

การชักนำให้เกิดความเป็นพิษต่อเซลล์และสารพันธุกรรม  
ในเซลล์รากหอม (*ALLIUM CEPA*) ของเครื่องดื่มน้ำกระท่อม  
INDUCTION OF CYTO-GENOTOXICITY IN ONION ROOT CELLS  
(*ALLIUM CEPA*) OF KRATOM DRINKS

ชญาณิต ชัยสุทธิ และ ลัญจกร จันทร์อุดม\*

Chayanit Chaisut, and Lanchakon Chanudom\*

สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช  
Program in Biology, Faculty of Science and Technology, Rajabhat Nakhonsithammarat University

\*corresponding author e-mail: lanchakon@nstru.ac.th

(Received: 1 July 2024; Revised: 27 August 2024; Accepted: 16 September 2024)

บทคัดย่อ

พืชกระท่อม (*Mitragyna speciosa* Korth., Havil.) พบได้ในป่าธรรมชาติทางภาคใต้ของประเทศไทยและจัดเป็นพืชที่มีสารออกฤทธิ์ต่อจิตประสาท การบริโภคพืชกระท่อมแบบดั้งเดิมนิยมใช้ใบสด แต่ในปัจจุบันกลุ่มวัยรุ่นทางภาคใต้นิยมบริโภคพืชกระท่อมโดยการนำไปต้มและผสมกับส่วนผสมอื่นๆ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพในระยะยาวได้ ดังนั้นเพื่อเป็นการประเมินผลที่อาจเกิดจากการบริโภคเครื่องดื่มน้ำกระท่อม งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการชักนำให้เกิดความเป็นพิษต่อเซลล์และสารพันธุกรรมในเซลล์รากหอมที่ผ่านการแช่ในเครื่องดื่มน้ำกระท่อม 3 สูตร (น้ำกระท่อม น้ำกระท่อมผสมยาแก้ไอ และน้ำกระท่อมผสมยาแก้ไอและน้ำอัดลม) เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากการศึกษา พบว่า เครื่องดื่มน้ำกระท่อมทุกสูตรมีผลทำให้ปลายรากหอมชะลอการเจริญเติบโต และให้ลักษณะทางกายภาพที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อศึกษาความเป็นพิษต่อการแบ่งเซลล์และความผิดปกติของโครโมโซม พบว่า เครื่องดื่มน้ำกระท่อมผสมยาแก้ไอและน้ำอัดลมมีผลทำให้ค่าดัชนีไมโทติคลดลงต่ำสุดเท่ากับ  $19.37 \pm 2.46$  ความถี่ของความผิดปกติของโครโมโซมเพิ่มขึ้น  $3.47 \pm 3.38$  เปอร์เซ็นต์ และปริมาณโปรตีนทั้งหมดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ  $528.83 \pm 169.10$  ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ตลอดจนพบความผิดปกติของโครโมโซมหลายรูปแบบจากการศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ดังนั้นเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดจากการวิจัยนี้ จึงควรเร่งสร้างความตระหนักถึงผลเสียที่เกิดขึ้นให้แก่ผู้บริโภคต่อไป

คำสำคัญ: ความผิดปกติของเซลล์และโครโมโซม เซลล์รากหอม เครื่องดื่มน้ำกระท่อม

## Abstract

Kratom (*Mitragyna speciosa* Korth., Havil.) is found in natural forests in southern Thailand and classified as a psychoactive plant. Traditional consumption of kratom is fresh leaves use. But nowadays, young southern people consume kratom by boiling and mixing it with other ingredients. This may affect to the health in a long term. Therefore, to evaluate the effects of consuming kratom drinks, the objective of this research was to study the induction of cytotoxicity and genetic material in onion root cells soaked in three formulas of kratom water drinks (Kratom water, Kratom water mixed with cough syrup and Kratom water mixed with cough syrup and soft drinks) for 72 hours. The study found that all formulas of kratom water drink slowed down the growth of onion root tips and change their physical appearance. The toxicity study on cell division and chromosome abnormalities found that kratom water mixed with cough syrup and soft drinks resulted in lowest decrease in the mitotic index of  $19.37 \pm 2.46$ , the frequency of chromosomal abnormalities increased by  $3.47 \pm 3.38$  percent, and the total protein content significantly decreased to  $528.83 \pm 169.10$  micrograms per milliliter compared to the control. Many forms of chromosomal abnormalities were observed under a microscope. Therefore, in order to get the most benefit from this research, it should be accelerated to create awareness of the negative effects that occur to consumers.

**Keywords:** Cell and chromosome abnormalities, Onion root cell, Kratom drinks

## บทนำ

กระท่อม (Kratom) เป็นพืชเขตร้อนพบมากทางภาคใต้ของประเทศไทยและมาเลเซีย มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Mitragyna speciosa* Korth., Havil. อยู่ในวงศ์ Rubiaceae มีชื่อท้องถิ่นคือ อีถ่าง (ภาคกลาง) ท่อม (ภาคใต้) และกระท่อมโคก (ภาคอีสาน) (เต็ม, 2557) การใช้กระท่อมโดยวิธีการเคี้ยวใบพบได้มากในพื้นที่ภาคใต้ กระท่อมที่นิยมใช้มี 2 ชนิด คือ กระท่อมก้านเขียว และกระท่อมก้านแดง สารสำคัญที่พบในใบกระท่อมประกอบด้วยสารกลุ่มแอลคาลอยด์ โดยสารไมทราจินิกิน (Mitragynin) เป็นสารประกอบหลักที่พบมากที่สุดใบบกระท่อม และสารอื่นๆ ได้แก่ สเปโอจินิกิน (Speciogynine) และไพแนนทีน (Paynantheine) เป็นต้น (ปิยวัฒน์ และคณะ, 2564)

ในปัจจุบันพืชกระท่อมได้ถูกยกเลิกจากการเป็นยาเสพติดให้โทษในประเภท 5 ตามพระราชบัญญัติยาเสพติดให้โทษ (ฉบับที่ 8) พ.ศ. 2564 ประชาชนทั่วไปสามารถใช้พืชกระท่อม

ด้วยการเคี้ยวใบ การต้มทำน้ำกระพ๋อม หรือซากรพ๋อมได้ตามวิถีชาวบ้าน รวมทั้งยังซื้อหรือขาย ใบกระพ๋อมได้โดยไม่ผิดกฎหมาย อย่างไรก็ตามหากมีการนำไปผสมยาเสพติดอื่น ๆ ถือเป็นความผิดตามกฎหมาย จากการศึกษาความเป็นพิษเรื้อรังของสารสกัดหยาบเมทานอลจาก ใบกระพ๋อมโดยให้หนูขาวได้รับสารสกัดทางปากวันละครั้ง ในขนาด 400 800 และ 1,600 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยกลุ่มควบคุมได้รับน้ำกลั่น เป็นเวลา 6 เดือน ติดต่อกัน พบว่า มีสัตว์ทดลองบางตัวที่ได้รับสารสกัดมีรอยโรคเกิดขึ้นที่หัวใจ ปอด และไต โดยรอยโรคเหล่านี้ไม่ได้เพิ่มขึ้นตามขนาดของสารสกัดที่ได้รับ และหนูขาวมีน้ำหนักตัวน้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับ กลุ่มควบคุม (กิจจา, 2552) และจากการศึกษาถึงพิษเฉียบพลันของกระพ๋อมในหนูทดลอง โดยการให้กระพ๋อมที่สกัดด้วยเมทานอลในขนาด 100 500 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทางปากเป็นเวลานาน 14 วัน พบว่า หนูที่ได้รับกระพ๋อมทั้ง 3 ขนาด มีความดันโลหิตสูงขึ้น ภายหลังจากที่ได้รับสารสกัดกระพ๋อม 1 ชั่วโมง และหนูที่ได้รับกระพ๋อมในขนาดสูงสุด 1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เกิดพิษต่อตับอย่างรุนแรง (Acute severe hepatotoxicity) และเกิดพิษต่อไต (Nephrotoxicity) (Harizal et al., 2010) และจากการศึกษาผลกระทบต่อกิจกรรมการเคลื่อนไหว ของหนูถีบจักรที่ได้รับน้ำต้มใบกระพ๋อมที่มีสารไมทราจินิน ขนาดสูง (10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) เป็นเวลา 16 วัน พบว่า หนูกลุ่มที่ได้รับน้ำต้มใบกระพ๋อมมีความอยากอาหารและน้ำลดลง ส่งผลให้น้ำหนักของหนูขาวลดลง ระดับการเคลื่อนไหวลดลง และมีรูปแบบพฤติกรรมวิตกกังวล แสดงให้เห็นว่าการได้รับน้ำต้มกระพ๋อมส่งผลกระทบต่อสมองและออกฤทธิ์ต่อจิตประสาท อย่างไรก็ตามแม้ว่าการรายงานการเกิดพิษที่มีสาเหตุจากพืชกระพ๋อมยังมีน้อยและยังไม่มี รายงานการตายของผู้ที่กินพืชกระพ๋อมเพียงอย่างเดียว เนื่องจากฤทธิ์ในการกระตุ้นประสาท ของพืชกระพ๋อมอยู่ในระดับต่ำมาก และมีผลน้อยต่อการทำให้เคลิ้มสุข (Euphoria) แต่เมื่อผู้เสพ ต้องการให้น้ำต้มกระพ๋อมส่งผลต่อความพึงพอใจในภาวะเคลิ้มสุข จึงพยายามคิดค้นหาวิธี ที่จะปรุงยาผสมให้มีฤทธิ์เคลิบเคลิ้มให้ได้โดยการลองผิดลองถูก และมีการนำไปผสมกับยาหรือ สารตัวอื่นเพื่อให้มีฤทธิ์กระตุ้นหรือกล่อมประสาท (มูรณีย์, จุไรทิพย์ และดารณี, 2564) ซึ่งผลจากการใช้ยาออกฤทธิ์ต่อจิตและประสาทร่วมกันหลายๆ ตัว สามารถทำให้การทำงานของสมองและหัวใจล้มเหลวได้ ทั้งนี้ในปัจจุบันกลุ่มเยาวชนนิยมนำน้ำกระพ๋อมต้มไปผสมกับ ยาแก้ไอ และน้ำอัดลม (โคล่า) ส่วนใหญ่มีขั้นตอนการผลิตโดยนำใบกระพ๋อมจำนวน 20–50 ใบ มาล้าง ปิดให้เป็นท่อนหรือใช้ทั้งใบ ผสมน้ำปริมาตร 2–4 ลิตร ตั้งไฟต้มให้ใบกระพ๋อมเปื่อย ประมาณ 30 นาที–1 ชั่วโมง กรองเอากากออก ทำให้เย็น จึงใส่ส่วนผสมโดยใช้ยาแก้ไอ ขนาด 60 ซีซี ปริมาตร ครั้ง–1 ขวด น้ำโค้ก ขนาด 1.5 ลิตร ปริมาตรครั้ง–1 ขวด (สุโหวด้า และคณะ, 2558) โดยตัวยาแก้ไอนิยมผสมตัวยาที่มีฤทธิ์ควบคุมการไอในสมอง ได้แก่ ตัวยาโคเดอีน (Codeine) หรือตัวยาไดเฟนไฮดรามีน (Diphenhydramine) การนำยาแก้ไอที่มีส่วนผสมของตัวยา

กลุ่มนี้ไปใช้ในปริมาณที่สูงกว่าปกติ จะทำให้ผู้ใช้มีอาการวงเวียนศีรษะ มึนงง ปากแห้ง ใจสั่น และหงุดหงิดง่าย จึงต้องมีการใชยานี้อย่างระมัดระวัง และห้ามใช้เสริมฤทธิ์กับยากล่อมประสาทและแอลกอฮอล์ ในขณะที่น้ำอัดลมมีส่วนผสมของคาเฟอีน (Coffein) หากบริโภคคาเฟอีนในปริมาณสูงเกินไปสามารถก่อให้เกิดพิษแก่ร่างกายได้ โดยขนาดของคาเฟอีนที่อาจทำให้เสียชีวิตได้อยู่ที่ระดับ 5,000 –10,000 มิลลิกรัมในผู้ใหญ่ ดังนั้นเครื่องดื่มน้ำกระเทียมที่มีการผสมยาแก้ไอและน้ำอัดลมจึงส่งผลในการออกฤทธิ์ต่อจิตประสาทได้ (สุโหวด้า, 2558) อีกทั้งการนำใบกระเทียมในรูปแบบน้ำผสมมาบริโภคจะทำให้ผู้บริโภคได้รับสารเสพติดมากกว่าการเคี้ยวใบสด เพราะปริมาณการเสพมากกว่า (เอกสิทธิ์, 2566)

จากการสำรวจพื้นที่บริเวณโดยรอบมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ระหว่างช่วงเดือนตุลาคม-ธันวาคม พ.ศ. 2566 พบร้านจำหน่ายเครื่องดื่มน้ำกระเทียมเป็นจำนวนมาก และจากผลการศึกษาความเป็นพิษของกระเทียมข้างต้นแสดงให้เห็นถึงผลเสียจากการใช้พืชกระเทียมในการบริโภค และการรักษาโรคหรือรักษาอาการต่างๆ ดังนั้นจึงควรที่จะต้องมีการประเมินคุณค่าหรือโทษของกระเทียมที่มีต่อร่างกาย ประกอบกับรายงานการวิจัยเกี่ยวกับความเป็นพิษของพืชกระเทียมในรูปแบบของเครื่องดื่มในปัจจุบันยังมีน้อย

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทดสอบความเป็นพิษของเครื่องดื่มน้ำกระเทียมต่อเซลล์รากลมเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการประเมินความเป็นพิษที่อาจเกิดขึ้นต่อเซลล์ต่อไป อนึ่งการศึกษาโดยใช้รากลมนั้นเหมาะสมกับการทดลองเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระยะสั้น (Grannt, 1978) และการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในเซลล์รากลมนั้นสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพได้ เนื่องจากการเจริญเติบโตของรากสามารถสัมพันธ์กับสารที่ต้องการทดสอบได้โดยตรง ทำให้สามารถนำมาใช้ในการคาดคะเนความเสียหายของดีเอ็นเอ (DNA) ในเซลล์ยูคาริโอต ตลอดจนความเสียหายของดีเอ็นเอที่เกิดขึ้นในรากลมเมื่อเปรียบเทียบกับเซลล์สัตว์มีความใกล้เคียงกันถึง 82 เปอร์เซ็นต์ (Rank & Nielsen, 1994)

## วิธีดำเนินการวิจัย

### 1. การเตรียมหัวหอม

นำหอมแดง (*Allium cepa*) ที่ซื้อจาก บริษัท แม็คโคร จำกัด จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.50–2.20 เซนติเมตร มาลอกเปลือกแห้งด้านนอก ตัดรากเดิมออก และล้างด้วยน้ำสะอาด จากนั้นนำไปแช่ในน้ำประปาและเปลี่ยนน้ำทุกวัน จนได้รากที่มีความยาวประมาณ 2–3 เซนติเมตร จึงนำไปทดสอบ (ดัดแปลงวิธีของ Himadri & Sanjay, 2021)

## 2. การทดสอบความเป็นพิษของเครื่องต้มน้ำกระท่อมต่ออัตราการแบ่งเซลล์ของ

### รากหอม

เก็บตัวอย่างเครื่องต้มน้ำกระท่อมจากร้านที่จำหน่ายในระหว่างช่วงเดือนตุลาคม – ธันวาคม พ.ศ. 2566 จำนวน 10 ร้าน ในพื้นที่รัศมีประมาณ 8 กิโลเมตร รอบมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช โดยเก็บตัวอย่างเครื่องต้มน้ำกระท่อม 3 สูตร จากทุกร้าน ได้แก่ สูตรที่ 1) เครื่องต้มน้ำกระท่อม สูตรที่ 2) เครื่องต้มน้ำกระท่อมผสมยาแก้ไอ และสูตรที่ 3) เครื่องต้มน้ำกระท่อมผสมยาแก้ไอและน้ำอ้อยต้ม บรรจุขวดเครื่องต้มน้ำกระท่อมลงในภาชนะปิดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นนำหัวหอมที่เตรียมไว้แช่ในเครื่องต้มน้ำกระท่อม แต่ละสูตรจากแต่ละร้าน ปริมาตร 30 มิลลิลิตร เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง โดยแช่ให้เฉพาะส่วนรากเท่านั้นจมอยู่ในเครื่องต้มน้ำและน้ำประปา (ชุดควบคุม)

ทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพของราก วัดความยาวราก วิเคราะห์ค่าดัชนีไมโทติก เปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าดัชนีไมโทติก ความถี่ของความผิดปกติของโครโมโซม และวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนทั้งหมด ทุกชุดการทดลองทำการทดลอง 3 ซ้ำ

### 2.1 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางกายภาพ และการวัดความยาวรากหอม

ทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพโดยการสังเกต และวัดความยาวของรากหอมที่ผ่านการแช่ในเครื่องต้มน้ำกระท่อมแต่ละสูตร และในน้ำประปา เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ด้วยไม้บรรทัด โดยใช้หน่วยความยาวเป็นเซนติเมตร

### 2.2 การวิเคราะห์ค่าดัชนีไมโทติก (Mitotic index; MI) การลดลงของค่าดัชนีไมโทติก และความถี่ของความผิดปกติของโครโมโซม

ตัดปลายรากหอมบริเวณส่วนปลายรากที่มีสีเขียวชุนยาวประมาณ 0.20–0.30 เซนติเมตร แช่ปลายรากด้วยน้ำยารักษาสภาพ (Fixative) ที่ประกอบด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ต่อสารละลายกรดอะซิติกในอัตราส่วน 3 ต่อ 1 โดยปริมาตร (95% Ethanol : Acetic acid = 3 : 1 v/v) เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นล้างปลายรากด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง และแช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid; HCl) ความเข้มข้น 1 นอร์มอล เป็นเวลา 7–10 นาที ที่อุณหภูมิห้อง ล้างในน้ำกลั่นซ้ำหลายๆ ครั้ง แล้วนำปลายรากมาย้อมด้วยสีอะซิโตคาร์มีน (Acetocarmine) จำนวน 2–3 หยด ปิดด้วยแผ่นปิดสไลด์ ทำการกดบีบเบาๆ และนำไปดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงที่มีกำลังขยาย 400X พร้อมทั้งบันทึกภาพตัวอย่างความผิดปกติของโครโมโซมแบบต่างๆ และนับเซลล์จำนวนอย่างน้อย 500 เซลล์ในทุกๆ การทดลอง เปรียบเทียบกับชุดควบคุม คำนวณค่าดัชนีไมโทติก และคำนวณค่าความถี่ของความผิดปกติของโครโมโซมโดยใช้สูตรต่อไปนี้ (Himadri & Sanjay, 2021) ดังสมการที่ 1–2

$$\text{ดัชนีไมโทติก (MI)} = \frac{[\text{จำนวนการแบ่งเซลล์ (n)} / \text{จำนวนเซลล์ที่นับได้ทั้งหมด}] \times 100 \quad (1)$$

$$\text{ความถี่ความผิดปกติของโครโมโซม} = \frac{[\text{จำนวนเซลล์ที่ผิดปกติ} / \text{จำนวนเซลล์ที่นับได้ทั้งหมด}] \times 100 \quad (2)$$

คำนวณเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าดัชนีไมโทติก โดยกำหนดให้เปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า MI ของชุดควบคุมเท่ากับ 0 ทั้งนี้หากการลดลงของค่า MI ต่ำกว่า 22% เมื่อเทียบกับชุดควบคุม แสดงว่าสารที่นำมาทดสอบมีผลทำให้เซลล์เกิดการตายบางส่วน (Sub lethal) แต่ถ้าค่า MI ต่ำกว่า 50% เมื่อเทียบกับชุดควบคุม แสดงว่าสารที่นำมาทดสอบมีผลทำให้เกิดการตาย (Lethal) ของเซลล์ได้ หรือที่เรียกว่า ค่าขีดจำกัดการเกิดพิษต่อเซลล์ (Cytotoxic limit value) (Tülay & Ozlem, 2010)

### 2.3 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนทั้งหมด

นำหัวหอมที่แช่ในน้ำกระเทียมสุตต่างๆ และชุดควบคุมที่แช่ในน้ำประปาแล้วเป็นเวลา 72 ชั่วโมง มาตัดบริเวณปลายรากออก นำมาซึ่งให้ได้น้ำหนัก 150 มิลลิกรัม ทำการบดให้เป็นเนื้อเดียวกันในโกร่งแช่เย็น ในน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปหมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 9000xg เป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำส่วนใสไปวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยวิธีการของ Lowry โดยใช้โบรินซีรัมอัลบูมิน (Bovine serum albumin) เป็นสารละลายมาตรฐาน (ดัดแปลงจาก Lowry et al., 1951)

### 3. การวิเคราะห์ข้อมูล

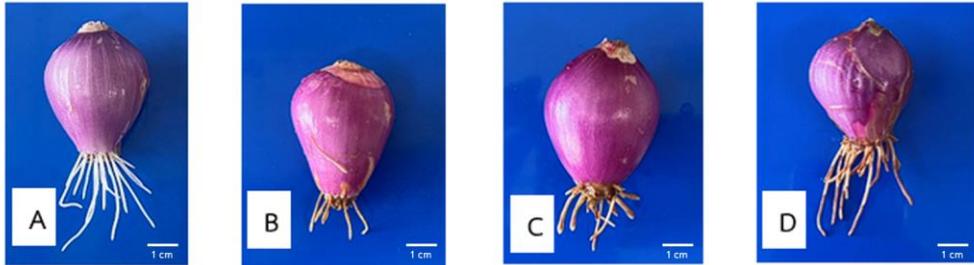
เปรียบเทียบความยาวราก ค่าดัชนีการแบ่งเซลล์ เปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า MI ค่าความถี่ของความผิดปกติของโครโมโซม และปริมาณโปรตีนทั้งหมด ระหว่างชุดทดลองกับชุดควบคุม ด้วยโปรแกรม SPSS Version 27 โดยใช้หลักสถิติ One-Way ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significance Difference Test; LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

## ผลการวิจัย

### 1. การศึกษาลักษณะทางกายภาพและความยาวรากที่เปลี่ยนแปลงไป

จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพที่เปลี่ยนแปลงไปของราก และการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของความยาวราก เมื่อนำชุดการทดลองมาเปรียบเทียบกับชุดควบคุม พบว่ารากหอมที่ผ่านการแช่น้ำกระเทียมมาแล้วเป็นเวลา 72 ชั่วโมง มีความยาวรากเฉลี่ยลดลง ในขณะที่ลักษณะทางกายภาพของชุดควบคุม พบว่า มีความยาวรากและปริมาณรากมากกว่า ตลอดจนจะมีการเจริญเติบโตเร็วกว่าชุดทดลองที่แช่ในน้ำกระเทียมทุกสูตร บ่งชี้ว่ารากหอมชุดควบคุมมีการแบ่งเซลล์สูง ทำให้เกิดการเติบโตและมีพัฒนาการของราก แตกต่างจากลักษณะที่ปรากฏ

ในรากหอมที่ผ่านการแช่ในน้ำกระเทียมที่มีจำนวนรากน้อยลง มีความอ่อนตัว และรากภายนอกกลายเป็นสีน้ำตาลเข้ม ดังภาพที่ 1



**ภาพที่ 1** การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของรากหอมภายหลังการแช่ในน้ำประปา และน้ำกระเทียม (A) ลักษณะของรากหอมชุดควบคุมที่แช่ในน้ำประปา (B) รากหอมที่แช่ในเครื่องตีมน้ำกระเทียม (C) รากหอมที่แช่ในเครื่องตีมน้ำกระเทียมผสมยาแก้อ้อ และ (D) รากหอมที่แช่ในเครื่องตีมน้ำกระเทียมผสมยาแก้อ้อและน้ำอ้อดลม

ผลการศึกษาความยาวรากเฉลี่ยภายหลังการแช่รากหอมเป็นเวลา 72 ชั่วโมง พบว่า ความยาวรากเฉลี่ยของรากหอมที่แช่ในเครื่องตีมน้ำกระเทียม เครื่องตีมน้ำกระเทียมผสมยาแก้อ้อ และเครื่องตีมน้ำกระเทียมผสมยาแก้อ้อและน้ำอ้อดลม มีความยาวรากเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเท่ากับ  $2.61 \pm 0.34$   $2.79 \pm 0.30$  และ  $3.01 \pm 0.27$  เซนติเมตร ตามลำดับ แต่ยังมีควมยาวรากเฉลี่ยน้อยกว่า ชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่มีความยาวรากเฉลี่ยเท่ากับ  $5.10 \pm 0.43$  เซนติเมตร ดังตารางที่ 1

## 2. การศึกษาความเป็นพิษของเครื่องตีมน้ำกระเทียมต่ออัตราการแบ่งเซลล์ของรากหอมและความผิดปกติของโครโมโซม

จากการวิเคราะห์ค่าดัชนีไมโทติก หรือ Mitotic index (MI) ในปลายรากหอมที่ผ่านการแช่ในเครื่องตีมน้ำกระเทียมสูตรต่างๆ พบว่า เครื่องตีมน้ำกระเทียม เครื่องตีมน้ำกระเทียมผสมยาแก้อ้อ และเครื่องตีมน้ำกระเทียมผสมยาแก้อ้อและน้ำอ้อดลม แสดงค่า MI เฉลี่ยลดลงเท่ากับ  $20.62 \pm 1.52$   $21.15 \pm 2.03$  และ  $19.37 \pm 2.46$  ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ให้ค่าเฉลี่ยของค่า MI อยู่ที่  $60.01 \pm 5.55$  และเมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า MI ของรากหอมที่แช่ในเครื่องตีมน้ำกระเทียม พบว่ามีค่า MI ลดลงเท่ากับ  $65.63 \pm 12.69$  เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่รากหอมที่แช่ในเครื่องตีมน้ำกระเทียมผสมยาแก้อ้อ มีค่า MI ลดลงเท่ากับ  $64.75 \pm 13.55$  เปอร์เซ็นต์ และรากหอมที่แช่ในเครื่องตีมน้ำกระเทียมผสมยาแก้อ้อและน้ำอ้อดลม มีค่า MI ลดลงเท่ากับ  $67.94 \pm 13.77$  เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ค่าเปอร์เซ็นต์ความถี่ความผิดปกติของโครโมโซมของรากหอมที่แช่ในเครื่องตีมน้ำกระเทียมแต่ละสูตรเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยรากหอม

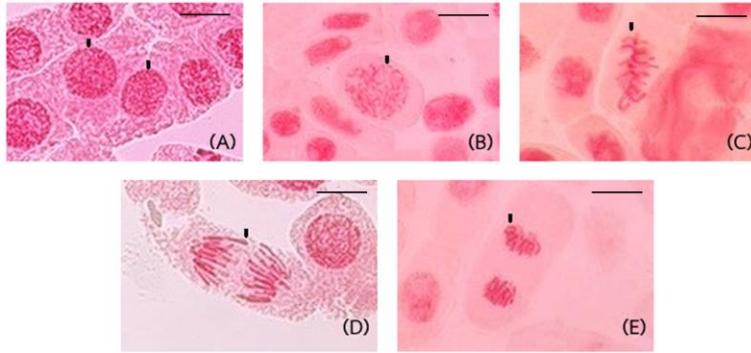
ที่แช่ในเครื่องต้มน้ำกระท่อม เครื่องต้มน้ำกระท่อมผสมยาแก้อ้อ และเครื่องต้มน้ำกระท่อมผสมยาแก้อ้อและน้ำอ้อดลม มีค่าเปอร์เซ็นต์ความถี่ความผิดปกติของโครโมโซมเฉลี่ยเท่ากับ  $1.26 \pm 1.64$   $1.39 \pm 1.72$  และ  $3.47 \pm 3.38$  เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยไม่พบความผิดปกติของโครโมโซมในชุดควบคุม และผลจากการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนทั้งหมดในรากหอมที่แช่ในเครื่องต้มน้ำกระท่อม เครื่องต้มน้ำกระท่อมผสมยาแก้อ้อ และเครื่องต้มน้ำกระท่อมผสมยาแก้อ้อและน้ำอ้อดลม ให้ค่าเฉลี่ยลดลงเท่ากับ  $642.72 \pm 144.00$   $567.44 \pm 164.90$  และ  $528.83 \pm 169.10$  ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งแสดงค่าเฉลี่ยอยู่ที่  $808 \pm 47.87$  ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ดังตารางที่ 1

เมื่อศึกษาลักษณะความผิดปกติของโครโมโซมที่พบในเซลล์รากหอมภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงภายหลังการแช่รากหอมเป็นเวลา 72 ชั่วโมง ในเครื่องต้มน้ำกระท่อมแต่ละสูตร พบความผิดปกติของโครโมโซมที่เกิดขึ้นจากการศึกษาครั้งนี้ได้หลายแบบ ทั้งแบบสะพาน (Bridge chromosome) แบบแตกหักเป็นชิ้นส่วน (Fragment chromosome) แบบเกาะกลุ่มเหนียวแน่น (Sticky chromosome) และแบบมีสองนิวเคลียส (Di-nucleus) ดังภาพที่ 3–5 และจากการศึกษาในครั้งนี้ไม่พบความผิดปกติหรือการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างของโครโมโซมในรากหอมชุดควบคุม ดังภาพที่ 2

**ตารางที่ 1** การเปลี่ยนแปลงของรากหอมภายหลังการแช่ในเครื่องต้มน้ำกระท่อมแต่ละสูตรเป็นเวลา 72 ชั่วโมง

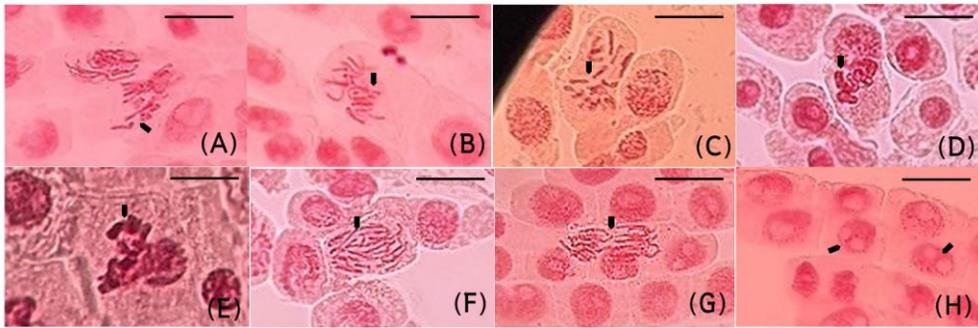
ทรีทเมนต์	ความยาวราก (ซม.)	ค่าดัชนีไมโทติก (Mitotic index : MI)	การลดลงของค่า MI (%)	ความถี่ความผิดปกติของโครโมโซม (%)	ปริมาณโปรตีนทั้งหมด (ไมโครกรัม/มิลลิลิตร)
ชุดควบคุม	$5.10 \pm 0.43^a$	$60.01 \pm 5.55^a$	$0.00 \pm 0.00^a$	$0.00 \pm 0.00^a$	$808.00 \pm 47.87^a$
สูตรที่ 1	$2.61 \pm 0.34^b$	$20.62 \pm 1.52^b$	$65.63 \pm 12.69^b$	$1.26 \pm 1.64^b$	$642.72 \pm 144.00^b$
สูตรที่ 2	$2.79 \pm 0.30^b$	$21.15 \pm 2.03^b$	$64.75 \pm 13.55^b$	$1.39 \pm 1.72^b$	$567.44 \pm 164.90^{bc}$
สูตรที่ 3	$3.01 \pm 0.27^b$	$19.37 \pm 2.46^b$	$67.94 \pm 13.77^b$	$3.47 \pm 3.38^c$	$528.83 \pm 169.10^c$

หมายเหตุ <sup>abc</sup>อักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

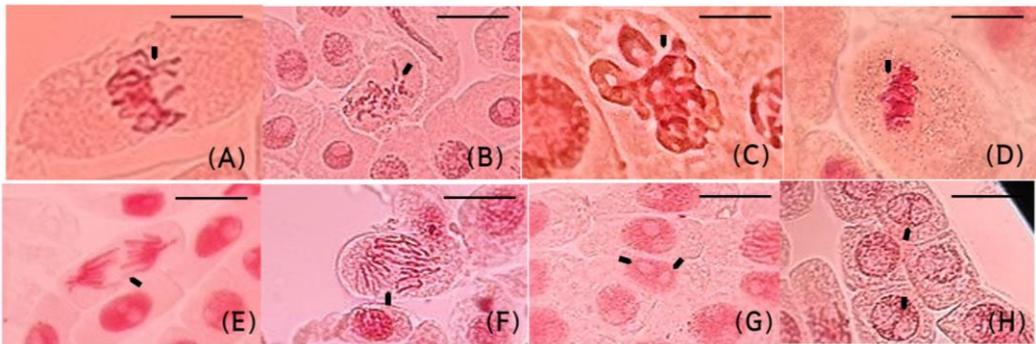


**ภาพที่ 2** ลักษณะโครโมโซมปกติที่พบในเซลล์รากหอมในชุดควบคุม; Scale bar = 10 ไมโครเมตร และลูกศรแสดงลักษณะโครโมโซมในระยะต่างๆ (A) ระยะอินเตอร์เฟส (B) ระยะโพรเฟส (C) ระยะเมตาเฟส (D) ระยะแอนาเฟส และ (E) ระยะเทโลเฟส

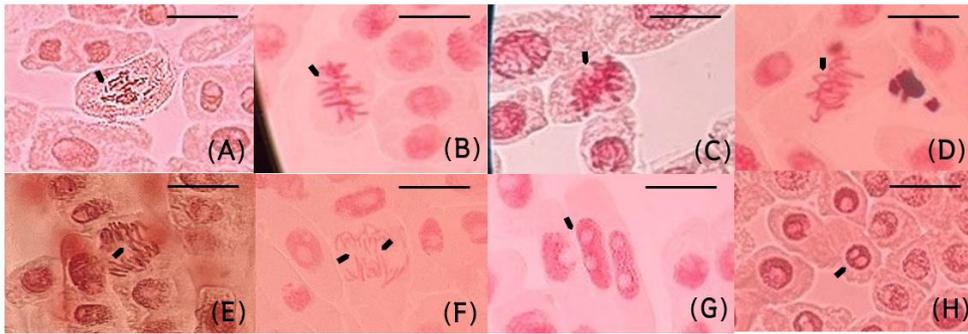
การเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างของโครโมโซมของรากหอมภายหลังการแช่รากหอมในเครื่องต้มน้ำกระท่อม ดังภาพที่ 3 โดยสามารถพบความผิดปกติของโครโมโซมในรูปแบบการแตกหักของโครโมโซม ดังภาพที่ 3(A-C) การเกาะติดกันของโครโมโซม ดังภาพที่ 3 (D-E) การเกิดสะพานโครมาตินในระยะแอนาเฟส ดังภาพที่ 3(F-G) และการเกิดสองนิวเคลียส ดังภาพที่ 3(H) เช่นเดียวกับการแช่รากหอมในเครื่องต้มน้ำกระท่อมผสมยาแก้ไอ ดังภาพที่ 4 โดยพบลักษณะความผิดปกติของโครโมโซมแบบแตกหัก ดังภาพที่ 4(A-B) โครโมโซมเกาะติดกัน ดังภาพที่ 4(C-D) การเกิดสะพานโครมาติน ดังภาพที่ 4(E-F) และการเกิดนิวเคลียสสองอัน ดังภาพที่ 4(G-H) ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโครโมโซมของรากหอมพบมากที่สุดในการแช่ในเครื่องต้มน้ำกระท่อมผสมยาแก้ไอและน้ำอัดลม ดังภาพที่ 5 ที่แสดงลักษณะความผิดปกติของโครโมโซมทั้งในลักษณะแตกหัก (ภาพที่ 5 (A-B)) โครโมโซมเกิดการยึดเกาะกัน ดังภาพที่ 5(C-D) ลักษณะสะพานโครมาตินในระยะแอนาเฟส ดังภาพที่ 5(E-F) และการเกิดสองนิวเคลียส ดังภาพที่ 5(G-H) โดยรากหอมที่แช่ในเครื่องต้มน้ำกระท่อมผสมยาแก้ไอและน้ำอัดลมให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความถี่ความผิดปกติของโครโมโซมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับทุกชุดการทดลอง



**ภาพที่ 3** ลักษณะความผิดปกติของโครโมโซมที่พบในเซลล์รากหอมภายหลังการแช่รากหอมในเครื่องต้มน้ำกระท่อม เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ; Scale bar = 10 ไมโครเมตร และลูกศรแสดงลักษณะความผิดปกติของโครโมโซมแบบต่างๆ (A-C) โครโมโซมแตกหัก (D-E) การเกาะติดกันของโครโมโซม (F-G) สะพานโครมาตินในระยะแอนาเฟส และ (H) นิวเคลียส 2 อัน



**ภาพที่ 4** ลักษณะความผิดปกติของโครโมโซมที่พบในเซลล์รากหอมภายหลังการแช่ในเครื่องต้มน้ำกระท่อมผสมยาแก้ไอเป็นเวลา 72 ชั่วโมง ; Scale bar = 10 ไมโครเมตร และลูกศรแสดงลักษณะความผิดปกติของโครโมโซมแบบต่างๆ (A-B) โครโมโซมแตกหัก (C-D) การเกาะติดกันของโครโมโซม (E-F) สะพานโครมาตินในระยะแอนาเฟส และ (G-H) นิวเคลียส 2 อัน



**ภาพที่ 5** ลักษณะความผิดปกติของโครโมโซมที่พบในเซลล์รากหอมหลังการแช่ในเครื่องต้มน้ำกระท่อมผสมยาแก้อาและน้ำอัสติม เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ; Scale bar = 10 ไมโครเมตร และลูกศรแสดงลักษณะความผิดปกติของโครโมโซมแบบต่างๆ (A-B) โครโมโซมแตกหัก (C-D) การเกาะติดกันของโครโมโซม (E-F) สะพานโครมาตินในระยะแอนาเฟส และ (G-H) นิวเคลียส 2 อัน

### อภิปรายผล

จากการศึกษาผลของเครื่องต้มน้ำกระท่อมต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของรากหอม พบว่า เครื่องต้มน้ำกระท่อมทุกสูตรมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพเกิดการลดลงของความยาวและจำนวนของราก เนื่องมาจากเครื่องต้มน้ำกระท่อมมีผลในการยับยั้งการแบ่งเซลล์ ตลอดจนจนการยึดตัวของเซลล์ในบริเวณเนื้อเยื่อเจริญ โดยขัดขวางการจัดเรียงตัวของไมโครทิวบูลในระหว่างที่เซลล์เกิดการแบ่งตัวจึงทำให้รากไม่สามารถยึดยาวได้ตามปกติ (Singh, Batish & Kohli, 2002) เช่นเดียวกับการศึกษาผลของสารอัลลีโลพาธีจากต้นหมอน้อย (*Cyanthillium cinereum*) ที่พบว่า สารสกัดจากต้นหมอน้อยในตัวทำลายบางชนิดมีผลต่อความยาวและจำนวนของรากหอม (ไชยา, ภาวิณี และธีรารัตน์, 2565) และเมื่อทำการศึกษาคือความเป็นพิษของเครื่องต้มน้ำกระท่อมต่ออัตราการแบ่งเซลล์ พบว่า เครื่องต้มน้ำกระท่อมทุกสูตรมีผลให้อัตราการแบ่งเซลล์ลดลง โดยพิจารณาจากการวิเคราะห์ค่าดัชนีไมโทติก หรือ Mitotic index; MI ซึ่งเป็นดัชนีที่ใช้ในการวัดสัดส่วนของเซลล์ระยะไมโทซิสในวัฏจักรเซลล์ ทั้งนี้หากเกิดการยับยั้งการแบ่งเซลล์อาจแปลผลได้ว่าเซลล์มีการตาย หรือมีอัตราการแบ่งตัวที่ช้าลง หรือมีผลในการยับยั้งการจำลองตัวเองของดีเอ็นเอ (ชญาณิช และศิริลักษณ์, 2555) ทั้งนี้จากการศึกษาผลของเครื่องต้มน้ำกระท่อมพบว่า มีผลทำให้ค่า MI ลดลงสูงกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม แสดงว่าสารที่นำมาทดสอบมีผลทำให้เกิดการตายของเซลล์ และส่งผลทำให้เกิดการลดลงอย่างรวดเร็วของปริมาณโปรตีนทั้งหมดจากการยับยั้งปฏิกิริยาการโยกย้าย (Translocation reactions) หรือการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาการถ่ายโอนโพลีพิติดิล (Polyptidyl

transference reaction) หรือการปิดกั้นการสังเคราะห์ mRNA โดยการจับกับ RNA (Perentesis, Miller & Bodley, 1992)

จากตารางที่ 1 เครื่องดื่มน้ำกระท่อมผสมยาแก้ไอให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความถี่ของความผิดปกติของโครโมโซมในรากหอมสูงกว่าการแช่ในเครื่องดื่มน้ำกระท่อมเพียงอย่างเดียว แต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าเปอร์เซ็นต์ความถี่ของความผิดปกติของโครโมโซมของเครื่องดื่มน้ำกระท่อมทั้งสองสูตรเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ทั้งนี้เนื่องมาจากความแตกต่างกันของส่วนผสมในเครื่องดื่ม สำหรับสารสำคัญที่พบในใบกระท่อมจะประกอบด้วยแอลคาลอยด์ทั้งหมด โดยเฉพาะไมทราจินีน ส่วนในยาแก้ไอประกอบไปด้วยตัวยาไดเฟนไฮดรามีน (Diphenhydramine) แอมโมเนียมคลอไรด์ (Ammonium chloride) และโซเดียมซิเตรต (Sodium citrate) ซึ่งสารสำคัญดังกล่าวที่ผสมกันในเครื่องดื่มก่อให้เกิดความผิดปกติของเซลล์รากหอมได้สูงกว่า จากความแตกต่างของส่วนผสมในเครื่องดื่มน้ำกระท่อมแต่ละสูตร เครื่องดื่มน้ำกระท่อมสูตรที่ 3 ที่ผสมยาแก้ไอและน้ำอ้อย นอกจากจะประกอบไปด้วยสารไมทราจินีนจากใบกระท่อมแล้ว ยังมีตัวยาที่มีฤทธิ์ต่อระบบประสาทส่วนกลางจากยาแก้ไอ และในน้ำอ้อยยังมีสารอื่นๆ อีกหลายชนิด เช่น น้ำตาล กรดคาร์บอนิก (Carbonic acid) กรดฟอสฟอริก (Phosphoric acid) คาเฟอีน (Caffein) สี และกลีโคไซด์ รวมถึงสารกันบูด ซึ่งส่วนประกอบต่างๆ ส่งผลต่อความผิดปกติของเซลล์และโครโมโซมรากหอมได้ จากการศึกษาโดยใช้รากหอมเป็นตัวอย่างในการทดลองของ Sandip, Priyanka & Bhawana (2014) พบว่า น้ำอ้อยซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของโคคาโคล่าที่ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ สามารถทำให้เกิดความผิดปกติของโครโมโซมของรากหอมได้ โดยมีผลทำให้เกิดการแบ่งเซลล์ที่ผิดปกติในระยะไซโตไคนีซิสของเซลล์ (C-mitosis) โครโมโซมมีการเกาะกลุ่มกัน (Stickiness chromosome) โครโมโซมเกิดการยึดเหนี่ยวกัน (Adherent chromosome) และมีโครโมโซมที่เคลื่อนที่ช้ากว่าโครโมโซมอื่นๆ (Laggard chromosome) ภายหลังจากแช่รากหอมในน้ำอ้อยเป็นเวลา 6 และ 8 ชั่วโมง จากการศึกษาในครั้งนี้พบลักษณะความผิดปกติของโครโมโซมในเซลล์รากหอมภายหลังการแช่รากหอมเป็นเวลา 72 ชั่วโมงในเครื่องดื่มน้ำกระท่อมหลายรูปแบบ ทั้งนี้เนื่องมาจากเครื่องดื่มน้ำกระท่อมมีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดีเอ็นเอ โปรตีน หรือทั้งสองอย่าง หรือมีผลต่อการประกอบตัวกับกลุ่มฟอสเฟตในโมเลกุลดีเอ็นเอ หรือมีผลต่อการอัดตัวของดีเอ็นเอ (DNA condensation) ตลอดจนมีผลต่อการเชื่อมภายในระหว่างโครมาติด (Michael et al., 1996) โดยการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างของโครโมโซมที่พบมากที่สุดเป็นแบบแตกหักเป็นชิ้นส่วน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวมีผลทำให้พบโครโมโซมในรูปสะพานได้ เนื่องจากการชักนำให้โครโมโซมแตกหักจะไปรบกวนการประกอบตัวของไมโครทิวบูลที่จะสร้างเป็นเส้นใยสปินเดิล (Valencia-Quintana, Gomez-Arroyo & Villlobos-Pietrini, 1993)

สำหรับผลเสียจากการใช้สารหลายชนิดที่สามารถเสริมฤทธิ์กันได้พบได้จากรายงานกรณีศึกษาเกี่ยวกับการเสียชีวิตของชายวัย 21 ปี ที่ใช้น้ำต้มใบกระท่อมสูตร 4x100 (สูตรน้ำต้มใบกระท่อมร่วมกับเครื่องตีผงจำพวกโคล่า ยาแก้ไอ และยากล่อมประสาท) ร่วมกับสารเสพติดชนิดอื่นๆ จากผลการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างเลือดและปัสสาวะ พบสารไมโทรทราไจนีน คาเฟอีน ไดเฟนไฮโดรามีน อัลปราโซแลม (Alprazolam) นอร์ทริปไทลีน (Nortriptyline) เมทาโดน (Methadone) ทรามาดอล (Tramadol) เมทแอมเฟตามีน (Methamphetamine) และสารเมตาบอไลต์อื่นๆ ซึ่งสารดังกล่าวทำให้เกิดความผิดปกติของระบบประสาทส่วนกลาง และทำให้เกิดภาวะหายใจล้มเหลวจากสาเหตุการเสพยาหลายชนิด (จูโรทิพย์, 2561) โดยผลจากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า เครื่องตีผงน้ำกระท่อมผสมยาแก้ไอและน้ำอัดลมสามารถชักนำให้เกิดความเป็นพิษต่อเซลล์และสารพันธุกรรมในรากหอมได้สูงสุด โดยส่งผลทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงของความยาวของรากลำค่า MI เปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า MI เปอร์เซ็นต์ความถี่ของความผิดปกติของโครโมโซม ปริมาณโปรตีนทั้งหมด และลักษณะความผิดปกติของโครโมโซม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ดังนั้นการใช้พืชกระท่อมที่เชื่อว่ามีความเป็นพิษต่ำจึงเป็นสิ่งที่ควรตระหนักและระมัดระวังเป็นอย่างยิ่งเมื่อมีการผสมสารออกฤทธิ์ชนิดอื่นเพราะอาจส่งผลเสียต่อร่างกายได้ในที่สุด

### สรุปผลการวิจัย

พืชกระท่อมมีการนำมาใช้ประโยชน์กันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย การบริโภคใบกระท่อมจะทำให้รู้สึกสบาย ทนต่อความร้อน และเพิ่มความอดทนในการทำงาน ทำให้เป็นที่นิยมกันมากในกลุ่มผู้ใช้แรงงาน และเกษตรกร แต่ในปัจจุบันรูปแบบการบริโภคพืชกระท่อมเปลี่ยนแปลงไป ในกลุ่มเยาวชนมีการนำพืชกระท่อมไปใช้ในทางที่ผิดโดยการผสมสารอื่นๆ ลงไปในน้ำต้มกระท่อมเพื่อการสังสรรค์หรือทำให้เกิดอาการมึนเมา จากการศึกษาการชักนำให้เกิดความเป็นพิษต่อเซลล์และสารพันธุกรรมในเซลล์รากหอมที่ผ่านการแช่ในเครื่องตีผงน้ำกระท่อมสูตรต่างๆ เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ในครั้งนี้พบว่าเครื่องตีผงน้ำกระท่อมทุกสูตรมีผลทำให้เกิดการตายของเซลล์ และเครื่องตีผงน้ำกระท่อมผสมยาแก้ไอและน้ำอัดลมมีผลต่อเซลล์และทำให้สารพันธุกรรมของรากหอมเกิดการแบ่งตัวที่ผิดปกติไปมากที่สุด ดังนั้นการบริโภคเครื่องตีผงน้ำกระท่อมจึงควรคำนึงถึงผลเสีย และควรใช้ในรูปแบบที่กฎหมายกำหนด ตลอดจนควรมีการศึกษาทดลองซ้ำในเซลล์สัตว์เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการบริโภคต่อไปในอนาคต

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาชีววิทยา และศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราชที่ได้สนับสนุนสถานที่ และอุปกรณ์ที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

## เอกสารอ้างอิง

- กิจจา สว่างเจริญ. (2552). **การศึกษาพิษเรื้อรังของสารสกัดใบกระท่อม** (รายงานการวิจัย). สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- จุไรทิพย์ หวังสินทวีกุล. (2561). **พืชกระท่อม (Kratom)**. สืบค้นเมื่อ 11 ธันวาคม 2566, จาก [https://ccpe-pharmacycouncil.org/index.php?option=article\\_detail&subpage=article\\_detail&id=251](https://ccpe-pharmacycouncil.org/index.php?option=article_detail&subpage=article_detail&id=251)
- ชญานิต กลองรัง, และศิริลักษณ์ เขี่ยมธรรม. (2555). การประเมินความเป็นพิษที่มีผลต่ออัตราการแบ่งเซลล์ และโครงสร้างโครโมโซม และศักยภาพการเป็นสารต้านการก่อกลายพันธุ์จากสารสกัดลูกใต้ใบโดยทดสอบกับหอมแขก (*Allium cepa*). ใน **การประชุมวิชาการแห่งชาติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9** (น. 2231-2232). นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ไชยา ลาภานิชย์พูลผล, ภาวิณี เขียวสง่า, และธีรารัตน์ แซ่มชัยพร. (2565). ผลของสารอัลลีโลพาธีจากต้นหมอน้อย (*Vernonia cinerea* (L.) Less) ที่มีผลต่อการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสของปลายรากหอม. ใน **การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 14** (น. 87-92). นครปฐม: มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.
- เต็ม สมิตินันท์. (2557). **ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม)**. กรุงเทพฯ: กรมป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ ส่วนพฤกษศาสตร์ป่าไม้.
- ปิยวัฒน์ สังข์สนิท, ณัฐชา ปัญญาวุฒิ, จุไรทิพย์ หวังสินทวีกุล, ระวี เจียรวิภา, อติเรก รักคง, อนุสรณ์ เขิตทอง, ชานนท์ สุนทรา, และปิ่น จันจุฬา. (2564). การวิจัยและพัฒนาการใช้สมุนไพรกระท่อมในการเลี้ยงแพะ : การศึกษาลักษณะสารพฤกษเคมีเบื้องต้นและองค์ประกอบทางเคมีของใบกระท่อม. **วารสารแก่นเกษตร**, 49(2), 332-338.
- พระราชบัญญัติยาเสพติดให้โทษ ฉบับที่ 8 พ.ศ. 2564. (26 พฤษภาคม 2564). **ราชกิจจานุเบกษา**, 138 (ตอนที่ 35 ก), 1-3.
- มูรณีย์ มะแซ, จุไรทิพย์ หวังสินทวีกุล, และดาร์เนียง เจ๊ะหะ. (2564). ผลของน้ำต้มใบกระท่อมที่มีสารไมตราจันิน ขนาดสูงเป็นเวลานานต่อการทดสอบกิจกรรมการเคลื่อนไหวในหนูถีบจักร. ใน **การประชุมมหาดใหญ่ วิชาการระดับชาติและนานาชาติครั้งที่ 12** (น. 1672-1682). สงขลา: มหาวิทยาลัยหาดใหญ่.
- สุไหวด้า บุหลาด. (2558). **ประสบการณ์ผู้ติดยาเสพติด 4x100 ของวัยรุ่นในตำบลแห่งหนึ่งของจังหวัดกระบี่** (รายงานการวิจัย). สุราษฎร์ธานี: มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี.
- สุไหวด้า บุหลาด, ทวีช บุญแสง, และดารารวรรณ ร่องเมือง. (2558). ประสบการณ์ผู้ติดยาเสพติด 4x100 ของวัยรุ่นในตำบลแห่งหนึ่งของจังหวัดกระบี่. **พิษเนศวร์สาร**, 11(2), 41-49.
- เอกสิทธิ์ กุมารสิทธิ์. (2566). **กระท่อม-ภัยสุขภาพ กับผลกระทบที่มีต่อสุขภาพ**. สืบค้นเมื่อ 15 มิถุนายน 2567, จาก <https://www.bangkokbiznews.com/lifestyle/judprakai/1086803>

- Grannt. (1978). Chromosome aberrations in plants as a monitoring system. **Journal of Environmental Health Perspectives**, 27(1), 37–43.
- Harizal, S.N., Mansor, S.M., Hasnan, J., Tharakan, J.K.J., & Abdullah, J. (2010). Acute toxicity study of the standardized methanolic extract of *Mitragyna speciosa* Korth in Rodent. **Journal of Ethnopharmacology**, 131(2), 404–409.
- Himadri, P., & Sanjay, K. (2021). Butylated hydroxytoluene and Butylated hydroxyanisole induced cytotoxicity in root cells of *Allium cepa* L. **Journal of Heliyon**, 7(5), 1–7.
- Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L., & Randall, R.J. (1951). Protein measurement with the folin phenol reagent. **Journal of Biological Chemistry**, 193(1), 265–275.
- Michael, J.P., Elizabeth, D.W., Diana, A.S., & Tomáš, G. (1996). Plant activation and its role in environmental mutagenesis and antimutagenesis. **Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis**, 350(1), 163–171.
- Perentesis, J.P., Miller, S.P., & Bodley, J.W. (1992). Protein toxin inhibitors of protein synthesis. **Biofactors**, 3(3), 173–184.
- Rank, J., & Nielsen, M.H. (1994). Evaluation of the *Allium* anaphase–telophase test in relation to genotoxicity screening of industrial wastewater. **Journal of Mutation**, 312(1), 17– 24.
- Sandip, K.C., Priyanka, S., & Bhawana, P. (2014). Clastogenic effect of soft drink on root tip of *Allium cepa*. **Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, 3(5), 200–206.
- Singh, C.M., Batish, D.R., & Kohli, R.K. (2002). Allelopathic effect of two volatile monoterpenes against bill goat weed (*Ageratum conyzoides* L.). **Journal of Crop Protection**, 21, 347–350.
- Tülay, A.C., & Ozlem, S.A. (2010). Evaluation of cytotoxicity and genotoxicity of *Inula viscosa* leaf extracts with *Allium* test. **Journal of Biomedicine and Biotechnology**, doi: 10.1155/2010/189252.
- Valencia–Quintana, R., Gomez–Arroyo, S., & Villobos–Pietrini, R. (1993). Cytological effects of some carbamate insecticides. 1. Methomyl and oxamyl in *Vicia faba*. **Revista Internacional de Contaminacion Ambiental**, 9(2), 65–69.