PRAWARUN AGRICULTURAL JOURNAL

https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/index

บทความวิจัย

ประสิทธิภาพของน้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรดในการฆ่าเชื้อโรค

นวลใย ญารักษา[1*] ชัดชัย แก้วตา[2] ศุภาวีร์ มากดี[2] ธีระ สาธุพันธ์[2]

[1]สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี 34000

[2]สาขาวิชานวัตกรรมดิจิทัล คณะวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี 34000

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 3 สิงหาคม 2564

แก้ไข: 30 กันยายน 2564

ตอบรับการตีพิมพ์: 5 ตุลาคม 2564

ตีพิมพ์ออนไลน์: 26 พฤศจิกายน 2564

คำสำคัญ

น้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรด

น้ำยาฆ่าเชื้อ

กรดไฮโปคลอรัส

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรด โดยใช้หลักการอิเล็กโทรลิซิส (electrolysis) ที่ใช้ขั้วที่ทำด้วยแกรไฟต์ ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของน้ำอิเล็กโทรไลต์ที่ผลิตได้แล้วทดสอบความสามารถในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย 2 สายพันธุ์ คือ (*S.* aureus) และ (*E. coli)* และทดสอบความคงตัวของน้ำอิเล็กโทรไลต์ พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรด ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร คือ น้ำเกลือความเข้มข้น 3% เติมน้ำส้มสายชู 5% ปริมาตร 15 มิลลิลิตร กระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า 12 โวลต์ เวลา 5 นาที น้ำอิเล็กโทรไลต์ที่ผลิตได้มีค่า pH อยู่ที่ 3.37±0.05 ค่าประสิทธิภาพการเกิดออกซิเดชัน–รีดักชัน (oxidation–reduction potential; ORP) เท่ากับ +1,280±2.00 มิลลิโวลต์ และมีปริมาณคลอรีนอิสระ เท่ากับ 80 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรดนี้สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* และ *E. coli* ได้ โดยพบว่า จำนวนเชื้อรอดชีวิตลดลงตั้งแต่ 15 วินาทีแรกของการสัมผัสเชื้อ และน้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรดที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องในภาชนะที่ปิดสนิท สามารถเก็บไว้ได้นานถึง 4 สัปดาห์ โดยน้ำอิเล็กโทรไลต์ยังมีความคงตัว pH ของน้ำอิเล็กโทรไลต์ยังคงความเป็นกรด ค่า ORP ยังมีค่าเป็นบวก (+) สูง

บทนำ

น้ำยาฆ่าเชื้อ (disinfectant) ใช้เรียกสารเคมีที่มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อ ทำให้ปลอดเชื้อหรือทำลายเชื้อ โดยน้ำยาฆ่าเชื้อสามารถกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ได้หลากหลาย และไม่จำเพาะเจาะจง ใช้กำจัดเชื้อจุลินทรีย์บนพื้นผิวสิ่งของต่าง ๆ เพื่อยับยั้งการแพร่กระจายของเชื้อ น้ำยาฆ่าเชื้อแต่ละชนิดออกฤทธิ์ด้วยกลไกการทำงานที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับโครงสร้างแรงระหว่างโมเลกุล และหมู่ฟังก์ชัน (functional group) ของสารประกอบนั้น ๆ โดยมีผลกระทบต่อเซลล์ในด้านต่าง ๆ เช่น การแตกหรือรั่วออกของเซลล์ การรบกวนสมดุลภายในเซลล์ การรบกวนการทำงานของเยื่อหุ้มเซลล์ การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ การยับยั้งกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอน เป็นต้น ทั้งนี้ส่วนต่าง ๆ ของเซลล์อาจถูกน้ำยาฆ่าเชื้อเข้าทำปฏิกิริยาได้ด้วยกลไกที่แตกต่างกัน ซึ่งสารเคมีเหล่านี้จะทำให้เกิดอันตรายต่อผิวหนังและเยื่อเมือกของร่างกายโดยตรง โดยการแบ่งชนิดของน้ำยาฆ่าเชื้อสามารถแบ่งได้หลายวิธี วิธีหนึ่งที่นิยมคือ การแบ่งตามคุณสมบัติทางเคมี โดยเฉพาะโครงสร้างทางเคมี สารที่นิยมนำมาเป็นน้ำยาฆ่าเชื้อที่ใช้กับเครื่องมือและพื้นผิวต่าง ๆ คือ สารประกอบคลอรีน (chlorine containing compounds) สารที่เป็นที่นิยมใช้เป็นมาตรฐานทั่วไป คือ โซเดียมไฮโปคลอไรต์ (sodium hypochlorite; NaOCl) สารนี้ออกฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อจากการละลายน้ำแล้วได้กรดไฮโปคลอรัส (hypochlorus; HOCl) เข้าทำปฏิกิริยากับโปรตีนภายในเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์ หรืออาจเกิดการออกซิไดซ์ (oxidize) โซเดียมไฮโปคลอไรต์มีราคาถูก ฆ่าเชื้อได้ดีโดยขึ้นกับความเข้มข้นที่ใช้ ความเข้มข้น 0.5 – 1 % สามารถทำลายไวรัสตับอักเสบ และไวรัสเอชไอวีได้ (Garcia et al., 2010; Sehulster et al., 1981) นอกจากนี้ความเข้มข้น 0.5 % ที่เรียกว่า Dakin's solution สามารถใช้เป็นสารฆ่าเชื้อ (antiseptic solution) ใช้ล้างแผลเพื่อละลายและดับกลิ่นเนื้อเยื่อที่ตายแล้ว อย่างไรก็ตามโซเดียมไฮโปคลอไรต์ มีข้อเสียหลาย

* Corresponding author

E-mail address: nualyai.y@ubru.ac.th (N. Yaraksa)

Online print: 26 November 2021 Copyright © 2021. This is an open access article, production and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University.

ประการ ได้แก่ เป็นน้ำยาฆ่าเชื้อที่มีความคงตัวต่ำ ต้องเตรียมผสมน้ำยาใหม่ทุกวัน ระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ เนื้อเยื่อและผิวหนัง มีกลิ่นฉุน มีฤทธิ์กัดกร่อนโลหะ (Levine, 2013; McCullough, 2014) ไม่สามารถฉีดพ่นบนร่างกาย และไม่เหมาะที่จะใช้ฆ่าเชื้อละอองไวรัสที่ติดตามของใช้ส่วนตัวหรือบรรจุภัณฑ์อาหารที่จะนำมาบริโภค

น้ำอิเล็กโทรไลต์ (electrolyzed oxidizing water; EO Water) เป็นน้ำที่ผลิตมาจากน้ำและเกลือ โดยใช้หลักการแยกสารด้วยประจุไฟฟ้า ให้เกิดการแตกตัวของไอออนได้สารไฮโปคลอรัสที่มีประสิทธิภาพดีกว่าไฮโปคลอไรต์ไอออน (OCl^-) ที่ได้จากการแตกตัวจากโซเดียมไฮโปคลอไรต์ และแคลเซียมไฮโปคลอไรต์ (calcium hypochlorite; $Ca(OCl)_2$) (Grech & Rijkenberg, 1992; Kim et al., 2000) ในปัจจุบันมีการผลิตน้ำอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งเป็นสารฆ่าเชื้อโรคที่มีคุณสมบัติเป็นสารฆ่าเชื้อโรคที่ไม่มีสารพิษ มีความเสถียร ราคาไม่แพง และมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน (Huang et al., 2006) น้ำอิเล็กโทรไลต์เกิดจากการแยกสลายสารด้วยขั้วไฟฟ้าบวกและลบ โดยเมื่อผ่านน้ำเกลือลงไป ทำให้เกิดปฏิกิริยาอิเล็กโทรไลซิส (electrolysis) ของสารละลายเกลือขึ้นเป็นสารประกอบที่มีไอออน คือ OH^- และ Cl^- ดังสมการ

$NaCl + H2O \rightarrow\rightarrow\rightarrow Na^+ + Cl^- + H^+ + OH^-$

$2Cl^- \rightarrow\rightarrow\rightarrow\rightarrow Cl_2 + 2e^-$

Anode: $Cl_2 + H_2O \rightarrow\rightarrow\rightarrow HOCl + HCl$

Cathode: $2Na^+ + 2H_2O \rightarrow\rightarrow\rightarrow 2NaOH + H_2$

ซึ่งสารไฮโปคลอรัสที่ได้นี้ เป็นสารที่ออกซิไดซ์ได้แรงกว่าสารประกอบคลอรีนที่อยู่ในรูปแคลเซียมไฮโปคลอไรต์ และโซเดียมไฮโปคลอไรต์ นอกจากปัจจัยของกรดไฮโปคลอรัสที่เป็นองค์ประกอบในน้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรดแล้ว ค่าการเกิดออกซิเดชัน–รีดักชัน (oxidation–reduction potential; ORP) ที่สูงมากกว่า 1,100 mV ยังเป็นปัจจัยที่สำคัญในการสนับสนุนให้ประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์ได้ดียิ่งขึ้น (Kim et al., 2000)

เนื่องจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัสโควิด – 19 เพื่อป้องกันการแพร่เชื้อโรคไปยังผู้อื่น ต้องยึดหลัก กินร้อน ช้อนกลาง ล้างมือ กินอาหารที่ปรุงสุกใหม่ ซึ่งจากการเก็บข้อมูลในร้านอาหารในเขตพื้นที่ อ.เมือง จ.อุบลราชธานี เบื้องต้นพบว่า ร้านอาหารมีการป้องกันเชื้อไวรัสโควิด – 19 ยกตัวอย่างเช่น เจ้าของร้านการสวมหน้ากากอนามัย มีบริการเจลล้างมือที่หน้าร้าน หรือมีการจัดโต๊ะให้ห่างกัน 2 เมตร เป็นต้น แต่ในเรื่องการทำความสะอาดสิ่งของภายในร้านค้า เช่น ถ้วย จาน ช้อน เก้าอี้ หรือ โต๊ะ ยังเป็นคงใช้แนวทางแบบเดิม คือ การล้างถ้วย จาน ช้อน ด้วยน้ำยาล้างจานแล้วล้างออกด้วยน้ำสะอาด และการเช็ดโต๊ะ เก้าอี้ ด้วยผ้าชุบน้ำธรรมดา ซึ่งอาจจะไม่เพียงพอที่จะทำให้ปลอดภัยจากเชื้อไวรัสโควิด–19 โดยงานวิจัยของ Sapcharoenkul (2007) ได้ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรดในการทำลายฟิล์มชีวภาพบนพื้นผิวทดสอบ ได้แก่ สแตนเลสสตีล ยาง และพลาสติก ผลพบว่าน้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดความเข้มข้น 30 ppm สามารถทำลายฟิล์มชีวภาพได้ภายในเวลา 30 นาที

ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรด ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของน้ำอิเล็กโทรไลต์ที่ผลิตได้ จากนั้นทดสอบความสามารถในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียของน้ำอิเล็กโทรไลต์ และทดสอบความคงตัวของน้ำอิเล็กโทรไลต์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาเครื่องผลิตน้ำอิเล็กโทรไลต์อย่างง่ายสำหรับทำความสะอาดสิ่งของในร้านอาหารเพื่อป้องกันเชื้อไวรัสโควิด – 19 โดยการผลิตน้ำอิเล็กโทรไลต์นี้ใช้ต้นทุนต่ำ สามารถทำได้ง่าย และเป็นน้ำยาฆ่าเชื้อที่มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การหาความเข้มข้นของเกลือ และระยะเวลาที่เหมาะสมในการผลิตน้ำอิเล็กโทรไลต์

ผลิตน้ำอิเล็กโทรไลต์โดยใช้หลักการอิเล็กโทรลิซิส (electrolysis) โดยใช้ขั้วแกรไฟต์ ชั่งเกลือ 1, 30 และ 50 กรัม ละลายในน้ำกลั่นประมาณ 500 มิลลิลิตร (mL) ในขวดขนาด 1,000 mL จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 1,000 mL จะได้น้ำเกลือความเข้ม 0.1, 3 และ 5% ตามลำดับ นำสารละลายเกลือ (NaCl) ใส่ในแชมเบอร์ (chamber) แล้วกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า 12 โวลต์ ใช้กระดาษวัด pH วัดค่าความเป็นกรด – เบส (pH) ของสารละลายที่ระยะเวลา 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที ตามลำดับ

การผลิตน้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรด

เตรียมน้ำเกลือความเข้มข้น 3% ปริมาตร 1,000 mL จากนั้นเติมน้ำส้มสายชูกลั่น 5% ปริมาตร 15 mL คนสารละลายให้เข้ากัน แล้ววัดค่าความเป็นกรด–เบส ด้วยเครื่องพีเอชมิเตอร์ นำน้ำเกลือที่เติมน้ำส้มสายชูแล้วมาผลิตเป็นน้ำอิเล็กโทรไลต์ โดยให้ศักย์ไฟฟ้าที่ 12 โวลต์ เป็นเวลา 5 นาที

การวัดคุณสมบัติทางเคมีของน้ำอิเล็กโทรไลต์

วัดค่าความเป็นกรด–เบส ของน้ำอิเล็กโทรไลต์โดยใช้เครื่องพีเอชมิเตอร์ วัดประสิทธิภาพการเกิดออกซิเดชัน – รีดักชัน (oxidation –reduction potential; ORP) ของน้ำ อิเล็กโทรไลต์ โดยใช้เครื่อง ORP meter ตรวจวัดปริมาณคลอรีนอิสระ (available chlorine concentration; ACC) ของน้ำอิเล็กโทรไลต์ ด้วยชุดทดสอบคลอรีนอิสระคงเหลือในน้ำ (อ 31) สารควบคุมเชิงลบคือ

น้ำกลั่น และสารฆ่าเชื้อมาตรฐานโซเดียมไฮโปคลอไรต์ เพื่อใช้เปรียบเทียบคุณสมบัติกับน้ำอิเล็กโทรไลต์

เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดสอบ

S. aureus (clinical isolate) และ *E. coli* (clinical isolate) เป็นสายพันธุ์ที่แยกได้จากตัวอย่างทางคลินิกจากคณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ทดสอบฤทธิ์การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ของน้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรด

เลี้ยงเชื้อทดสอบบนอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดแข็ง (nutrient Agar) นำเชื้อที่เตรียมไว้ใส่ในหลอดทดลอง ซึ่งผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1/10 mL เทียบความขุ่นกับ 0.5 Mcfarland ≈ 108 cell จากนั้นเจือจางเชื้อลงอีก 10 เท่า แล้วนำไปทดสอบ โดยนำน้ำอิเล็กโทรไลต์ 5 mL ผสมกับเชื้อทดสอบ 5 mL ทดสอบที่เวลา 0 นาที 15 วินาที 5 นาที 10 นาที และ 15 นาที ตามลำดับ เมื่อครบเวลาเติมโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.5% (sodium thiosulphate, $Na_2S_2O_3$) 5 mL เพื่อหยุดปฏิกิริยา ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาทีจากนั้นนำเชื้อที่ผสมกับน้ำอิเล็กโทรไลต์ไปเจือจางเป็น 10 – 1, 10 – 2, 10 – 3 และ 10 – 4 และปิเปตน้ำตัวอย่าง 100 ไมโครลิตร (µl) ลงบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดแข็ง แล้วใช้แท่งแก้วเกลี่ยให้น้ำตัวอย่างกระจายทั่วผิวหน้าอาหาร (วิธี spread plate) จากนั้นนำจานอาหารเลี้ยงเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลาข้ามคืน แล้วนับจำนวนเชื้อที่รอดชีวิตโดยคำนวณเชื้อจุลินทรีย์รอดชีวิตในหน่วย colony forming unit/mL (CFU/mL) เปรียบเทียบกับชุดควบคุมเชิงลบ (negative control) คือ น้ำเกลือความเข้มข้น 3% ที่ผสมกับน้ำส้มสายชู และชุดควบคุมเชิงบวก (positive control) คือ โซเดียมไฮโปคลอไรต์

การทดสอบความคงตัวของน้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรด

นำน้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรดที่ผลิตได้ เก็บใส่ในขวดแก้วสีชาและขวดแก้วใส แล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ เมื่อครบกำหนด 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ จึงนำน้ำอิเล็กโทรไลต์มาวัดคุณสมบัติทางเคมีของน้ำอิเล็กโทรไลต์ ดังต่อไปนี้ วัดค่าความเป็นกรด – เบส ของน้ำอิเล็กโทรไลต์โดยใช้เครื่องพีเอชมิเตอร์ วัดประสิทธิภาพการเกิดออกซิเดชัน–รีดักชัน (ORP) ของน้ำอิเล็กโทรไลต์ โดยใช้เครื่อง ORP meter และทดสอบฤทธิ์การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ของน้ำอิเล็กโทรไลต์หลังจากเก็บไว้ 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ กับเชื้อแบคทีเรีย 2 สายพันธุ์ คือ *S. aureus* และ *E. coli* โดยให้เชื้อสัมผัสกับน้ำอิเล็กโทรไลต์เป็นเวลา 15 วินาที เมื่อครบเวลาเติม 0.5% sodium thiosulphate ($Na_2S_2O_3$) 5 mL เพื่อหยุดปฏิกิริยา ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที แล้วทำวิธี spread plate

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ผลการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของน้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรดค่า pH, ORP, ACC และผลการศึกษาจำนวนเชื้อแบคทีเรียที่รอดชีวิต แสดงผลเป็นค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation; SD) คำนวณจากการทำการทดลอง 3 ซ้ำแบบอิสระต่อกัน

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการหาความเข้มข้นของเกลือ และระยะเวลาที่เหมาะสมในการผลิตน้ำอิเล็กโทรไลต์

ในการผลิตน้ำอิเล็กโทรไลต์จะใช้ความเข้มข้นของสารละลายเกลือ 0, 1, 3 และ 5% ปริมาตร 1,000 mL โดยกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า 12 โวลต์ ในการผลิต ซึ่งในการผลิตน้ำจะใช้เวลา 30 นาที โดยทุก 5 นาที จะเก็บน้ำที่ขั้วแอโนดซึ่งเป็นขั้วบวก (Anode) และขั้วแคโทดซึ่งเป็นขั้วลบ (Cathode) มาวัดค่าความเป็นกรด–เบส (pH) เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตน้ำอิเล็กโทรไลต์ จากผลการทดลองเบื้องต้น พบว่า ที่ความเข้มข้นของสารละลายเกลือ 3% และ 5% ที่ขั้วแอโนด จะพบว่าสารละลายมีสภาพเป็นกรด โดยมีค่า pH อยู่ในช่วง 5 – 6 และที่ขั้วแคโทดสารละลายมีสภาพเป็นเบสโดยมีค่า pH อยู่ในช่วง 12 – 13 ส่วนสารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 0.1% พบว่า ค่า pH ของสารละลายในขั้วแอโนดมีสภาพค่อนข้างเป็นกลาง ค่า pH อยู่ในช่วง 6 – 7 ส่วนในขั้วแคโทดสารละลายมีสภาพเป็นด่าง ค่า pH อยู่ในช่วง 8 – 9 โดยผลการทดลองแสดงดัง Table 1

Table 1 pH value of electrolyte water at variant times

Concentration of NaCl solution (%)	Production time (min)	pH	
		Anode (+)	Cathode (-)
0.1	5	7	8
	10	7	8
	15	6	9
	20	6	9
	25	6	9
	30	6	9
3	5	5	13
	10	6	12
	15	6	12
	20	6	12
	25	6	12
	30	6	12
5	5	6	12
	10	5	13

Concentration of NaCl solution (%)	Production time (min)	pH	
		Anode (+)	Cathode (-)
	15	5	13
	20	6	12
	25	5	13
	35	6	12

จากผลการทดลองนี้พบว่า ค่า pH จะลดลงตามปริมาณความเข้มข้นของเกลือ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ketika et al. (2009) ที่ศึกษาผลของน้ำอิเล็กโทรไลต์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Collectotrichum gloeosporioides* ที่เป็นสาเหตุโรคแอนแทรคโนสของมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว โดยการใช้น้ำอิเล็กโทรไลต์ที่เตรียมได้จากการแยกสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 0.0125, 0.025, 0.05 และ 0.1% ที่กระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า 110 โวลต์ เป็นเวลา 15 นาที ทำให้ได้สารละลายที่มีค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ระหว่าง 3.38 – 3.98 ซึ่งค่า pH นี้จะลดลงตามปริมาณความเข้มข้นของเกลือที่เพิ่มขึ้น

เนื่องจากน้ำอิเล็กโทรไลต์ที่ผลิตได้นี้ยังมีค่า pH ที่แตกต่างกันในขั้วแอโนดกับขั้วแคโทด กล่าวคือ น้ำอิเล็กโทรไลต์ที่ขั้วแอโนดมีสภาพเป็นกรดอ่อน (pH 5 – 6) ส่วนน้ำอิเล็กโทรไลต์ที่ขั้วแคโทดมีสภาพเป็นเบส และเมื่อวัดค่าความเป็นกรด–เบส (pH) ของน้ำอิเล็กโทรไลต์ที่ผลิตได้จะมีค่าความเป็น pH อยู่ที่ 11 ซึ่งจะเหลือกรดไฮโปคลอรัส (HOCl) ในระบบประมาณ 5 – 10 % เท่านั้น ที่เหลือคือไฮโปคลอไรท์ไอออน (OCl^-) ซึ่งอาจทำให้ระคายเคืองต่อผิวหนังหากนำไปใช้งาน กรดไฮโปคลอรัสจะเกิดขึ้นได้มากในสภาพกรดอ่อนที่ค่า pH ในช่วง 3.5 – 5.5 ซึ่งจะเกิดกรดไฮโปคลอรัสมากกว่า 70% จึงจะปลอดภัยและไม่ระคายเคืองต่อผิวหนัง ดังนั้น จึงต้องมีการเติมกรดอ่อนเข้าไปในสารละลายเกลือเพื่อให้ระบบมีสภาพเป็นกรดอ่อนก่อนที่จะนำไปกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า เพื่อให้ได้น้ำอิเล็กโทรไลต์ที่มีฤทธิ์เป็นกรดอ่อน ในการผลิตน้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรดในขั้นตอนต่อไปจึงเลือกใช้กรดอะซิติก (น้ำส้มสายชูกลั่น) เติมเข้าไปในสารละลายเกลือเพื่อให้ระบบมีสภาพเป็นกรดอ่อน แล้วกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า ซึ่งกรดอะซิติกหรือกรดน้ำส้มนี้เป็นกรดอินทรีย์ที่มีฤทธิ์เป็นกรดอ่อนหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาดและราคาไม่แพง โดยในการผลิตน้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรดในขั้นตอนต่อไปของงานวิจัยนี้ จะใช้สารละลายเกลือความเข้มข้น 3% เนื่องจากเป็นความเข้มข้นที่ทำให้ผลิตน้ำอิเล็กโทรไลต์ที่ขั้วแอโนดมีสภาพเป็นกรดอ่อน และใช้เกลือปริมาณน้อยกว่าสารละลายเกลือความเข้มข้น 5% ผสมกับน้ำส้มสายชูกลั่นเพื่อให้น้ำเกลือนี้มีค่า pH ประมาณ 3 – 4 ก่อนที่จะกระตุ้นด้วยไฟฟ้า จากนั้นกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า 12 โวลต์ เป็นเวลา 5 นาที

การผลิตน้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรด

เตรียมสารละลายเกลือความเข้มข้น 3% ปริมาตร 1,000 mL จากนั้นเติมน้ำส้มสายชูกลั่น 5% ปริมาตร 15 mL จากนั้นคนให้เข้ากัน แล้ววัดค่าความเป็นกรด – เบส ด้วยเครื่องพีเอชมิเตอร์ พบว่า มีค่า pH เท่ากับ 3.39±0.08 นำสารละลายที่ได้ไปกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า 12 โวลต์ เป็นเวลา 5 นาที แล้ววัดค่าความเป็นกรด–เบส ของน้ำอิเล็กโทรไลต์โดยใช้เครื่องพีเอชมิเตอร์ วัดประสิทธิภาพการเกิดออกซิเดชัน–รีดักชัน (oxidation–reduction potential; ORP) ของ น้ำอิเล็กโทรไลต์ โดยใช้เครื่อง ORP meter และตรวจวัดปริมาณคลอรีนอิสระ (available chlorine concentration; ACC) ด้วยชุดทดสอบคลอรีนอิสระคงเหลือในน้ำ (อ 31) เปรียบเทียบกับน้ำกลั่น และโซเดียมไฮเปอร์คลอไรต์ (NaOCl) ผลที่ได้แสดงดัง Table 2

Table 2 Physical and chemical properties of acidic electrolyte water, distilled water and NaOCl

Samples	pH	ORP (mV)	ACC (ppm)
Acidic electrolyte water	3.37±0.05	1280±2.00	80±0.00
Distilled water	7.05±0.02	443±3.00	0±0.00
NaOCl	12.41±0.00	486±2.00	>100

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า เมื่อเติมน้ำส้มสายชู 5% ปริมาตร 15 mL ลงไปในการสารละลายเกลือเข้มข้น 3% ปริมาตร 1,000 mL แล้วนำไปกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า 12 โวลต์ เป็นเวลา 5 นาที ทำให้สามารถผลิตน้ำอิเล็กโทรไลต์ที่มีค่า pH อยู่ที่ 3.37±0.05 มีค่า ORP เท่ากับ +1,280±2.00 mV ซึ่งมีค่าที่สูงกว่าค่า ORP ของโซเดียมไฮเปอร์คลอไรต์เกือบ 3 เท่า และปริมาณคลอรีนอิสระ (ACC) เท่ากับ 80±0.00 ppm คลอรีนอิสระ (Free chlorine) จะมี 3 ชนิด คือ Cl_2, HOCl และ OCl^- ซึ่งปริมาณคลอรีนอิสระชนิดใดจะมากหรือน้อยกว่ากันอยู่ที่สภาพ pH ของน้ำ หากค่า pH ของน้ำต่ำกว่า 1 คลอรีนอิสระจะอยู่ในรูปของแก๊สคลอรีน (Cl_2) ทั้งหมด และจะระเหยสู่บรรยากาศ ค่า pH 1 – 3.5 คลอรีนอิสระจะอยู่ในรูปของแก๊สและกรดไฮโปคลอรัส (HOCl) ค่า pH ในช่วง 3.5 – 5.5 คลอรีนอิสระจะอยู่ในรูป HOCl ทั้งหมด ค่า pH ในช่วง 5.5 – 9 จะอยู่ในรูปของ HOCl และ OCl^- และ pH ตั้งแต่ 9 ขึ้นไปจะอยู่ในรูป OCl^- (Figure 1)

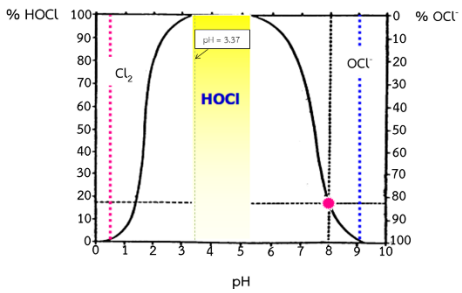

Figure 1 pH and variation of available chlorine concentration

ดังนั้น น้ำอิเล็กโทรไลต์ที่ผลิตได้จากการทดลองนี้ที่มีค่า pH เท่ากับ 3.37 จะมีคลอรีนอิสระในรูปของกรดไฮโปคลอรัสเป็นส่วนใหญ่ โดยน้ำอิเล็กโทรไลต์ที่มี pH เป็นกรด มีปริมาณคลอรีนอิสระ (ACC) อยู่ในช่วง 10 – 80 ppm และมีค่าประสิทธิภาพการเกิดออกซิเดชัน–รีดักชัน (ORP) มากกว่า 1000 mV จะสามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ (แบคทีเรีย เชื้อรา และไวรัส) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Kim et al., 2000)

ทดสอบฤทธิ์การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ของน้ำอิเล็กโทรไลต์

น้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรด และโซเดียมไฮโปคลอไรต์ สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียทดสอบทั้งแกรมบวก *S. aureus* และแบคทีเรียแกรมลบ *E. coli* โดยพบว่า จำนวนเชื้อรอดชีวิตลดลงตั้งแต่ 15 วินาทีแรกของการสัมผัสเชื้อ เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำเกลือความเข้มข้น 3% ที่ผสมกับน้ำส้มสายชูที่เป็นตัวควบคุมเชิงลบ ผลการทดสอบแสดงดัง Figure 2 และ Figure 3 ตามลำดับ

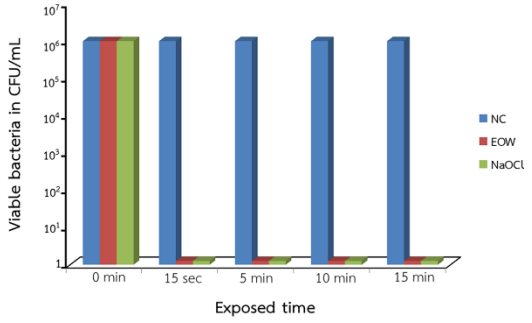

Figure 2 Antibacterial activity of acidic electrolyte water (EOW), NaOCl and 3% NaCl with acetic acid (NC) against Gram positive bacterial *Staphylococcus aureus*

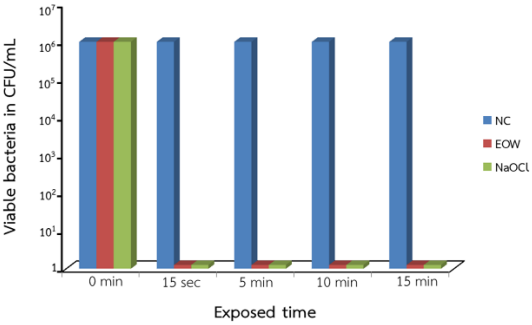

Figure 3 Antibacterial activity of acidic electrolyte water (EOW), NaOCl and 3% NaCl with acetic acid (NC) against Gram negative bacterial *Escherichia coli*

ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kwanhian et al. (2019) ที่ศึกษาคุณสมบัติการฆ่าเชื้อก่อโรคของน้ำออกซิไดซ์ โดยพบว่าน้ำออกซิไดซ์สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก *S. aureus* (ATCC 25922) แบคทีเรียแกรมลบ *Klebsiella pneumoniae* (ATCC 27853) และ *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 700603) และยีสต์ *Candida albicans* โดยพบว่าจำนวนเชื้อรอดชีวิตลดลงอย่างมีนัยสำคัญตั้งแต่เวลา 30 วินาทีแรกของการสัมผัส

การทดสอบความคงตัวของน้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรด

เมื่อเปรียบเทียบค่าการเปลี่ยนแปลงของ pH และค่า ORP ของน้ำอิเล็กโทรไลต์ที่เก็บที่อุณหภูมิห้องในภาชนะปิดสนิท (ขวดสีชาและขวดใส) ในแต่ละสัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า ค่า pH ของน้ำอิเล็กโทรไลต์ยังคงความเป็นกรด โดยมีการเปลี่ยนแปลงค่า pH ตั้งแต่ 3.21±0.03 ถึง 3.53±0.03 และค่า ORP เปลี่ยนแปลงตั้งแต่ +1193±1.00 mV ถึง +1280±2.00 mV โดยทั้งสองค่ามีการเปลี่ยนแปลงที่ต่ำ (Table 3)

Table 3 pH and ORP of acidic electrolyte water was stored at 0, 1, 2, 3 and 4 weeks

Weeks	pH		ORP (mV)	
	Amber glass bottle	Clear glass bottle	Amber glass bottle	Clear glass bottle
0	3.37±0.05	3.37±0.05	1280±2.00	1280±2.00
1	3.38±0.04	3.45±0.02	1211±3.00	1214±1.00
2	3.41±0.06	3.51±0.01	1203±4.00	1207±1.00
3	3.21±0.03	3.44±0.01	1208±1.00	1199±5.00
4	3.41±0.01	3.53±0.03	1197±1.00	1193±1.00

และเมื่อทดสอบความสามารถในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย 2 สายพันธุ์ คือ *S. aureus* และ *E. coli* ของน้ำอิเล็กโทรไลต์ที่เก็บในขวดสีชาและขวดสีใสในแต่ละสัปดาห์ พบว่า สัปดาห์ที่ 1 ถึง สัปดาห์ที่ 3 น้ำอิเล็กโทรไลต์มีความสามารถในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียทดสอบได้ดีเช่นเดียวกับน้ำอิเล็กโทรไลต์ที่ผลิตในวันแรก ส่วนในสัปดาห์ที่ 4 พบว่า ความสามารถในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียทดสอบของน้ำอิเล็กโทรไลต์จะลดลงจากวันแรกที่ผลิตเหลือประมาณ 67% (Figure 4 และ Figure 5)

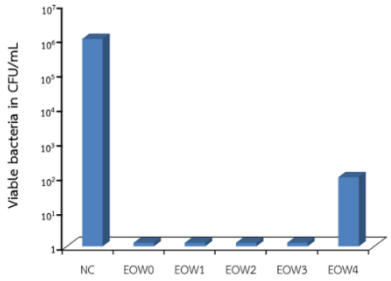

Figure 4 Antibacterial activity of acidic electrolyte water (EOW0–EOW4), NaOCl and 3% NaCl with acetic acid (NC) against Gram positive bacterial *Staphylococcus aureus*

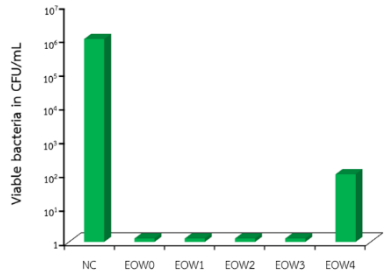

Figure 5 Antibacterial activity of acidic electrolyte water (EOW0–EOW4), NaOCl and 3% NaCl with acetic acid (NC) against Gram negative bacterial *Escherichia coli*

เนื่องจากค่า ORP ที่ลดลงของน้ำอิเล็กโทรไลต์ทำให้ความสามารถในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียลดลงด้วย ซึ่งค่า ORP คือ ความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เมื่อเกิดการถ่ายเทอิเล็กตรอนจากสารชนิดหนึ่งไปยังสารอีกชนิดหนึ่ง จะเกิดความต่างศักย์ มีหน่วยเป็น มิลลิโวลต์ (mV) สารที่มีความสามารถเป็นตัวออกซิไดซ์ที่ดี จะมีค่า ORP เป็นบวกมาก ในทางตรงข้ามสารที่เป็นตัวรีดิวซ์ที่ดี จะมีค่า ORP เป็นลบมาก ผนังเซลล์ของเชื้อโรคส่วนใหญ่จะมีประจุลบ ดังนั้น น้ำอิเล็กโทรไลต์ที่มีค่า ORP สูง แสดงถึงความสามารถในการออกซิไดซ์สูง ค่า ORP ที่สูงจะทำให้เกิดการดึงอิเล็กตรอนจากแบคทีเรียหรือไวรัสที่น้ำได้สัมผัส ทำให้เชื้อโรคตาย

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การเก็บน้ำไว้ที่อุณหภูมิห้องในภาชนะที่ปิดสนิท ไม่ว่าจะเป็นขวดสีชาหรือขวดใสสามารถเก็บไว้ได้นานถึง 4 สัปดาห์ น้ำอิเล็กโทรไลต์ยังมีความคงตัว pH ของน้ำอิเล็กโทรไลต์ยังคงความเป็นกรด ค่า ORP ยังมีค่าเป็นบวกสูง และน้ำอิเล็กโทรไลต์ที่เก็บไว้นาน 3 สัปดาห์ยังมีความสามารถในการฆ่าเชื้อได้เช่นเดียวกับน้ำที่ผลิตวันแรก ส่วนในสัปดาห์ที่ 4 ความสามารถในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียของน้ำอิเล็กโทรไลต์จะลดลงเมื่อเทียบกับสัปดาห์ที่ 0, 1, 2 และ 3 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kwanhian et al. (2019) ที่ศึกษาความคงตัวของน้ำออกซิไดซ์ที่เก็บที่อุณหภูมิห้องในภาชนะปิดสนิท แล้ววัดค่า pH และค่า ORP ต่อเนื่อง 7 วัน พบว่าเมื่อเปรียบเทียบค่าการเปลี่ยนแปลงของ pH และค่า ORP ในแต่ละวันของการเก็บรักษาเทียบกับวันแรกจะแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ทั้งสองค่ามีการเปลี่ยนแปลงต่ำ โดยค่า pH น้ำออกซิไดซ์ยังคงความเป็นกรดมีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 2.32 ถึง 2.40 และค่า ORP เปลี่ยนแปลงตั้ง +1,080 ถึง +1,111 มิลลิโวลต์

สรุปผลและเสนอแนะ

สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรด ปริมาตร 1,000 mL คือ น้ำเกลือความเข้มข้น 3% เติมน้ำส้มสายชู 5% ปริมาตร 15 mL กระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า 12 โวลต์ เวลา 5 นาที โดยน้ำอิเล็กโทรไลต์ที่ผลิตได้มีค่า pH เท่ากับ 3.37±0.05 ค่า ORP เท่ากับ +1,280±2.00 mV และมีปริมาณคลอรีนอิสระ (ACC) เท่ากับ 80±0.00 ppm และน้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรดที่ผลิตได้สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียทดสอบทั้งแกรมบวก (*S. aureus)* และแบคทีเรียแกรมลบ *(E. coli)* ได้ โดยพบว่า จำนวนเชื้อรอดชีวิตลดลงตั้งแต่ 15 วินาทีแรกของการสัมผัสเชื้อ และน้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรด ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องในภาชนะที่ปิดสนิท ไม่ว่าจะเป็นขวดสีชาหรือขวดใส สามารถเก็บไว้ได้นานถึง 4 สัปดาห์ โดยน้ำอิเล็กโทรไลต์ยังมีความคงตัวค่า pH เป็นกรด ค่า ORP ยังมีค่าเป็นบวกสูง และ น้ำอิเล็กโทรไลต์ที่เก็บไว้นาน 3 สัปดาห์ยังมีความสามารถในการฆ่าเชื้อได้เช่นเดียวกับน้ำที่ผลิตวันแรก ส่วนในสัปดาห์ที่ 4 ความสามารถในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียลดลงเมื่อเทียบกับสัปดาห์ที่ 0, 1, 2 และ 3

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยสำหรับคณาจารย์และบุคลากร งบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 (เพิ่มเติม) ทุนวิจัยและนวัตกรรมการป้องกันและแก้ไขปัญหาการติดโรคโควิด–19 จากมหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

References

Sapcharoenkul, K. (2007). Efficacy of Chlorine Dioxide & Acidic Electrolyzed water to Eliminate Biofilms of *Bacillus cereus*, *Staphylococcus* aureus & Attached *Bacillus cereus* spores on Food Contact Surfaces. (Master's thesis). Kasetsart University, Faculty of Agro–Industry, Food Science. (in Thai)

Ketika, J., Kunasakdakul, K., Kumpoun, W. & Kumsupa, J. (2009). Effect of Electrolyzed Oxidizing (EO) Water on Growth of *Colletotrichum gloeosporioides* Pathogen of Anthracnose Post Harvest Disease of Mango. Industrial & research projects for undergraduate students (IRPUS) (in Thai)

Kwanhian, W., Taungsin, D. & Tanapakdee, S. (2019). The Pathogenic Inactivating Properties of Oxidizing Water. *Thai Journal of Toxicology*, 34(1), 53–69. (in Thai)

Grech, N.M. & Rijkenburg, F.H.J. (1992). Injection of electronically generated chlorine into citrus micro–irrigation

systems for the control of certain waterborne root pathogens. *Plant Disease*, 76, 457–461.

Garcia, E. G., Del P. G., Celadilla O., Castro, M. J., Martinez, V., Muñoz, I., Sanchez–Villanueva R., Guevara C. L., Selgas, R. & Bajo, M. A. (2010). Efficacy of sodium hypochlorite in eradicating hepatitis C virus (HCV)–RNA from the peritoneal effluent of PD *patients. Peritoneal Dialysis International*. 30(6), 644–646.

Huang, Y. R., Hsieh, H. S., Lin, S. Y., Lin, S. J., Hung, Y. C. & Hwang, D.F., (2006). Application of electrolyzed oxidizing water on the reduction of bacterial contamination for seafood. *Food Control*, 17, 987–993.

Kim, B.S., Lee, J.Y., & Hwang, B.K. (2000). In vivo control & in vitro antifungal activity of rhamnolipid, a glycolipid antibiotic, against *Phytophthora capsici* & *Colletotrichum orbiculare. Pest Management Science*, 56(12), 1029–1035.

Levine, J.M. (2013). Dakin's Solution: Past, Present, & Future. Advanced Skin Wound Care, 26(9), 410–414.

McCullough, M. & Carlson, G.W. (2014). Dakin's solution: historical perspective & current practice. *Annals of Plastic Surgery*, 73, 254–256.

Sehulster, L. M, Hollinger, F. B., Dreesman, G. R. & Melnick, J. L. (1981). Immunological & biophysical alteration of hepatitis B virus antigens by sodium hypochlorite disinfection. Applied & *Environmental Microbiology*, 42(5), 762–767.

Research article

Efficacy of acidic electrolyte water to pathogen inactivation

Nualyai Yaraksa[1*] Chutchai Kaewta[2] Supawee.Kagdee[2] and Theera Sathupan[2]

[1]*Faculty of Science Ubon Ratchathani Rajabhat University Mueang Ubon Ratchathani 34000*
[2]*Faculty of Computer Science Ubon Ratchathani Rajabhat University Mueang Ubon Ratchathani 34000*

ARTICLE INFO

Article history
Received: 3 August 2021
Revised: 30 September 2021
Accepted: 5 October 2021
Online published: 26 November 2021

Keyword
Acidic electrolyte water
Disinfectant
Hypochlorous Acid

ABSTRACT

The objective of this study was to optimize the conditions for producing the acidic electrolyte water by using electrolysis and to determine the chemical properties. Then, investigated the properties of acidic electrolyte water to disinfect pathogenic bacteria, including Gram positive bacterial *Staphylococcus aureus* and Gram negative bacteria *Escherichia coli* was performed. After that, the stability of the acidic electrolyte water was tested. The results showed that the optimum conditions for the production of the acidic electrolyte water were 1,000 mL of 3% NaCl added 15 mL of 5% vinegar and passed through electric current 12 volts for 5 min. The chemical properties of the acidic electrolyte water showed pH value of 3.37±0.05, strongly positive of oxidation reduction potential (ORP) of +1280±2.00 mV and available chlorine concentration (ACC) of 80±0.00 ppm. The results indicated that the acidic electrolyte water could be inactivated microbial due to its oxidizing properties. The acidic electrolyte water absolutely destroyed tested bacterial cells from the first 15 seconds. The stability tests indicated that the acidic electrolyte water were stable at room temperature in a sealed container for up to 4 weeks.

*Corresponding author
E-mail address: nualyai.y@ubru.ac.th (N. Yaraksa)
Online print: 26 November 2021 Copyright © 2021. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University.