ผลของความเค็มต่อสารพฤกษเคมีของกะเพรา 11 หมายเลข ภายใต้สภาพโรงเรือน

Effect of Salinity to Phytochemical in 11 Holy Basil Accessions under Greenhouse Conditions

ธนพงศ์ เง่าพิทักษ์กุล[1] จักรพงศ์ ภิญโญ[2] ณัฐริกา เหลาคำ[3] วชิรญา อิ่มสบาย[3] และอัญมณี อาวุชานนท์[3*]

Tanapong Ngoapitakkul[1], Jukkrapong Pinyo[2], Nattharika Laokkham[3], Wachiraya Imsabai[3] and Anyamanee Auvuchanon[3*]

Received: November 28, 2023
Revised: January 29, 2024
Accepted: January 30, 2024

Abstract: Saline soil hampers plant growth and reduces productivity. Planting salt-tolerant crops is a solution. Therefore, this research aimed to evaluate and select 11 holy basil accessions due to their numerous health benefits as antioxidants. The experiment was conducted under greenhouse condition, where holy basil plants were grown using a nutrient solution including salt (NaCl) at different electrical conductivity levels: 2 (control), 4, 6 and 8 $dS \cdot m^{-1}$. The holy basils were harvested at 3 and 6 weeks (HV1 and HV 2) after treatment with a salt nutrient solution. The phytochemical composition is influenced by both genetic variation (accessions) and salinity levels. For the first harvest, the phenolic compound increased when holy basils were grown in a saline solution and for the second harvest, the phenolic compound increased when holy basil was grown in a salinity level of 6 $dS \cdot m^{-1}$. There was not the interaction between cultivars and salinity level of antioxidant content for the first harvest and it showed that salinity had a minor impact on the antioxidant content in holy basil. The antioxidant levels of holy basils were consistent after being exposed salt treatment for 6 weeks. Under short-term salinity treatments at level 4 $dS \cdot m^{-1}$, there was an increase in beta-carotene and at 8 $dS \cdot m^{-1}$, total chlorophyll also increased. However, holy basils were treated for 6 weeks, both beta-carotene content and total chlorophyll decreased.

Keywords: saline soil, phenolic compound, harvesting, antioxidant

บทคัดย่อ: ดินเค็มส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตที่ลดลงของพืช โดยสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวด้วยการปลูกพืชทนเค็ม งานวิจัยนี้จึงประเมินเชื้อพันธุกรรมกะเพรา 11 หมายเลข ที่ปลูกในสภาพความเค็ม เนื่องจากกะเพราเป็นพืชผักที่มีสรรพคุณและคุณประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น สารต้านอนุมูลอิสระ โดยทำการทดลองปลูกกะเพราด้วยสารละลายธาตุอาหารที่มีเกลือ (NaCl) ผสมอยู่ โดยมีค่าการนำไฟฟ้า เท่ากับ 2 (ชุดควบคุม), 4, 6 และ 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ในสภาพโรงเรือน เมื่อเก็บเกี่ยวกะเพราหลังให้สารละลายเกลือ 3 และ 6 สัปดาห์ (HV1 และ HV 2)

[1] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดนครปฐม 73140
[1] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakhon Pathom, 73140
[2] ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดนครปฐม 73140
[2] Department of Animal Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140
[3] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดนครปฐม 73140
[3] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140
*Corresponding author: agrana@ku.ac.th

พบว่า ปริมาณสารพฤกษเคมีขึ้นอยู่กับพันธุ์และระดับความเค็ม สารประกอบฟีนอลิคใน HV1 สูงขึ้นเมื่อได้รับเกลือ และ HV2 สูงขึ้นที่ 6 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ไม่พบปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุ์และระดับความเค็มของปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระใน HV 1 และ พบว่า ความเค็มมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสารต้านอนุมูลอิสระน้อย กะเพราส่วนใหญ่ยังรักษาระดับปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระได้ใกล้เคียงกันแม้ให้ความเค็มนาน 6 สัปดาห์ การให้ความเค็มระยะสั้นเป็นผลให้ปริมาณเบต้าแคโรทีนส่วนใหญ่เพิ่มขึ้นที่ 4 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นที่ความเค็ม 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร และการให้ความเค็มยาวนานมีผลต่อปริมาณเบต้าแคโรทีน และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดลดลง

คำสำคัญ: ดินเค็ม, สารประกอบฟีนอลิค, การเก็บเกี่ยว, สารต้านอนุมูลอิสระ

คำนำ

กะเพรา (holy basil) มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Ocimum sanctum* Linn. อยู่ในวงศ์ Labiatae จัดเป็นพืชที่นิยมนำมาบริโภคและมีสรรพคุณทางยามากมายชนิดหนึ่งของประเทศไทย มีการปลูกเพื่อนำมาบริโภคทั้งภายในและนอกประเทศ กะเพราสามารถจำแนกได้ 2 กลุ่ม คือ กะเพราขาวจะมีกิ่งก้านและใบเป็นสีเขียว และกะเพราแดงจะมีกิ่งก้านและใบเป็นสีม่วง (คัทลียา, 2542) โดยการทดสอบพันธุ์กะเพราที่เป็นพันธุ์ปลูกในประเทศอินเดีย จำนวน 49 สายพันธุ์ สามารถจำแนกลักษณะสัณฐานวิทยาของกิ่งและใบ โดยกิ่งจำแนกได้ 3 ลักษณะ คือ Rama type, Intermediate type และ Shyama type ส่วนใบจำแนกได้ 3 ลักษณะ คือ Green type, Intermediate type และ Black type (Malav *et al.,* 2015) โดยสารพฤกษเคมีที่สำคัญในกะเพรา ได้แก่ คลอโรฟิลล์ เบต้าแคโรทีน สารประกอบฟีนอลิค และเอนโทไซยานิน ซึ่งสารพฤกษเคมีเหล่านี้มีส่วนช่วยในการฟื้นฟูร่างกาย ช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน และป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ซึ่งมีผลต่อการเกิดโรคมะเร็ง (ธีรนาถ, 2560)

กะเพราพันธุ์การค้าที่มีอยู่ในท้องตลาดมีหลากหลายพันธุ์ โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ที่ทำการเพาะปลูกอยู่ในจังหวัดนครปฐม กรุงเทพมหานคร ปทุมธานี และอ่างทอง ซึ่งเป็นเขตลุ่มแม่น้ำภาคกลาง (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2563) ซึ่งมักพบปัญหาน้ำทะเลหนุนสูงในช่วงฤดูร้อนทำให้น้ำชลประทานที่ใช้ในการเพาะปลูกมีความเค็มมากขึ้น โดยประเทศไทยมีพื้นที่ที่เป็นดินเค็มคลอบคลุมในเขตภาคภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 11.5 ล้านไร่ โดยส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ดินเค็มน้อย 7.3 ล้านไร่ พื้นที่ดินเค็มปานกลาง 3.8 ล้านไร่ พื้นที่ดินเค็มมาก 228,232 ไร่ และดินเค็มจัด 104,019 ไร่ ส่วนภาคกลางมีพื้นที่ดินเค็มอยู่ประมาณ 54,644 ไร่ (ไพรัช, 2560) โดยดินเค็ม (saline soil) คือ ดินที่มีเกลือละลายได้ที่สะสมอยู่ในชั้นดิน ซึ่งมีปริมาณมากจนส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช ซึ่งสามารถจำแนกพืชตามการตอบสนองต่อความเค็มได้ 2 กลุ่ม ได้แก่ พืชชอบเกลือ (halophytes) เป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตและปรับตัวได้ดีในที่ที่มีการสะสมของเกลือในปริมาณสูง และพืชไม่ทนเค็ม (glycophytes หรือ non halophytes) เป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ในระดับความเค็มที่สามารถทนได้ แต่จะแสดงอาการก็ต่อเมื่อมีระดับความเค็มสูงกว่าในระดับที่พืชทนได้ โดยพืชบางชนิดแสดงอาการที่มีผลกระทบมาจากเกลือในดินในระดับที่แตกต่างกัน ซึ่งระดับเค็มน้อย คือ 2-4 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีผลต่อพืชที่ไม่ทนเค็ม ระดับเค็มปานกลาง 4-8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีผลต่อพืชหลายชนิด ระดับเค็มมาก 8-16 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร พืชทนเค็มเท่านั้นที่ยังเจริญเติบโตได้ดี และ ระดับเค็มจัด >16 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร พืชชอบเกลือเจริญเติบโตได้ดี (อรุณี, 2546) เมื่อพืชได้รับผลกระทบจากระดับความเค็ม พืชจะแสดงอาการคล้ายกับอาการของพืชที่ขาดน้ำ (Flowers *et al.,* 1977) นอกจากนี้ความเค็มยังส่งผลให้พืชเกิดสภาวะเครียดจากอนุมูลอิสระ (oxidative stress) และการรบกวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (disturbance to

photosynthesis) ซึ่งทำให้การทำงานของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงผิดปกติ โดยเกิดอนุมูลอิสระขึ้นในเนื้อเยื่อสีเขียว ทำให้โปรตีนสูญเสียสภาพ การแตกตัวของรงควัตถุ และการทำงานของเอมไซม์ผิดปกติ (นวรัตน์, 2558) จากการศึกษาผลกระทบของเกลือ (NaCl) ต่อการเจริญเติบโตในพริก 5 สายพันธุ์ของประเทศตูนิเซีย รดด้วยน้ำเกลือ (NaCl) ที่ระดับความเข้มข้น 0, 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 กรัมต่อลิตร เป็นเวลา 2 เดือน พบว่า เมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ ความสูง น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นลดลง นอกจากนี้ปริมาณ K^+ และ Ca^+ และอัตราส่วนของ K^+/Na^+ ในรากมีปริมาณลดลงลดลงเมื่อความเค็มมากขึ้น (Kaouther *et al*., 2013) การศึกษากลไกการทนเค็มในพริก habanero 2 สายพันธุ์ คือ Rex ทนทาน และ Chichen-Itza ไม่ทนทานที่ระดับความเข้มข้นของเกลือ (NaCl) 150 มิลลิโมลาร์ 1 สัปดาห์ พบว่า รากของพันธุ์ทนทานมีการสะสมของ proline มากกว่าพันธุ์ไม่ทนทาน และ Na^+ ถูกจำกัดอยู่ที่รากในพันธุ์ทนทาน รวมถึงรักษาระดับของ K^+ ในพันธุ์ทนทานที่มีประสิทธิภาพมากกว่าพันธุ์ที่ไม่ทนทาน (Bojórquez-Quintal *et al*., 2014) ระดับความเข้มข้นของเกลือ (NaCl) ที่เพิ่มขึ้น คือ 0, 20, 40, 80 และ 160 มิลลิโมลาร์ ส่งผลให้กระบวนการ photosystem (PS) II และการเจริญเติบโตของมะเขือลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (Hanachi *et al*., 2014) จากการศึกษาอิทธิพลของเกลือ ต่อการเจริญเติบโต ปริมาณคลอโรฟิลล์ ลิพิดเปอร์ออกซิเดชั่น และระบบป้องกันสารต้านอนุมูลอิสระระหว่างถั่วสองชนิด คือ Tema ที่ให้ผลผลิตสูงและ Djadida ที่ให้ผลผลิตต่ำ พบว่าความแตกต่างระหว่างจีโนไทป์ในการตอบสนองต่อความเค็มเป็นลักษณะเชิงปริมาณมากกว่าเชิงคุณภาพ โดยความเค็มทำให้น้ำหนักของรากยอด และปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงตามความเค็มที่เพิ่มขึ้น รวมถึงอัตราการสังเคราะห์และการสะสมของสารต้านอนุมูลอิสระที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังพบสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในใบที่ลดลง (Taïbi *et al*., 2016) จากการผลิตพืชในตระกูลกะเพรา ภายใต้ระดับความเข้มข้นของเกลือที่ 25 mM และ 50 mM พบว่า ความเค็มมีผลทำให้ผลผลิต การดูดซึมสารอาหาร การสังเคราะห์ด้วยแสงในใบลดลง การสะสม Na และ Cl เพิ่มขึ้น รวมถึงมีการสะสมของโพลีฟีนอล อาทิ Caffeic acid และ Cicoric acid เพิ่มขึ้น (Saia *et al*., 2021) ผลกระทบของความเครียดจากความเค็มต่อการเจริญเติบโต ปริมาณคลอโรฟิลล์ ของ *O. basilicum* L. และ *O. minimum* L. ที่ระดับความเข้มข้นของเกลือ (NaCl) 0, 3 และ 6 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร พบว่าการเจริญเติบโตลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อวัดจากน้ำหนักสด นอกจากนี้คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนนอยด์ จะลดลงมากที่สุดที่ระดับความเค็ม 6 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร โดยสายในหมายเลข *O. minimum* L. มีปริมาณของคลอโรฟิลล์เอ, คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีน ลดลงมากกว่า *O. basilicm* L. ในระดับความเค็มเดียวกัน (Mostafa, 2012) ปัจจุบันความต้องการกะเพรามีมากยิ่งขึ้น เนื่องจากสามารถนำมาปรุงอาหารที่หลากหลายและเป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภค อีกทั้งเป็นส่วนประกอบในตำรับยาสมุนไพร จากความต้องการดังกล่าวทำให้ต้องมีการเพาะปลูกตลอดทั้งปี ปัญหาน้ำทะเลหนุนในช่วงฤดูร้อนเป็นปัญหาหนึ่งในการผลิตกะเพรา ดังนั้น การทดสอบความสามารถในการทนเค็มของกะเพราจึงมีประโยชน์ต่อการคัดเลือกพันธุ์กะเพราเพื่อปลูกในสภาพความเค็ม และหากความเค็มมีผลต่อปริมาณสารพฤกษเคมี จะสามารถใช้ความเค็มเพื่อกระตุ้นให้มีปริมาณสารสำคัญที่เป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคได้ การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ทดสอบเชื้อพันธุกรรมกะเพรา เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพความเค็มและมีปริมาณสารพฤกษเคมีสูงในแต่ละรอบของการเก็บเกี่ยว

อุปกรณ์และวิธีการ

ทดสอบสายพันธุ์กะเพรา จำนวน 11 หมายเลข คือ กะเพราที่รวบรวมโดยศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้แก่ OC-006, OC-007, OC-011, OC-078, OC-106, OC-114, OC-148, OC-151 และพันธุ์การค้า

ได้แก่ 3A-RHB, 3A-HB และ EW-KT เมื่อต้นกล้าอายุ 30 วันลงปลูกในกระถางขนาด 10 นิ้ว ที่มีทรายร่อนละเอียดล้างน้ำเป็นวัสดุปลูก แบ่งกะเพราแต่ละหมายเลขออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 3 กระถาง ทำการรดสารละลายปุ๋ย A ประกอบด้วย $Ca(NO^3)_2 \cdot 4H_2O$ และ Fe-EDTA และ B ประกอบด้วย KNO_3, $NH_4H_2PO_4$, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, H_3BO_3, $MnSO_4 \cdot 4H_2O$, $ZnSo_4 \cdot 7H_2O$, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, $NaMoO_4 \cdot 2H_2O$ ความเข้มข้น 0.25 เท่า เป็นเวลา 4 สัปดาห์ หลังจากนั้นรดด้วยสารละลาย A และ B แล้วทำวัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหาร โดยที่ระดับความเค็ม 2 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร เป็นชุดควบคุม และรดด้วยสารละลายธาตุอาหารที่ผสมเกลือ (NaCl) ที่ระดับความเค็ม 4, 6 และ 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตรเดซิซีเมนต์ต่อเมตร จากนั้นเก็บเกี่ยวกะเพรา (Harvest : HV) หลังจากนั้นรดด้วยสารละลายเกลือที่สัปดาห์ที่ 3 (HV1) และ 6 สัปดาห์ (HV2) แล้วนำกะเพราที่เก็บเกี่ยวได้ไปวิเคราะห์สารพฤกษเคมีต่อไป

วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดด้วยวิธี Folin ciocalteu method (**ดัดแปลงมาจาก** Thaipong *et al*., 2005)

นำตัวอย่างใบกะเพราน้ำหนักสด 1 กรัม เติมเมทานอล 10 มิลลิลิตร ปั่นด้วยเครื่อง homogenizer จากนั้นนำส่วนใสปั่นเหวี่ยง 15,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที นำสารสกัดปริมาตร 30 ไมโครลิตร มาทำปฏิกิริยา โดยเติมน้ำปริมาตร 2.4 มิลลิลิตร ในหลอด 5 มิลลิลิตร และเมทานอลปริมาตร 120 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน จากนั้นเติม 0.25 นอร์มอล Folin & Ciocaulteu ปริมาตร 150 ไมโครลิตร และ 1.0 N. Sodium carbonate ปริมาตร 300 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วเก็บไว้ในที่มืด 2 ชั่วโมง และเขย่าทุกๆ 30 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 725 นาโนเมตร

เตรียม standard โดยชั่ง Gallic acid น้ำหนัก 1 มิลลิกรัม เติมเมทานอลปริมาตร 1 มิลลิลิตร ได้ความเข้มข้นเท่ากับ 1 จากนั้นเจือจางสารละลายให้มีความเข้มข้นที่ 0.5, 0.25, 0.125, 0.0625, 0.03125, 0.015625, 0.0072125, 0.00390625 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ นำสารละลายในแต่ละความเข้มข้นทำปฏิกิริยา วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 725 นาโนเมตร สร้างสมการเส้นตรงมาตรฐานเพื่อคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิค (มิลลิกรัมกรดแกลลิคต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) คือ

$Y = 1.447x - 0.0811$ (R^2=0.9915)

$$\text{Phenolic content} = Y \times \left(\frac{\text{ปริมาตรเมทานอล} + \text{น้ำหนักตัวอย่างสด}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างสด}}\right) \times \left(\frac{\text{ปริมาตรเมทานอล}}{\text{ปริมาตรสารสกัด}}\right) \times 100$$

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) (**ดัดแปลงมาจาก** Thaipong *et al*., 2005)

นำตัวอย่างใบกะเพราน้ำหนักสด 1 กรัม เติมเมทานอล 10 มิลลิลิตร ปั่นด้วยเครื่อง homogenizer จากนั้นนำส่วนใสปั่นเหวี่ยง 15,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที นำสารสกัดทำปฏิกิริยา โดยดูดสารสกัดส่วนใสปริมาตร 150 ไมโครลิตร เติม DPPH ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 2.85 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันเก็บไว้ในที่มืด 1 ชั่วโมง แล้วนำสารสกัดไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 515 นาโนเมตร

เตรียม standard โดยชั่ง Trolox หนัก 1 มิลลิกรัม ต่อเมทานอล 5 มิลลิลิตร จะได้ความเข้มข้นเท่ากับ 0.8 มิลลิโมลาร์ จากนั้นเจือจางสารละลายจนได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 0.8, 0.4, 0.2, 0.1, 0.05 และ 0.025 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ เติม DPPH ที่ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ นำสารละลายในแต่ละความเข้มข้นไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 515 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer

สมการที่ใช้ในการหาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (มิลลิกรัมทรอลอกซ์ต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

HV 1 : $Y = -4.3303x + 0.9565$ (R^2= 0.9886)

HV 2 : $Y = -4.7889x + 1.02$ (R^2= 0.9932)

การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ และเบต้าแคโรทีน (Nagata and Yamashita, 1992)

นำตัวอย่างใบกะเพราน้ำหนักสด 1 กรัม เติมสารละลาย acetone : hexane อัตราส่วน 4:6 ปริมาตร 20 มิลลิลิตรจากนั้นปั่นด้วยเครื่อง homogenizer นำสารละลายส่วนใสไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่นแสง 663, 645, 505 และ 453 นาโนเมตร นำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณแล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณคลอโรฟิลล์ และเบต้าแคโรทีน ด้วยการดัดแปลงวิธีการของ Nagata and Yamashita (1992) จากสมการต่อไปนี้

เบต้าแคโรทีน (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด) = $0.216\ A_{663}$-$1.22\ A_{645}$-$0.304\ A_{505}$+ $0.452\ A_{453}$

ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด) = $(0.999\ A_{663}$-$0.0989\ A_{645})$+ $(-0.328\ A_{663}$+$1.77\ A_{645})$

A = ค่าการดูดกลืนแสง

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) สิ่งทดลอง คือ กะเพรา จำนวน 11 หมายเลข 4 ทรีทเมนท์ จำนวน 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS 15.0 for Windows Evaluation Version เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธีของ Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P-value = 0.05)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดของกะเพราในสภาพเค็ม

กะเพรา 11 หมายเลข ที่ปลูกด้วยสารละลายอาหารที่มีเกลือ หลังจากเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 เมื่อปลูกไป 3 สัปดาห์ เก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 เมื่ออายุ 6 สัปดาห์ (3 สัปดาห์หลังเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1) เมื่อประเมินสารพฤกษเคมีในกะเพรา ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิค สารต้านอนุมูลอิสระ เบต้าแคโรทีน และ คลอโรฟิลล์ทั้งหมด โดยปริมาณสารทั้งหมดของกะเพราในการเก็บเกี่ยว ครั้งที่ 1 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิคของกะเพราที่ระดับความเค็ม 2 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ระหว่าง 2125.1–3623.7 มิลลิกรัมกรดแกลลิคต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด พบอิทธิพลร่วมระหว่างหมายเลขต่างๆ กะเพราและระดับความเค็มของสารละลายอาหารที่ได้รับ โดยกะเพราส่วนใหญ่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิคสูงขึ้นเมื่อได้รับความเค็มที่ระดับ 4 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ยกเว้นกะเพราหมายเลข OC-148, OC-151 และ 3A-HB ที่ไม่พบความแตกต่างของสารประกอบฟีนอลิคเมื่อเปรียบเทียบกับที่ระดับความเค็ม 2 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร อย่างไรก็ตาม กะเพราทั้ง 3 หมายเลขนี้ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิคเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับสารละลายเกลือที่ระดับ 6 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ซึ่งต่างจากกะเพรา 7 หมายเลขที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิคสูงขึ้นเมื่อได้รับความเค็มที่ระดับ 4 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร เนื่องจากเมื่อได้รับความเค็มเพิ่มขึ้นระดับ 6 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มี 6 หมายเลขที่มีปริมาณประกอบฟีนอลิคคงที่ ส่วน 1 หมายเลขคือ 3A-RHB ที่มีสารประกอบฟีนอลิคเพิ่มขึ้นและคงที่เมื่อได้รับความเค็มที่ ระดับ 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร จึงเห็นได้ว่า กะเพราส่วนใหญ่มีการปรับตัวต่อสภาพความเค็มด้วยการสะสมปริมาณสารประกอบฟีนอลิคเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความเค็มมากขึ้น อย่างไรก็ตาม เมื่อกะเพราปรับตัวได้จะรักษาปริมาณประกอบฟีนอลิคให้อยู่ในระดับคงที่ได้เมื่อมีความเค็มสูงขึ้น เช่น OC-006, OC-007 และ OC-011 ที่ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับความเค็มที่ระดับ 4 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร และคงที่เมื่อได้รับความเค็มที่ระดับ 6 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร และ 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

เมื่อเก็บเกี่ยวกะเพราในครั้งที่ 2 กะเพราที่ระดับความเค็ม 2 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิค ระหว่าง 1647.0 – 4859.6 มิลลิกรัมกรดแกลลิคต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด กะเพราที่ปลูกด้วยสารละลายอาหารในสภาพโรงเรือน เมื่อตัดครั้งที่ 2 กะเพราหมายเลข OC-106 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิคไม่แตกต่างจากการตัดครั้งแรก และมีกะเพรา 7 หมายเลขที่ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่น้อยกว่าการตัดครั้งที่หนึ่ง ส่วนกะเพราที่ให้สารละลาย

อาหารที่มีเกลืออย่างต่อเนื่องหลังจากการตัดครั้งแรก พบว่า กะเพรา OC-148 มีสารประกอบฟีนอลิคที่ไม่แตกต่างกันจากการตัดทั้งสองครั้ง แม้จะได้รับเกลือที่ 4, 6 และ 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร กะเพราที่ได้รับสารละลายอาหารเกลือที่ 4 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ส่วนใหญ่มีสารประกอบฟีนอลิคที่น้อยกว่าที่ระดับความเค็ม 2 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร อย่างไรก็ตาม เมื่อได้รับสารละลายอาหารที่มีเกลือระดับ 6 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร กะเพราส่วนใหญ่มีการสะสมสารประกอบฟีนอลิคสูงขึ้น กะเพราที่มีสารประกอบฟีนอลิคไม่แตกต่างกันเมื่อได้รับสารละลายเกลือ 6 และ 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร เมื่อเก็บเกี่ยวทั้งสองครั้งคือ OC-011, OC-148 และ OC-151 จึงเห็นได้ว่ากะเพราต่างหมายเลขตอบสนองต่อความเค็มที่ได้รับต่อเนื่องแตกต่างกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ความเค็มระดับ 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีกะเพรา 4 หมายเลขที่สะสมสารประกอบฟีนอลิคไม่ต่างกันจากการเก็บเกี่ยวทั้ง 2 ครั้ง และมี 4 หมายเลขที่มีการสะสมเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับตัดครั้งแรก (Table1, Figure 1)

Table 1 Total phenolic contents (mg GAE/100 g FW) in 11 holy basil accessions.

Cultivar	HV 1				HV 2			
	2 $dS \cdot m^{-1}$	4 $dS \cdot m^{-1}$	6 $dS \cdot m^{-1}$	8 $dS \cdot m^{-1}$	2 $dS \cdot m^{-1}$	4 $dS \cdot m^{-1}$	6 $dS \cdot m^{-1}$	8 $dS \cdot m^{-1}$
OC -006	3012.6	4007.3	4269.0	3961.1	2270.5	3745.4	4980.3	4305.2
OC -007	3453.6	4035.1	4043.4	3968.5	4859.6	4348.9	3128.6	3034.5
OC -011	2663.1	3845.5	4011.9	4288.4	1647.0	3127.3	4493.5	4366.2
OC -078	2677.9	1777.5	3258.5	2597.5	2025.1	2229.3	4853.0	2331.5
OC -106	3383.3	4063.7	3889.9	3561.7	3202.9	4161.9	5667.4	4103.6
OC -114	2555.0	3669.9	4064.6	3440.6	2294.3	2901.8	4607.6	4390.1
OC -148	3588.5	3948.2	4543.5	4172.8	2980.1	3636.7	4952.5	4444.4
OC -151	3568.2	3351.9	4306.9	4247.7	2230.7	2860.7	4753.5	4307.8
3A RHB	2140.8	3085.6	4187.6	4215.3	2903.2	3710.9	4803.9	3895.3
3A HB	3623.7	3492.4	4149.7	4762.6	2939.0	2404.4	2716.1	3051.7
EW-KT	2125.1	3535.8	3522.0	4182.1	3408.5	4599.6	5514.9	5327.8
Mean	2981.1	3528.4	4022.5	3945.3	2796.4	3429.7	4588.3	3959.8
P-value $_{\text{Cultivar x Salt}}$	<0.0001				<0.0001			
LSD	460.58				350.60			
CV (%)	11.18				8.34			

Note: P-value <0.01 = Statistical Significant

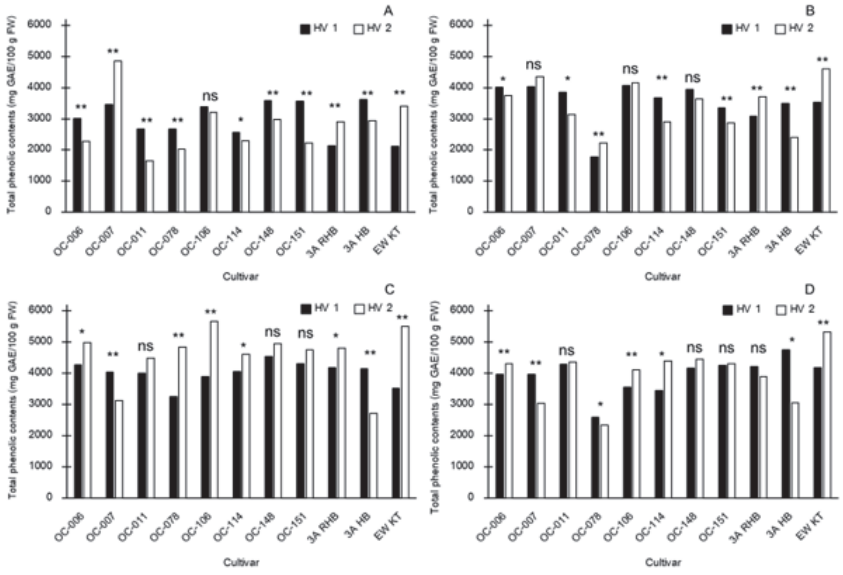

Figure 1 Total phenolic contents in 11 holy basil accessions on HV 1 and HV 2 in salinity levels as 2 (A), 4 (B), 6 (C) and 8 (D) dS•m-1; (Note: T-test: ** ($p < 0.01$), * ($0.01 < p < 0.05$) and ns (> 0.05).

ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH ของกะเพราในสภาพเค็ม

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาหาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH เนื่องจากเป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็ว และเป็นที่นิยม โดยทำการวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH ของกะเพรา จำนวน 11 หมายเลข ที่ความเค็มระดับต่างๆ พบว่า ปริมาณสารต่อต้านอนุมูลอิสระของแต่ละหมายเลขในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 มีปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระ ระหว่าง 177.64 – 185.38 มิลลิกรัมทรอลอกซ์ต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด และไม่มีอิทธิพลร่วมกันระหว่างพันธุ์และความเค็ม ซึ่งที่ระดับความเค็ม 6 และ 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร สารต้านอนุมูลอิสระลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกะเพราที่ระดับความเค็ม 2 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ส่วนการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 มีปริมาณของสารต่อต้านอนุมูลอิสระ ระหว่าง 178.64 – 188.67 มิลลิกรัมทรอลอกซ์ต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด พบปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุ์และความเข้มข้นสารละลายเกลือ ซึ่งการให้สารละลายเกลืออย่างต่อเนื่องจนถึงการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 พบว่า กะเพราที่ได้รับความเค็มที่ระดับ 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีผลให้กะเพรา 8 หมายเลขมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกะเพราที่ระดับความเค็ม 2 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร เป็นที่น่าสังเกตว่า เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารต่อต้านอนุมูลอิสระ ระหว่างการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 และ 2 ด้วย T-test กะเพราส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างกัน มีเพียงบางหมายเลขที่สารต้านอนุมูลอิสระมีความแตกต่างกันระหว่างการเก็บเกี่ยวทั้งสองครั้ง โดยกะเพราที่ปลูกที่ระดับความเค็ม 2 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มี 2 หมายเลขที่มีสารต่อต้านสารอนุมูลอิสระลดลงคือ OC-078 และ 3A-RHB และมี 1 หมายเลขที่มีปริมาณสารเพิ่มขึ้นคือ OC-006 ส่วนกะเพราที่ได้รับสารละลายเกลือที่ระดับ 4 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีเพียง 1 หมายเลขที่มีสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 คือ 3A-RHB ส่วนกะเพราอีก 10 หมายเลขมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่ไม่ต่างกัน เช่นเดียวกับกะเพราที่ได้รับสารละลายเกลือที่ระดับ 6 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ที่ทุกหมายเลขมีสารต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม กะเพราหมายเลข OC-078, OC-151, 3A-RHB และ 3A-HB ที่สารต้านอนุมูลอิสระลดลงเมื่อได้รับความเค็ม 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร (Table2, Figure 2) จึงเห็นได้ว่า ความเค็มมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสารต้านอนุมูลอิสระในกะเพราน้อยมาก

Table 2 Antioxidant activity based on DPPH method (mg TE/100 g FW) in 11 holy basil accessions.

Cultivar	HV 1				HV 2			
	2 dS•m^{-1}	4 dS•m^{-1}	6 dS•m^{-1}	8 dS•m^{-1}	2 dS•m^{-1}	4 dS•m^{-1}	6 dS•m^{-1}	8 dS•m^{-1}
OC-006	178.97	179.61	181.40	179.20	188.67	181.25	182.56	185.22
OC-007	184.11	183.13	181.28	184.11	182.71	178.85	186.47	186.53
OC-011	182.78	180.93	181.92	181.28	185.95	183.86	183.81	185.74
OC-078	184.86	183.65	180.88	177.64	179.11	181.41	183.29	186.37
OC-106	181.40	180.99	182.09	183.30	181.41	182.82	184.07	185.22
OC-114	185.26	182.15	184.92	181.34	184.96	178.64	183.55	182.24
OC-148	183.94	182.03	181.17	184.86	180.05	181.04	182.77	184.65
OC-151	181.86	184.17	181.68	181.45	180.78	182.66	184.44	185.43
3A RHB	184.34	182.15	182.78	178.34	179.79	182.09	185.64	187.99
3A HB	185.38	184.74	183.19	181.97	182.71	179.79	186.58	187.10
EW KT	184.28	181.11	179.14	179.72	180.99	181.62	181.72	185.64
Mean	183.38^{a}	182.24^{ab}	181.86^{b}	181.20^{b}	182.47	181.28	184.08	185.65
P-value $_{Cultivar}$	0.0626				<0.0001			
P-value $_{Salt}$	0.0274				<0.0001			
P-value $_{Cultivar\ x\ Salt}$	0.5224				<0.0001			
LSD $_{Salt}$	-				1.67			
CV (%)	1.88				0.65			

Note: P-value <0.01 = Statistical Significant

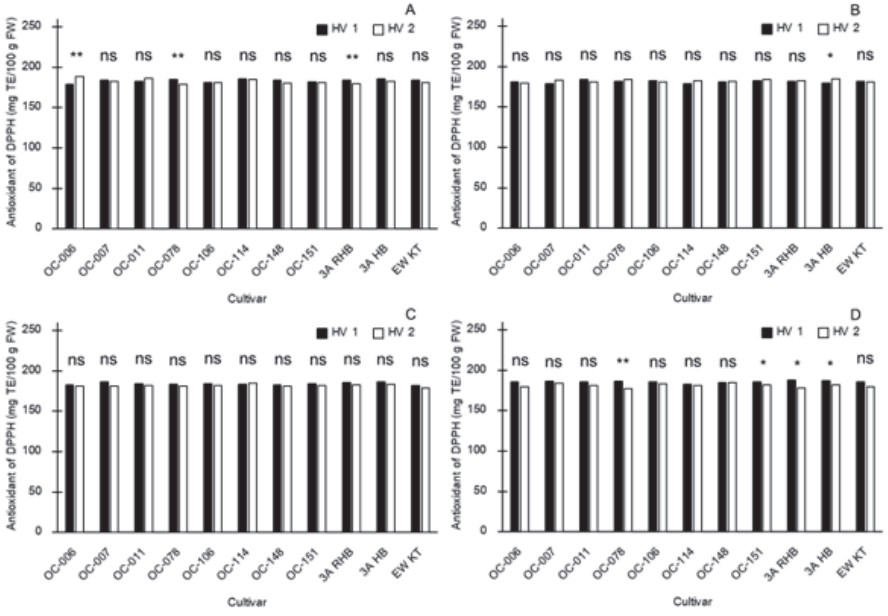

Figure 2 Antioxidant of DPPH in 11 holy basil accessions on HV 1 and HV 2 in salinity levels as 2 (A), 4 (B), 6 (C) and 8 (D) dS•m-1; (Note: T-test: ** (p <0.01), * (0.01<p<0.05) and ns (>0.05).

ปริมาณเบต้าแคโรทีนของกะเพราในสภาพเค็ม

จากการวิเคราะห์ปริมาณเบต้าแคโรทีนของกะเพรา 11 หมายเลข ที่ระดับความเค็มในระดับต่าง ๆ พบว่า ในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 กะเพรามีปริมาณเบต้าแคโรทีน ระหว่าง 0.73 – 1.90 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด กะเพราที่ระดับความเค็ม 2 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีปริมาณเบต้าแคโรทีนระหว่าง 0.73-1.29 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ซึ่งกะเพราจำนวน 9 หมายเลขมีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนใกล้เคียงกัน เมื่อให้สารละลายอาหารที่มีเกลือ พบว่า ความเค็มมีผลต่อปริมาณเบต้าแคโรทีนค่อนข้างน้อย เนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกะเพราที่ระดับความเค็ม 2 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร กะเพราที่มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนเพิ่มขึ้น เมื่อปลูกในสารละลายอาหารที่ระดับความเค็ม 4 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ กะเพราหมายเลข OC-007, OC-148, 3A-HB และ EW KT และที่ระดับความเค็ม 6 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ OC-007, OC-078, OC-148 และ 3A-HB ที่ระดับความเค็ม 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มี 2 หมายเลขคือ OC-006 และ OC-007 จึงเห็นได้ว่า ความเค็มส่งผลกระทบต่อการสะสมสารเบต้าแคโรทีนในใบกะเพราค่อนข้างน้อย กะเพราหมายเลข OC-007 เป็นสายพันธุ์กะเพราที่ตอบสนองต่อความเค็มมากที่สุด โดยจะมีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนเพิ่มขึ้นที่ 4 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร จากนั้นจะคงที่เมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้นที่ 6 และ 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ส่วน OC-006 มีการสะสมสารเบต้าแคโรทีนเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับความเค็ม 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ส่วนกะเพราอีก 9 หมายเลข เมื่อได้รับความเค็มที่ 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารเบต้าแคโรทีน

อย่างไรก็ตาม หากหลังการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 แล้วให้สารละลายอาหารที่มีเกลืออย่างต่อเนื่องและเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 พบว่า กะเพราที่ระดับความเค็ม 2 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีปริมาณเบต้าแคโรทีน ระหว่าง 0.59 – 1.49 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด และไม่แตกต่างจากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 มีเพียงกะเพรา 2 หมายเลขเท่านั้นที่มีปริมาณเบต้าแคโรทีนลดลงคือ OC-007 และ OC-148 แต่กะเพราที่ได้รับสารละลายอาหารที่มีเกลือนั้น พบว่า มีกะเพราส่วนใหญ่มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนลดลงจากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 อย่างเห็นได้ชัด โดยกะเพราที่มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนไม่แตกต่างจากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 ได้แก่ OC-106 เมื่อได้รับสารละลายเกลือ 4 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร หมายเลข OC-011, OC-106 และ EW-KT ที่ได้รับความเค็ม 6 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร หมายเลข OC-011 และ 3A-RHB เมื่อได้รับความเค็ม 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร อาจกล่าวได้ว่า หากกะเพราได้รับความเค็มอย่างต่อเนื่อง การสะสมปริมาณสารเบต้าแคโรทีนจะลดลง และไม่พบผลกระทบของการปลูกกะเพราโดยใช้สารละลายอาหารในโรงเรือนที่ระดับความเค็ม 2 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ต่อปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในการเก็บเกี่ยวทั้งสองครั้ง (Table 3, Table 5)

Table 3 Total beta-carotene contents (mg/100 g FW) in 11 holy basil accessions.

Cultivar	HV 1				HV 2			
	2 $dS \cdot m^{-1}$	4 $dS \cdot m^{-1}$	6 $dS \cdot m^{-1}$	8 $dS \cdot m^{-1}$	2 $dS \cdot m^{-1}$	4 $dS \cdot m^{-1}$	6 $dS \cdot m^{-1}$	8 $dS \cdot m^{-1}$
OC -006	0.73	1.12	1.01	1.15	0.83	0.65	0.29	0.49
OC -007	1.13	1.84	1.69	1.59	0.66	0.62	0.67	0.27
OC -011	0.86	1.00	0.95	1.21	0.86	0.58	0.85	0.85
OC -078	1.22	1.00	1.71	1.13	0.93	0.69	0.82	0.70
OC -106	1.27	1.49	1.06	1.57	1.49	1.03	0.96	0.73
OC -114	1.23	1.49	1.04	1.23	0.76	0.60	0.65	0.58
OC -148	1.15	1.90	1.80	1.28	0.73	0.73	0.55	0.73
OC -151	1.02	1.07	1.25	1.21	0.82	0.49	0.61	0.69

Table 3 (continued).

Cultivar	HV 1				HV 2			
	2 dS•m^{-1}	4 dS•m^{-1}	6 dS•m^{-1}	8 dS•m^{-1}	2 dS•m^{-1}	4 dS•m^{-1}	6 dS•m^{-1}	8 dS•m^{-1}
3A RHB	1.29	1.14	0.97	1.18	0.90	0.50	0.52	0.71
3A HB	0.81	1.32	1.72	1.13	0.88	0.64	0.71	0.44
EW-KT	1.00	1.76	0.93	1.16	0.59	0.89	0.74	0.77
Mean	1.06	1.38	1.28	1.26	0.86	0.67	0.67	0.63
P-value $_{\text{Cultivar x Salt}}$	<0.0001				<0.0001			
LSD	0.39				0.29			
CV (%)	22.11				29.70			

Note: P-value <0.01 = Statistical Significant

ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของกะเพราในสภาพเค็ม

จากการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด พบว่า ในการเก็บเกี่ยวกะเพราครั้งที่ 1 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของกะเพราที่ระดับความเค็ม 2 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ระหว่าง 2.45-7.64 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด โดยกะเพรามีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดส่วนใหญ่สูงสุดที่ระดับความเค็ม 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร อยู่ระหว่าง 7.81-10.98 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด จากผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า เมื่อกะเพราที่ได้รับความเค็มสูงถึง 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร จึงปรับตัวให้ให้มีการสะสมคลอโรฟิลสูงขึ้น ยกเว้น หมายเลข OC-007 และ OC-148 ที่มีปริมาณสารคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้นตั้งแต่ได้รับความเค็มที่ 4 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร เป็น 9.76 และ 10.20 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ จากนั้นปริมาณคลอโรฟิลล์คงที่เมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้น ส่วนการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 กะเพราที่ระดับความเค็ม 2 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีปริมาณคลอโรฟิลล์ระหว่าง 3.67-7.20 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการเก็บเกี่ยวพบว่า กะเพรา 6 หมายเลข ได้แก่ OC-006, O -007, OC-011, OC-078, OC-106 และ 3A-HB มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดไม่แตกต่างกันเมื่อทำการเก็บเกี่ยว 2 ครั้ง แต่มีกะเพรา 1 หมายเลขที่มีคลอโรฟิลล์สูงขึ้น คือ 3A-RHB และมี 5 หมายเลขที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ลดลง อย่างไรก็ตาม ยังพบผลกระทบของความเค็มต่อปริมาณคลอโรฟิลล์เมื่อมีการเก็บเกี่ยวกะเพราครั้งที่สองเปรียบเทียบกับการเก็บเกี่ยวครั้งแรก ซึ่งกะเพราส่วนใหญ่เมื่อได้รับความเค็มอย่างต่อเนื่องหลังจากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 มีผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง อย่างไรก็ตาม เมื่อให้ความเค็มที่ 4 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีกะเพรา 5 หมายเลข คือ OC-006, OC-011, OC-078, OC-106 และ EW-KT ส่วนที่ 6 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีกะเพรา 4 หมายเลข คือ OC-011, OC-106, 3A-RHB และ EW-KT ที่มีปริมาณคลอฟิลล์จากการตัดทั้งสองครั้งไม่แตกต่างกัน ส่วนผลของความเค็ม 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ทำให้กะเพราทุกหมายเลขมีปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงจากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 (Table 4, Table 5) การเก็บเกี่ยวทั้งสองครั้ง (Table 3, Table 5)

Table 4 Total chlorophyll contents (mg /100 g FW) in 11 holy basil accessions.

Cultivar	HV 1				HV 2			
	2 dS•m^{-1}	4 dS•m^{-1}	6 dS•m^{-1}	8 dS•m^{-1}	2 dS•m^{-1}	4 dS•m^{-1}	6 dS•m^{-1}	8 dS•m^{-1}
OC-006	4.67	6.28	5.88	10.23	4.99	4.72	2.67	3.56
OC-007	7.46	9.76	9.77	9.42	5.63	3.94	3.67	2.15
OC-011	6.08	6.17	6.20	9.42	5.49	4.17	5.86	5.43
OC-078	6.69	5.21	8.99	9.77	5.35	4.87	5.22	3.96
OC-106	6.23	8.35	6.42	10.33	6.11	6.56	6.10	4.57
OC-114	7.64	8.07	6.35	10.98	5.43	3.47	3.85	2.98
OC-148	6.79	10.20	10.12	10.67	4.49	4.44	3.79	4.78
OC-151	6.36	7.00	7.10	10.24	4.83	4.11	4.16	4.48
3A RHB	2.45	5.80	7.99	9.77	5.92	4.35	5.47	3.08
3A HB	5.68	5.14	5.08	9.34	5.50	3.71	2.72	4.31
EW KT	6.44	9.01	4.62	9.13	3.67	5.49	4.48	4.79
Mean	6.04	7.36	7.23	9.94	5.22	4.53	4.30	4.01
P-value $_{\text{Cultivar x Salt}}$	0.0017				0.0133			
LSD	2.58				1.71			
CV (%)	24.14				27.02			

Note: P-value <0.01 = Statistical Significant

Table 5 T-test of beta-carotene and total chlorophyll content (mg /100 g FW) in 11 holy basil accessions of first and second harvest.

Cultivar	Beta-carotene of HV1-HV2				Total chlorophyll of HV1-HV2			
	2 dS•m^{-1}	4 dS•m^{-1}	6 dS•m^{-1}	8 dS•m^{-1}	2 dS•m^{-1}	4 dS•m^{-1}	6 dS•m^{-1}	8 dS•m^{-1}
OC-006	ns	**	*	*	ns	ns	**	*
OC-007	*	**	**	**	ns	*	**	**
OC-011	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	**
OC-078	ns	*	*	*	ns	ns	*	*
OC-106	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	**
OC-114	ns	**	*	*	**	**	**	**
OC-148	**	*	**	**	*	*	**	**
OC-151	ns	*	*	*	*	*	*	*
3A RHB	ns	*	**	ns	*	*	ns	*
3A HB	ns	**	**	**	ns	*	**	**
EW KT	ns	*	ns	*	*	ns	ns	**

(Note: t-test: ** (p <0.01), * (0.01<p<0.05) and ns (>0.05))

จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า กะเพราทุกหมายเลข สามารถเจริญเติบโตได้ที่ระดับความเค็ม 4, 6 และ 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร แต่เมื่อเข้าสู่การเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 กะเพราจะมีการเจริญเติบโตได้ช้าลง ทั้งการแตกกิ่งแขนง และใบลดลง โดยเมื่อพืชได้รับความเค็มจะส่งผลกระทบทำให้พืชจะแสดงอาการคล้ายกับอาการของพืชที่ขาดน้ำ เช่น การเจริญเติบโตชะงัก ซึ่งส่งผลให้พืชนั้นมีขนาดเล็กกว่าพืชที่ปลูกในพื้นที่ดินปกติ (Flower *et al*., 1977) และพืชจะมีการสะสมสารบางชนิด เช่น โพรลีน และสารจำพวกสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น โพลีฟีนอล เพื่อปรับสมดุลออสโมติกและป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้พืชสามารถทนต่อความเครียดจากความเค็มได้ (Chutipaijit *et al*., 2009) เมื่อวิเคราะห์ปริมาณสารพฤกษเคมี กะเพรามีการปรับตัวในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 ซึ่งปริมาณของสารพฤกษเคมี มีความแตกต่างกันระหว่างการเก็บเกี่ยวทั้ง 2 ครั้ง โดยสารประกอบฟีนอลิคในครั้งที่ 1 สูงขึ้นเมื่อได้รับเกลือในทุกระดับความเค็ม และในครั้งที่ 2 สูงขึ้นที่ระดับความเค็ม 6 และ 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร Scagel *et al*. (2019) รายงานว่า ความเค็มที่น้อยกว่า 5 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิคของโหระพา การตอบสนองต่อความเค็มของโหระพาขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ โดยสายพันธุ์ Sweet Broadleaf มีการสะสมสารประกอบฟีนอลิคสูงขึ้นเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของเกลือ ในขณะที่สายพันธุ์ Siam Queen มีการสะสมลดลงเมื่อความเค็มมากขึ้น

การศึกษาครั้งนี้ความเค็มมีผลต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของกะเพราค่อนข้างน้อย เนื่องจากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 พบว่า สายพันธุ์ไม่มีผลต่อสารต้านอนุมูลอิสระ แต่เมื่อเก็บเกี่ยวในครั้งที่ 2 มีการเพิ่มขึ้นที่ระดับความเค็ม 6 และ 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นด้วย โดยสอดคล้องกับรายงานของ Ciriello *et al*. (2022) ที่ศึกษาโหระพา ที่ได้รับสารละลายอาหารที่มีเกลือ และพบว่า ความเค็มมีผลต่อการเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระ DDPH มากขึ้น 44.96 เปอร์เซ็นต์ และ Gupta *et al*. (2012) ได้รายงานว่า ปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกในใบกะเพราอาจทำให้กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นโดยตรง ดังนั้น เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิคและสารต้านอนุมูลอิสระระหว่างการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 และ 2 โดยใช้ t-test ซึ่งสารประกอบฟีนอลิคส่วนใหญ่มีความแตกต่างกัน ส่วนสารต้านอนุมูลอิสระส่วนใหญ่ไม่แตกต่างกัน ส่วนการเปลี่ยนแปลงของปริมาณเบต้าแคโรทีนขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ด้วย เนื่องจากในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 กะเพราบางสายพันธุ์สะสมปริมาณสารเบต้าแคโรทีนจะเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับความเค็ม 4 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร บางสายพันธุ์สะสมเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับความเค็มที่ 6 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ดังรายงานของ Ciriello *et al*. (2022) กล่าวว่า สารเบต้าแคโรทีนของโหระพา สายพันธุ์ Anise และ Cinnamon เพิ่มขึ้นเมื่อได้รับความเค็มเป็นเวลา 26 วัน โดยเพิ่มเป็น 39.17 และ 47.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 หลังจากที่ให้สารละลายอาหารที่มีเกลือ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าปริมาณสารเบต้าแคโรทีนจะลดลง นอกจากนี้ ผลกระทบของความเค็มต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 คลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้นและสูงสุดที่ 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร และลดลดในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Mostafa (2012) กล่าวว่า โหระพาที่ได้รับความเค็ม 6 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร เป็นเวลา 20 วัน มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในใบน้อยกว่าโหระพาที่ไม่ได้รับความเค็ม Singh *et al*. (2023) รายงานว่า เมื่อให้สารละลายเกลือ 500 มิลลิโมลาร์ NaCl ให้กะเพราเป็นเวลา 90 วัน พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดและแคโรทีนอยของกะเพรามีปริมาณลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกะเพราที่ไม่ได้รับเกลือ เมื่อพืชได้รับสารละลายเกลือทุกระดับความเข้มข้น แสดงให้เห็นว่าคลอโรฟิลล์ทั้งหมดลดลงอย่างมีนัยสำคัญภายใต้สภาพเกลือ (Turan *et al*., 2009)

สรุป

สารพฤกษเคมีในกะเพราขึ้นกับสายพันธุ์และระดับความเค็ม เชื้อพันธุกรรมกะเพราที่นำมาศึกษาได้รับผลกระทบจากความเค็มแตกต่างกัน ความเค็ม

มีผลให้สารประกอบฟีนอลิคสูงขึ้น แต่มีผลสารต่อต้านอนุมูลอิสระน้อย เมื่อให้ความเค็ม 3 สัปดาห์ ปริมาณเบต้าแคโรทีน และ คลอโรฟิลล์ทั้งหมด มีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่ออยู่ในสภาพเค็ม โดยคลอโรฟิลล์สูงขึ้นที่ระดับความเค็ม 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร เมื่อให้ความเค็ม 6 สัปดาห์ ความเค็มมีผลให้ปริมาณเบต้าแคโรทีน และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดลดลง โดยหมายเลขที่มีความเสถียรของสารพฤกษเคมีเมื่อได้รับเกลือและเก็บเกี่ยวทั้ง 2 ครั้ง คือ OC-106

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน ที่สนับสนุนเชื้อพันธุกรรม และภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน ที่สนับสนุนการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2563. รายงานสถานการณ์การปลูก กะเพรา ปี2562. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : http://www.agriinfo.doae.go.th/year63/plant/rortor/veget/%E0%B8%81%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%9E%E0%B8%A3%E0%B8%B2.pdf (6 มกราคม 2567).

คัทลียา ฉัตร์เที่ยง. 2542. การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและการสร้างผลผลิตของพืชสกุลโหระพา 4 ชนิด. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 15 หน้า.

ธีรนาถ สุวรรณเรือง. 2560. ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในผักสด. กรมเกษตรราชภัฏ 16(2): 40-45.

นวรัตน์ อุดมประเสริฐ. 2558. สรีรวิทยาของพืชภายใต้สภาวะเครียด. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร. 256 หน้า.

ไพรัช พงษ์วิเชียร. 2560. การเกษตรในพื้นที่ดินเค็มของประเทศไทย เพื่อรับมือความต้องการทางอาหาร. เอกสารวิชาการ. กองวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพมหานคร. 129 หน้า.

อรุณี ยูวะนิยม. 2546. การจัดการแก้ไขปัญหาดินเค็ม. เอกสารวิชาการกลุ่มวิจัยและพัฒนาการจัดการดินเค็ม สำหรับนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. 101 หน้า.

Bojórquez-Quintal, E., A. Velarde-Buendía, Á. Ku-González, M. Carillo-Pech, D. Ortega-Camacho, I. Echevarría-Machado, I. Pottosin and M. Martínez-Estévez. 2014. Mechanisms of salt tolerance in habanero pepper plants (*Capsicum chinense* Jacq.): Proline accumulation, ions dynamics and sodium root-shoot partition and compartmentation. Frontiers in plant science 5: 1-14.

Chutipaijit, S., S. Cha-Um and K. Sompornpailin. 2009. Differential accumulations of proline and flavonoids in indica rice varieties against salinity. Journal of Botany 41(5): 2497-2506.

Ciriello, M., L. Formisano, M.C. Kyriacou, P. Carillo, L. Scognamiglio, S. De Pascale and Y. Rouphael. 2022. Morpho-physiological and biochemical responses of hydroponically grown basil cultivars to salt stress. Antioxidants 11(11): 2207.

Flowers, T., P. Troke and A. Yeo. 1977. The mechanism of salt tolerance in halophytes. Annual review of plant physiology 28(1): 89-121.

Gupta, S., M.S. Kumar, B. Duraiswamy, M. Chhajed and A. Chhajed. 2012. *In-vitro* antioxidant and free radical scavenging activities of Ocimum

sanctum. World Journal Pharmaceutical Research 1(1): 78-92.

Hanachi, S., M.C. Van Labeke and T. Mehouachi. 2014. Application of chlorophyll fluorescence to screen eggplant (*Solanum melongena* L.) cultivars for salt tolerance. Photosynthetica 52: 57-62.

Kaouther, Z., H. Nina, A. Rezwan and H. Cherif. 2013. Evaluation of salt tolerance (NaCl) in Tunisian chili pepper (*Capsicum frutescens* L.) on growth, mineral analysis and solutes synthesis. Journal of Stress Physiology & Biochemistry 9(1): 209-228.

Malav, P., A. Pandey, K. Bhatt, S. Gopala Krishnan and I. Bisht. 2015. Morphological variability in holy basil (*Ocimum tenuiflorum* L.) from India. Genetic Resources and Crop Evolution 62: 1245-1256.

Mostafa, H. 2012. Effects of salinity stress on growth, chlorophyll content and osmotic components of two basil (*Ocimum basilicum* L.) genotypes. African Journal of Biotechnology 11(2): 379-384.

Nagata, M. and I. Yamashita. 1992. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. Nippon shokuhin kogyo gakkaishi 39(10): 925-928.

Saia, S., G. Corrado, P. Vitaglione, G. Colla, P. Bonini, M. Giordano, E.D. Stasio, G. Raimondi, R. Sacchi and Y. Rouphael. 2021. An endophytic fungi-based biostimulant modulates volatile and non-volatile secondary metabolites and yield of greenhouse basil (*Ocimum basilicum* L.) through variable mechanisms dependent on salinity stress level. Pathogens 10(7): 797.

Scagel, C.F., J. Lee and J.N. Mitchell. 2019. Salinity from NaCl changes the nutrient and polyphenolic composition of basil leaves. Industrial Crops and Products 127: 119-128.

Singh, S., C.S. Chanotiya, A. Singh, P. Vajpayee and A. Kalra. 2023. Role of ACC-deaminase synthesizing *Trichoderma harzianum* and plant growth-promoting bacteria in reducing salt-stress in Ocimum sanctum. Physiology and Molecular Biology of Plants 29(6): 815-828.

Taïbi, K., F. Taïbi, L.A. Abderrahim, A. Ennajah, M. Belkhodja and J.M. Mulet. 2016. Effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidant defence systems in *Phaseolus vulgaris* L. South African Journal of Botany 105: 306-312.

Thaipong, K., U. Boonprakob, L. Cisneros-Zevallos and D.H. Byrne. 2005. Hydrophilic and lipophilic antioxidant activities of guava fruits. Southeast Asian journal of tropical medicine and public health 36(4): 254-257.

Turan, M.A., A.H.A. Elkarim, N. Taban and S. Taban. 2009. Effect of salt stress on growth, stomatal resistance, proline and chlorophyll concentrations on maize plant. African Journal of Agricultural Research 4(9): 893-897.