลับกับพืชผัก อัตราส่วนของน้ำตาลต่อเศษผักเท่ากับ 1:3 หมักในสภาพไม่มีอากาศโดยการอัดผักใส่ภาชนะให้แน่น เมื่อบรรจุผักลงในภาชนะ

เรียบร้อยแล้วปิดฝาภาชนะ นำไปตั้งทิ้งไว้ในที่ร่มปล่อยให้มีการหมักต่อประมาณ 3-7 วัน จะเกิดของเหลวข้นสีน้ำตาล มีกลิ่นหอมของสิ่งที่หมักเกิดขึ้น ของเหลวนี้เป็นน้ำสกัดจากเซลล์พืชผักประกอบด้วย คาร์โบไฮเดตร โปรตีน กรดแอมิโน เอนไซม์ เป็นต้น

2.2.1.2 น้ำสกัดชีวภาพที่ผลิตจากขยะเปียก

บุญเทียม เขมาภิรัตน์ (2538) ดำเนินงานโครงการพัฒนาคุณภาพชีวิตโดการนำขยะเปียก ได้แก่ เศษอาหาร เศษผัก ผลไม้ จำนวน 1 กิโลกรัม มาใส่ในถังหมัก แล้วเอาปุ๋ยจุลินทรีย์โรยลงไป 1 กำมือ หรือประมาณเศษ 1 ส่วน 20 ของปริมาตรของขยะ แล้วปิดฝาให้เรียบร้อยภายในเวลา 10-14 วัน จะเกิดการย่อยสลายของขยะเปียกบางส่วนกลายเป็นน้ำ น้ำที่ละลายจากขยะเปียกสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ย นำไปเจือจาง โดยการผสมด้วยอัตราส่วนน้ำปุ๋ย 1 ส่วนต่อน้ำธรรมดา 100-1,000 ส่วน นอกจากนี้โครงการยังได้ประดิษฐ์ถังขยะแบบพิเศษ โดยนำถังพลาสติกมาเจาะรูแล้วใส่ก๊อกเปิดปิดน้ำที่ด้านข้างถังช่วงล่างจะสวมตาข่ายเพื่อป้องกันไม่ให้เศษอาหารไปอุดตัน ส่วนปัญหาเรื่องกลิ่นกรณีที่มีเศษเนื้อสัตว์เศษอาหารอยู่มากให้ใช้เปลือกสับปะรดมังคุด กล้วยใส่ลงไปให้มากๆ น้ำปุ๋ยจะมีกลิ่นหอมคล้ายกับกลิ่นหมักไวน์ วิธีดังกล่าวจุลินทรีย์สามารถย่อยสลายขยะเปียกได้ประมาณร้อยละ 30-40 ส่วนที่เหลือประมาณร้อยละ 60-70 จะกลายเป็นกากซึ่งก็คือปุ๋ยหมักสามารถนำไปใช้ในทางเกษตรได้

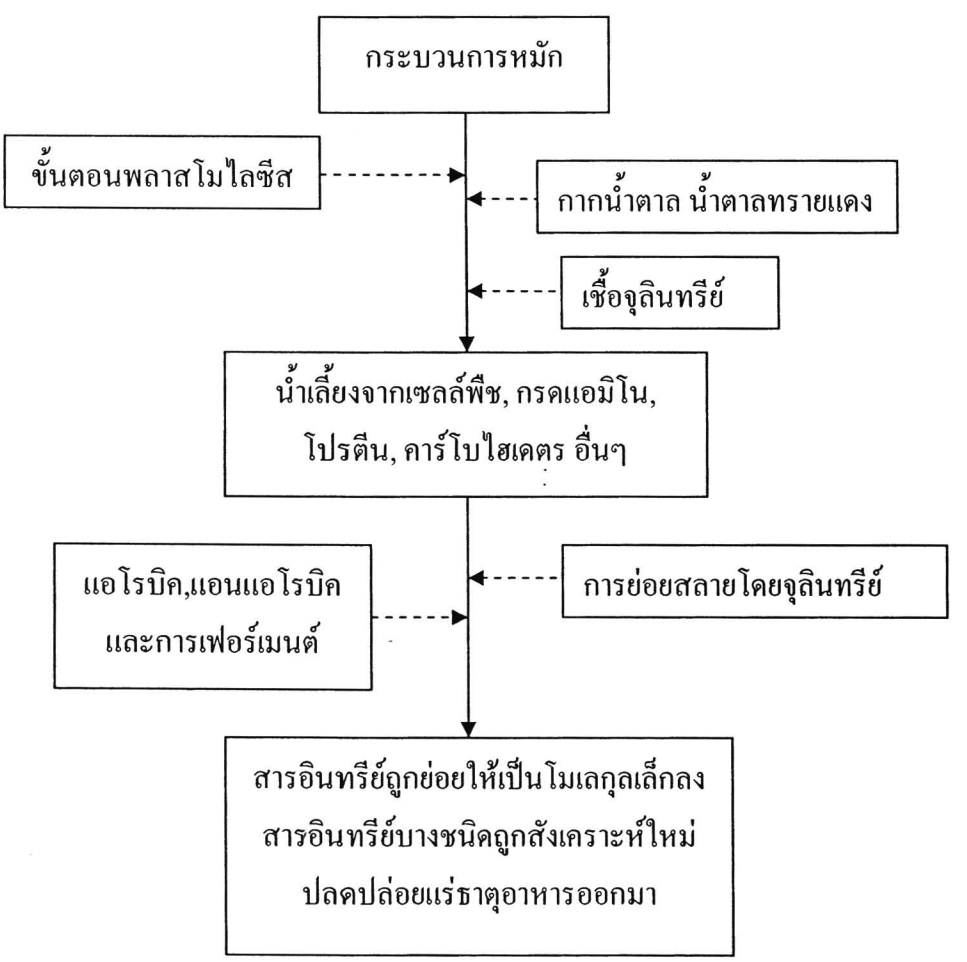
2.2.2 น้ำสกัดชีวภาพที่ผลิตจากสัตว์

2.2.2.1 น้ำสกัดชีวภาพที่ผลิตจากสัตว์ เป็นน้ำสกัดชีวภาพที่ได้จากการย่อยสลายวัสดุเหลือใช้จากสัตว์ ซึ่งวัสดุเหลือใช้จากสัตว์นี้ ได้แก่ เนื้อสัตว์ เครื่องในสัตว์ที่มีคุณภาพต่ำหรือเป็นส่วนที่ต้องการกำจัดหรือไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วนของหัว ปลา พุงปลา และเลือด จากอุตสาหกรรมปลากระป๋องที่มีปริมาณมากในแต่ละวัน อันเป็นสาเหตุอีกประการหนึ่งที่ทำให้น้ำเน่าเสีย

2.2.2.2 น้ำสกัดชีวภาพจากนมโค โดยวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีลพบุรีผลิตน้ำสกัดชีวภาพจากนมโคสด โดยนำนมโคสดมาผสมกับกากน้ำตาลในอัตราส่วน นมโค: กากน้ำตาล:หัวเชื้อจุลินทรีย์ 6:3:1 ผสมให้เข้ากันปิดฝาภาชนะหมักให้สนิท ตั้งทิ้งไว้ในร่มประมาณ 15-30 วัน จะเกิดของเหลวสีน้ำตาลข้นมีกลิ่นหอมของการหมัก ในน้ำสกัดชีวภาพจากนมโคที่ผ่านกระบวนการย่อยสลายสมบูรณ์แล้ว จะประกอบด้วยจุลินทรีย์หลายชนิด และสารประกอบโปรตีน กรดแอมิโน ธาตุอาหาร เอนไซม์ และฮอร์โมนพืช

2.3 กระบวนการหมักน้ำสกัดชีวภาพ

กระบวนการหมักน้ำสกัดชีวภาพ จุลินทรีย์เป็นปัจจัยสำคัญในการย่อยสลายสารอินทรีย์พวกโปรตีนจากเศษปลา หอย และคาร์โบไฮเดรตจากเศษพืช รวมทั้งสารประกอบพวกแป้งและน้ำตาล เกิดเป็นสารอินทรีย์ต่าง ๆ โดยปลดปล่อยธาตุอาหารพืชออกมา เนื่องจากวัสดุที่ใช้ในการหมัก ตลอดจนวิธีการหมักแตกต่างกัน กระบวนการหมักและจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องจึงแตกต่างกันไปด้วย สำหรับกระบวนการหมักนี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นแรกเป็นขั้นตอน พลาสโมไลซีส (Plasmolysis) ซึ่งเป็นการเติมน้ำตาลเพื่อดึงน้ำเลี้ยงออกจากเซลล์พืช และขั้นตอนที่สองเป็นขั้นตอนจุลินทรีย์เข้าไปย่อยสลายเศษพืช ทำให้สารอินทรีย์ต่างๆ ถูกย่อยให้เล็กลงซึ่งในขั้นตอนนี้อาจมีการสร้างสารอินทรีย์บางชนิดขึ้นมาใหม่ โดยจุลินทรีย์ทำให้เกิดการปลดปล่อยธาตุอาหารออกมา ดังแสดงในรูปที่ 2.1

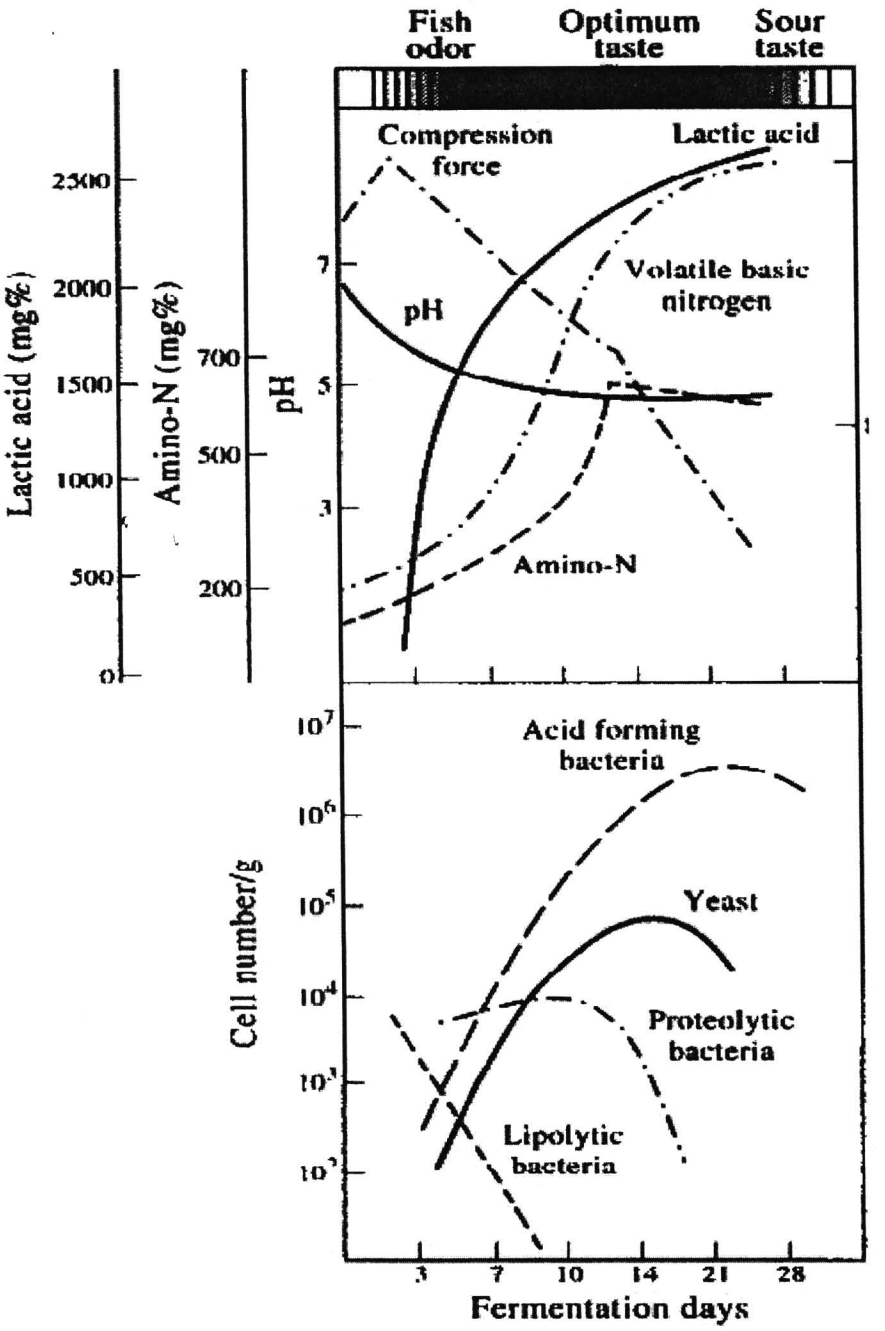


รูปที่ 2.1 กระบวนการหมักน้ำสกัดชีวภาพ (ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน, 2546)

กระบวนการย่อยสลายอินทรียวัตถุในน้ำสกัดชีวภาพสามารถแบ่งออกเป็นดังนี้

2.3.1 กระบวนการย่อยสลายโปรตีน (Protein decomposition) ในวัตถุดิบจำพวกเศษปลาและหอยเชอรี่ การย่อยสลายสารอินทรีย์เกิดขึ้นโดยจุลินทรีย์ที่มีเอนไซม์โปรตีเนส (Proteinase) จุลินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียที่มีอยู่ในอากาศ ในดิน และที่ติดมากับเศษวัสดุ เช่น *Bacillus* และ *Pseudomonas* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญเติบโตทั้งในสภาพที่มีและไม่มีอากาศ นอกจากนี้ยังมีแบคทีเรียที่สามารถผลิตกรดแลคติกจากสารอินทรีย์ เช่น *Lactobacillus* ซึ่งทำหน้าที่สำคัญในการผลิตกรดให้แก่กระบวนการย่อยสลายได้

2.3.2 กระบวนการย่อยสลายเซลลูโลส (Cellulose decomposition) วัตถุดิบจำพวกพืชสด ซึ่งมีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบหลักอยู่เป็นจำนวนมาก ตั้งแต่ร้อยละ 30-50 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของพืช โดยการย่อยสลายเศษพืชเหล่านี้เกิดจากกลุ่มจุลินทรีย์ในกลุ่มที่สามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลสได้ ในกระบวนการหมักในที่นี้ส่วนใหญ่เกิดจากแบคทีเรียที่ย่อยสลายเซลลูโลสได้ทั้งในสภาพที่มีอากาศถ่ายเทดี (Aerobic condition) และในสภาพที่อากาศถ่ายเทยาก (Anaerobic condition) เช่น แบคทีเรียพวก *Bacillus* และ *Pseudomonas* ผลิตผลที่ได้จากการย่อยสลายได้แก่ สารประกอบธาตุอาหารพืชในรูปอนินทรีย์และอินทรีย์สารต่างๆ รวมทั้งกรดอินทรีย์ ในกรณีการการย่อยสลายวัตุดิบที่มีน้ำตาลสูง เช่น ผลไม้ ในกระบวนการย่อยสลายมีจุลินทรีย์จำพวกยีสต์ที่เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย โดยผลผลิตที่ได้จะมีแอลกอฮอล์ปะปนด้วย ซึ่งจุลินทรีย์และการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในระหว่างการหมักแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 จุลินทรีย์และการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในระหว่างการหมัก (Lee, 1989)

2.4 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายในกระบวนการหมัก

2.4.1 ปัจจัยทางด้านเคมีและกายภาพ

(1) ชนิดและองค์ประกอบของวัสดุหมัก เศษปลาจะย่อยสลายยากกว่าวัสดุที่เป็นผักและผลไม้ เนื่องจากมีองค์ประกอบของโปรตีนและส่วนกระดูกของปลา ซึ่งจะใช้เวลาในการย่อยสลายนานขึ้น ในขณะที่วัสดุหมักที่เป็นพืชจะใช้ระยะเวลาในการหมักสั้นกว่า เนื่องจากองค์ประกอบของวัสดุหมักจากผักและผลไม้มีปริมาณเซลลูโลสสูงและแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์นอกจากผักและผลไม้จะมีองค์ประกอบของน้ำตาลมากกว่าวัสดุประเภทเนื้อสัตว์ สารประกอบน้ำตาลดังกล่าวเป็นประโยชน์ต่อกระบวนการหมัก ยีสต์จะใช้น้ำตาลที่มีอยู่ในองค์ประกอบของวัสดุหมัก แล้วแปรสภาพให้เป็นของเหลวในกระบวนการหมัก

(2) ความอวบของวัสดุหมัก วัสดุที่มีความอวบน้ำจะทำให้กระบวนย่อยสลายเกิดขึ้นได้ดี เช่น วัสดุเหลือใช้จากผักกาดขาว และมะเขือเทศ เมื่อนำไปผ่านกระบวนการหมักในสภาพที่เป็นของเหลวแล้ว ในช่วง 1-3 วันแรกของการหมักจะมีของเหลวออกมาจากได้ง่ายโดยกระบวนการทางชีวเคมี ถ้าเป็นวัสดุเหลือใช้จากผลไม้ เช่น แตงโม มะละกอ และส้ม ซึ่งมีความอวบน้ำมากและง่ายต่อการดึงสารละลายออกจากเซลล์พืช ในกรณีวัสดุเหลือใช้ที่มาจากสัตว์ เช่น ปลาหรือหอย สารละลายที่ถูกสกัดออกมาจะใช้ระยะเวลานานกว่าพืชผักและผลไม้ เนื่องจากสัตว์มีองค์ประกอบของโมเลกุลที่ซับซ้อนมากกว่า

(3) แหล่งคาร์บอนของจุลินทรีย์ น้ำตาลเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของจุลินทรีย์ในกระบวนการหมัก ชนิดของน้ำตาลที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเพิ่มจำนวนเซลล์จะได้มาจากกากน้ำตาล หรือน้ำตาลทรายแดง หรือน้ำตาลทรายขาว น้ำอ้อยสดหรือน้ำตาลสด นอกจากนี้ความเข้มข้นของน้ำตาลจะมีผลต่อการเกิดกระบวนการพลาสโมไลซิสในเซลล์พืชหรือสัตว์ มีผลให้เซลล์พืชหรือสัตว์แตกออกได้สารละลายออกมาจากเซลล์เหล่านั้น การเพิ่มจำนวนเซลล์ของจุลินทรีย์กลุ่มนี้เป็นพวกยีสต์ซึ่งจะให้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นประโยชน์ต่อจุลินทรีย์กลุ่มอื่นๆ กล่าวคือ จะได้แอทิลแอลกอฮอล์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ยีสต์จะใช้น้ำตาลที่มีอยู่ในวัสดุหมักประเภทผลไม้เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ได้เร็วกว่าประเภทปลาหรือผัก เนื่องจากผลไม้มีองค์ประกอบของน้ำตาลมากกว่าวัสดุหมักประเภทอื่น ดังนั้นในการหมักวัสดุจากสัตว์อาจจะใช้ผลไม้ร่วมด้วยเพื่อเร่งอัตราการเจริญเติบโตของยีสต์และผลิตแอลกอฮอล์ ซึ่งจะช่วยลดกลิ่นคาวปลาและทำให้กิจกรรมการย่อยสลายของจุลินทรีย์มีประสิทธิภาพมากขึ้น

(4) การระบายอากาศ ในกระบวนการหมักวัสดุสดจะเกิดในสภาพที่ไม่มีออกซิเจนมากกว่ามีออกซิเจน แต่อย่างไรก็ตามในการหมักดังกล่าวควรจะมีช่องว่างเหนือผิววัสดุหมัก ซึ่งอยู่ในถังหมักประมาณ 1 ใน 4 ของปริมาตรทั้งหมด ทั้งนี้เพื่อเป็นการเผื่อพื้นที่สำหรับการขยายตัวของวัสดุหมักหลังจากเกิดกิจกรรมทางชีวเคมี และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งก๊าซ

คาร์บอนไดออกไซด์เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้วัสดุหมักเกิดการขยายตัวหรือเกิดการดันวัสดุหมักขึ้นมา

(5) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ซึ่งค่า pH ของสารละลายเกิดขึ้นจากกิจกรรมของจุลินทรีย์พวกแอซิติกหรือแลคติกแบคทีเรีย จะปล่อยกรดอินทรีย์ออกมากในกระบวนการหมัก ทำให้สารละลายมีค่าความเป็นกรดสูงขึ้น การที่ค่าความเป็นกรดในสารละลายเพิ่มขึ้นบ่งบอกถึงกิจกรรมของจุลินทรีย์ สังเกตได้จากการเกิดฟองก๊าซก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในช่วงเริ่มต้นและกลางของการหมัก ค่า pH มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ยีสต์และกลุ่มที่สร้างกรดและจะยับยั้งกลุ่มจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการหมัก วัสดุหมัก เช่น ส้ม และสับปะรด จะช่วยเร่งกระบวนการหมักให้ดีขึ้น

2.4.2ปัจจัยทางด้านชีวภาพ

จุลินทรีย์เป็นปัจจัยสำคัญในกระบวนการหมักส่งผลทำให้กระบวนการย่อยสลายมีประสิทธิภาพและใช้ระยะเวลาการหมักสั้นลง กลุ่มจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมักได้แก่

(1) กลุ่มยีสต์ (Yeast) ลักษณะทางสัณฐานรูปร่างกลมหรือรี สามารถสืบพันธุ์ได้โดยการแตกหน่อ (Budding) ซึ่งเป็นแบบไม่อาศัยเพศ อยู่ใน Family Saccharomycetaceae เมื่ออายุยังน้อยจะมีรูปร่างค่อนข้างกลม แต่เมื่ออายุมากจะมีรูปร่างรียาว ยีสต์จะทำให้เกิดกระบวนการหมักโดยเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นเอททิลแอลกอฮอล์และคาร์บอนไดออกไซด์ ยีสต์มีความเกี่ยวข้องในกระบวนการหมักจะมีการสร้าง Ascospores แบบอาศัยเพศอยู่ใน Asci ได้แก่ยีสต์สกุล *Saccharomyces sp.* และ *Candida sp.* เนื่องจากยีสต์มีคุณสมบัติในการหมักน้ำตาลได้ดี ดังนั้นในกระบวนการหมักผักและผลไม้หรือปลาสดร่วมกับกากน้ำตาล (อาจใช้น้ำตาลทรายแดง น้ำตาลอ้อย) ยีสต์จะทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หลังจากการหมักวัสดุอินทรีย์ด้วยน้ำตาล (1-2 วัน จะได้กลิ่นแอลกอฮอล์) ยีสต์ในธรรมชาติจะเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนเซลล์ เนื่องจากได้แหล่งอาหารจากน้ำตาล โดยจะปรากฏอยู่ที่บริเวณผิวหน้าของวัสดุหมักเป็นฟองที่ลอกเป็นฝ้าอยู่ที่ผิวของน้ำหมักอาจจะเรียกว่า Top Yeasts เมื่อการหมักลดลงจะตกตะกอนลง

$$\underset{\text{(Glucose)}}{C_6H_{12}O_6} \xrightarrow{\text{ไม่ต้องการออกซิเจน}} \underset{\text{(Ethyl alcohol)}}{2C_2H_5OH} + 2CO_2$$

นอกจากนี้จะมีผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นออกมาในปริมาณเล็กน้อย ได้แก่ Glyceral, Acetic Acid, Organic Acid, Amino Acid, Purines, Pyrimidines และ Alcohol นอกจากนี้ยีสต์จะผลิตวิตามินและฮอร์โมนในระหว่างกระบวนการหมักด้วย ในกระบวนการหมักนั้นจะมีค่า pH ต่ำมาก แต่ยีสต์สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่เป็นกรดสูงระหว่างค่า pH 4.0-6.5 และดำรงชีพอยู่ได้ในสภาพที่มีค่า pH ของน้ำหมักระหว่าง 1.5-3.5 จะมีจุลินทรีย์กลุ่มอื่นร่วมทำปฏิกิริยาอยู่ด้วย ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นกรดอินทรีย์เกิดขึ้นมาก ซึ่งทำให้น้ำสกัดชีวภาพมีความเป็นกรดสูง สภาวะที่น้ำสกัดชีวภาพมีค่า pH ต่ำนั้น มีผลดีต่อการควบคุมจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียได้ และขณะเดียวกันแอลกอฮอล์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักเป็นปัจจัยหนึ่งที่ควบคุมคุณภาพของน้ำสกัดชีวภาพหรือปุ๋ยอินทรีย์น้ำด้วย

(2) แบคทีเรีย แบคทีเรียที่พบในน้ำสกัดชีวภาพหลายสายพันธุ์มีบทบาทในการย่อยสลายวัสดุที่ใช้ในการผลิตน้ำสกัดชีวภาพซึ่งเป็นวัสดุอินทรีย์มาจากสิ่งที่มีชีวิตทั้งจากพืชและสัตว์ แบคทีเรียย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ทำให้สารประกอบโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ๆให้เล็กลง และปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ แบคทีเรียในการหมักพบและมีบทบาทมากในน้ำสกัดชีวภาพมีดังนี้

ก. แบคทีเรียในสกุลบาซิลัส (*Bacillus sp.*) บทบาทของจุลินทรีย์สกุลนี้ในกระบวนการสกัดคือจัดเป็นพวก Ammonifiers เกี่ยวข้องกับการแปรสภาพอินทรีย์ไนโตรเจนให้เป็นอนินทรีย์ไนโตรเจน ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการดังกล่าวส่วนใหญ่จะแอมโมเนีย และแบคทีเรียในสกุลบาซิลัส สามารถผลิตเอนไซม์โพรเทส (Protease) ทำหน้าที่ย่อยโปรตีนให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลง โดยมีน้ำเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทางชีวเคมี (Hydrolysis) แปรสภาพโปรตีนให้เป็นโพลีเปบไทด์ (Phlypeptides) และแปรสภาพโอลิโกเปบไทด์ (Oligopeptides) ให้เป็นกรดแอมิโน เอนไซม์นี้ถ้าย่อยโปรตีนในสภาพที่มีอากาศเพียงพอจะได้คาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย ซัลเฟต และน้ำ แต่ถ้าย่อยสลายโปรตีนในสภาพที่ปราศจากอากาศจะได้แอมโมเนีย แอมีน คาร์บอนไดออกไซด์ กรดอินทรีย์ และไฮโดรเจนซัลไฟล์ สารต่างๆ เหล่านี้ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นเน่า นอกจากนี้แบคทีเรียสกุลบาซิลัส ยังสามารถสังเคราะห์ฮอร์โมนพืชกลุ่มออกซินจิบเบอเรลลินและไซโตไคนินได้

ข. กลุ่มแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก (Lactic Acid Bacteria) ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแบคทีเรียกลุ่มนี้เป็น Gram Positive Asporogenous Rod-Shaped Bacteria อยู่ใน Family Lactobacillaceae จะไม่มีการสร้างสปอร์ (Endospore) รูปร่างของเซลล์มีลักษณะเป็นท่อน แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกจะมีส่วนเกี่ยวข้องอย่างมากในการผลิตน้ำสกัดชีวภาพที่กระบวนการผลิตมีน้ำตาลมาเกี่ยวข้อง แบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถสร้างกรดแลคติก กรดฟอร์มิค เอทานอล และคาร์บอนไดออกไซด์ แบคทีเรียชนิดนี้ในพวก Anaerobic หรือ Facultative ได้แก่ แบคทีเรียใน

สกุล *Lactobacillus sp.* มีความต้องการสารอาหารพวกสารประกอบอินทรีย์มีโครงสร้างซับซ้อน พบในกระบวนการหมักมีการเจริญได้ดีในสภาพที่ไม่ออกซิเจน แต่ก็มีความสามารถเพิ่มจำนวนเซลล์ได้ดีในสภาพที่มีออกซิเจนด้วย น้ำตาลเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของแบคทีเรียชนิดนี้ กลุ่ม Lactic acid bacteria แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่หนึ่งเรียกว่า Homofermentative จุลินทรีย์กลุ่มนี้จะให้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นกรดแลคติก (Lactic Acid) เท่านั้น สำหรับกลุ่มที่สองเรียกว่า Heterofermentative หลังจากกระบวนการหมักจะได้กรดแลคติก กรดแอซิติก กรดฟอร์มิก กลีเซอรอล แอลกอฮอล์ และคาร์บอนไดออกไซด์ โดยทั่วไปแล้วแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกจะมีอยู่ในสภาพธรรมชาติทั้งในพืชผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ และผลิตภัณฑ์นม กรดแลคติกที่ได้นี้มีบทบาทสำคัญในการถนอมอาหารหลายชนิด ผักดองต่างๆ ผลิตภัณฑ์นมพวกทำเนยแข็ง จุลินทรีย์ดังกล่าวมีความสามารถทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปได้ดี ทนต่อสภาพความเป็นกรดสูง สภาวะความเป็นกรดสูงนี้จะมีผลกระทบต่อการยับยั้งการเพิ่มจำนวนเซลล์หรือกำจัดกลุ่มจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียของอาหาร ปฏิกิริยาโดยสรุปของการสร้างกรดแลคติกจากน้ำตาล โดยกลุ่มแบคทีเรีย Lactic Acid Bacteria มีดังนี้คือ

$$\underset{\text{(Glucose)}}{C_6H_{12}O_6} \xrightarrow{\text{ไม่ต้องการออกซิเจน}} \underset{\text{(Lactic Acid)}}{2CH_3 . CHOH . COOH}$$

ค. กลุ่มแบคทีเรียผลิตกรดแอซิติก (Acetic Acid Bacteria) ลักษณะพื้นฐานทางวิทยาของแบคทีเรียกลุ่มนี้เป็นแบคทีเรียรูปแท่ง(Rod) และกลม(Cocci) แกรมลบ (Gram negative Aerobic) อยู่ใน Family Pseudomonadaceae รูปร่างเป็นท่อนแต่มีลักษณะ เช่น รูปรีหรือไม้กระบองโค้งมี Flagella เคลื่อนที่ได้เป็นพวกที่ต้องการออกซิเจน (Aerobic Bacteria) ทนทานต่อสภาพความเป็นกรดได้ดีในสภาพที่มีค่า pH ของสารละลายต่ำกว่า 5.0 และเจริญอยู่ได้ในที่ที่มีค่า pH ต่ำระหว่าง 3.0-3.5 ได้แก่ แบคทีเรียในสกุล *Acetobacter sp.* บทบาทสำคัญของแบคทีเรียชนิดนี้จะทำหน้าที่แปรสภาพหรือเปลี่ยนแอลกอฮอล์ เอทานอล (Ethanol) ให้เป็นกรดแอซิติก โดยปฏิกิริยา Oxidation ในสภาพที่มีออกซิเจน มีปฏิกิริยาโดยสรุปดังนี้คือ

$$\underset{\text{(Ethyl alcohol)}}{C_2H_5OH + O_2} \xrightarrow{\text{ไม่ต้องการออกซิเจน}} \underset{\text{(Acetic Acid)}}{CH_3 . COOH + H_2O}$$

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 22 มิ.ย. 2555
เลขทะเบียน 246142
เลขเรียกหนังสือ

(3) เชื้อรา ราที่มีบทบาทในกระบวนการหมักในน้ำสกัดชีวภาพส่วนใหญ่จะเป็นยีสต์และราที่มีรูปร่างเป็นเส้นใย ราเส้นใย เป็นจุลินทรีย์พวกที่ต้องการอากาศ พบเห็นได้บริเวณผิวด้านบนของน้ำสกัดชีวภาพ ดังนั้นในลักษณะของการทำน้ำสกัดชีวภาพ ซึ่งเป็นการหมักที่มีออกซิเจนน้อยสภาพดังกล่าวไม่เหมาะสำหรับการเจริญเติบโตของราเส้นใย จึงมักพบอยู่บนบริเวณผิวหน้าของน้ำสกัดชีวภาพหรือบนพื้นผิวภาชนะมีน้ำตาลติดอยู่ ส่วนใหญ่ที่มีบทบาทในกระบวนการหมักน้ำสกัดชีวภาพจะอยู่ในกลุ่มรา Phycomycetes ได้แก่ ราในสกุล Mucor และอื่นๆ (กองอนุรักษ์ดินและน้ำ, 2546)

2.5 ปัจจัยหลักที่กลุ่มเกษตรอินทรีย์นิยมใช้น้ำสกัดชีวภาพ

หากพิจารณากระแสความนิยมของการใช้น้ำสกัดชีวภาพของเกษตรกรและกระแสความต้องการของตลาดในแง่เกษตรอินทรีย์แล้วจะเห็นได้ว่าน้ำสกัดชีวภาพเป็นทางเลือกของเกษตรกรในการผลิตทางการเกษตร สาเหตุที่เป็นเช่นนี้ก็เนื่องมาจากเหตุผลต่างๆ ดังนี้

2.5.1 วัตถุดิบ

วัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตน้ำสกัดชีวภาพคือวัสดุอินทรีย์ ซึ่งได้แก่ เศษผัก ใบไม้ ใบหญ้า สมุนไพร หรือของเหลือจากสัตว์ ปลาเป็ด หอยเชอรี่ หรือแม้แต่ขยะเปียกก็สามารถนำมาผลิตเป็นน้ำสกัดชีวภาพ จะเห็นได้ว่าวัสดุอินทรีย์มีปริมาณมากมายไม่มีวันหมดสิ้น ส่วนวัตถุดิบที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งคือ กากน้ำตาล (Molasses) ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานน้ำตาล โดยปกติจะถูกส่งออกไปยังต่างประเทศ เพื่อเป็นส่วนผสมของอาหารสัตว์ ปริมาณกากน้ำตาลในประเทศไทยมีปริมาณมหาศาล ดังนั้นวัตถุดิบประเภทนี้จึงไม่ขาดแคลน แต่ปัญหาที่พบของกระบวนการผลิตน้ำสกัดชีวภาพ คือคุณภาพของกากน้ำตาลซึ่งเกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำตาลที่อยู่ในกากน้ำตาล และปริมาณสิ่งเจือปนในกากน้ำตาล ดังนั้นเกษตรกรหรือผู้ผลิตหลายรายหันมาใช้น้ำตาลทรายแดงแทน ซึ่งจะลดปัญหาเรื่องปริมาณสารปนเปื้อนในน้ำสกัดชีวภาพที่จะส่งผลกระทบต่อพืชภายหลัง อรรถ บุญนิธิ (2543) ได้เสนอผลไม้สุกต่างๆ เช่น มะม่วง เงาะ สับปะรด น้ำตาล มะพร้าว ตาล อ้อย ซึ่งผลไม้เหล่านี้สามารถใช้เป็นแหล่งของน้ำตาล ดังนั้นจะเห็นได้ว่าวัตถุดิบของการผลิตน้ำสกัดชีวภาพมีมากมาย จึงไม่เป็นอุปสรรคต่อการผลิต

2.5.2 เทคโนโลยีการผลิต

การผลิตน้ำสกัดชีวภาพมีเทคโนโลยีการผลิตที่ง่ายไม่ยุ่งยากซับซ้อน เกษตรกรสามารถผลิตได้ จุลินทรีย์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตก็เป็นจุลินทรีย์จากธรรมชาติ ซึ่งประเทศไทยเป็นประเทศในเขตร้อนมีความหลายหลายทางชีวภาพสูง ดังนั้นการผลิตน้ำสกัดชีวภาพส่วนใหญ่อาศัยจุลินทรีย์จากธรรมชาติเป็นหลักจึงง่ายต่อเกษตรกรที่จะนำไปผลิต โดยการทำน้ำสกัดชีวภาพสามารถทำได้ดังนี้

(1) ใช้เศษพืช ผัก ผลไม้ หรือเศษอาหาร ที่ยังไม่บูดเน่า นำมาสับหรือบดให้เป็นชิ้นเล็กๆใส่ภาชนะที่มีฝาปิด เช่น ถังพลาสติก หรือโอ่ง

(2) ใส่กากน้ำตาลหรือน้ำตาลทรายแดงหรือขาวลงไป 1 ใน 3 ของน้ำหนักผัก (1:3) ในอัตราส่วนนี้ถ้ามีน้ำสกัดชีวภาพอยู่แล้วให้ใส่กากน้ำตาลน้อยลง

(3) มีของหนักวางทับผักไว้ แล้วปิดฝาทิ้งไว้ 5-7 วัน

(4) จะมีของเหลวสีน้ำตาลไหลออกมาคือ น้ำสกัดชีวภาพ กรอกใส่ขวดปิดฝาให้สนิทพร้อมที่จะมานำมาใช้

ข้อควรระวังในการทำน้ำสกัดชีวภาพ

(1) ในระหว่างการหมักห้ามปิดฝาภาชนะที่ใช้หมักโดยสนิท เพราะจะทำให้ระเบิดได้ ,เนื่องจากระหว่างการหมักเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน เป็นต้น

(2) หากมีการใช้น้ำประปาในการหมักต้องต้มให้สุกหรือตากแดด เพื่อไล่คลอรีน เพราะอาจเป็นอันตรายต่อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมัก

(3) พืชบางชนิดไม่ควรใช้ในการหมักเช่น เปลือกส้ม เพราะมีน้ำมันที่ผิวเปลือกเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ย่อสลายในสภาพปลอดอากาศ

(4) การทำน้ำสกัดชีวภาพหรือน้ำหมักชีวภาพควรหมักให้ได้ที่ เพราะพบปัญหาเกิดเชื้อราที่ใบทุเรียน เนื่องจากน้ำตาลที่เหลืออยู่จุลินทรีย์ใช้ไม่หมด

2.5.3 คุณภาพผลิตภัณฑ์

น้ำสกัดชีวภาพมีความแตกต่างกันทั้งวัตถุดิบ กรรมวิธีการผลิตทำให้มีคุณสมบัติและสรรพคุณที่แตกต่างกัน

2.6 ส่วนประกอบของน้ำสกัดชีวภาพ

น้ำสกัดชีวภาพอาจผลิตออกมาหลายรูปแบบ อาจมีชื่อเรียกต่างกัน เช่น สารสกัดอินทรีย์น้ำสกัดชีวภาพ ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ สารสกัดชีวภาพ ปุ๋ยปลาหมัก เป็นต้น ส่วนประกอบภายในก็แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับกรรมวิธี ระยะเวลา จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้อง และวัสดุที่ใช้การหมัก แต่โดยภาพรวมแล้วในน้ำสกัดชีวภาพที่ผลิตขึ้นมาจะมีส่วนประกอบที่สำคัญ ดังนี้

2.6.1 ธาตุอาหารพืช เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน เป็นต้น ชนิดและปริมาณธาตุอาหารในน้ำสกัดชีวภาพจะแตกต่างกันออกไปตามชนิดของวัสดุที่ใช้หมัก เช่น ไนโตรเจน ถ้าใช้พืช พบไนโตรเจนร้อยละ 0.03-1.66 แต่ถ้าใช้ปลาจะพบประมาณร้อยละ 1.06-1.70 ฟอสฟอรัสในน้ำสกัดจากพืชจะมีตั้งแต่ไม่พบเลยจนถึงร้อยละ 0.4 แต่ในน้ำสกัดจากปลาพบร้อยละ 0.18-1.14 โพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ในน้ำสกัดจากพืชพบร้อยละ 0.05-3.53 และในน้ำสกัดจากปลาพบร้อยละ 1.0-2.39 แคลเซียมในน้ำสกัดจากพืชพบ

ร้อยละ 0.05-0.49 และน้ำสกัดจากปลาพบร้อยละ 0.29-1.0 แมกนีเซียมและซัลเฟอร์ ในน้ำสกัดจากพืชและปลาพบในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน คือ ร้อยละ 0.1-0.37

2.6.2 กรดแอมิโนและกรดอินทรีย์ ปริมาณและชนิดของกรดแอมิโนในน้ำสกัดชีวภาพแตกต่างกันออกไป กรดแอมิโนเหล่านี้เป็นประโยชน์ต่อพืช กล่าวคือ พืชสามารถดูดซับและนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรงเป็นส่วนใหญ่ บางส่วนเป็นประโยชน์ต่อจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดิน ส่วนปริมาณและชนิดของกรดอินทรีย์ในน้ำสกัดชีวภาพจะแตกต่างกันไป พบทั้งกรดอินทรีย์ที่มีโมเลกุลใหญ่ และกรดอินทรีย์ที่มีโมเลกุลเล็ก ดังตารางที่ 2.1

2.6.3 ฮอร์โมนพืช (Hormones) ได้แก่ กลุ่มออกซิน(Auxin; Indole acetic acid : IAA) กลุ่มจิบเบอเรลลิน(Gibberellins; Gibberellic acid : GA3) และกลุ่ม ไคเนติน(Cytokinins ; Zeatin และ Kinetin) ในปริมาณที่แตกต่างกันออกไป

2.7 ประโยชน์ของน้ำสกัดชีวภาพ

2.7.1 ใช้เป็นปุ๋ยโดยตรง

น้ำสกัดชีวภาพจะประกอบด้วยสารต่างๆ และจุลินทรีย์อยู่เป็นจำนวนมาก ดังนั้นก่อนนำไปใช้ประโยชน์จึงต้องทำให้เจือจางมากๆ คืออัตราส่วนน้ำสกัดชีวภาพต่อน้ำสะอาดเท่ากับ 1:500-1,000 การใช้เป็นน้ำสกัดชีวภาพจะต้องมีความระมัดระวังมาก ถ้าเข้มข้นมากไปพืชจะชะงักการเจริญเติบโตใบจะมีสีเหลือง ถ้าใช้ในอัตราที่พอเหมาะพืชจะแสดงสภาพเขียวสด ใบเป็นมันตาที่พักอยู่จะขยายตัวแตกตาเป็นใบภายในเวลาหนึ่งสัปดาห์ ดังนั้นการใช้จึงควรใช้อัตราเจือจางมากเป็นเกณฑ์ ซึ่งสามารถใส่ให้แก่ต้นไม้ได้น้อยครั้ง เช่น 3-7 วันต่อครั้ง และเมื่อพืชเจริญงอกงามดีในเวลาต่อมา จะให้เดือนละครั้งก็ได้ (เกษตรธรรมชาติ, 2541)

น้ำสกัดชีวภาพมีคุณสมบัติเป็นปุ๋ยอินทรีย์ได้ ทั้งนี้เนื่องจากน้ำสกัดชีวภาพประกอบด้วยธาตุอาหารพืชต่างๆ หลายชนิด แต่มีปริมาณธาตุอาหารเหล่านั้นในปริมาณน้อย ซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุดิบและกระบวนการผลิต แต่โดยทั่วๆ ไป พบว่าน้ำสกัดชีวภาพที่ได้จากสัตว์จะมีปริมาณธาตุอาหารสูงกว่าที่ได้จากพืช ดังแสดงในตารางที่ 2.1-2.5

ตารางที่ 2.1 ชนิดและปริมาณของกรดแอมิโนที่พบในน้ำสกัดจากปลา (มิลลิกรัม/100กรัม)

ชนิดของกรดแอมิโน	ระยะหมัก			
	30 วัน	60 วัน	90 วัน	120 วัน
แอสพาแตท (Aspartate)	39.46	33.81	19.68	17.92
กลูตาแมท (Glutamate)	177.68	180.55	232.00	245.71
ซีรีน (Serine)	102.98	64.85	68.9	71.37
ไกลซีน (Glycine)	77.78	54.97	61.58	59.14
ฮิสทิดีน (Histidine)	154.51	138.59	150.98	157.5
อาร์จินีน (Arginine)	222.06	236.42	255.04	274.93
ทรีโอนีน (Threonine)	129.81	123.99	156.82	157.66
อะลานีน (Alanine)	157.20	161.08	218.18	274.93
ไทโรซีน (Tyrosine)	77.82	58.47	45.6	110.85
วาลีน (Valine)	149.68	162.83	230.86	297.94
เมไทโอนีน (Methionine)	81.38	80.08	132.69	152.04
ซีสทีน (Cysteine)	5.09	14.76	21.79	21.84
ไอโซ-ลิวซีน (Isoleucine)	102.6	122.30	164.52	218.32
ลิวซีน (Leucine)	200.94	228.48	318.91	397.48
ทริปโตเฟน (Tryptophan)	191.99	414.95	745.49	912.2
ฟีนิลอะลานีน (Phenylalanine)	89.23	112.30	156.73	189.17
ไลซีน (Lysine)	226.86	329.67	366.28	553.64
รวม	2187.10	2518.07	3346.07	4077.9

ที่มา : Jiang และคณะ (2007)

ตารางที่ 2.2 ปริมาณธาตุอาหารพืชที่พบในน้ำสกัดชีวภาพชนิดต่างๆ

ชนิดของน้ำสกัดชีวภาพ	ธาตุอาหารพืช							
	ร้อยละ					ส่วนในล้าน		
	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม	แคลเซียม	แมกนีเซียม	เหล็ก	สังกะสี	แมงกานีส
น้ำสกัดชีวภาพ	0.25	0.05	1.4	0.01	0.3	50	15	8
ปุ๋ยปลา วว.	5.7	0.4	2.4	0.48	0.08	150	350	100
ปุ๋ยปลาเชิงการค้า	5.8	0.4	7.3	0.5	0.08	200	100	100
อีเอ็ม	0.03	0.10	0.04	0.01	0.01	50	10	5
ปุ๋ยปลาหมักชีวภาพ	0.58	0.10	0.55	0.01	0.03	65	11	7.2
ปุ๋ยสกัดหอยเชอรี่	0.97	0.62	0.72	1.08	0.12	150	200	100

ที่มา : สุริยา สาสนรักกิจ (2544)

ตารางที่ 2.3 ปริมาณธาตุอาหารพืชที่พบในน้ำสกัดชีวภาพ

ชนิดน้ำสกัดชีวภาพ	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	อินทรียวัตถุ (ร้อยละ)	ธาตุอาหารพืช(ร้อยละ)				
			ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม	แคลเซียม	แมกนีเซียม
น้ำสกัดเศษอาหาร	3.8	9.1	0.25	0.03	1.06	0.45	0.15
น้ำสกัดเศษผัก	4.1	11.9	0.32	0.07	1.25	0.68	0.20
น้ำสกัดผักกูด	4.1	18.9	0.15	0.03	0.6	0.07	0.05
น้ำสกัดผลไม้รวม	3.7	20.8	0.43	0	0.24	0.06	0.03
น้ำสกัดเศษผัก	3.7	11.34	0.26	0.4	1.28	1.06	0.16
ปลาหมัก	3.9	24.1	1.48	0.18	1	0.56	0.11
น้ำสกัดจากนมโค	3.8	14.75	0.33	0.17	1.08	0.36	0.15

ที่มา : สุริยา สาสนรักกิจ (2544)

ตารางที่ 2.4 ปริมาณธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมในน้ำสกัดชีวภาพและปลาหมักสูตรต่างๆ

สูตร/ส่วนประกอบ	ปริมาณธาตุอาหารหลัก (ร้อยละ)			
	ระเวลาหมัก 1 เดือน		ระเวลาหมัก 5 เดือน	
	แคลเซียม (Ca)	แมกนีเซียม (Mg)	แคลเซียม (Ca)	แมกนีเซียม (Mg)
ผักร่วมกับกากน้ำตาล	2.09	0.033	3.4	0.051
กล้วยร่วมกับมะละกอและกากน้ำตาล	1.85	0.03	2.97	0.042
ปลาร่วมกับกากน้ำตาล	3.61	0.039	3.52	0.051
ผักร่วมกับกระดูกป่นและกากน้ำตาล	3.33	0.03	3.52	0.063
มะละกอร่วมกับกล้วยกระดูกป่นและกากน้ำตาล	2.56	0.029	3.56	0.056
ปลาร่วมกับกระดูกป่นและกากน้ำตาล	3.4	0.039	3.16	0.2

ที่มา : สาลี่ ชินสถิติ (2544)

ตารางที่ 2.5 ปริมาณธาตุอาหารเสริมในน้ำสกัดชีวภาพและปลาหมักสูตรต่างๆ ที่หมักเป็นระยะเวลา 1 เดือน

สูตร/ส่วนประกอบ	ปริมาณธาตุอาหารเสริม(ร้อยละ)			
	ทองแดง (Cu)	เหล็ก (Fe)	สังกะสี (Zn)	แมงกานีส (Mn)
ผักร่วมกับกากน้ำตาล	0.002	0.003	0.00005	0.005
กล้วยร่วมกับมะละกอและกากน้ำตาล	0.002	0.003	0.000003	0.004
ปลาร่วมกับกากน้ำตาล	0.002	0.011	0	0.004
ผักร่วมกับกระดูกป่นและกากน้ำตาล	0.0001	0.006	0.0001	0.002
มะละกอร่วมกับกล้วย กระดูกป่น และกากน้ำตาล	0.002	0.024	0.0003	0.005
ปลาร่วมกับกระดูกป่นและกากน้ำตาล	0.0002	0.036	0.0003	0.005

ที่มา : สาลี่ ชินสถิติ (2544)

จากตารางจะเห็นได้ว่าน้ำสกัดชีวภาพที่ได้จากเศษผักจะมีปริมาณไนโตรเจน ร้อยละ 0.25 ปริมาณฟอสฟอรัสร้อยละ 0.05 และปริมาณโพแทสเซียมร้อยละ 1.40 และมีธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมอย่างครบถ้วน แต่มีอยู่ในปริมาณน้อย จึงมีข้อถกเถียงกันอยู่เสมอว่าน้ำสกัดชีวภาพจัดเป็นปุ๋ยหรือไม่ ดังนั้นหากพิจารณาความหมายของปุ๋ยจากคณาจารย์ภาควิชาปฐพี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์(2541) ปุ๋ยหมายถึงวัตถุหรือสารที่ใส่ลงไปในดินโดยมีวัตถุประสงค์ที่จะให้ธาตุอาหาร เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเพิ่มเติมแก่พืช ส่วนปุ๋ยตามความหมายในพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 ปุ๋ยเป็นสารอินทรีย์หรืออนินทรีย์ไม่ว่าจะเกิดขึ้นโดยธรรมชาติหรือทำขึ้นก็ตาม สำหรับให้ธาตุอาหารแก่พืชไม่ว่าโดยวิธีใดหรือทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในดินเพื่อบำรุงความเติบโตแก่พืช

ดังนั้นหากพิจารณาคำจำกัดความของปุ๋ยจะเห็นได้ว่าน้ำสกัดชีวภาพจัดเป็นปุ๋ยได้ ทั้งนี้เนื่องจากน้ำสกัดชีวภาพมีธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ซึ่งสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้ และเมื่อพิจารณาคำจำกัดความของปุ๋ยอินทรีย์หมายถึงปุ๋ยที่มาจากอินทรีย์สารที่ผลิตขึ้นโดยกรรมวิธีต่างๆ และก่อนที่จะนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อพืชจะต้องผ่านกระบวนการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ทางชีวภาพเสียก่อน ดังนั้นน้ำสกัดชีวภาพหากนำมาใช้ในแง่เป็นปุ๋ยแล้ว น้ำสกัดชีวภาพควรจะเรียกว่า ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดน้ำ

นฤมล นาคมี (2544) ได้ทำการศึกษาการย่อยสลายของเศษผักกะหล่ำปลี โดยการใช้เศษผักกะหล่ำปลี 3 กิโลกรัม ผสมกับกากน้ำตาลที่อัตราต่างๆ ดังนี้ 0, 0.5, 1 และ 1.5 กิโลกรัมตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าการผสมกากน้ำตาลในอัตราที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้การย่อยสลายเศษผักมีปริมาณลดลง และพบว่ากรรมวิธีที่ไม่ผสมกากน้ำตาลเลย การย่อยสลายเศษผักจะมีอัตราการย่อยสลายที่ดีกว่า ดังนั้นหากพิจารณาในแง่การนำน้ำสกัดชีวภาพมาผลิตเป็นปุ๋ยแล้วจะเห็นได้ว่าไม่ต้องเติมกากน้ำตาลเลยจะส่งเสริมการย่อยสลายของเศษผักได้ดีกว่าการใส่กากน้ำตาล แต่จะมีกลิ่นเหม็นที่รุนแรง และจากการทดลองพบว่าการใส่กากน้ำตาลเพิ่มมากขึ้นทำให้เศษผักไม่ถูกย่อยสลายมีปริมาณเพิ่มขึ้น หรืออาจกล่าวได้ว่าเมื่อใส่กากน้ำตาลสูงถึง 1.5 กิโลกรัมต่อผัก 3 กิโลกรัม เศษผักสามารถย่อยสลายได้เพียงร้อยละ 30.4 เท่านั้น ดังนั้นสัดส่วนที่เหมาะสมคือกะหล่ำปลี 3 กิโลกรัม ผสมกับกากน้ำตาลในปริมาณ 0.5-1 กิโลกรัม ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 อัตราการย่อยสลายของผักกะหล่ำปลีและน้ำหนักผักที่เหลือที่หมักร่วมกับกากน้ำตาลในอัตราต่างๆ

กรรมวิธี	น้ำหนัก (กรัม)	น้ำหนักแห้งของผักที่เหลือ (กรัม)	การย่อยสลายตัวของผัก (ร้อยละ)
ควบคุม	292.5	6.52	97.86
0.5	292.5	143.27	51.02
1.0	292.5	182.70	37.54
1.5	292.5	203.48	30.43

ที่มา : นฤมล นาคมี (2544)

ส่วนระยะเวลาการหมักที่เหมาะสมในการสกัดเพื่อให้มีการปลดปล่อยธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในปริมาณสูงควรจะใช้ระยะเวลาอย่างน้อย 30 วัน ในกรณีที่ไม่เติมอากาศ โดยพบว่าที่ระยะเวลา 30 วัน น้ำสกัดชีวภาพจะมีปริมาณไนโตรเจนร้อยละ 0.11 ปริมาณฟอสฟอรัสร้อยละ 0.015 และปริมาณโพแทสเซียมร้อยละ 0.169 ตามลำดับ ดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 ร้อยละของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียที่ระยะเวลาการสกัดต่าง ๆ โดยใช้สัดส่วนผัก : กากน้ำตาล เท่ากับ 3 : 0.5

ธาตุอาหารพืช	ระยะเวลา (วัน)				ร้อยละ การย่อยสลาย
	0	15	30	60	
ไนโตรเจน	0.050	0.026	0.110	0.102	75.4
ฟอสฟอรัส	0.009	0.010	0.015	0.010	35.8
โพแทสเซียม	0.175	0.206	0.169	0.249	64.8

ที่มา : นฤมล นาคมี (2544)

และงานวิจัยของ นฤมล นาคมี (2544) พบว่าการผลิตน้ำสกัดชีวภาพจากกะหล่ำปลีมีธาตุไนโตรเจนเท่ากับร้อยละ 0.068 (จากกะหล่ำปลีร้อยละ 0.035 จากกากน้ำตาลร้อยละ 0.033) ส่วนฟอสฟอรัส พบว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสในปริมาณที่ต่ำคือร้อยละ 0.011 (มาจากผักร้อยละ 0.006 มาจากกากน้ำตาลร้อยละ 0.005) และโพแทสเซียมมีปริมาณร้อยละ 0.244 (มาจากผัก ร้อยละ 0.059 มาจากกากน้ำตาลร้อยละ 0.185) และเมื่อทำการหมักครบ 60 วัน พบว่า

ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนและโพแทสเซียมมีปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ซึ่งหมายความว่าปริมาณธาตุอาหารดังกล่าวส่วนหนึ่งได้มาจากกากน้ำตาล ซึ่งมีปริมาณไนโตรเจนร้อยละ 0.81 และโพแทสเซียมร้อยละ 4.43

ตารางที่ 2.8 ร้อยละของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ที่ได้จากการทำน้ำสกัดชีวภาพเป็นระยะเวลา 60 วัน

ปริมาณกากน้ำตาล	วันเริ่มต้นสกัด		การหมักหลัง 60 วัน	
0	ไนโตรเจน	0.035	ไนโตรเจน	0.089
	ฟอสฟอรัส	0.006	ฟอสฟอรัส	0.008
	โพแทสเซียม	0.059	โพแทสเซียม	0.068
0.5	ไนโตรเจน	0.054	ไนโตรเจน	0.102
	ฟอสฟอรัส	0.009	ฟอสฟอรัส	0.009
	โพแทสเซียม	0.175	โพแทสเซียม	0.247
1.0	ไนโตรเจน	0.068	ไนโตรเจน	0.117
	ฟอสฟอรัส	0.011	ฟอสฟอรัส	0.012
	โพแทสเซียม	0.244	โพแทสเซียม	0.247
1.5	ไนโตรเจน	0.075	ไนโตรเจน	0.133
	ฟอสฟอรัส	0.012	ฟอสฟอรัส	0.014
	โพแทสเซียม	0.291	โพแทสเซียม	0.661

ที่มา : นฤมล นาคมี (2544)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

อภิญญา แสงสุวรรณ (2545)ได้ทำการศึกษาการผลิตน้ำสกัดชีวภาพจากเศษผัก โดยเปรียบเทียบการหมักแบบใช้อากาศและแบบไม่ใช้อากาศ พบว่าการให้อากาศแก่กระบวนการหมักชีวภาพจะส่งเสริมให้มีการย่อยสลายของเศษผักมีการย่อยสลายตัวได้ดีกว่าการไม่ใช้อากาศ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดพบว่าในการหมักแบบใช้อากาศมีปริมาณจุลินทรีย์สูงกว่าเล็กน้อย ส่วนการเปลี่ยนแปลงของ pH ของน้ำสกัดชีวภาพพบว่า pH ของน้ำสกัดชีวภาพทั้ง 2 แบบ จะมี pH ลดลงจนมี pH ต่ำสุดที่วันที่ 7 ของการหมักคือมี pH เท่ากับ 3.61 และ 3.74 แต่หลังจากระยะเวลาการหมักยาวนานขึ้น พบว่าการหมักแบบไม่เติมอากาศจะมีค่า pH คงที่คือมีค่า pH อยู่ระหว่าง 3.5-3.6 ส่วนการหมักแบบเติมอากาศพบว่าหลังวันที่ 7 pH ของน้ำสกัดชีวภาพจะ

เพิ่มสูงขึ้นเป็น 6.4 หลังจากหมักได้ 35 วัน ดังนั้นหากมีความจำเป็นที่จะเร่งกระบวนการหมักให้เร็วขึ้น อาจใช้วิธีการหมักแบบให้อากาศ แต่ให้อากาศเพียง 7 วันก็เพียงพอแล้ว

ตารางที่ 2.9 การเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ และค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำสกัดชีวภาพที่มีการหมักแบบไม่เติมอากาศและแบบเติมอากาศที่ระยะเวลาต่างๆ กัน

ระยะเวลาการหมัก (ชั่วโมง)		pH	จุลินทรีย์ (CFU/ml)			
			แบคทีเรีย	แลคติกแอคซิด	ยีสต์	รา
0	A	4.92	$9.5x10^6$	$1.1x10^6$	$9.5x10^6$	$3.5x10^2$
	B	4.92	$1.1x10^6$	$1.1x10^6$	$1.1x10^6$	$3.0x10^2$
3	A	4.94	$8.9x10^6$	$1.5x10^6$	$8.9x10^6$	$2.5x10^2$
	B	4.94	$3.5x10^7$	$9.2x10^6$	$3.5x10^6$	$1.2x10^2$
6	A	4.74	$7.8x10^7$	$2.8x10^6$	$7.8x10^7$	-
	B	4.61	$1.39x10^8$	$8.5x10^6$	$1.39x10^8$	-
12	A	5.42	$7.7x10^7$	$8.8x10^6$	$7.7x10^7$	-
	B	5.19	$2.7x10^8$	$1.9x10^7$	$2.7x10^8$	-
24	A	4.42	$9.4x10^7$	$1.2x10^7$	$9.4x10^7$	-
	B	4.13	$2.92x10^8$	$1.3x10^8$	$2.92x10^8$	-
48	A	4.21	$6.7x10^7$	$2.9x10^7$	$6.7x10^7$	-
	B	3.98	$2.4x10^8$	$1.0x10^8$	$2.4x10^8$	-
72	A	3.98	$4.7x10^7$	$2.6x10^7$	$4.7x10^7$	-
	B	3.99	$5.9x10^8$	$7.5x10^8$	$5.9x10^8$	-

A = การสกัดแบบไม่เติมอากาศ

B = การสกัดแบบเติมอากาศ

ที่มา : อภิญญา แสงสุวรรณ (2544)

การที่ pH ของการหมักแบบให้อากาศมี pH ที่สูงขึ้นนั้นก็แสดงให้เห็นว่าน่าจะมีจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในแบบให้อากาศ แล้วสามารถเปลี่ยนปริมาณกรดที่จุลินทรีย์กลุ่มแรกสร้างขึ้นเป็นสารประกอบชนิดอื่นซึ่งส่งผลทำให้ pH สูงขึ้น

แต่อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาการนำน้ำสกัดชีวภาพมาใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์สำหรับพืชเพื่อลดการใช้ปุ๋ยเคมี ปริมาณธาตุอาหารหลักยังมีปริมาณน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมี ดังนั้น การเพิ่มปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน และฟอสฟอรัสสามารถทำได้โดยการนำวัตถุดิบจำพวกปลาป่น กากถั่วเหลือง เพื่อใช้เป็นแหล่งของธาตุไนโตรเจน และใช้กระดูกป่น หรือหินฟอสเฟตเป็นแหล่งธาตุอาหารฟอสฟอรัสมาเป็นวัตถุดิบในกระบวนการสกัดทำให้น้ำสกัดชีวภาพมีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชดียิ่งขึ้น

2.7.2 ใช้เป็นหัวเชื้อปุ๋ยอินทรีย์

น้ำสกัดชีวภาพยังสามารถนำมาใช้เป็นหัวเชื้อจุลินทรีย์สำหรับปุ๋ยอินทรีย์ โดยการนำเศษวัสดุเหลือใช้ผสมคลุกเคล้าหมักรวมกับมูลสัตว์ แกลบดำ รำละเอียด คลุมด้วยกระสอบป่านใช้เวลา 3 วัน สามารถนำไปใช้ได้ แต่จากผลวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์ดังกล่าวของสำนักงานเกษตรจังหวัดสุรินทร์ (2546) พบว่าปุ๋ยดังกล่าวมีปริมาณอินทรียวัตถุและธาตุอาหารอยู่ในปริมาณต่ำ ดังนั้นปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตขึ้นโดยวิธีนี้จึงเหมาะสำหรับใช้ในการปรับปรุงโครงสร้างดินให้โปร่งมากกว่าที่จะนำมาใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่จะปลดปล่อยธาตุอาหารและเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดิน

น้ำสกัดชีวภาพประกอบด้วยสารอาหารต่างๆ ที่เป็นแหล่งโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน วิตามิน เกลือแร่ต่างๆ ที่ได้มาจากวัตถุดิบ นอกจากนี้ยังมีปริมาณกากน้ำตาล ซึ่งเป็นแหล่งของน้ำตาลที่ทำให้จุลินทรีย์ต่างๆ เจริญเติบโตได้ดียิ่งขึ้น ดังนั้นในน้ำสกัดชีวภาพจึงมีจุลินทรีย์อยู่หลากหลายชนิด ซึ่งสุริยา สาสนรักกิจ และคณะ (2541) ได้วิเคราะห์พบว่ามีจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศประมาณ 1.1×10^5 CFU/mL และจุลินทรีย์ที่สร้างกรดมีปริมาณ 2.5×10^7 CFU/mL ดังแสดงในตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 จุลินทรีย์ที่พบในน้ำสกัดชีวภาพ

ตัวอย่างทดสอบ	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/mL)		
	จุลินทรีย์ไม่ต้องการออกซิเจน	จุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจน	จุลินทรีย์ที่สร้างกรด
ตัวอย่างที่ 1	1.5×10^7	9.0×10^7	2.1×10^7
ตัวอย่างที่ 2	5.0×10^3	7.8×10^6	3.0×10^7
ตัวอย่างที่ 3	5.6×10^4	2.7×10^5	1.1×10^6
ตัวอย่างที่ 4	1.2×10^5	1.1×10^7	1.3×10^7

ที่มา : สุริยา สาสนรักกิจ และคณะ (2541)

จุลินทรีย์ที่พบส่วนใหญ่จะเป็นจุลินทรีย์กลุ่มแบซิลัส และกลุ่มแลคติกแอซิดแบคทีเรีย เมื่อตรวจสอบ พบว่าเป็น *Lactocaillus* sp., *Streptococcus* sp., ส่วนจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศพบว่าเป็นแบคทีเรีย *Bacillus circulans*, *Bacillus firmus*, *Baccillus subtills*, *Bacillus cereous*, *Staphylococcus* sp., *Pseudomonus* sp. และยีสต์ จุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศจะเป็นพวกสร้างกรด คือ แลคติกแอซิดแบคทีเรียและพวกสร้างกลิ่นเหม็น ซึ่งจะตรวจพบว่าเป็นพวกแกรมลบท่อนสั้น

นอกจากนี้กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน (2544) ได้ทำการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ในน้ำสกัดชีวภาพสูตรต่างๆ พบจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ เป็นจำนวนมาก ได้แก่ กลุ่มจุลินทรีย์กลุ่มย่อยสลายเซลลูโลส ได้แก่ รา แบคทีเรีย และแอคติโนมัยซิส นอกจากนี้ยังพบยีสต์ *Azotobacter* และ พบว่าทุกตัวอย่างของน้ำสกัดชีวภาพมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 3.1-4.0 (ตารางที่ 2.11)

ตารางที่ 2.11 ผลวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ในน้ำสกัดชีวภาพสูตรต่างๆ (เซลล์/กรัมของตัวอย่าง)

น้ำสกัดชีวภาพ	จำนวนจุลินทรีย์ที่ย่อยเซลลูโลสที่ 30°C			จำนวนยีสต์	*Azotobacter* sp.	pH
	รา	แบคทีเรีย	แอคติโนมัยซิส			
น้ำสกัดผักบุ้ง	$1x10^2$	$4x10^4$	$4x10^3$	$3.5x10^4$	$2.0x10^1$	3.4
น้ำสกัดขิง	$1x10^2$	$4.5x10^3$	$6x10^2$	$3.1x10^3$	$2.0x10^1$	4.0
น้ำสกัดหอยเชอรี่	$1x10^2$	$2.9x10^3$	$1x10^3$	$5.6x10^5$	$1.6x10^2$	3.3
น้ำสกัดเปลือกไข่	$1x10^2$	$4x10^6$	$5x10^3$	$5.1x10^4$	$1x10^4$	3.6
น้ำสกัดสะเดา	$1x10^2$	$8x10^4$	$4x10^4$	$2.3x10^3$	$1.5x10^1$	3.4
น้ำสกัดส้มเขียวหวาน	$1x10^2$	$4x10^6$	$1x10^3$	$4.5x10^6$	$1.3x10^2$	3.4
น้ำสกัดว่านหางจระเข้	$1.5x10^2$	$3x10^6$	$1x10^4$	$3.2x10^5$	$1.6x10^1$	3.3
น้ำสกัดผักและผลไม้	$2.5x10^2$	$3x10^6$	$6x10^3$	$4.1x10^6$	$1.5x10^2$	3.1

ที่มา : สุพจน์ ชัยวิมล (2544)

ดังนั้นการนำน้ำสกัดชีวภาพมาใช้เป็นหัวเชื้อจุลินทรีย์เพื่อใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในกระบวนการผลิตปุ๋ยสกัดจึงเป็นวิธีที่มีความเหมาะสม เพื่อเร่งกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ให้กลายเป็นปุ๋ยอินทรีย์ได้เร็วขึ้น

2.7.3 ใช้ป้องกันกำจัดแมลง

สุริยา สาสนรักกิจ และคณะ (2544) ได้ทำการผลิตน้ำสกัดจากเศษผักโดยการใส่เชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียหลายสายพันธุ์ แล้วทำการหมักในสภาพไม่มีอากาศ นำสารละลายที่ได้ไปทดสอบกับหนอนกระทู้ ซึ่งจากผลการทดลองเบื้องต้นพบว่าอัตราการตายของหนอนมีปริมาณมากกว่าชุดควบคุม และพบว่าความผิดปกติของไข่ผีเสื้อ ไข่จะไม่มีขน และไม่ฟักเป็นตัว แต่อย่างไรก็ตามการทดลองดังกล่าวอยู่ในระยะเริ่มต้น แต่ก็แสดงแนวโน้มความเป็นไปได้ของการใช้น้ำสกัดชีวภาพในการป้องกันกำจัดแมลง

สุริยา สาสนรักกิจ และคณะ (2545) ได้ทำการสกัดสารอกฤทธิ์จากกากยาสูบด้วยน้ำ พบว่าสารละลายที่ได้มีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของหนอนกระทู้ และเมื่อวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ในสารละลาย พบว่าเป็นสารนิโคติน (ดังตารางที่ 2.12) และได้ทำการทดลองการหมักผักที่ใช้เศษผักจากตลาดสี่มุมเมือง ซึ่งประกอบด้วย ใบโหระพา มะระขี้นกและผักคื่นไฉ่ พบว่าหลังจากการหมักไว้ประมาณ 4 สัปดาห์ ปรากฏว่าสารละลายมีปริมาณจุลินทรีย์เจริญเติบโตในปริมาณที่น้อยมาก ดังนั้นในการหมักสารสกัดชีวภาพเพื่อใช้ป้องกันโรคและแมลงจำเป็นที่จะต้องใช้พืชหรือสมุนไพรที่มีสารออกฤทธิ์ในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืชมาเป็นวัตถุดิบในกระบวนการหมัก ได้แก่ สะเดา ตะไคร้หอม ข่า ยาสูบ ซึ่งจะได้น้ำสกัดชีวภาพที่มีคุณสมบัติในการป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืช

ตารางที่ 2.12 น้ำหนักหนอนและร้อยละการตายของหนอนที่ได้รับสารสกัดจากกากยาสูบ

ความเข้มข้นของสารสกัด (ร้อยละ)	น้ำหนักหนอน (กรัม)	การตายของหนอน(ร้อยละ)
0	0.624	36.7
0.1	0.669	46.7
0.5	0.613	46.7
1.0	0.491	70.0

ที่มา : สุริยา สาสนรักกิจ และคณะ (2545)

2.7.4 ใช้ประโยชน์ในการกำจัดน้ำเสียและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

น้ำสกัดชีวภาพสามารถนำไปใช้ย่อยสลายสารอินทรียวัตถุจากแหล่งน้ำต่างๆ เช่น บ่อน้ำและสระน้ำที่มีอินทรียวัตถุย่อยสลายบูดเน่า สามารถใส่น้ำชีวภาพลงไปในแหล่งน้ำดังกล่าว โดยใช้น้ำสกัดชีวภาพในอัตรา 1:100, 1:250, หรือ 1:500 โดยคิดจากปริมาณน้ำในแหล่ง

น้ำ เช่น ปริมาณน้ำ 1,000 ส่วน เติมน้ำสกัดชีวภาพ 1 ส่วน ระยะเวลาการย่อยสลายใช้เวลา 1 สัปดาห์ขึ้นไป

2.7.5 ใช้กับสัตว์เลี้ยง (ไก่และสุกร)

การใช้น้ำสกัดชีวภาพจำนวน 250 มิลลิลิตร มาผสมกับน้ำสะอาด 20 ลิตร นำไปใช้เลี้ยงไก่หรือสุกรเพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อโรค โดยวิธีดังกล่าวจะมีสรรพคุณทำให้สัตว์แข็งแรงมีภูมิคุ้มกันโรค และที่สำคัญพื้นคอกไก่ไม่มีกลิ่นแอมโมเนีย ซึ่งส่งผลให้ไก่ไม่เป็นโรค

สุริยา สาสนรักกิจ และคณะ (2545) ได้นำขยะอินทรีย์จากเศษผักสดจากตลาดสี่มุมเมืองจังหวัดปทุมธานี มาทำการผลิตผักหมักโดยวิธีเดียวกันกับการทำน้ำสกัดชีวภาพ แต่จะเน้นการหมักเป็นแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งผลจากการทดลองเบื้องต้นพบว่าการนำผักสดจำนวน 100 กิโลกรัมต้องใช้กากน้ำตาลที่ความเข้มข้น 4 กิโลกรัม เกลือ 1 กิโลกรัม และน้ำจำนวน 1 ลิตร ทำการหมักอย่างน้อย 1 สัปดาห์ จะได้ผักหมักที่มีคุณภาพดีคือมีโปรตีนร้อยละ 17.87 และไขมันร้อยละ 1.37 ซึ่งจากการนำไปทดสอบกับเป็ดพันธุ์ปักกิ่ง ผลการทดลองพบว่าเป็ดที่ได้รับผักหมักเสริมในปริมาณร้อยละ 10 ของอาหารสำเร็จรูป เป็ดมีการเจริญเติบโตดี และมีอัตรารอดสูงถึงร้อยละ 97.5 ในขณะที่กรรมวิธีควบคุมที่ให้อาหารสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียวเป็ดมีอัตรารอดเพียงร้อยละ 42.5

2.7.6 ใช้เป็นสารเร่งการเจริญเติบโตของพืช

กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร (2544) ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณฮอร์โมนพืชในน้ำสกัดชีวภาพและจากปลาหมัก พบว่าน้ำสกัดชีวภาพที่ได้จากการนำสับปะรดกับกากน้ำตาลหรือกล้วย มะละกอ ฟักทอง และกากน้ำตาล พบสารเร่งการเจริญเติบโตของพืชได้แก่ สารกลุ่มออกซิน ไซโตไคนิน และสารจิบเบอเรลลิน

ตารางที่ 2.13 ปริมาณฮอร์โมนพืชในน้ำสกัดชีวภาพและปลาสกัด (mg/mL)

สูตร/ส่วนประกอบ	ออกซิน	ไซโตไคนิน		จิบเบอเรลลิน
	Indoleacetic acid	Zeatin	Kinetin	GA
สับปะรดร่วมกับกากน้ำตาล	0.26	7.06	13.34	20.75
กล้วยร่วมกับมะละกอ ฟักทอง และกากน้ำตาล	0.27	3.58	7.7	28.93
กะหล่ำปลีร่วมกับคะน้าและกากน้ำตาล	0.81	13.32	1.82	ไม่พบ
ปลาร่วมกับกากน้ำตาล	0.04	3.66	ไม่พบ	ไม่พบ

ที่มา : สาลี่ ชินสถิติ (2544)

ตารางที่ 2.14 ปริมาณสารควบคุมการเจริญเติบโตในน้ำสกัดชีวภาพที่สกัดจากผลไม้ชนิดต่างๆ

วัสดุ	สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (mg/l)			
	IAA	GA3	Zeatin	Kinetin
กล้วยร่วมกับมะละกอและฟักทอง	0.23	133.94	2.24	13.94
ฟักทอง	0.42	87.02	0.82	7.07
กล้วย	0.33	118.82	1.78	9.66
มะละกอ	0.15	43.59	1.0	9.12

ที่มา : สุนันทา ชมภูนิช และคณะ(2545)

2.8 ความปลอดภัยของการใช้น้ำสกัดชีวภาพ

2.8.1 จุลินทรีย์ก่อโรค

อัจฉาและคณะ (2544) ได้ทำการวิเคราะห์จุลินทรีย์ที่ก่อโรคในน้ำสกัดชีวภาพ ได้แก่ *E. coli Salmonella* sp. และ *Shigella* sp. พบว่าในระยะแรกของการหมักพบเชื้อก่อโรคในปริมาณสูง แต่เชื้อเหล่านั้นจะลดลงจนวิเคราะห์ไม่พบจุลินทรีย์ เมื่อทำการหมักเป็นเวลา 1 เดือน พบเชื้อก่อโรคในปริมาณสูง แต่เมื่อเพิ่มปริมาณกากน้ำตาลในปริมาณสูงขึ้น จะไม่พบเชื้อก่อโรค

2.8.2 สารป้องกันกำจัดแมลง

กรมส่งเสริมการเกษตร (2544) ได้ทำการตรวจวิเคราะห์สารกำจัดแมลงในกลุ่มออร์โนฟอสเฟต และคาร์บาเมท จากน้ำสกัดชีวภาพจาก วว. โดยชุดตรวจหาสารพิษตกค้าง พบว่าถ้าเจือจางน้ำสกัดชีวภาพในอัตราส่วน 1:50 น้ำสกัดชีวภาพสามารถใช้ได้อย่างปลอดภัย

2.9 ธาตุอาหารหลักของพืช

2.9.1 ไนโตรเจน (Nitrogen : N)

ไนโตรเจนมีหน้าที่เป็นองค์ประกอบที่จำเป็นของโปรตีน คลอโรฟิลล์และสารอื่นอีก โปรตีนสำหรับการแบ่งเซลล์ขยายยืดออกไปขยายใบกิ่งก้านสาขา คลอโรฟิลล์เป็นสารสีเขียวในใบที่รวมแสงสว่างมาใช้สังเคราะห์แป้งและน้ำตาล ดังนั้นไนโตรเจนซึ่งมีส่วนสร้างน้ำหนักแห้งหรือการเจริญเติบโตของกิ่งก้านสาขาแก่พืช ทำให้พืชไม่ยอมแก่ติดดอกผล ถ้าขาดไนโตรเจนพืชจะแสดงอาการผิดปกติตั้งแต่การทรงต้นจะผอมเกร็ง ไม่อวบอ้วน ใบโดยเฉพาะใบล่างจะเหลืองซีดถ้าขาดมากๆ ทั้งใบบนและใบล่างจะเหลืองซีดเพราะขาดคลอโรฟิลล์ ถ้าพืชได้รับไนโตรเจน

มากเกินไปก้านจะอวบอ้วน ใบสีเขียวจัด ใบใหญ่ไม่ยอมแก่ ต้นอาจจะล้มได้ง่ายเพราะน้ำหนักมากและปล้องเปราะ

แหล่งสะสมก๊าซไนโตรเจนคือบรรยากาศซึ่งมีอยู่ประมาณร้อยละ 79 แต่สิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่ไม่สามารถนำก๊าซนี้มาใช้ได้โดยตรง จึงจำเป็นต้องใช้ไนโตรเจนในรูปของไนเตรต (NO^-_3) หรือแอมโมเนียม (NH^+_4) ถึงแม้ว่าก๊าซไนโตรเจนจะมีอยู่มากมายในโลกของสิ่งมีชีวิต แต่การขาดธาตุไนโตรเจนในดินก็เกิดขึ้นเสมอจนเป็นเหตุให้เป็นปัจจัยจำกัดที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชกระบวนการที่ธาตุไนโตรเจนในดินหมุนเวียนในโลกของสิ่งมีชีวิตเรียกว่าวัฏจักรของไนโตรเจน ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอน คือ

(1) แอมโมนิฟิเคชัน (Ammonification)

ธาตุไนโตรเจนในดินส่วนมากเกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์โดยผู้ย่อยสลายจนได้สารประกอบอินทรีย์ซับซ้อนพวกโปรตีน กรดแอมิโน กรดนิวคลีอิกและนิวคลีโอไทด์ สารประกอบอินทรีย์เหล่านี้จะถูกย่อยสลายอย่างรวดเร็วต่อไปจนได้สารประกอบอย่างง่ายด้วยสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในดิน เช่น แบคทีเรียและเห็ดรา ทำหน้าที่เปลี่ยนโปรตีนและกรดแอมิโนที่มีอยู่ในสารเน่าเปื่อยให้มาเป็นอาหารของตนเองแล้วจึงปล่อยไนโตรเจนที่เหลือใช้ออกมาในรูปของแอมโมเนียม

(2) ไนทริฟิเคชัน (Nitrification)

แบคทีเรียในดินหลายชนิดเช่น *Nitrosomonas* ทำหน้าที่ออกซิไดส์แอมโมเนียหรือแอมโมเนียม เพื่อเอาพลังงานไปใช้แล้วปล่อยไนโตรต์ออกมา ไนไตรต์เป็นพิษต่อพืชแต่โดยทั่วไปมักไม่สะสมอยู่ในดิน เนื่องจากมีแบคทีเรียพวกหนึ่ง เช่น *Nitrobacter* มาออกซิไดส์เป็นไนเตรตแล้วนำเอาพลังงานที่ได้ไปใช้

(3) แอสสิมิเลชัน (Assimilation)

เมื่อไนเตรตเข้าสู่พืชแล้วจะถูกรีดิวซ์ให้กลับมาเป็นแอมโมเนียสารประกอบไนโตรเจนที่มีอยู่ในพืชบกจะกลับสู่ดินอีกครั้ง เมื่อพืชตายลงหรือถูกกินโดยสัตว์แล้วก็จะถูกหมุนเวียนกลับไปใช้ตามขั้นตอนที่หนึ่ง แต่จะมีไนโตรเจนจำนวนหนึ่งไม่ถูกเปลี่ยนกลับมาให้พืชได้อีกแต่จะกลับคืนเป็นก๊าซไนโตรเจนสู่บรรยากาศด้วยกระบวนการดีไนทริฟิเคชัน (Denitrification) การสูญเสียไนโตรเจนไปจากดินไม่ได้รับการหมุนเวียนกลับคืนมาได้บ่อยนัก การสูญเสียไนโตรเจนไปจากดินถูกนำกลับคืนมาได้ด้วยกระบวนการตรึงไนโตรเจน (Nitrification)ซึ่งเป็นกระบวนการที่ก๊าซไนโตรเจนในบรรยากาศถูกนำเข้ารวมกับสารประกอบคาร์บอนจนเกิดเป็นสารประกอบไนโตรเจนขึ้น จึงเป็นการดึงไนโตรเจนเข้ามาสู่วัฏจักรได้

พืชจะมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบโดยเฉลี่ยร้อยละ 2-4 (น้ำหนักแห้ง) หรืออาจสูงถึงร้อยละ 6 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความแก่อ่อนและชนิดของพืช การขาดไนโตรเจนทำให้จำกัด

การแบ่งและขยายตัวของเซลล์ พืชที่ขาดไนโตรเจนจะมีผลทำให้การเจริญเติบโตช้า แคระแกรน ใบมีสีเหลืองหรือมีลักษณะเป็น คลอโรซีส (Chlorosis) เพราะว่าการขาดไนโตรเจนมีผลไปยับยั้งการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ เนื่องจากไนโตรเจนเป็นสารที่สามารถถูกเคลื่อนย้ายได้ในพืช (Mobile element) ดังนั้นเมื่อพืชขาดไนโตรเจนจึงปรากฏอาการขาดสีที่ใบแก่ อ่อน เพราะไนโตรเจนในใบแก่นั้นจะถูกเคลื่อนย้ายไปเลี้ยงใบอ่อนหรืออวัยวะอื่นๆ ที่กำลังเจริญเติบโต เมื่อเป็นเช่นนี้จึงทำให้ใบแก่ล่วงหล่น (senescence) เร็วยิ่งขึ้น เท่ากับทำให้ช่วงเวลาการมีอายุของใบ สั้นลง ซึ่งมีผลกระทบต่อการสะสมน้ำหนักของเมล็ดหรือผลผลิตในที่สุด ในพืชบางชนิดโดยเฉพาะข้าวโพด การขาดไนโตรเจนจะทำให้ใบแก่โดยเฉพาะที่โคนใบและกาบใบมีสีเหลือง เนื่องจากมีการสะสมของ anthocyanin ขึ้น

ไนโตรเจนเป็นธาตุเดียวที่ไม่อยู่ในองค์ประกอบของหินและแร่ ดังนั้นแหล่งของไนโตรเจนในดินจะมาจากการสลายตัวผุพังของอินทรียวัตถุโดยมีจุลินทรีย์ต่าง ๆ เป็นตัวย่อยสลายและปลดปล่อยออกมาในรูปของแอมโมเนียม หรือไนเตรด ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของโปรตีนและสารประกอบอินทรีย์ต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต และสร้างผลผลิตของพืช เป็นองค์ประกอบของโปรตีน พืชที่ได้รับไนโตรเจนเพียงพอ จะมีใบสีเขียวจัดเติบโตเร็ว และมีผลผลิตที่สมบูรณ์

เมื่อพืชขาดไนโตรเจน พืชจะเติบโตช้า ใบเหลือง และแคระแกรน ออกดอกช้า ผลผลิตต่ำ วิธีแก้ไข คือ ใส่ปุ๋ย ซึ่งอาจเป็นปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยเคมีก็ได้ ถ้าใช้ปุ๋ยอินทรีย์จะต้องใส่เป็นจำนวนมาก และใส่ล่วงหน้าเพื่อให้เวลาแก่ปุ๋ยอินทรีย์ในการที่จะถูกทำให้สลายตัว และปลดปล่อยไนโตรเจน ถ้าใช้ปุ๋ยเคมี เช่นปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตหรือยูเรีย ซึ่งมีปริมาณธาตุไนโตรเจนสูงควรใส่ครั้งละเล็กน้อยแต่ใส่บ่อย ๆ โดยใส่ในช่วงที่พืชเริ่มขาดธาตุอาหาร

2.9.2 ฟอสฟอรัส (Phosphorous : P)

ฟอสฟอรัสเป็นอีกธาตุหนึ่งที่พืชต้องการในปริมาณสูง เช่นเดียวกับไนโตรเจน และกล่าวได้ว่าเป็นธาตุที่จำกัดการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชรองจากไนโตรเจน ธาตุฟอสฟอรัสมีบทบาทสำคัญที่เกี่ยวข้องกับพลังงานของพืช เช่นเป็นองค์ประกอบของ ADP, ATP,NAD, NADPH และยังมีหน้าที่เกี่ยวกับหน่วยของพันธุกรรม (DNA และ RNA) รวมทั้งเนื้อเยื่อของเซลล์(Phospholipids) ดังนั้นการขาดฟอสฟอรัสจะมีผลกระทบต่อกระบวนการทางเมตาโบลิซึมต่างๆ ในพืช เมื่อพืชขาดฟอสฟอรัสจะปรากฏอาการโดยทั่วไปดังนี้คือ ใบจะมีสีตรงกันข้ามกับอาการขาดไนโตรเจน คือสีของใบจะมีสีเขียวเข้ม หรือสีเขียวแกมน้ำเงิน หรือบางครั้งจะปรากฏสีม่วง แดง หรือน้ำตาล (ซึ่งเป็นสีของ anthocyanin) โดยเฉพาะตามแนวเส้น veins ของใบ ผลการขาดฟอสฟอรัสทำให้การเจริญเติบโตของพืชชะงักและแคระแกรน

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

พืชจะดูดซับธาตุฟอสฟอรัสในรูปอนุมูล $H_3PO_4^-$ และ $H_2PO_4^{2-}$ ดินที่เป็นกลางหรือเป็นด่างจะช่วยปลดปล่อยธาตุฟอสฟอรัส ให้เป็นประโยชน์ต่อพืช ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ได้ในพืชเช่นเดียวกับไนโตรเจน ดังนั้นใบแก่ก็จะทำหน้าที่ส่งฟอสฟอรัสไปยังใบอ่อนทันทีเมื่อพืชเริ่มขาดธาตุนี้ ด้วยเหตุนี้เมื่อพืชขาดธาตุฟอสฟอรัสจึงปรากฏลักษณะอาการให้เห็นที่ใบแก่ก่อน

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่พืชต้องการน้อยกว่าไนโตรเจน เมื่อพืชได้รับฟอสฟอรัสเพียงพอ รากจะแข็งแรงทนทานต่อการรบกวนของโรคและแมลง ทำให้พืชออกดอกติดผล และมีคุณภาพดี แหล่งที่มาของฟอสฟอรัสในดินคือ อินทรียวัตถุและแร่ฟอสเฟตต่าง ๆ เมื่อพืชขาดฟอสฟอรัสอย่างรุนแรงพืชจะแคระแกรน ใบมีสีเขียวทึบ ใบล่างจะมีสีม่วง รากพืชจะไม่เติบโต วิธีแก้ไขคือ ใส่ปุ๋ย ซึ่งอาจเป็นซุปเปอร์ฟอสเฟต หรือทริปเปิลซุปเปอร์ฟอสเฟต จะต้องใส่ให้อยู่ใต้ผิวดิน และใกล้บริเวณรากของพืชมากที่สุด เพื่อลดการตรึงฟอสเฟตในดิน เช่น ใส่เป็นจุดหรือแถบตามแนวแถวที่ปลูก

ฟอสฟอรัส มีหน้าที่สำคัญในส่วนที่มีชีวิตของพืชคือเป็นองค์ประกอบของโปรตีนที่สำคัญในพันธุกรรมของพืช และจุดชีวิตของเซลล์ นอกจากนี้ยังเป็นส่วนสำคัญของสารให้พลังงานต่าง ๆ ในพืชและน้ำย่อย (Enzyme) หลายชนิด สารเหล่านี้แม้ต้องมีอยู่ในปริมาณที่ไม่มากนัก โดยมีตามจุดยอดของพืชหรือส่วนที่มีชีวิตที่กำลังเจริญงอกงาม แต่จะขาดไม่ได้พืชต้องมีฟอสฟอรัสจำนวนเล็กน้อยตลอดเวลา ถ้าไม่เช่นนั้นจะหยุดชะงักการเจริญเติบโตทันทีโดยเฉพาะการสร้างเมล็ด การติดดอกออกผลต้องการฟอสฟอรัสมากกว่าปกติ พลังงานในพืชเกิดจากสารเคมีที่พืชสังเคราะห์ขึ้น และสารเหล่านี้ต้องมีฟอสฟอรัสอยู่เสมอ พลังงานจำเป็นอย่างยิ่งในกระบวนการเพื่อการดำรงชีพของพืช เช่น สังเคราะห์สารต่าง ๆ การขนส่ง การสะสม การขยายเซลล์ การสืบพันธุ์ ดังนั้นพืชจะขาดฟอสฟอรัสไม่ได้ไม่ว่าเวลาใดก็ตาม ถ้าพืชยังมีชีวิตอยู่ ถ้าหากพืชได้รับฟอสฟอรัสไม่เพียงพอ ต้นพืชจะแคระแกน ใบเล็ก บางทีอาจมีสีผิดปกติ บางชนิดมีสีม่วง บางชนิดมีสีเขียว สีของใบไม่ค่อยแน่นอนต่างกันไปตามชนิดพืช ถ้าหากพืชได้รับฟอสฟอรัสมากเกินไปไม่เกิดปัญหาใดๆ ต่อการเจริญเติบโตของพืช

แหล่งสะสมฟอสฟอรัส คือ ดิน หิน เมื่อถูกชะล้างตามธรรมชาติได้สารฟอสเฟตซึ่งรากพืชดูดซึมนำไปใช้ได้ สารประกอบฟอสฟอรัสที่สร้างขึ้น โดยพืชถูกส่งต่อไปยังสัตว์ทางห่วงโซ่อาหาร (Food chain) เมื่อพืชและสัตว์ตายลงฟอสเฟตจะถูกปล่อยออกมาจากซากผุพังของสิ่งมีชีวิตทับถมลงในดินสู่แหล่งน้ำ ซึ่งไฟโตแพลงก์ตอนสามารถนำไปสังเคราะห์แสงได้ แล้วส่งต่อไปยังห่วงโซ่อาหาร ฟอสเฟตที่ทับถมอยู่ในดินก็ถูกนำมาใช้โดยพืชได้หรือส่วนที่ลงสู่ก้นบ่อทะเลมหาสมุทร ก็นำกลับมาใช้ได้โดยการหมุนเวียนของกระแสน้ำจนมาสู่ระดับที่มีแสงไฟโต-แพลงก์ตอนจึงนำไปใช้ได้ ถ้าไฟโตแพลงก์ตอนตายลงแบคทีเรียเป็นตัวทำให้การย่อยสลายได้

ฟอสเฟตกลับมาใช้ได้อีก ฟอสเฟตบางส่วนถูกหมุนเวียนกลับสู่พื้นดินโดยนกกินปลาแล้วถ่ายมูลทับถมไว้ตามถ้ำสามารถนำมูลนกมาทำเป็นปุ๋ยได้ แต่ตามธรรมชาติแล้วการหมุนเวียนฟอสฟอรัสกลับมาสู่พื้นดินไม่เพียงพอกับส่วนที่เสียลงสู่น้ำและบางส่วนหายไปในมหาสมุทร ดังนั้นในปัจจุบันจึงต้องมีการเติมปุ๋ยฟอสเฟตลงในดินเพื่อให้พืชได้มีฟอสเฟตใช้เพียงพอเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร

2.9.3 โพแทสเซียม (Potassium : K)

บทบาทของโพแทสเซียมอาจแตกต่างไปจากไนโตรเจนและฟอสฟอรัสตรงที่ไม่ใช่องค์ประกอบของส่วนหนึ่งส่วนใดของพืช แต่จะพบธาตุโพแทสเซียมนี้สะสมอยู่ในช่องว่างของเซลล์(vacuole) อยู่เป็นจำนวนมาก โพแทสเซียมจะทำหน้าที่หลักในการเร่งการทำงานของเอนไซม์ในปฏิกิริยาต่างๆ รักษาระดับประจุไฟฟ้าในเซลล์ รักษาระดับ Osmotic potential การดึงดูดน้ำของราก ช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำโดยการกระตุ้นให้ปากใบปิด นอกจากนี้ยังพบว่ามีบทบาทสำคัญที่เกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์แสง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนที่เกี่ยวกับการลำเลียงและเคลื่อนย้ายสารสังเคราะห์ ยังมีรายงานว่าธาตุโพแทสเซียมมีผลช่วยลดการระบาดทำลายของโรคพืชบางชนิด เช่น โรคราน้ำค้าง และโรคโคนเน่า

พืชดูดซับธาตุโพแทสเซียมในรูปของ K^+ อุณหภูมิดินจะมีอิทธิพลต่อการดูดซับโพแทสเซียมของราก อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับพืชทั่วไปคือ 25 °C หรือสูงกว่า ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช โพแทสเซียมเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ได้ในพืชเช่นเดียวกับไนโตรเจน และฟอสฟอรัส พืชที่ขาดโพแทสเซียมจะมีลักษณะคล้ายกับการขาดธาตุฟอสฟอรัส คือ ใบจะมีสีเขียวเข้ม หรือเขียวแกมน้ำเงิน และถ้ารุนแรงมากใบจะมีลักษณะคล้ายใบไหม้ ตาที่อยู่ส่วนยอดและตาข้างจะแห้งตาย

พืชต้องการโพแทสเซียมในปริมาณที่ใกล้เคียงกับไนโตรเจน หรืออาจมากกว่าถ้าเป็นพืชที่ใกล้ผลผลิตเป็นหัวที่มีแป้ง และเมล็ดที่ให้น้ำมัน ธาตุโพแทสเซียมมีความสำคัญในกระบวนการสร้างอาหารพวกน้ำตาลและแป้งของพืช รวมทั้งการเคลื่อนย้ายอาหารเหล่านี้ไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืชที่กำลังเจริญเติบโต และส่งไปเก็บไว้เป็นเสบียงที่หัวหรือลำต้น ดังนั้นพืชพวกอ้อย มันสำปะหลัง มะพร้าว ปาล์มน้ำมัน จึงเป็นพืชที่ต้องการโพแทสเซียมสูงมาก นอกจากนั้นโพแทสเซียมยังมีความสำคัญในด้านการส่งเสริมคุณภาพของผลผลิตและความแข็งแรงทนทานต่อโรค แมลง และความแห้งแล้งของสภาพอากาศด้วย

เมื่อพืชขาดโพแทสเซียมอย่างรุนแรงจะเหี่ยวง่าย แคระแกรน ใบล่างจะเหลือง และเกิดเป็นรอยไหม้ ตามขอบใบล่างจะเหลือง และเกิดเป็นรอยไหม้ตามขอบใบ และมีผลผลิตต่ำ พืชพวกอ้อย ปาล์มน้ำมัน และมันฝรั่ง เมื่อขาดโพแทสเซียมหัวจะลีบ มีแป้งน้อย อ้อย เมื่อหีบออกมาจะไม่ค่อยมีน้ำตาล เมล็ดปาล์มจะมีน้ำมันต่ำ วิธีแก้ไขคือใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม ในกรณีที่

เป็นดินเนื้อหยาบ ควรใส่ปุ๋ยเป็นจุดหรือเป็นแถบตามแนวต้นพืช และใส่แบบหว่านถ้าเป็นดินเหนียว

โพแทสเซียม ไม่ได้เป็นองค์ประกอบของสารใดเลยในพืช แต่ทำหน้าที่เป็นประจุบวกที่กระตุ้นการทำงานของน้ำย่อยหลายชนิดโดยเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแป้ง น้ำตาล และโปรตีน การขนย้ายแป้งและน้ำตาล และทำหน้าที่เดียวกับประจุบวกธาตุอื่นๆ ในการดึงน้ำให้มาสู่พืชมากยิ่งขึ้นและลดความเป็นกรดของกรดอินทรีย์ที่พืชผลิตขึ้นมา

รูปแบบโพแทสเซียมในดิน

โพแทสเซียมในดินนี้มีความสำคัญโดยเฉพาะในแง่ที่เกี่ยวข้องกับการเป็นอาหารพืชนั้นปริมาณเกือบทั้งหมดจะอยู่ในรูปของสารอนินทรีย์ที่อยู่ในสภาพต่างๆ และพอแบ่งได้เป็น 3 รูปใหญ่ ๆ คือ

(1) รูปที่ละลายน้ำได้ (Water soluble forms) เป็นโพแทสเซียมที่อยู่ในสภาพของไอออนที่มีประจุไฟฟ้าบวกละลายอยู่ในสารละลายดินซึ่งพืชจะใช้ประโยชน์ได้ทันทีโดยดูดกินไปใช้โดยทางราก เป็นรูปที่มีอยู่ในดินเป็นปริมาณน้อยที่สุด

(2) รูปไอออนที่แลกเปลี่ยนได้(Exchangeable forms) ได้แก่โพแทสเซียมที่อยู่ในสภาพของไอออน (K^+) ที่ดูดยึดเอาไว้ที่ผิวของสารคอลลอยด์ดินโดยเฉพาะแร่ดินเหนียว ปริมาณของโพแทสเซียมรูปดังกล่าวนี้ในดินเมื่อเปรียบเทียบกับรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช จะมีอยู่ปริมาณที่น้อยกว่ามากแต่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ง่ายกว่า เพราะบางส่วนจะถูกปลดปล่อยให้ออกมาในสภาพของไอออนละลายอยู่ในสารละลายดินได้ไม่ยากนัก

(3) รูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Non-exchangeable forms) ได้แก่ รูปของโพแทสเซียมที่เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่อยู่ในดินจะเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ยากมากแบ่งออกเป็น 2 ชนิดย่อยๆ คือ

ก) โพแทสเซียมที่เป็นองค์ประกอบของแร่ชนิดต่าง ๆ ในดิน

ข) โพแทสเซียมที่ถูกตรึงเอาไว้โดยอนุภาคดินเหนียว (แต่ไม่ใช่เป็นองค์ประกอบอยู่ในโครงสร้างของแร่ดินเหนียว)

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สาคร เขิมขันธ์ (2542) ศึกษาการใช้ขยะสดจากวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีขอนแก่นผลิตปุ๋ยชีวภาพ พบว่าการปลูกดาวเรืองโดยใช้น้ำสกัดชีวภาพจากเศษอาหารและเศษผัก มีการเจริญเติบโต ลำต้น ความกว้างของทรงพุ่ม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับดาวเรือง

ที่ปลูกโดยไม่ใช้น้ำสกัดชีวภาพ โดยขนาดของดอกดาวเรืองจากการใช้น้ำสกัดชีวภาพมีขนาด 8.08 - 8.21 เซ็นติเมตร ส่วนการปลูกไม่ใช้นำสกัดชีวภาพมีขนาด 5.78 เซ็นติเมตร

ธันวดี ศรีธาวิรัตน์ (2543) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ในกระบวนการทำน้ำสกัดชีวภาพจากขยะเศษอาหาร พบว่าปริมาณกรดที่เกิดขึ้นในแต่ละถังหมักมีความแตกต่างกัน โดยการเพิ่มปริมาณเศษอาหารเป็น 7 กิโลกรัม และ 9 กิโลกรัม มีปริมาณกรดสูงถึง 61,254.40 มิลลิกรัม/ลิตร และ 63,416.32 มิลลิกรัม/ลิตร สำหรับการศึกษาชนิดและปริมาณกรดอินทรีย์ พบเอธานอลและกรดแอซีติกเป็นส่วนใหญ่ ผลการศึกษาทางชีวภาพ พบว่าในช่วงแรกของการหมัก (30วัน) Thermophilic microorganisms มีปริมาณสูง ส่วนในช่วงกลาง (40–60 วัน) Mesophilic microorganisms และ Fermentative microorganisms พบในปริมาณสูง

กรศึกษาผลของน้ำสกัดชีวภาพต่อพืช พบว่าน้ำหมักที่ 30 วัน ทำให้ผักกาดหอมและผักบุ้งมีการงอกที่น้อยกว่าชุดควบคุม ส่วนน้ำสกัดที่ 60 วัน และ 90 วัน ไม่มีผลยับยั้งการงอก โดยมีการงอกเท่ากับหรือมากกว่าชุดควบคุม ส่วนการทดสอบการเจริญเติบโตของผักกาดหอม พบว่า ปริมาณกรดทั้งหมด กรดแอซีติก และกรดแลคติก มีแนวโน้มของความสัมพันธ์ที่แสดงว่าปริมาณกรดเพิ่มขึ้น ทำให้ผักกาดหอมมีน้ำหนักแห้งมากขึ้น โดยปริมาณกรดทั้งหมด และกรดแลคติกมีผลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมมากกว่ากรดแอซีติก

ศรันยา สิทธิรัตน์ ณ นครพนม (2546) ศึกษาอิทธิพลของน้ำสกัดชีวภาพผลไม้ทีมีต่อร้อยละการงอกของเมล็ดข้าวพันธุ์หอมมะลิ 105 พบว่าน้ำสกัดชีวภาพที่มีความเข้มข้น 10 มีร้อยละการงอกและความสมบูรณ์ของต้นสูงสุด คือ 94.5 และ 12.37 เซนติเมตร เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ใช้น้ำเปล่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และที่ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์มีผลทให้การงอกลดลง

ดวงพร คันธโชติ และคณะ (2548) ได้เก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำสกัดชีวภาพจากพืชในภาคใต้ของประเทศไทย 19 ตัวอย่าง แล้วศึกษาสมบัติทางประสาทสัมผัส ทางเคมี-กายภาพ และทางจุลชีววิทยา รวมทั้งแร่ธาตุ (ทองแดง สังกะสี โพแทสเซียม และโซเดียม) พบว่าสมบัติต่าง ๆ ขึ้นกับประเภทพืช ชนิดน้ำตาลที่ใช้สกัด (น้ำตาลหรือน้ำผึ้ง) รสชาติของน้ำหมักจะมีรสเปรี้ยวนำ มีหวานบ้างเล็กน้อย ปริมาณแอลกอฮอล์ที่พบในรูปเอทานอลร้อยละ 0.03-3.32 และเมทานอลร้อยละ 0.019-0.084 สำหรับคุณภาพทางจุลชีววิทยานั้น ตัวอย่างที่ศึกษาไม่พบแบคทีเรียโคลิฟอร์ม (coliform bacteria) และ *Escherichia coli* ในทุกตัวอย่าง แต่มีบางตัวอย่างพบแลกติกแอซิกแบคทีเรีย (lactic acid bacteria) ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด (total bacteria) ยีสต์ และราที่พบมีความแตกต่างกันไปขึ้นกับอายุการหมักและสุขาภิบาลการผลิต

จากวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าได้มีการศึกษาว่ากรดอินทรีย์สามารถช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของพืชได้ โดยเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ เพิ่มความยากของราก ซึ่งกรดอินทรีย์ที่นำมาศึกษานั้นเป็นกรดที่สกัดได้จากสารเคมีโดยเฉพาะ กรดอินทรีย์บริสุทธิ์ดังกล่าวมีราคาแพงและต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการหมัก ดังนั้นเพื่อการนำไปสู่การประยุกต์ใช้ของเกษตรกร จึงต้องหาวิธีการผลิตกรดอินทรีย์อย่างง่าย ไม่ซับซ้อน และใช้วัตถุดิบที่หาง่ายในท้องถิ่น อีกทั้งเป็นการสร้างองค์ความรู้ให้เกิดแก่เกษตรกรที่จะนำไปปฏิบัติให้เกิดประโยชน์สูงสุด