



มัทศังกรย์
ฟองอากาศ
ขนาดเล็กจิ๋ว
: เกษตรกรรมบนวิถีปกติใหม่ :



U-WE

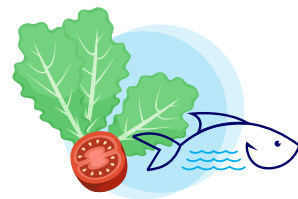
University of Wellbeing and Engagement

มหาวิทยาลัยสุโขทัยและพันธมิตร



CONTENT

บทคัดย่อป้องกันอากาศขนาดเล็กจิ๋ว
: เกษตรกรรมบนวิถีปกติใหม่



4

บทนำ

5

บริบทการวิจัย

9

วัตถุประสงค์การวิจัย

10

องค์ความรู้ที่ใช้ในการวิจัย

22

วิธีดำเนินการวิจัย

26

ผลดำเนินการ

41

สรุปผลการวิจัย

43

ผลกระทบ และเครือข่ายความร่วมมือ

45

การต่อยอดงานวิจัย

พศ.ดร.ธนกร ราชพิลา
พศ.ทรงทรัพย์ อรุณกมล
พศ.ณัฐพงษ์ วงษ์มา
พศ.นพรัตน์ พิชณย์



เทคโนโลยีการเติมก๊าซลงในน้ำให้เกิดเป็นฟองอากาศ

ขนาดเล็กละเอียด เป็นการเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำให้ได้ปริมาณสูง มีเสถียรภาพสามารถอยู่ในน้ำเป็นเวลานาน จึงเหมาะสำหรับการนำมาบูรณาการกับการเลี้ยงปลาในระบบที่ต้องการความหนาแน่นสูง และการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน นอกจากนี้ฟองขนาดเล็กละเอียดยังสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการสร้างผักผลไม้ห่อสังเคราะห์กับเกี่ยวร่วมกับการใช้ก๊าซโอโซนหรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อประโยชน์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเกิดโรคและจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสีย อีกทั้งยังทำให้พืชของสารเคมีทางการเกษตรที่ตกค้างในผักผลไม้ลดลง โดยขยายผลต่อยอดให้กับโรงคัดบรรจุผักผลไม้ของวิสาหกิจชุมชนสวนป่าอินทรีย์ท่าศรีโคสใหม่ และการล้างมะขีอกเทศผลสด และโรงเรือนควบคุมสภาพแวดล้อมของบริษัท ดอยคำผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด

มหาวิทยาลัยฟองอากาศขนาดเล็กจิ๋ว
: เกษตรกรรมบนวิถีปักษ์ใต้ใหม่ :

บริบทงานวิจัย

มหาวิทยาลัยฟองอากาศขนาดเล็กจิ๋ว
: เกษตรกรรมบนวิถีปักษ์ใต้ใหม่ :
5



บริบทงานวิจัย

การนำฟองอากาศขนาดเล็กจืดมาประยุกต์ใช้ในระบบเกษตรกรรม
บนวิถีปกติใหม่ ประกอบด้วยการบูรณาการเทคโนโลยีและ
นวัตกรรมเข้ากับการทำงานในพื้นที่โครงการพัฒนา
ด้านการเกษตร 3 ส่วนหลักประกอบด้วย

1



ภายหลังการแพร่ระบาดของ
โควิด 19 สถานประกอบการ
ปิดกิจการ ประชาชนส่วนหนึ่งถูกเลิกจ้าง
และต้องเคลื่อนย้ายครอบครัวกลับสู่มาตุภูมิ
บ้านเกิด คณะกรรมการการวิทยาศาสตร์
เทคโนโลยี วิจัยและนวัตกรรม สภาผู้แทนราษฎร
ได้ลงพื้นที่รับฟังปัญหาและความต้องการของ
ประชาชนในพื้นที่อำเภอวานรนิวาส ร่วมกับคณะนักวิจัย
โดยพบว่าเกษตรกรส่วนหนึ่งปลูกผักเป็นอาชีพและ
ประสบปัญหาแหล่งน้ำ ปริมาณและคุณภาพน้ำที่ใช้ในการ
ผลิตผัก เทคโนโลยีการผลิด และปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยว
กลุ่มวิจัยการสร้างนวัตกรรมชุมชนเพื่อพัฒนาเกษตรกร
กลุ่มพืชสวนครัว ภายใต้ยุทธศาสตร์การสร้างนวัตกรรม
ชุมชนเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจฐานราก และบรรเทาผลกระทบจาก
โควิด 19 พื้นที่จังหวัดสกลนคร (สกลนครโมเดล) โดยการ
สนับสนุนการถ่ายทอดนวัตกรรมสู่ชุมชน จากหน่วยบริการ
และจัดการทุนด้านการพัฒนาระดับพื้นที่ (บพท.) ได้พัฒนา
นวัตกรรมชุมชนเกษตรกรรม และองค์ความรู้เพื่อพัฒนา
เกษตรกรสกลนครโมเดล ณ วิสาหกิจชุมชนสวนป่า
อินทรีย่ำคำศรีโคโลใหม่ บ้านคำศรีโคโล ตำบลธาตุ
อำเภอวานรนิวาส จังหวัดสกลนคร โดยมีเป้าหมาย
ที่ท้าทายคือเมื่อนำนวัตกรรมและเทคโนโลยี
สู่ชุมชนแล้วเกษตรกรผู้เข้าร่วม
โครงการต้องมีรายได้เพิ่มขึ้น
1 หมื่นบาทต่อเดือน



2



ภายใต้การสนับสนุนของ
จังหวัดสกลนคร ปลายินโนระบบ
อะควาโพนิกส์ โดยนักวิจัยได้มีการดำเนิน
งานร่วมกับ บริษัท ประชาธิปไตยรักสามัคคี
สกลนคร วิสาหกิจเพื่อสังคม จำกัด และ
สภาหอการค้าแห่งประเทศไทย ส่งเสริม
และพัฒนารูปแบบการเลี้ยงให้มีความ
เหมาะสมกับเกษตรกรและ
ผู้ประกอบการ

3

จังหวัดสกลนคร
เป็นที่ตั้งของโรงงานหลวงอาหาร
สำเร็จรูปแห่งที่ 3 (เต่างอย) พระบาท
สมเด็จพระเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 9 ทรงส่งเสริม
ให้ชาวบ้านปลูกมะเขือเทศหลังฤดูเก็บเกี่ยวเพื่อ
ให้มีรายได้ตลอดทั้งปีสามารถรับผลผลิตมะเขือเทศ
ช่วงเดือนมกราคมถึงมีนาคม เฉลี่ยประมาณ 300 ตัน
ต่อเดือนซึ่งมีปริมาณมากเป็นอันดับ 1 ของประเทศในปี 2563
มีผลผลิตมะเขือเทศกว่า 25,000 ตัน เฉพาะอำเภอเต่างอย
มีเกษตรกรปลูกมะเขือเทศส่งโรงงานกว่า 250 ราย เนื้อที่กว่า
5,000 ไร่ เพื่อเป็นการสนับสนุนภารกิจโรงงานหลวงตามกรอบ
ความร่วมมือทางวิชาการที่ระหว่างกัน นักวิจัยจึงได้พัฒนา
อุปกรณ์สร้างฟองอากาศขนาดเล็กจืดขึ้นและได้มีการถ่ายทอด
เทคโนโลยีและขยายผลสู่ชุมชนรอบโรงงานหลวง ฯ ผ่านโครงการ
มหาวิทยาลัยสู่ตำบล (University to Tambon)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
: เกษตรกรรมบนวิถีปักษ์ใต้ใหม่ :

สภาพปัญหา และความต้องการ



สภาพปัญหา และความต้องการ

1

เกษตรกรกลุ่มพืชผักสวนครัว
โครงการสกลนครโมเดล ประสบปัญหา
ปริมาณและคุณภาพน้ำที่ใช้ในการผลิตผักและ
ปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยว ปริมาณจุลินทรีย์
ก่อโรคในผักสดต่ำกว่ามาตรฐาน เกษตรกรต้องการ
บริการถ่ายทอดเทคโนโลยีการเพิ่มปริมาณออกซิเจน
ในน้ำรดผักและเทคโนโลยีสนับสนุนโรงคัดบรรจุ
ผักผลไม้เพื่อให้สินค้ามีคุณภาพอันจะเป็น
การยกระดับสินค้าเกษตร พัฒนา
ผลิตภัณฑ์อาหารเชิงหน้าที่



3

สภาพอากาศแปรปรวนในช่วง
รอยต่อระหว่างฤดูหนาวและฤดู
ร้อนทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับวัตถุดิบ
ที่โรงงานหลวงอาหารสำเร็จรูปที่ 3 (แตงอ่อน)
ต้องประสบคือ ผลมะเขือเทศแตกและเกิดเชื้อรา
ทำให้การรับเข้าผลิตต้องล้างด้วยน้ำผสมคลอรีน
ความเข้มข้นสูงเพื่อลดปริมาณเชื้อราขณะทำงานด้าน
นวัตกรรมและการผลิต บริษัท ดอยคำผลิตภัณฑ์
อาหาร จำกัด จึงมีความต้องการเทคโนโลยีสะอาดมา
ใช้ทดแทนการใช้สารเคมี นอกจากนี้ยังมีความต้องการ
นำฟองอากาศขนาดเล็กจิ๋วมาใช้ในการเพิ่มปริมาณ
ออกซิเจนสำหรับปลุกมะเขือเทศแบบไม่ใช้ดินโดยใช้
น้ำหลังการบำบัดในโรงเรือนควบคุมสภาพแวดล้อม
ของโรงงานหลวง ฯ อีกด้วย

2

การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีการพัฒนารูปแบบ
ในเชิงธุรกิจมากขึ้น โดยการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบ
ความหนาแน่นสูงการจัดการน้ำด้วยระบบทั้งปิดหรือ
ระบบปิดที่มีการหมุนเวียนน้ำที่ผ่านการบำบัดให้มีคุณภาพ
ดีแล้วนำกลับมาใช้ใหม่เพื่อช่วยประหยัดน้ำและป้องกันการ
ติดเชื้อมาจากภายนอก อย่างไรก็ตามปัญหาที่พบบ่อยคือการขาด
ออกซิเจน และคุณภาพน้ำที่เสื่อมโทรมอันเกิดจากการสะสมของเสีย
ภายในบ่อ ซึ่งมาจากสิ่งขับถ่ายและเศษอาหารเหลือตกค้าง ซึ่งออกซิเจน
เป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทั้งสัตว์น้ำ
และจุลินทรีย์ที่อยู่ในบ่อเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยสลายของเสีย
ภายในบ่อได้ การก้าวสู่สังคมผู้สูงอายุโดยสมบูรณ์ (aged society)
ที่ผู้สูงอายุต้องการผลิตภัณฑ์อาหารที่เคี้ยวกลืนและย่อยได้ง่ายและการ
แพร่ระบาดของโควิด-19 ได้สร้างความไม่มั่นใจให้กับประชาชน
ว่าการออกจากบ้านเรือนเพื่อจับจ่ายวัตถุดิบสดมาบริโภคมีความ
ปลอดภัยในระดับใด จึงมีความต้องการที่จะพึ่งพาตนเองโดยการผลิต
อาหารเองเพื่อบริโภคในครัวเรือน การปลูกผักและเลี้ยงปลาแบบ
ผสมผสานในระบบอะควาโปนิคส์ร่วมกับฟองอากาศขนาดเล็กจิ๋ว
จึงสามารถตอบโจทย์และเป็นทางเลือกหนึ่งในผลิตอาหาร
เพื่อสุขภาพในตลาดระดับบน (premium market) และ
การผลิตอาหารสำหรับบริโภคเอง ที่ปลอดภัยจาก
สารเคมี ดูแลง่าย สะดวกต่อการจัดการ



วัตถุประสงค์การวิจัย



Green oak



Red oak



Tilapia

1

เพื่อนำเทคโนโลยีและ
นวัตกรรมไปแก้ไขปัญหา
ของเกษตรกรและ
ผู้ประกอบการ

fresh
by AIC SNRU
from farm

2

เพื่อนำอุปกรณ์ผลิต
ฟองอากาศขนาดเล็กจิ๋ว
ไปประยุกต์ใช้ ถ่ายทอดเทคโนโลยี
และขยายผลการผลิตพืชผักและ
สัตว์น้ำแก่เกษตรกร
สถาบันเกษตรกรและ
ผู้ประกอบการ



Garlic chives



Kale



Tomato

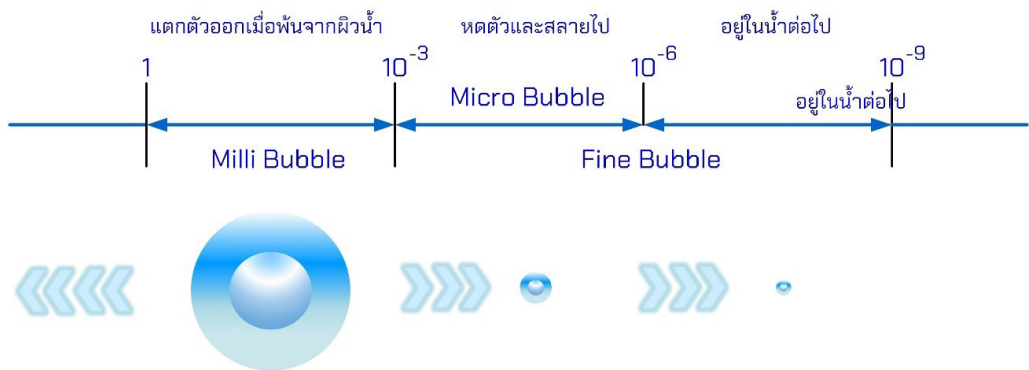
นัทจักรย์ฟองอากาศขนาดเล็กจิ๋ว
: เกษตรกรรมบนวิถีปักษ์ใต้ใหม่

องค์ความรู้ ที่ใช้ในการวิจัย



องค์ความรู้ที่ใช้ในการวิจัย ฟองอากาศขนาดเล็กจิ๋ว

ฟองอากาศขนาดเล็กจิ๋ว (fine bubble) หรือ ไมโครนาโนบับเบิล (micro/nano bubble) เป็นเทคโนโลยีการสร้างฟองอากาศที่มีอนุภาคนาโนขนาดเล็กมากระดับไมโครเมตรหรือระดับนาโนเมตร ฟองอากาศระดับไมโครเมตร หรือ ไมโครบับเบิล (Microbubble) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10-50 ไมโครเมตร สามารถมองเห็นน้ำที่ผ่านการสร้างฟองอากาศมีลักษณะคล้ายสีขุ่นนมและฟองอากาศจะค่อย ๆ ลอยขึ้นสู่ผิวน้ำ ส่วนฟองอากาศระดับนาโนเมตร หรือ นาโนบับเบิล (Nano bubble) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 200 นาโนเมตร ซึ่งมีขนาดเล็กมากไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าและคงอยู่ในน้ำได้นานกว่า ฟองอากาศทั่วไปหลายเดือนเนื่องจากมีพื้นที่ผิวของอากาศจำนวนมากไม่รวมตัวกันเป็นฟองขนาดใหญ่ ทำให้สามารถละลายหรือแทรกตัวในตัวกลางที่เป็นของเหลว เช่น น้ำ ได้มากกว่าสภาวะปกติหลายเท่า และทำให้มีแรงลอยตัวต่ำจึงทำให้การลอยขึ้นสู่ผิวน้ำช้ากว่าฟองอากาศทั่วไป ฟองอากาศขนาดเล็กจิ๋วที่มีขนาดมากกว่า 50 นาโนเมตร จะลอยช้า ๆ ขึ้นสู่ผิวน้ำหรือของเหลว ในระหว่างการลอยขึ้นก๊าซจะละลายเข้าสู่เนื้อหรือของเหลว ฟองอากาศขนาดเล็กจิ๋วที่มีขนาดเล็กกว่า 50 นาโนเมตร ลงมาจะยุบตัวและละลายเข้าสู่เนื้อทั้งหมด กรณีที่น้ำหรือของเหลวนั้นมีสารอิเล็กโทรไลต์ (electrolyte) ฟองอากาศขนาดเล็กจิ๋ว จะมีประจุลบ ล้อมรอบ ระหว่างผิวสัมผัสระหว่างก๊าซกับน้ำ โดยฟองอากาศขนาดเล็กจิ๋วขนาดไมโครจะมีค่า zeta potential ประมาณ -40 mV เมื่อฟองอากาศขนาดเล็กจิ๋วยุบตัวลงจะเกิดปรากฏการณ์ salting-out ที่ทำให้แรงดึงดูดเท่ากับแรงไฟฟ้าป้องกันไม่ให้เกิดการละลายจนหมด แต่จะคงตัวเป็นฟองขนาดนาโนและคงตัวอยู่ในน้ำได้เป็นเวลานาน



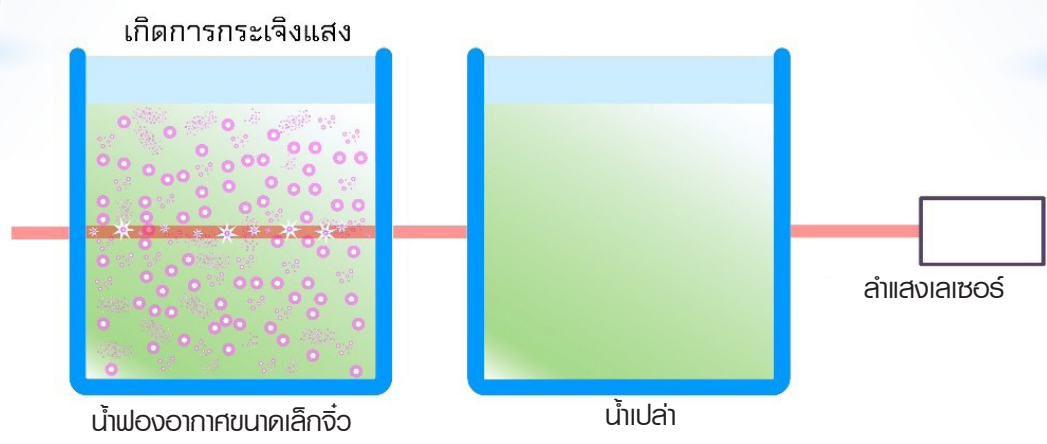
ขนาดของสารทั่วไป

ฟองอากาศทั่วไป

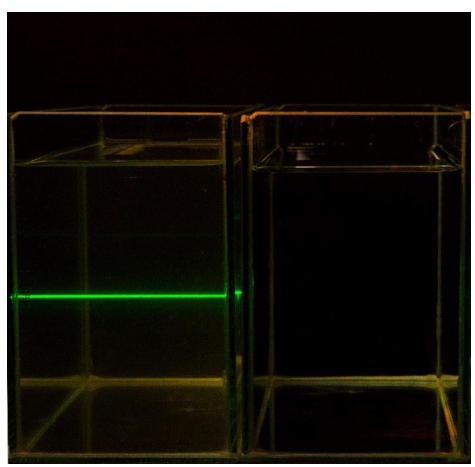
เซลล์ของมนุษย์

ไวรัส

โมเลกุลของน้ำ



เมื่อทดสอบด้วยการใช้แสงเลเซอร์ยิงผ่านในน้ำที่มีฟองอากาศขนาดเล็กจิ๋วจะมองเห็นฟองอนุภาคนาโน เป็นลำแสงลอยอยู่ใต้ผิวน้ำเมื่อแสงเลเซอร์ปะทะกับอนุภาคนาโนจึงเกิดการกระเจิงของแสง (tyndall Scattering) มองเห็นเป็นเส้นลำแสงได้ส่วนฟองอนุภาคไมโครมีลักษณะคล้ายฟองนมจะลอยขึ้นสู่ผิวน้ำเมื่อยิงแสงเลเซอร์ลำแสงไม่สามารถส่องผ่านฟองอนุภาคไมโครได้ เมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างน้ำเปล่าและน้ำที่มีฟองอนุภาคนาโน พบว่าน้ำเปล่าไม่ปรากฏลำแสงของแสงเลเซอร์ ซึ่งแตกต่างจากน้ำที่มีฟองอนุภาคนาโนลำแสงเลเซอร์ส่องผ่านได้เห็นเป็นลำแสง



นอกจากฟองอากาศขนาดเล็กจิ๋วเหล่านี้จะมีขนาดเล็กมากและสามารถคงตัวอยู่ในน้ำได้นานแล้ว ยังมีพื้นที่ผิวของอากาศจำนวนมากและมีการจุลล้อมรอบจำนวนมาก และมีคุณสมบัติพิเศษที่แตกต่างจากฟองอากาศทั่วไป เช่น การทำความสะอาดพื้นผิว การพ่นเคลือบผิว และเพิ่มการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ มีการนำมาใช้กับออกซิเจน โอโซนและคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งทำให้สามารถละลายในน้ำได้มากกว่าค่าอิ่มตัวปกติหลายเท่า และสามารถคงตัวได้นานซึ่งหลายประเทศนำมาประยุกต์ในด้านต่าง ๆ มากมาย เช่น การปลูกพืช การประมง การทำความสะอาดผักผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว และการบำบัดน้ำ เป็นต้น

หัวฉีดกำเนิดฟองอากาศขนาดเล็กจิ๋ว



หัวฉีดเติมอากาศเป็นหัวใจสำคัญของระบบการสร้างฟองอากาศขนาดเล็กจิ๋ว โครงสร้างภายในของหัวฉีดส่งผลโดยตรงต่อการสร้างฟองอากาศ ขนาดของฟอง ปริมาตรของฟองอากาศที่ผลิตได้ และการกระจายตัวของฟองอากาศ หลักการสร้างฟองอากาศขนาดเล็กจิ๋วในการสร้างฟองอากาศระดับไมครอน หลักโดยทั่วไปสามารถทำได้ 4 วิธี ดังนี้ [1]

1

การอัดอากาศผ่านวัสดุรูพรุน

ที่ทำจากแผ่นเซรามิก แผ่นโลหะ แผ่นฟิล์มหรือแผ่นพลาสติก การอัดอากาศผ่านชั้นของวัสดุทำให้เกิดฟองอากาศที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตรขึ้นไป การลดขนาดของรูพรุนสามารถลดขนาดของฟองอากาศได้ แต่ขนาดของรูพรุนจะต้องมีขนาดเล็กกว่าฟองอากาศหลายเท่า มีผลทำให้เกิดการสูญเสียความดันในระบบเพิ่มขึ้น ต้องใช้พลังงานในการเดินปั๊มที่สูงขึ้น และรูพรุนที่อยู่ติดกัน มีผลให้ฟองอากาศที่ปล่อยออกมาเกิดการรวมตัวเป็นฟองอากาศที่มีขนาดใหญ่ขึ้น

2

การอัดเพิ่มความดันอากาศให้ละลายในของเหลว

การอัดเพิ่มความดันอากาศเหนือของเหลวจนถึงความดันไออิ่มตัวของอากาศจะทำให้อากาศละลายในของเหลวได้มากขึ้นหลังจากนั้นเปิดวาล์วเพื่อลดความดันในถัง อากาศที่ละลายในของเหลวจะกลับสู่สถานะอากาศเกิดเป็นฟองอากาศระดับไมครอน แต่วิธีนี้มีปัญหาในการสร้างฟองขนาดเล็กให้มีปริมาณที่มากเพียงพอ ชุดอุปกรณ์มีขนาดใหญ่และซับซ้อนอีกทั้งยังใช้พลังงานในการอัดอากาศที่สูง

3

การใช้คลื่นเหนือเสียงส่งผ่านใน

ของเหลว ก่อให้เกิดความสั่นของความดัน ทำให้ของไหลเกิดความปั่นป่วนในตำแหน่งที่ของเหลวมีความดันต่ำกว่าความดันไอจะเกิดการกลายเป็นฟองอากาศขนาดเล็ก ความถี่ของคลื่นเหนือเสียงมีผลต่อขนาดของฟองอากาศที่เกิดขึ้น อย่างไรก็ตามวิธีนี้มีปัญหาด้านปริมาณฟองอากาศและการควบคุมขนาดของฟองอากาศ

4

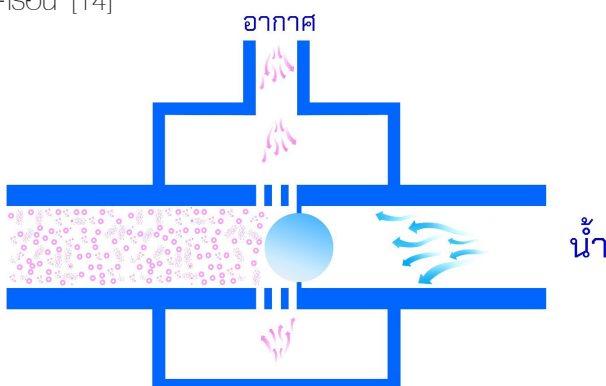
วิธีการผสมอากาศในของเหลวและใช้

แรงเฉือนตัดย่อยฟองให้มีขนาดเล็กซึ่งอาจจะใช้ใบพัดหมุนสร้างแรงเฉือนตัดย่อยฟอง หรือบังคับให้ฟองอากาศไหลปะทะผิวขรุขระหรือผิวแกว่งทรงกระบอกจนฟองมีขนาดเล็กลง หรือใช้ของเหลวพ่นด้วยความเร็วสูงจนเกิดบริเวณที่มีความดันต่ำที่สามารถดึงฟองอากาศเข้ามาผสมในของเหลวอย่างรุนแรงเกิดการเฉือนฟองอากาศให้มีขนาดเล็กลง วิธีนี้เป็นที่นิยมเพราะสะดวกประหยัดโดยมีข้อดีคือสามารถสร้างฟองอากาศที่มีขนาดเล็กเป็นจำนวนมากได้และสามารถควบคุมขนาดของฟองอากาศได้ง่าย เพียงควบคุมความเร็วของของเหลวหรือควบคุมความเร็วใบพัดตัดย่อยฟอง

การสร้างหิวฉีดสร้างฟองวิธีการผสมอากาศในของเหลว และใช้แรงเหวี่ยงตักยอยฟองให้มีขนาดเล็กมีแนวทางดังนี้

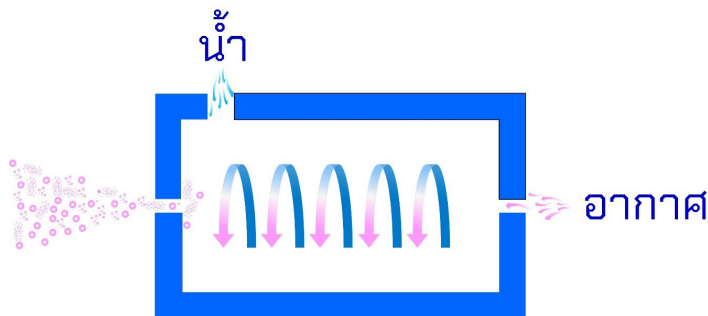
1. หิวฉีดสร้างฟองแบบใช้วัตถุทรงกลมตันในท่อการไหล (spherical body in a flowing)

เป็นการออกแบบอุปกรณ์ฟองขนาดเล็กจิวโดยอาศัยแรงดันของน้ำในท่อซึ่งมีวัตถุทรงกลมตันอยู่ตรงแกนกลาง ทรงกลมตันจะเป็นการเพิ่มความเร็วให้กับของเหลวในท่อเนื่องจากความดันที่ลดลงและเกิดการดูดอากาศเข้ามาในของไหลอัดโนมิติส่งผลให้เกิดเป็นฟองขนาดเล็กจิวระดับไมครอนทำให้ได้ขนาดฟองที่เล็กที่สุดถึง 10 ไมครอน [14]



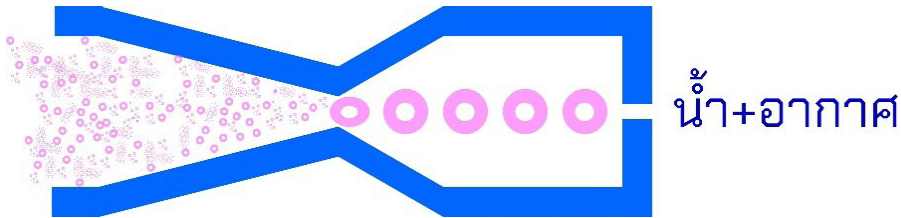
2. หิวฉีดสร้างฟองแบบชนิดใช้ของเหลวหมุนวน

โดยการสร้างฟองขนาดเล็กจิวแบบทรงกระบอกโดยใช้แรงดันน้ำจากปั๊มสร้างการไหลแบบหมุนทำให้ความดันในแนวแกนกลางลดลงอากาศจะถูกดูดเข้าสู่พื้นที่ความดันที่ลดต่ำลงของไหลกับอากาศจะผสมกันแล้วกลายเป็นฟองขนาดเล็กจิวเนื่องจากแรงตึงและแรงเหวี่ยงที่สูง ความเร็วในการหมุนของการผสมอากาศและของเหลวสามารถอยู่ในช่วง 300-600 รอบต่อวินาที เส้นผ่านศูนย์กลางของฟองที่ผลิตได้อยู่ในช่วง 10-50 ไมครอน อัตราส่วนของอัตราการไหลอากาศกับของเหลวอยู่ในช่วง 1:7 ถึง 1:15 [13]

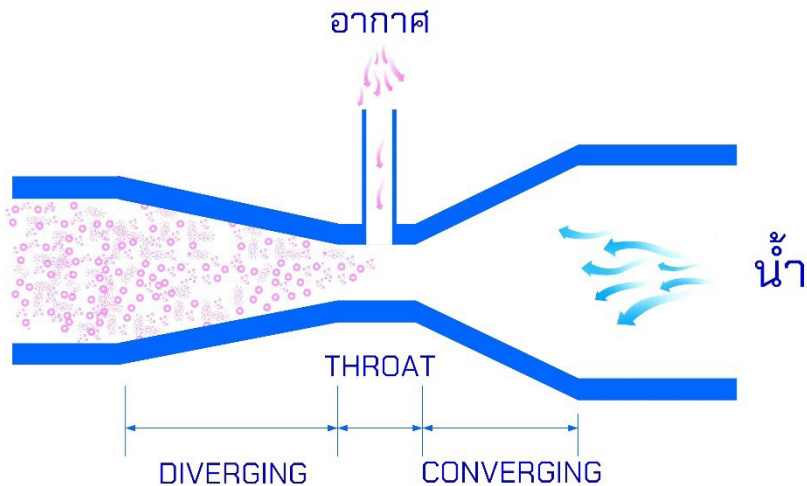


3. หัวฉีดสร้างฟองแบบเวนจูรี (venturi tube)

● หัวฉีดสร้างฟองแบบทอเวนจูรีชนิดของเหลวผสมกับอากาศก่อนเข้าหัวฉีด สร้างฟองระดับไมครอนโดยการใชระบบเวนจูรี โดยให้อากาศและของเหลวถูกส่งผ่านทอเวนจูรีพร้อม ๆ กันเพื่อสร้างฟองแรงดันของไหลจะถูกอัดเข้ามาที่ทางเข้า เมื่อผ่านหัวทอจะเป็นการเร่งความเร็วของอากาศและของเหลวเนื่องจากความดันที่ลดลงทำให้เกิดเป็นฟองขนาด 100 ไมครอน [7]

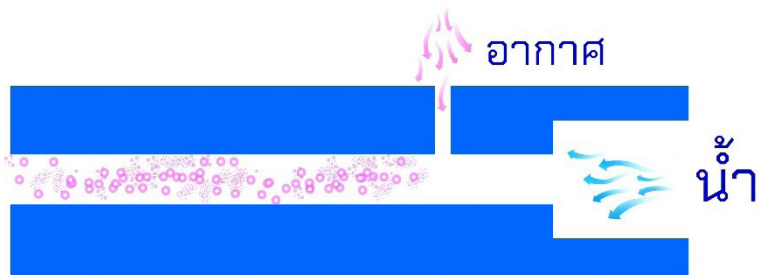


● หัวฉีดสร้างฟองแบบทอเวนจูรีชนิดของเหลวผสมกับอากาศภายในหัวฉีด ทอเวนจูรีชนิดนี้ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ๆ คือ converging section, throat section และ diverging section บริเวณ throat section จะมีรูสำหรับนำอากาศเข้าสู่ท่อหรือเจาะขนาดเล็กประมาณ 1.5 mm ประมาณ 15-20 รู รอบ ๆ สำหรับนำอากาศเข้าสู่ท่อเมื่อมีของไหลผ่านจนถึงบริเวณ throat section ทำให้ความเร็วของของไหลสูงขึ้น ส่งผลให้ความดันบริเวณนั้นลดลง หลังจากนั้นเมื่อเริ่มผ่านบริเวณ diverging section ความดันก็จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามความเร็วที่ลดลงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่หน้าตัดอากาศก็จะเริ่มแตกตัวออกเป็นฟองขนาดเล็กจำนวนมาก ขนาดของฟอง 0.5–0.6 มิลลิเมตร



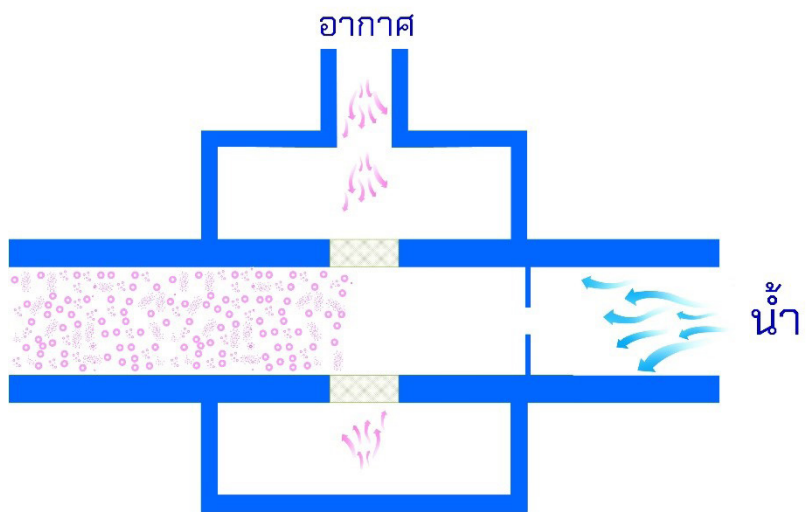
4. หัวฉีดสร้างฟองแบบหัวฉีด (ejector type)

ใช้ผลกระทบของการสุญญากาศและรู้ออกของหัวฉีดจากวนจูรี โดยการเปลี่ยนแปลงความดันเพื่อเปลี่ยนแปลงความเร็ว ส่งผลให้เกิดบริเวณความดันต่ำอากาศจะถูกดูดเข้ามาเองทางด้านข้าง อากาศกับของเหลวที่ผสมกันจะขยายตัวและความเร็วจะถูกลดลง แรงเฉื่อยที่เกิดจากการผสมอากาศกับของเหลวในการไหลแบบปั่นป่วนจะทำให้เกิดเป็นฟองขนาด 40-50 ไมครอน [12]



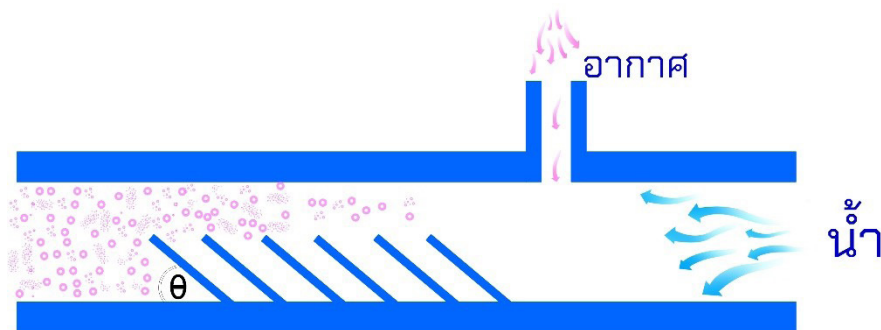
5. หัวฉีดสร้างฟองแบบผสมของไหล (multi fluid mixture)

ได้คิดค้นหัวฉีดโดยใช้แผ่นออริฟิส (orifice) แทนวัตถุทรงกลมตัน และทำอากาศเข้าที่มีการเจาะรูพ่น เมื่อแรงดันน้ำเข้าไปในหัวฉีด ความเร็วของน้ำจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากออริฟิส ความดันที่ทางออกของออริฟิสจะมีค่าเป็นลบทำให้สามารถดูดอากาศผ่านรูพ่น จึงทำให้เกิดเป็นฟองขนาด 10 ไมครอน [15]



6. หัวฉีดสร้างฟองแบบใช้แรงเหวี่ยงในท่อร่วมกับแผ่นรีด

ได้พัฒนาหัวฉีดที่ใช้กำลังต่ำและมีขนาดกะทัดรัด โดยภายในท่อจะมี แผ่นรีด (slit) เป็นจะเป็นตัวสร้างความดันภายในหัวฉีดให้ต่ำกว่าภายนอก ทำให้อากาศถูกดูดเข้ามาได้เองผ่านแผ่นรีดที่อยู่ในท่อ แรงเหวี่ยงถูกสร้างโดยการเปลี่ยนแปลงทิศทางการไหลของของเหลวจากมุมเอียงของแผ่นรีดซึ่งเป็นตัวทำให้เกิดฟองขนาด 40-50 ไมครอน [8]

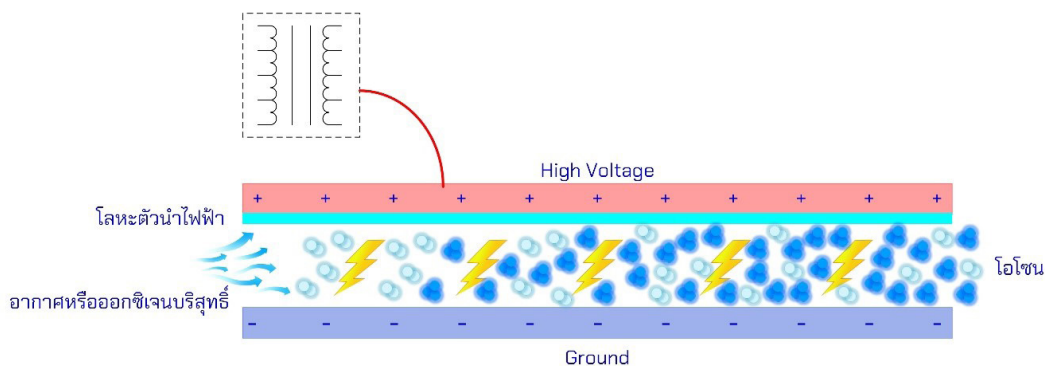


หลักการสร้างฟองอากาศขนาดเล็กที่นักวิจัยเลือกใช้คือวิธีการผสมอากาศในของเหลวและใช้แรงเหวี่ยงตัดย่อยฟองอากาศให้มีขนาดเล็ก ซึ่งในขั้นตอนแรกใช้ใบพัดบีบน้ำหมุนปั่นสร้างแรงเหวี่ยงตัดย่อยฟองจากนั้นบังคับให้ฟองอากาศไหลปะทะผิวขรุขระภายในกระบอกรีดจนฟองอากาศมีขนาดเล็กลง ร่วมกับการทำให้ของเหลวปั่นด้วยความเร็วสูงจนเกิดบริเวณที่มีความดันต่ำจนสามารถดึงฟองอากาศเข้ามาผสมในของเหลวอย่างรุนแรงเกิดการเชื่อมฟองอากาศให้มีขนาดเล็กลงซึ่งวิธีนี้มีข้อดีคือ สามารถสร้างฟองอากาศที่มีขนาดเล็กเป็นจำนวนมากได้และสามารถควบคุมขนาดของฟองอากาศได้ง่ายเพียงควบคุมความเร็วของของเหลวหรือควบคุมใบพัดตัดย่อยฟอง

โอโซน

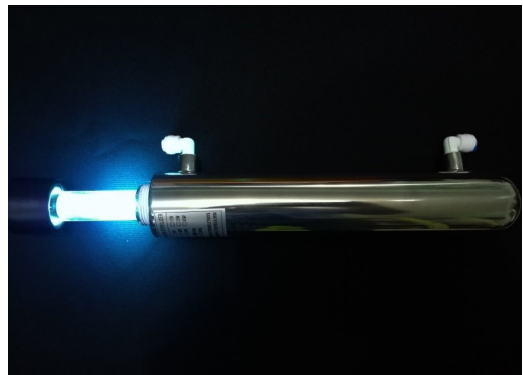
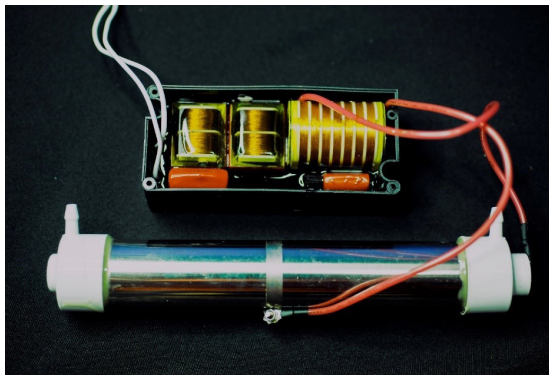
โอโซน (ozone : O_3)

คือรูปหนึ่งของก๊าซออกซิเจนที่มีพลัง (active oxygen) สามารถทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ (organic) และอนินทรีย์ (inorganic) ได้เกือบทุกชนิดทั้งในน้ำและในอากาศ โอโซนจะเข้าไปจับโมเลกุลของสารปนเปื้อนและทำการแยกย่อยสลายโดยการเปลี่ยนโครงสร้างของสารนั้น โอโซนเป็นก๊าซที่มีโครงสร้างโมเลกุลหลังจากทำปฏิกิริยาโอโซนจะแปรสภาพกลับเป็นก๊าซออกซิเจน โอโซนมีคุณสมบัติเป็นตัวออกซิไดซ์ สารชีวโมเลกุลอื่นได้ดี และยังช่วยทำลายหรือยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ ได้อย่างดี โอโซนเป็นก๊าซที่มีออกซิเจน 3 อะตอม มีหลักการผลิตก๊าซโอโซนด้วยวิธีสนามพลังงานไฟฟ้า (corona discharge) โดยเปลี่ยนออกซิเจนจากอากาศที่มีออกซิเจน 2 อะตอม เข้าเครื่องผลิตก๊าซโอโซน (ozone generator) โดยผ่านขั้วอิเล็กโทรด และเกิดปฏิกิริยาทางไฟฟ้าได้เป็นโอโซน ที่มีจำนวนออกซิเจนจำนวน 3 อะตอม





ไอโซนเป็นก๊าซที่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีมีคุณสมบัติเป็นตัวออกซิไดซ์สารชีวโมเลกุลอื่นได้ดี และยังช่วยทำลายหรือยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ ได้อย่างดี ทำให้โปรตีนที่ห่อหุ้มและหล่อเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย ไวรัส หรือสปอร์เชื้อราถูกทำลายไป จึงทำให้เชื้อจุลินทรีย์นั้นไม่สามารถเจริญต่อไปได้ [6] โดยทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์โดยตรงโดยซึมผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรียได้อย่างรวดเร็ว ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์สูญเสียสมบัติการเป็นเยื่อเลือกผ่านเสียสมดุลสารน้ำและส่งผลให้เซลล์แบคทีเรียแตกในที่สุด (osmotic bursting) เป็นการทำลายสารประกอบภายในเซลล์และปฏิกิริยาของอนุมูลตัวกลางส่วนประกอบของกรดนิวคลีอิก (purines และ pyrimidines) ทำให้พันธะระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจน (C-N) แตกหักเสียหายนำไปสู่กระบวนการแยกโมเลกุลของสาร (depolymerization) และสลายตัวอินโนบิต เนื่องจากไอโซนไม่เสถียรจึงมีแนวโน้มที่จะสลายตัวกลับเป็นก๊าซออกซิเจนได้ง่ายมีครึ่งชีวิต (half-life) 12 ชั่วโมงในบรรยากาศ [9] และเพียง 20-30 นาทีหากละลายอยู่ในน้ำ [11] ทำให้มีสารพิษตกค้างน้อยมีความปลอดภัยสูง ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อของไอโซนรุนแรงและเร็วกว่าคลอรีนถึง 3,125 เท่า ในปัจจุบันนี้ได้มีการนำก๊าซไอโซนมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในหลาย ๆ ด้านด้วยกัน เช่น นำมาใช้ในด้านการแพทย์ ใช้ฆ่าเชื้อในโรงงานอุตสาหกรรม นำมาใช้ในด้านสิ่งแวดล้อม [5] และมีการนำไปใช้ในการส่งออกผักผลไม้ ซึ่งถือว่ามีความปลอดภัยสูงโดยคุณภาพของอาหารนั้นยังคงอยู่ อย่างไรก็ตามพบว่าหากมนุษย์หายใจรับไอโซนที่ระดับความเข้มข้นต่ำ (มากกว่า 0.1 ppm) ทำให้ระบบทางเดินหายใจระคายเคืองปวดศีรษะ คลื่นไส้ และอาเจียนได้ หรือหากได้รับที่ระดับความเข้มข้นสูง (มากกว่า 6 ppm) จะเกิดภาวะปอดบวมน้ำ (pulmonary edema) ได้ [9] ส่งผลให้การสร้างไอโซนและเก็บไว้จะไม่สามารถทำได้จึงต้องสร้างขึ้น ณ แล่งทิ้งใช้จากคุณสมบัติที่ดีของไอโซนที่ใช้ในการลดเชื้อจุลินทรีย์หรือกำจัดสารต่าง ๆ ได้ดีแล้วจึงน่าจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการลดเชื้อจุลินทรีย์ในการทำความสะดวกพกและปลอดภัยโดยคุณภาพของอาหารนั้นยังคงอยู่ วิธีการที่นิยมใช้ในการผลิตไอโซนในปัจจุบันมี 4 วิธี



Corona Discharge

1

เป็นวิธีจำลองการเกิดโอโซนตามปรากฏการฟ้าผ่าในธรรมชาติ โดยใช้กระแสไฟฟ้าความต่างศักย์สูงให้เกิดการแยกตัวของออกซิเจนเป็นออกซิเจนอะตอมสองอะตอมหรือที่เรียกว่าออกซิเจนเรดิคัล ซึ่งออกซิเจนเรดิคัลดังกล่าวจะเข้าไปรวมกับออกซิเจนที่อยู่ปกติในอากาศจึงกลายเป็นออกซิเจนที่มีสามอะตอมซึ่งก็คือโอโซน [4] โดยการผลิตออกซิเจนเรดิคัลนั้นสามารถที่จะผลิตได้จากการให้สนามไฟฟ้าที่มีค่าความเข้มสูงในอากาศซึ่งจะมีอิเล็กตรอนเข้าไปกระตุ้นและทำให้เกิดการแยกตัวกลายเป็นออกซิเจนเรดิคัล [10] วิธีนี้นิยมใช้มากที่สุดเนื่องจากต้นทุนต่ำและสร้างโอโซนได้มากพอในการใช้ประโยชน์เชิงการค้า

เป็นวิธีจำลองการเกิดโอโซนในธรรมชาติกล่าวคือใช้รังสีอัลตราไวโอเลตความยาวคลื่นสั้นโดยเฉพาะที่ 254 นาโนเมตรซึ่งจะมีพลังงานมากพอที่จะทำให้โมเลกุลของออกซิเจนโมเลกุลเดี่ยวเป็นโมเลกุลออกซิเจนอิสระแล้วจึงสร้างโอโซนได้ใหม่วิธีนี้มีต้นทุนสูงและผลิตโอโซนได้น้อยกว่าวิธี Corona Discharge

UV radiation

การใช้รังสีอัลตราไวโอเลต

2

Electrolysis

3

วิธีนี้ทำโดยให้กระแสไฟฟ้าวิ่งในตัวนำไฟฟ้าที่มีสถานะเป็นของเหลว (electrolyte) เช่น น้ำ หรือ กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) วิธีนี้ประสิทธิภาพในการผลิตโอโซนยังไม่ได้ต้องมีการพัฒนาต่อไป

วิธีนี้ทำโดยใช้สารกัมมันตรังสี (radioactive) เป็นแหล่งพลังงานเพื่อแยกโมเลกุลออกซิเจนเป็นวิธีที่ผลิตโอโซนได้ปริมาณมาก ต้นทุนต่ำ แต่ต้องมีการควบคุมความปลอดภัยที่ดีพอ

Radiochemical

4

บทคัดย่อ
บทคัดย่อ
บทคัดย่อ

วิธีดำเนินการวิจัย



วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินงานของนักวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่นเล็กจิ๋ว เกษตรกรรม
บนวิถีปกติใหม่ ได้มีการดำเนินการวิจัยมาตั้งแต่ปี 2561 โดยได้มีการ
ดำเนินงานผ่านโครงการวิจัยและโครงการพัฒนาต่าง ๆ
ในด้านการเกษตร 3 กิจกรรมประกอบด้วย

1

โครงการผลิตปลาดีคุณภาพสูง
ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เป็นโครงการที่
ดำเนินงานภายใต้การสนับสนุนงบประมาณจากกลุ่ม
จังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน 2 เป็นโครงการ
ที่เป็นจุดเริ่มต้นของการเล็งเห็นความสำคัญของฟองอากาศ
ขนาดเล็กจิ๋ว โดยเริ่มการเลี้ยงปลาดีคุณภาพสูงด้วย
ตะกอนจุลินทรีย์ซึ่งเป็นระบบที่ต้องการปริมาณออกซิเจนใน
น้ำสูง จากนั้นจึงมีการบูรณาการ เลี้ยงปลาพร้อมกับการปลูก
พืชแบบผสมผสานในระบบอะควาโปนิคร่วมกับฟองอากาศ
ขนาดเล็กจิ๋ว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณ
ไนโตรเจนในน้ำ ซึ่งดำเนินการมาตั้งแต่ปี 2561



2

โครงการสร้างนวัตกรรมชุมชน
เพื่อพัฒนาเกษตรกรกลุ่มพืชสวนครัว
ภายใต้ชุดโครงการการสร้างนวัตกรรม
ชุมชนเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจฐานราก และ
บรรเทาผลกระทบจากโควิด 19 พื้นที่
จังหวัดสกลนคร (สกลนครโมเดล)



3

โครงการความร่วมมือทางวิชาการ
กับบริษัท คอยคำผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด
เพื่อพัฒนานวัตกรรมเกษตรและนวัตกรรมการ
ผลิตโดยใช้เทคโนโลยีใหม่และเทคโนโลยีสะอาด
เพื่อใช้กับโรงงานหลวงอาหารสำเร็จรูปที่ 3
(ต่างออย) และเกษตรกรในโครงการส่งเสริม
การเกษตรในพื้นที่รอบโรงงานหลวง ฯ



มาตรการ
ป้องกันขนาดเล็กรู้
กับการพัฒนาเกษตรกรรม
บนวิถีปกติใหม่



2561



2562



2563



2564

- การผลิตปลาคุณภาพสูงที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

1. การรับฟังความต้องการเทคโนโลยีการผลิตสัตว์น้ำที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจากหอการค้าไทยจังหวัดสกลนคร และองค์กรภาคประชาสังคมในจังหวัดสกลนคร
2. นำเสนอแนวทางและโครงการการพัฒนากับกลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน 2 เพื่อรับการสนับสนุนงบประมาณ
3. การพัฒนาศูนย์การเรียนรู้ต้นแบบการผลิตปลาในระบบตะกอนจุลินทรีย์ (biofloc)
4. ศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของปลาในสภาวะแวดล้อมการเลี้ยงแบบต่าง ๆ
5. การปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบการเลี้ยง
6. การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตปลาในระบบการเลี้ยงแบบไบโอฟลอค
7. การพัฒนานวัตกรรมและการแปรรูปและการผลิตปลาปลาร้าพร้อมบริโภค

- การเลี้ยงและแปรรูปปลาคุณภาพสูงด้วยระบบอะควาโปนิค

1. การรับฟังปัญหาและความต้องการของเกษตรกรและผู้ประกอบการ
2. การพัฒนาแหล่งเรียนรู้ต้นแบบในการผลิตปลาในระบบอะควาโปนิค
3. ศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของพืชและปลาภายใต้สภาวะแวดล้อมการเลี้ยงแบบต่าง ๆ
4. การปรับปรุงประสิทธิภาพ
5. การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตปลาในระบบอะควาโปนิค
6. พัฒนาการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารพร้อมรับประทานจากปลา
7. การส่งเสริมและพัฒนาศูนย์การเรียนรู้การผลิตที่ปลาของบ้านปลาเพื่อเพิ่มช่องทางการจำหน่ายเพื่อรองรับเส้นทางการท่องเที่ยวรอบหนองหาร

- การสร้างนวัตกรรมชุมชนเพื่อพัฒนาเกษตรกรโครงการสร้างนวัตกรรมชุมชนเพื่อพัฒนาเกษตรกรกลุ่มพืชสวนครัวภายใต้ชุดโครงการการสร้างนวัตกรรมชุมชนเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจฐานรากและบรรเทาผลกระทบจากโควิด 19 พื้นที่จังหวัดสกลนคร (สกลนครโมเดล)

1. การรับฟังปัญหาและความต้องการเทคโนโลยีจากเกษตรกรพื้นที่อำเภอวานรนิวาส
2. การพัฒนาต้นแบบระบบการผลิตพืชผักสวนครัวและพืชร่วมแบบอินทรีย์ครบวงจรอย่างมีส่วนร่วม
3. ถ่ายทอดนวัตกรรมเกษตรกรเพื่อแก้ไขปัญหาและยกระดับการผลิตพืชตามความต้องการของเกษตรกร
4. พัฒนาปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวพืชผักสวนครัวและพืชร่วมในการเพิ่มมูลค่าผลผลิต
5. การพัฒนาอุปกรณ์ผลิตฟองอากาศขนาดเล็กจิ๋วในระดับห้องปฏิบัติการ
6. การปรับปรุงประสิทธิภาพของอุปกรณ์และระบบการจ่ายน้ำ
7. การถ่ายทอดเทคโนโลยีและการประยุกต์ใช้ฟองอากาศขนาดเล็กจิ๋วระดับแปลงปลูกในพื้นที่ของเกษตรกร

- การพัฒนาการล้างทำความสะอาดโดยไม่ใช้สารเคมีและการปลูกพืชไม่ใช้ดินร่วมกับบริษัท คอยคำผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด

1. การพัฒนาอุปกรณ์ผลิตฟองอากาศขนาดเล็กจิ๋วในระดับกึ่งอุตสาหกรรม
2. การปรับปรุงประสิทธิภาพของอุปกรณ์

- การสร้างนวัตกรรมชุมชนเพื่อพัฒนาเกษตรกรกลุ่มพืชสวนครัว

1. การถ่ายทอดเทคโนโลยีและการประยุกต์ใช้ฟองอากาศขนาดเล็กจิ๋วในโรงคัดบรรจุของวิสาหกิจชุมชนสวนป่าอินทรีย์ท่าศรีโคไลหมะระดับแปลงปลูกในพื้นที่ของเกษตรกร
2. พัฒนาการเลี้ยงปลาพร้อมกับการปลูกผักแบบผสมผสานในผักตระกูลสลัด
3. ปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องผลิตฟองอากาศขนาดเล็กจิ๋วและแนวทางการประยุกต์ใช้

- โครงการมหาวิทยาลัยสู่ตำบล ร่วมกับศูนย์เทคโนโลยีการเกษตรและนวัตกรรมจังหวัดสกลนคร

1. พัฒนาศูนย์การเรียนรู้การปลูกมะเขือเทศเชอร์รี่ที่เหมาะสมในสภาวะการปลูกแบบในน้ำและแบบชุ่มน้ำ
2. การถ่ายทอดเทคโนโลยีและการประยุกต์ใช้ฟองอากาศขนาดเล็กจิ๋วที่โรงงานหลวงอาหารสำเร็จรูปที่ 3 (ท่าบ่อ) และเกษตรกรผู้ปลูกมะเขือเทศเชอร์รี่บ้านนางอ้อย-โพนปลาโหล เพื่อใช้ในการล้างทำความสะอาดมะเขือเทศ
3. ปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องผลิตฟองอากาศขนาดเล็กจิ๋วและแนวทางการประยุกต์ใช้

นัทจักรรย์ฟองอากาศขนาดเล็กจิ๋ว
: เกษตรกรรมบนวิถีปกติใหม่ :

ผลการดำเนินงาน



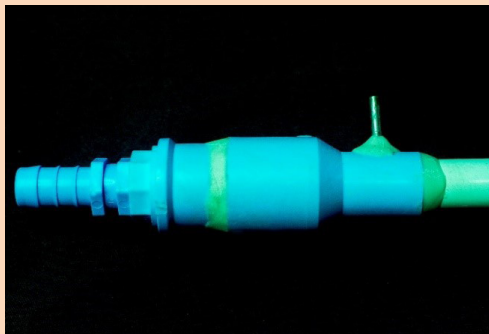
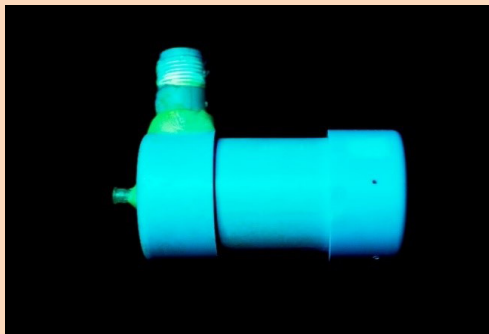
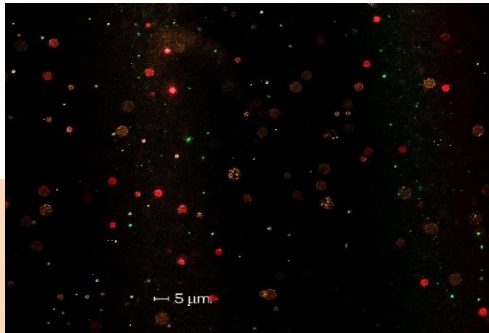
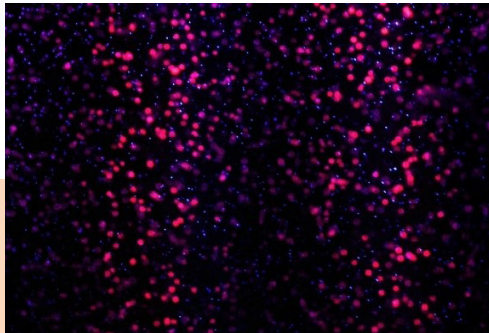
การนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมไปแก้ไข ปัญหาของเกษตรกรและผู้ประกอบการ

การพัฒนาหัวฉีดสร้างฟองอากาศขนาดเล็กจิวราคาประหยัด

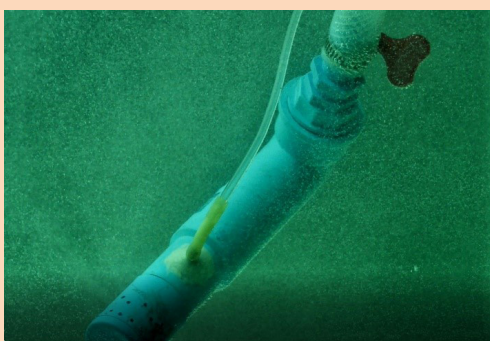
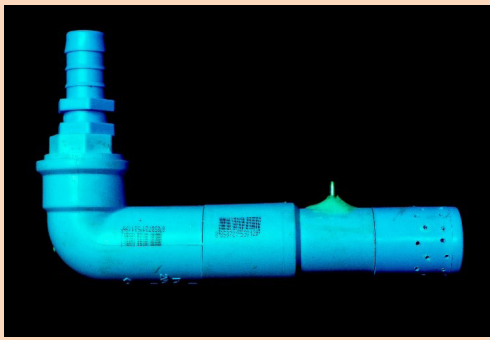
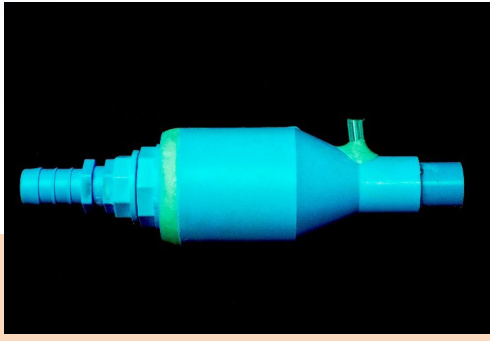
ธนกร ราชพิลา และกัญญาญณ์ ป้องทอง



ในการทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ผลิตฟองอากาศขนาดเล็กจิวผู้วิจัยทำการวัดขนาดของฟองอากาศขนาดเล็กจิวด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (light microscope) โดยใช้น้ำที่มีฟองอากาศขนาดเล็กจิวที่สร้างขึ้นจากอุปกรณ์ผลิตฟองอากาศขนาดเล็กจิวแบบต่าง ๆ เพื่อให้เกิดการไหลในลักษณะของเจ็ทน้ำผสมอากาศบริเวณใกล้ปากทางออกโดยปรับระดับอากาศเข้าสู่อุปกรณ์ผลิตฟองอากาศขนาดเล็กจิว แล้วปล่อยฟองอากาศในถังกระจกใต้น้ำที่บรรจุน้ำสะอาดที่ผ่านเครื่องกรองน้ำระบบรีเวิร์สออสโมซิส (reverse Osmosis) ปริมาตร 70 ลิตร เปิดปั๊มน้ำปล่อยฟองอากาศเป็นเวลา 5 นาที สุ่มน้ำฟองอากาศขนาดเล็กจิวปริมาณ 10 ไมโครลิตร หยดลงบนแผ่นสไลด์และปิดด้วยแผ่นปิดสไลด์ตรวจสอบขนาดของฟองอากาศขนาดเล็กจิวด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง จากนั้นบันทึกภาพและวิเคราะห์ภาพโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ภาพด้วยคอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์ Image-J นำภาพที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของฟองอากาศขนาดเล็กจิว จำนวน 800 ฟอง ความแตกต่างของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางฟองอากาศขนาดเล็กจิวที่สร้างขึ้นมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับระดับของอากาศที่ปรับเข้าสู่หัวฉีดเพื่อใช้ในการผสมกับของเหลว โดยพบว่าเมื่อปรับให้อากาศเข้าสู่หัวฉีดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูอากาศ 1.5 มิลลิเมตร ระดับสภาวะปิดรูอากาศเข้าสู่ตลาดร้อยละ 10, 20, 30, 40 และ 50 จะได้ฟองอากาศขนาดเล็กจิวขนาด 1.2 ± 0.8 , 2.2 ± 0.5 , 4.5 ± 1.2 , 5.38 ± 2.1 และ 10.24 ± 2.5 ไมโครเมตร ตามลำดับขนาดและการกระจายตัวของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของฟองอากาศขนาดเล็กจิวที่ผลิตได้ในสภาวะการปิดรูอากาศเข้าร้อยละ 10 ถูกเลือกมาใช้ในการทดลองล้างผักและปลูกพืชเนื่องจากมีการกระจายตัวของฟองอากาศขนาดเล็กจิวอย่างสม่ำเสมอที่สุดทำให้ฟองอากาศที่มีขนาดเท่ากัน และคาดว่าประจุลบบนผิวฟองอากาศขนาดเล็กจิวจะช่วยชะล้างจุลินทรีย์ปนเปื้อนบนผัก



ภาพหัวฉีดฟองอากาศขนาดเล็กจิ๋วและการไหลของเจ็ทน้ำผสมฟองอากาศ
รุ่น SNRU-S01 และรุ่น SNRU-V01



ภาพหัวฉีดฟองอากาศขนาดเล็กจ้ว
การไหลของเจ็ทน้ำผสมฟองอากาศ
รุ่น SNRU-S02
และรุ่น SNRU-S03

การนำอุปกรณ์ผลิตฟองอากาศขนาดเล็กจิ๋ว

ไปประยุกต์ใช้ถ่ายทอดเทคโนโลยีและขยายผลการผลิตแพคเกจและสัตว์น้ำแก่
เกษตรกร สถาบันเกษตรกรและผู้ประกอบการ

การล้างผักและผลไม้ด้วยฟองอากาศขนาดเล็กจิ๋ว

ร่วมกับไอโซนเพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ก่อโรค

ธนากร ราชพิลา, ณัฐพงษ์ วงษ์มา และพิจิกา ทิมสุภาใส



การล้างผักด้วยน้ำสะอาดเพียงอย่างเดียว
นั้นไม่เพียงพอต่อการลดจำนวนจุลินทรีย์ปนเปื้อน
การเติมสารฆ่าเชื้อเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการล้างผัก
ได้ผลเป็นที่พอใจช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนโดยเฉพาะ
จุลินทรีย์ชนิดก่อโรค แต่การใช้สารเคมีในปริมาณที่มากเกินไปมีผล
ต่อปริมาณสารเคมีตกค้างและยังเพิ่มค่าใช้จ่ายปริมาณสารเคมีตกค้าง
อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพผู้บริโภคได้ วิธีการล้างโดยไม่ใช้สารเคมีโดยใช้
ไอโซนซึ่งมีคุณสมบัติเป็นตัวออกซิไดซ์สารชีวโมเลกุลอื่นได้ดี และยังช่วย
ทำลายหรือยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ ได้อย่างดี เพราะโปรตีน
ที่ก่อภูมิแพ้และก่อให้เกิดอาการแพ้ของเชื้อจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย ไวรัส หรือสปอร์เชื้อรา
ถูกทำลายไปจึงทำให้เชื้อจุลินทรีย์นั้นไม่สามารถเจริญต่อไปได้[3] จากคุณสมบัติ
นี้จึงน่าจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการลดเชื้อจุลินทรีย์
ในการเก็บรักษาผักช่ยาว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำไอโซนมาประยุกต์ใช้ใน
ปัจจุบันนี้ได้มีการนำก๊าซไอโซนมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในหลายๆด้านด้วยกัน
และมีการนำไปใช้ในการส่งออกผักผลไม้ซึ่งถือว่ามีความปลอดภัยสูงโดย
คุณภาพของอาหารนั้นยังคงอยู่ ผู้วิจัยได้ร่วมกับวิสาหกิจชุมชนสวนป่าอินทรีย์
ทำศรีโคสใหม่ นำฟองอากาศขนาดเล็กจิ๋วผสมกับไอโซนความเข้มข้นที่ 2-4 ppm.
ในการล้างผักกูดช่ยาว เนื่องจากพบว่าในการปลูกผักกูดช่ยาวของเกษตรกร
โครงการสาธิตการโมเดลนั้นเกษตรกรใช้ปุ๋ยหมักซึ่งมีส่วนผสมหลัก คือ
แกลบขี้ไก่จากรายงานการตรวจสอบจุลินทรีย์ในผักกูดช่ยาวพบว่าแม่
เกษตรกรจะตัดแต่งและล้างผักด้วยน้ำสะอาดแล้วก็ตามแต่ก็ยังพบ E. coli
และ Salmonella spp. การนำอุปกรณ์ผลิตฟองอากาศขนาดเล็ก
จิ๋วผสมไอโซนความเข้มข้น 2 ppm. ไปล้างผักกูดช่ยาว ระยะเวลา
ในการแช่ 15 นาทีสามารถลดปริมาณ E. coli และ Salmonella





spp. ได้ 0.82 และ 0.65 log cycles และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโอโซน เป็น 4 ppm. สามารถลดปริมาณ E. coli และ Salmonella spp. ได้ 1.43 และ 1.26 log cycles การผสมโอโซนในฟองอากาศขนาดจิ๋วทำให้ประสิทธิภาพในการลดปริมาณ E. coli และ Salmonella spp. ในกุยช่ายขาวได้มากกว่าการล้างด้วยน้ำสะอาดเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ การนำฟองอากาศขนาดเล็กจุ่มผสมโอโซนความเข้มข้น 4 ppm. มาใช้ล้างและแช่ผักเคล (Kale) (Brassica oleraceae) หรือ ผักคะน้าใบหยิก ที่ปลูกโดยเกษตรกรกลุ่มพืชผักสวนครัวปลอดสารเคมี พบว่าระยะเวลาในการแช่ 15 นาที สามารถลดปริมาณ E. coli และ Salmonella spp. ได้ 0.61 และ 0.78 log cycles และเมื่อเพิ่มระยะเวลาการแช่เป็น 25 นาที สามารถลดปริมาณ E. coli และ Salmonella spp. ได้ 1.95 และ 1.84 log cycles และสามารถลดจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดได้เหลือ 100 ซีเอฟยูต่อกรัม โดยไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เช่นการเปลี่ยนสีและรูปร่าง การบวมหรือการเหี่ยวของกุยช่ายขาวและคะน้าใบหยิก การใช้โอโซนสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ให้มาอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุข แม้การล้างด้วยโอโซนจะสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ได้มากขึ้นเมื่อเวลาในการล้างนานขึ้นแต่ปริมาณเชื้อยังคงลดลงไม่มากนักหรือคงที่เมื่อเวลาในการล้างนานกว่า 25 นาที



นอกจากนี้การนำฟองอากาศขนาดจิ๋วและแช่ผักในตระกูลสลัด เช่น การล้างเรตโรอิกและกรีนโอ๊ค ด้วยฟองอากาศขนาดเล็กจะผสมไอโซนความเข้มข้น 2 และ 4 ppm. ระยะเวลาในการแช่ 15 นาที สามารถลดปริมาณ E. coli และ Salmonella spp. ได้ 1.85 และ 1.68 log cycles ช่วยรักษาคุณภาพของผักในตระกูลสลัดตั้งแต่พร้อมบริโภคในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส โดยสามารถลดการเกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัด และลดปริมาณ เอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (polyphenol. oxidase: PPO) ตลอดจนสามารถช่วยชะลอการสูญเสียความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในกลุ่ม โพลีฟีนอล (polyphenols) ได้แก่ วิตามินซี วิตามินอี (tocopherol) และ สารฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ได้อีกด้วย



การลดปริมาณจุลินทรีย์

ในการผลิตมะเขือเทศแช่เย็นแช่แข็งด้วยฟองอากาศขนาดเล็กจี้ร่วมกับโอโซน

ธนกร ราชพิลา และทวิศักดิ์ เลาหวิโรจน์



การล้างมะเขือเทศราเชนิฟองอากาศขนาดเล็กจี้ผสม
โอโซนความเข้มข้น 6 ppm. นาน 10 นาที สามารถลด
ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ รา และโคลิฟอร์มได้ 2.28,
2.05 และ 2.39 log cycles ตามลำดับโดยไม่มีผลต่อปริมาณของแข็ง
ที่ละลายได้ทั้งหมด กรด-ด่าง (pH) ปริมาณกรดซิตริก วิตามินซี
ค่ากิจกรรมของน้ำ (aw) ความชื้น ค่าสี (CIE L*, a* และ b*) และมีร้อยละ
การสูญเสียน้ำหนัก และการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัสน้อยกว่าชุดควบคุม
แสดงว่าการล้างมะเขือเทศราเชนิฟองอากาศขนาดเล็กจี้ผสมโอโซน 4 ppm.
นาน 15 นาที มีประสิทธิภาพในการควบคุมการเกิดเชื้อจุลินทรีย์ได้ดี และ
ไม่มีผลต่อคุณภาพการเก็บรักษาที่ 13 ± 1 องศาเซลเซียสขณะที่สามารถชะลอ
การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัส รวมทั้งสามารถยืดอายุ
การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีได้นานกว่าการล้างด้วยน้ำผสมคลอรีน
100 ppm. และเมื่อนำมะเขือเทศราเชนิฟองอากาศขนาดเล็กจี้ผสมโอโซน
มาทำการแช่เย็นและแช่แข็งด้วยโรงอบพลังแสงอาทิตย์ ผลิตภัณฑ์แช่เย็น
และแช่แข็งมีความชื้นร้อยละ 11.2 ค่ากิจกรรมของน้ำ (aw) 0.58
ผลิตภัณฑ์มีจุลินทรีย์ทั้งหมด 1.35×10^3 ซีเอฟยูต่อกรัม
ยีสต์และรา น้อยกว่า 2.32×10^2 ซีเอฟยูต่อกรัม และไม่พบ
โคลิฟอร์มแบคทีเรีย



การเติมฟองอากาศขนาดจิ๋วเข้าสู่ระบบการให้น้ำกุยช่าย

ธนกร ราชพิลา, ณัฐพงษ์ วงษ์มา และพิจิกา ทิมสุกใส



ผู้วิจัยได้นำเครื่องกำเนิดฟองอากาศขนาดจิ๋วไปใช้ในการแก้ไขปัญหาหน้าบาดาลมีค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้ในน้ำดี (dissolved oxygen, DO) ต่ำ โดยมีค่า 2.0-2.5 ในบ่อบาดาลน้ำตื้นไม่เกิน 30 เมตร และ 1.2-1.8 ในบ่อบาดาลน้ำที่มีความลึก 50 เมตร ขึ้นไป แนวทางการแก้ไขปัญหาค่าออกซิเจนที่ละลายได้ในน้ำต่ำ เกษตรกรสามารถแก้ไขได้โดยขังน้ำใส่ภาชนะปิดหรือโปรยน้ำให้สัมผัสกับอากาศ แต่ในช่วงฤดูเพาะปลูกผักตั้งแต่เดือน พฤศจิกายน-มีนาคม ซึ่งเป็นช่วงที่ฝนไม่ตก และเป็นช่วงที่เกษตรกรมีความต้องการใช้น้ำในปริมาณมาก การสูบน้ำบาดาลจึงจำเป็นต้องสูบน้ำและใช้เลย นักวิจัยจึงได้นำและถ่ายทอดเทคโนโลยีการสร้างท่อนจูลีที่ทำจากข้อต่อพีวีซีที่มีราคาถูก ติดตั้งง่าย เพื่อให้อากาศได้ผสมกับน้ำในท่อนส่งของเกษตรกรทำให้มีค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้ในน้ำเพิ่มเป็น 4.1-6.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมื่อนำมาใช้ในการให้น้ำร่วมกับระบบเทบน้ำหยดพบว่าจำนวนใบต่อกอ น้ำหนัก ความสูง ของต้นเพิ่มมากขึ้น ข้อมูลดังตาราง



ตารางที่ 1 ให้น้ำผักกุยช่ายด้วยฟองอากาศขนาดจิ๋ว

กรรมวิธีการปลูก	จำนวนใบต่อกอ			ความกว้างทรงพุ่ม			ความกว้างใบ		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
ชุดควบคุมปุ๋ยหมักก้นใจ	41.32	49.76	60.57	26.14	29.61	32.45	0.42	0.45	0.48
ให้น้ำฟองอากาศขนาดจิ๋ว	43.75	52.36	65.02	28.63	32.84	36.18	0.46	0.48	0.52

กรรมวิธีการปลูก	ความสูงต้น			น้ำหนักใบเขียว/ตร.ม.			น้ำหนักใบขาว/ตร.ม.		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
ชุดควบคุมปุ๋ยหมักก้นใจ	22.76	28.42	30.68	402.46	506.32	564.37	89.46	115.75	157.21
ให้น้ำฟองอากาศขนาดจิ๋ว	24.35	30.23	32.16	439.65	558.24	602.1	102.52	182.38	212.42



การเติมฟองอากาศขนาดเล็กเข้าสู่ระบบการปลูกมะเขือเทศ

ธนกร ราชพิลา, ทวีศักดิ์ เลหาวิโรจน์ และณัฐพงษ์ วงษ์มา

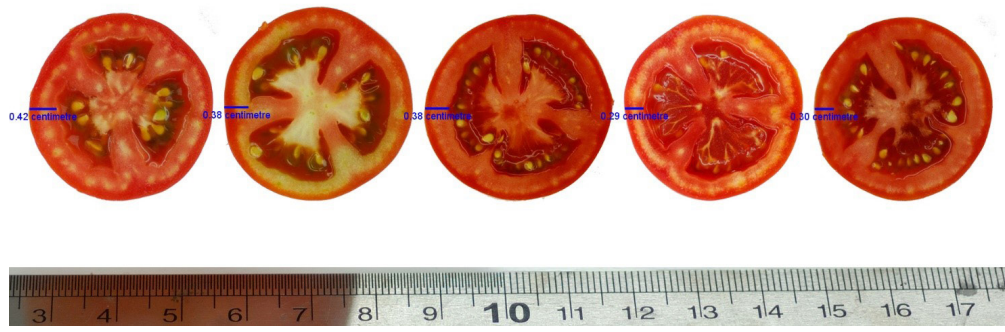
ผู้วิจัยได้ร่วมกับบริษัท ดอยคำผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด และเกษตรกรในโครงการส่งเสริมการเกษตรรอบโรงงานหลวงอาหารสำเร็จรูปที่ 3 (เต่างอย) บ้านนางอย-โพนปลาโหล ทดลองใช้ฟองอากาศขนาดเล็กเพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้ในน้ำเป็น 7.5-8.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เปรียบเทียบกับวิธีการปลูกมะเขือเทศโรงงานในรูปแบบต่าง ๆ

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบวิธีการปลูกมะเขือเทศโรงงาน

กรรมวิธีการปลูก	จำนวนผลต่อต้น	น้ำหนักผลผลิตต่อต้น (กรัม)	น้ำหนักต่อผล (กรัม)
ปลูกในดิน	25.2	1,713.60	68.0
ปลูกในดิน+น้ำหยด+ฟองอากาศขนาดเล็ก	32.4	2,430.00	75.0
ไฮโดรโปนิก	30.4	2,131.04	70.1
ไฮโดรโปนิก+ฟองอากาศขนาดเล็ก	35.1	2,748.33	78.3
อะควาโปนิก	23.3	1,453.92	62.4
อะควาโปนิก+ฟองอากาศขนาดเล็ก	28.8	2,076.48	72.1

พบว่าทุกรูปแบบวิธีการปลูกวันที่ต้นมะเขือเทศออกดอกร้อยละ 50 มะเขือเทศอายุมี 43 ± 2 วัน และเก็บเกี่ยวครั้งแรกเมื่อต้นมะเขือเทศอายุ 101 ± 2 วัน โดยให้ลักษณะของผลมะเขือเทศที่สมบูรณ์ไม่แตกต่างกันมากนัก โดยผลมะเขือเทศมีความยาวเฉลี่ย 6.0 ± 1.2 เซนติเมตร ความกว้าง 4.5 ± 0.4 เซนติเมตร และความหนาของเนื้อ 0.4 ± 0.1 เซนติเมตร การปลูกมะเขือเทศแบบไฮโดรโปนิกร่วมกับฟองอากาศขนาดเล็กจึงส่งผลทำให้มีจำนวนผลต่อต้น น้ำหนักผลผลิตต่อต้น (กรัม) และน้ำหนักต่อผล (กรัม) มากกว่าวิธีการปลูกในรูปแบบอื่น มีค่าเท่ากับ 35.1 ผล 2,748.33 กรัม และ 78.3 กรัม ตามลำดับ การปลูกมะเขือเทศแบบอะควาโปนิกร่วมกับฟองอากาศขนาดเล็กจึงส่งผลทำให้มีจำนวนผลต่อต้น น้ำหนักผลผลิตต่อต้น (กรัม) และน้ำหนักต่อผล (กรัม) มากกว่าวิธีการปลูกในรูปแบบอื่น มีค่าเท่ากับ 28.8 ผล 2,076.48 กรัม และ 72.1 กรัม ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าวิธีการปลูกในรูปแบบอื่น การปลูกพืชร่วมกับฟองอากาศขนาดเล็กจึงทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 10.3 เมื่อเทียบกับการปลูกในดินเพิ่มขึ้นร้อยละ 11.7 เมื่อเทียบกับการปลูกแบบไฮโดรโปนิก และเพิ่มขึ้นร้อยละ 15.5 เมื่อเทียบกับการปลูกแบบอะควาโปนิก

ฟองอากาศขนาดเล็กจิ๋วในการเกษตรสามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตมะเขือเทศได้ร้อยละ 10-15 ทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น 10-15 บาทต่อกิโลกรัม ผลผลิตพริกสดก้านคอสมเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.6 ทำให้เกษตรกรรายได้เพิ่มขึ้น 5.6 บาทต่อกิโลกรัม ผลผลิตกุยช่ายเขียวเพิ่มขึ้นร้อยละ 6.68 ทำให้เกษตรกรรายได้เพิ่มขึ้น 2.7 บาทต่อกิโลกรัม และผลผลิตกุยช่ายขาวเพิ่มขึ้นร้อยละ 35.1 ทำให้เกษตรกรรายได้เพิ่มขึ้น 35.1 บาทต่อกิโลกรัม [2]



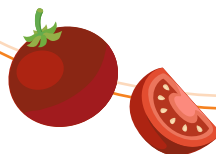
การเติมฟองอากาศขนาดเล็กเข้าสู่ระบบอะควาโปนิค

ทรงฤทธิ์ อรุณกมล, นพรัตน์ พิชณีย์, อธิญ บุตระนา, ณัฐพงษ์ วงษ์มา และธนกร ราชพิลา



อะควาโปนิค (Aquaponic)

คือ ระบบการเลี้ยงปลาและปลูกพืชแบบผสมผสาน ซึ่งทั้งสองระบบนี้จะเป็นระบบที่เชื่อมโยงกัน โดยระบบการปลูกพืชจะเป็นรูปแบบการปลูกพืชแบบไร้ดิน (hydroponic) โดยใช้ น้ำ และของเสียในการเลี้ยงปลาเป็นสารอาหารสำหรับการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งของเสียส่วนใหญ่คือประมาณร้อยละ 70-80 จะเป็นธาตุอาหารที่อยู่ในรูปสารประกอบไนโตรเจนและจะเปลี่ยนรูปด้วยกระบวนการไนตริฟิเคชัน (nitrification) ซึ่งจะออกซิไดซ์แอมโมเนียซึ่งมีความเป็นพิษสูงต่อสัตว์น้ำให้เป็นไนไตรท์และไนเตรท ส่วนน้ำที่ผ่านการดูดซึมธาตุอาหารโดยพืชในระบบไฮโดรโปนิค เมื่อใช้อุปกรณ์สร้างฟองอากาศขนาดเล็กจุ่มทำปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (dissolved oxygen: DO) ในน้ำเลี้ยงปลาเพิ่มขึ้นจาก 4 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็น 7.8 มิลลิกรัมต่อลิตรแล้วจึงจะนำกลับมาใช้หมุนเวียนในระบบการเลี้ยงปลาอีกครั้ง ฟองอากาศขนาดเล็กจะทำหน้าที่ลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์เนื่องจากอนุภาคขนาดเล็กเหล่านี้มีประจุลบซึ่งสามารถไปจับกับตะกอนแขวนลอยที่อยู่ในน้ำให้ตกตะกอน และเสริมให้จุลินทรีย์ในน้ำเลี้ยงปลาทำงานได้ดีขึ้นซึ่งส่วนใหญ่เป็นจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนในการดำรงชีวิต เมื่อในน้ำมีออกซิเจนในปริมาณมากกระบวนการย่อยสลายของเสียภายในบ่อปลาที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งในระบบนี้จะมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำน้อยมาก จึงเป็นระบบที่เหมาะสมสำหรับการผลิตอาหารภายในครัวเรือน ช่วยเพิ่มความมั่นคงด้านอาหารในระดับครัวเรือน เนื่องจากสามารถผลิตพืชผักที่สด และผลิตแหล่งโปรตีนจากปลาที่สะอาด เป็นระบบที่ใช้พื้นที่น้อย และประหยัดน้ำในการเลี้ยงปลา และปลูกพืชได้ถึงร้อยละ 60-90



ตารางที่ 3 ความหนาแน่นในการเลี้ยงปลาและปลูกพืชในระบบอะควาโปนิค

ประเภท	ความหนาแน่นที่เหมาะสม	ผลผลิต
ปลาบิล ปลาหมอไทย หรือ ปลาดุก	20 ตัว/ลบ.ม.	10 กก.
กรีนคอส	25 ต้น/ตร.ม.	3.34 กก./ ตร.ม.
มะเขือเทศ	12 ต้น/ตร.ม.	24.95 กก./ ตร.ม.
พริกแฉวง	120 ต้น/ตร.ม.	4.5 กก./ ตร.ม.
สาระแน	260 ต้น/ตร.ม.	3.6 กก./ ตร.ม.
ชะพลู	40 ต้น/ตร.ม.	20 กก./ ตร.ม.
กะเพรา	6 ต้น/ตร.ม.	2.8 กก./ ตร.ม.
พริกขี้หนู	4 ต้น/ตร.ม.	2.1 กก./ ตร.ม.
พริกบุง	120 ต้น/ตร.ม.	3.5 กก./ ตร.ม.
พริกขี้พริก	100 ต้น/ตร.ม.	4.3 กก./ ตร.ม.

ตารางที่ 4 การเจริญเติบโตด้านจำนวนใบและค่าความเขียวใบ (SPAD unit) ของพืชสัลดกรีนคอส

กรรมวิธีการปลูก	อายุหลังย้ายปลูก (วัน)					
	7		14		21	
	จำนวนใบ	ความเขียวใบ	จำนวนใบ	ความเขียวใบ	จำนวนใบ	ความเขียวใบ
อะควาโปนิค	5.57	33.35	8.55	35.28	11.38	41.54
อะควาโปนิค+ ฟองอากาศขนาดเล็กจั่ว	6.50	28.43	8.94	30.97	12.55	34.90

จากการทดลองพบว่า จำนวนใบของพืชสัตกรินคอสที่ปลูกแบบอะควาโปนิกร่วมกับฟองอากาศขนาดเล็กจื๋มีจำนวนใบมากกว่าการปลูกแบบอะควาโปนิคเพียงอย่างเดียวในทุกช่วงของการเจริญเติบโต ส่วนค่าความเขียวในแบบว่าการปลูกแบบอะควาโปนิคเพียงอย่างเดียวในทุกช่วงของการเจริญเติบโตนั้นมีความเขียวในสูงกว่าการปลูกแบบอะควาโปนิกร่วมกับฟองอากาศขนาดเล็กจื๋

ตารางที่ 5 ผลผลิตเฉลี่ยของพืชสัตกรินคอสแต่ละกรรมวิธี

กรรมวิธีการปลูก	น้ำหนักต่อต้น (กรัม)				น้ำหนักผลผลิตต่อตารางเมตร (กก.)	
	ต้นรวมราก	ต้น	ตัดแต่ง	ราก	ต้นรวมราก	ตัดแต่ง
อะควาโปนิค	118.35	107.30	106	11.05	2.96	2.68
อะควาโปนิค+ฟองอากาศขนาดเล็กจื๋	133.53	119.28	112	14.25	3.34	2.98

จากการทดลองพบว่าผลผลิตเฉลี่ยของพืชสัตกรินคอส กรรมวิธีปลูกแบบอะควาโปนิกร่วมกับฟองอากาศขนาดเล็กจื๋มีน้ำหนักต้นรวมราก น้ำหนักต้น น้ำหนักสัตกตัดแต่ง และน้ำหนักราก มากกว่าการปลูกแบบอะควาโปนิค เท่ากับ 133.53 119.28 112.00 และ 14.25 กรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 6 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักผลผลิตของพืชสัตกรินคอสสัมพัทธ์ (ร้อยละ)
 เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ที่อายุการเก็บรักษาแต่ละช่วง

อายุการเก็บรักษา (วัน)	กรรมวิธีการปลูก/ปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยว							
	อะควาโปนิค+ฟองอากาศขนาดเล็กจื๋				อะควาโปนิค			
	ตัดราก	ตัดรากและเชโอโซน	ไม่ตัดราก	ไม่ตัดรากและเชโอโซน	ตัดราก	ตัดรากและเชโอโซน	ไม่ตัดราก	ไม่ตัดรากและเชโอโซน
0	100	100	100	100	100	100	100	100
7	92.36	93.75	93.38	94.13	85.04	87.48	90	93.22
14	91.22	92.87	85.75	93.28	75.9	82.34	66.66	81.29
21	84.45	86.77	83.25	87.21	63.42	69.49	63.33	78.28

จากการทดลองพบว่าปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวการล้างด้วยน้ำฟองอากาศขนาดเล็กจิ๋วและแซโรโซน ความเข้มข้น 4 ppm. นาน 5 นาที ทั้งแบบตติรากและไม่ตติรากพืชสลัดกรีนคอสที่ปลูกในระบบอะควาโปนิค และระบบอะควาโปนิคร่วมกับฟองอากาศขนาดเล็กจิ๋วพบว่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักผลผลิตของพืช สลัดกรีนคอส ที่อายุ 7 วัน อายุการเก็บรักษา กรรมวิธีที่ปลูกแบบอะควาโปนิคแล้วทำการตติรากมี การเปลี่ยนแปลงมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 85.04 ที่อายุ 14 และ 21 วัน กรรมวิธีที่ปลูกแบบอะควาโปนิค แบบไม่ตติรากมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 85.04 และ 63.33 ตามลำดับ



บทคัดย่อฟองอากาศขนาดเล็กจิ๋ว
: เกษตรกรรมบนวิถีปกติไทย :

สรุปผลการวิจัย





สรุป ผลการวิจัย



1

อุปกรณ์กำเนิดฟองอากาศขนาดเล็กจืดโดยใช้อุปกรณ์ที่หาง่ายและมีราคาถูกแบบท่อทรงกระบอกที่นักวิจัยพัฒนาขึ้นมีต้นทุนเพียง 100 บาท สามารถสร้างฟองอากาศขนาดเล็กที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยในช่วง 1-50 ไมโครเมตร การผสมอากาศเข้าไปในบีนของเหลวในพืชของบีนจะหมุนอย่างรวดเร็วสร้างแรงเหวี่ยงตักย่อยฟองให้มีขนาดเล็กซึ่งยังเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายโอนก๊าซกับของเหลว

2

เกษตรกรกลุ่มพืชผักสวนครัว โครงการเศรษฐกิจฐานรากสกลนคร โมเดล สามารถสร้างและนำอุปกรณ์กำเนิดฟองอากาศขนาดเล็กจืดไปใช้ในการแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำในการเกษตรและทำให้ผลผลิตสูงขึ้น

3

เมื่อนำอุปกรณ์กำเนิดฟองอากาศขนาดเล็กจืดไปใช้ร่วมกับการผสมไอโซนในปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ก่อโรคในผักสดตัดแต่งให้มีคุณภาพตามมาตรฐานกระทรวงสาธารณสุข

4

การใช้งานอุปกรณ์ต้นแบบกำเนิดฟองอากาศขนาดเล็กจืดร่วมกับไอโซนระดับกึ่งอุตสาหกรรม (pilot scale) ของโรงงานหลวงอาหารสำเร็จรูปที่ 3 (ต่างอย) สามารถลดปริมาณเชื้อราในวัตถุดิบมะเขือเทศราชินีสำหรับแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์แช่เย็นแช่แข็งได้เทียบเท่ากับน้ำผสมคลอรีนโดยไม่ทำให้คุณภาพผลิตภัณฑ์ด้อยลง

5

การนำฟองอากาศขนาดเล็กจืดมาเพิ่มปริมาณออกซิเจนสำหรับปลุกมะเขือเทศแบบไม่ใช้ดินโดยใช้น้ำหลังการบำบัดในโรงเรือนควบคุมสภาพแวดล้อมของโรงงานหลวงอาหารสำเร็จรูปที่ 3 (ต่างอย)

6

ต้นแบบการปลูกผักและเลี้ยงปลาแบบผสมผสานในระบบอะควาโปนิกร่วมกับฟองอากาศขนาดเล็กจืดในการเลี้ยงปลาในระบบความหนาแน่นสูงส่งผลในทางบวกต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิตผักและปลา

7

สามารถตอบโจทย์และเป็นทางเลือกที่เป็นที่ยอมรับในผลิตอาหารเพื่อสุขภาพและการผลิตอาหารสำหรับบริโภคเองของสังคมเมือง และประชาชนทั่วไปและผู้ประกอบการรุ่นใหม่

มหาวิทยาลัยป้องกันอาชญากรรม
: เกษตรกรรมแบบวิถีปักษ์ใต้ :

ผลกระทบ และเครือข่ายความร่วมมือ



ผลกระทบ



ด้านเศรษฐกิจ

- จำหน่ายสินค้าในตลาดระดับบน
- รายได้เพิ่มขึ้น



ด้านสิ่งแวดล้อม

- ลดปริมาณสารพิษที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม
- ระบบน้ำหมุนเวียน



ด้านสังคม

- การสร้างนวัตกรรมเกษตร
- การเผยแพร่องค์ความรู้สู่เครือข่าย



ด้านสุขภาพ

- ความมั่นคงทางอาหาร
- สังคมสูงวัย

เครือข่ายความร่วมมือ



การต่อยอดในการนำงานวิจัยประยุกต์ใช้

1

การพัฒนาต่อยอดอุปกรณ์การล้าง
ผักผลไม้ด้วยฟองอากาศขนาดเล็กจิ๋ว ร่วมกับ
โอโซน นักวิจัยจะนำผลงานวิจัยไปพัฒนาต่อยอดร่วมกับ
บริษัท คอยคำผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด ในการพัฒนาเครื่องล้าง
ผลไม้ ธัญพืช ในการผลิตเชิงอุตสาหกรรมสำหรับโรงงานหลวง ฯ
และถ่ายทอดเทคโนโลยีการสร้างอุปกรณ์การล้างผักผลไม้ด้วย
ฟองอากาศขนาดเล็กจิ๋วร่วมกับโอโซนระดับครัวเรือนในราคาประหยัด
สำหรับวิสาหกิจชุมชน และเกษตรกรกลุ่มผู้ร่วมโครงการเศรษฐกิจ
ฐานรากสกลนครโมเดล อำเภอวานรนิวาส ระยะที่ 2 สำหรับล้างผัก
มูลค่าสูงเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเชิงหน้าที่ (Functional food)
ต่อไป และขยายผลสู่เกษตรกรในเขตส่งเสริมการเกษตรรอบ
โรงงานหลวง ฯ ที่ 3 (เต่างอย)



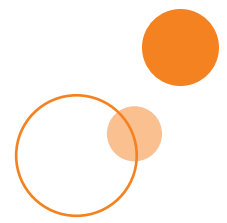
2

การพัฒนาต่อยอดอุปกรณ์สร้าง
ฟองอากาศขนาดเล็กจิ๋วสำหรับการเลี้ยงปลา
ในระบบตะกอนจุลินทรีย์ในระดับอุตสาหกรรม
เชิงพาณิชย์ และอุปกรณ์สร้างฟองอากาศขนาดเล็กจิ๋ว
สำหรับการเลี้ยงปลาในระบบอะควาโปนิคร่วมกับสหกรณ์
แห่งประเทศไทย และบริษัท ประชารัฐรักสามัคคี สกลนคร
วิสาหกิจเพื่อสังคม จำกัด เพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ปลา
ปรุงสุกพร้อมบริโภค



อ้างอิง

- [1] ชยุต นันทดุสิต และภัคธาร์ เวทะซี. (2558). การเพิ่มสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนออกซิเจนในระบบเติมอากาศ โดยใช้หัวฉีดสร้างฟองอากาศขนาดเล็ก. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 29 วันที่ 1-3 กรกฎาคม 2558 นครราชสีมา.
- [2] ณัฐพงษ์ วงษ์ม. (2559). เทคโนโลยีการผลิตไม้มวลเศรษฐกิจ. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.
- [3] ธนกร ราชพิลา. (2559). การแปรรูปอาหาร 2. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.
- [4] Afia, B., Stephane, S., & Monique, L. (2016). Combined effect of antimicrobial coatings, gamma radiation and negative air ionization with ozone on *Listeria innocua*, *Escherichia coli* and mesophilic bacteria on ready- to- eat cauliflower florets. *Postharvest Biology and Technology*. 118: 134–140.
- [5] Aluman Nathaniel. (1985). *Oxygen Healing Therapies : for optimum health and vitality*. Vermont. USA : Healing Arts Press.
- [6] Beuchat, L. R. 1999. Survival of enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 in bovine feces applied to lettuce and the effectiveness of chlorinated water as a disinfectant. *J. Food Prot.* 62:845–849.
- [7] Fujiwara, A., Okamoto, K., Hashiguchi, K., Peixinho J., Takagi, S. and Matsumoto, Y., (2007). Bubble breakup phenomena in venturi tube, proceedings of FEDSM2007, 5th joint ASME/JSME fluids engineering conference. 553-560.
- [8] Hasegawa, Hiroaki & Nagasaka, Yu & Kataoka, Hisataka. (2008). Electrical potential of microbubble generated by shear flow in pipe with slits. *Fluid Dynamics Research - FLUID DYN RES.* 40. 554-564. DOI. 10.1016/j.fluiddyn.2007.12.007.
- [9] Horvith, M., Bilitzky, L., Httner, J., Bocsy, S., 1985. *Ozone*, Elsevier, New York.
- [10] Junhong, C., & Jane, H. D. (2002). Ozone production in the positive DC corona discharge. *Plasma Chemistry and Plasma Processing*. 22:495-522.



- [11] Kim, Jin-Gab & Yousef, Ahmed & Khadre, Mohammed. (2003). Ozone and its current and future application in the food industry. *Advances in food and nutrition research*. 45:167-218. DOI 10.1016/S1043-4526(03)45005-5.
- [12] Nakatake Y, Watanabe T, Eguchi T. (2007). Combustion improvement for diesel engines with ejector-type micro-bubbles mixed fuel. *Journal of the JSME (B)* 73(735): 2368-2374.
- [13] Ohnari, H., T. Saga, K. Watanabe, K. Maeda and K. Matsuo. (1999). High Functional Characteristics of Micro-Bubbles and Water Purification. *Resources Processing*, 46: 238–244.
- [14] Sadatomi, M., Kawahara, A., Kano, K. and Ohtomo, A. (2005). Performance of a new microbubble generator with a spherical body in a flowing water tube. *Experimental Thermal and Fluid Science*. 29: 615-623.
- [15] Sadatomi, M., Kawahara, A., Matsuura, H. and Shikatani, S. (2012). Micro-bubble generation rate and bubble dissolution rate into water by a simple multi-fluid mixer with orifice and porous tube, *Experimental Thermal and Fluid Science*, 41: 23–30.





มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร สถาบันวิจัยและพัฒนา

680 ถ.นิตโย ต.ธาตุเชิงชุม อ.เมืองสกลนคร จ.สกลนคร

โทรศัพท์/โทรสาร 042970154 <http://rdi.snru.ac.th>

E-mail : rdi_snru@snru.ac.th



ที่ปรึกษา

- อาจารย์ ดร.มาลี ศรีพรหม
- อาจารย์ ดร.สุธาสินี กุปตะบุตร
- อาจารย์ลฎากา ศรีพสุตา

ข้อมูล

- คณะเทคโนโลยีการเกษตร
- ศูนย์เทคโนโลยีการเกษตรและ
นวัตกรรมจังหวัดสกลนคร

ออกแบบและจัดทำ

- งานสารสนเทศและเผยแพร่งานวิจัย
สถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร