

REVIEW ARTICLE

ตะไคร้

Cymbopogon citratus (DC) Stapf

Parirat Khonsung

Department of Pharmacology, Faculty of Medicine, Chiang Mai University

ตะไคร้เป็นไม้ที่มีถิ่นกำเนิดจากประเทศศรีลังกาและอินเดีย ใบมีกลิ่นหอมเฉพาะ นิยมปลูกไว้เพื่อใช้เป็นส่วนประกอบในการปรุงอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารไทย เช่น ต้มยำ นอกจากนี้ตะไคร้ยังถูกใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง เช่นเป็นส่วนประกอบของสบู่ แชมพู ประโยชน์ทางยาอ้างอิงตามสรรพคุณยาโบราณซึ่งกล่าวว่า ตะไคร้มีกลิ่นหอม ใช้ขับลมในลำไส้ ทำให้เจริญอาหาร บำรุงไฟธาตุ แก้โรคทางปัสสาวะ รสปร่าแก้ควาและแก้เบื่ออาหาร¹

ตะไคร้มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf. เป็นพืชในวงศ์ Gramineae (Poaceae) ชื่อพ้อง *Andropogon citratus* DC, *Andropogon citratus* DC ex Nees, *Andropogon citriodorum* Hort x Desf., *Andropogon nardus* subsp. *ceriferus* (Hack) Hack, *Andropodon roxburghii* Nees ex Steud.,

Andropogon schoenanthus L., *Cymbopogon nardus* subvar. *citratus* (DC.) Roberty²

ชื่ออื่น ได้แก่ คาหอม ไคร จะไคร เชิดเกรย หัวสิงโต หัววตะโป้ เหละเกรย Lepine, Lemongrass, West Indian lemongrass³

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์³⁻⁵

ตะไคร้เป็นพืชล้มลุก อายุหลายปี ขึ้นรวมกันเป็นกอหนาแน่น มีความสูงถึง 3 ม. ชอบดินร่วนซุย เหง้าใต้ดินสั้นมีกลิ่นเฉพาะ ลำต้นรูปทรงกระบอก กลี้ยง แข็ง ใบเกลี้ยง ตั้งตรง ยาวประมาณ 1 ม. กว้าง 5-15 มม. รูปขอบขนานแคบ คมและสาก สีใบด้านบนขาวกว่าด้านล่าง โคนใบสอบเรียว ลิ่นใบมีขอบหยาบและบางครั้งเยื่อ หรือ แห้งสาก ยาว 4-5 มม สีขาวนวลหรือขาวปนม่วง มีเกล็ดบางๆ ยาว 2 มม ที่รอยต่อระหว่างกาบ

ใบและตัวใบ ดอกออกยาก เป็นช่อกระจาย ช่อดอกย่อยมีก้านออกเป็นคู่ๆ ดอกหนึ่งมีก้าน อีกดอกไม่มีก้าน ดอกย่อยประกอบด้วยดอกเล็กๆ 2 ดอก ดอกล่างลดรูปเป็นกลีบเดี่ยวโปร่งแสง ดอกบนสมบูรณ์เพศ มีใบประดับ 2 ใบ

ข้อมูลพฤกษเคมี

ตะไคร้สดประกอบด้วยน้ำประมาณ 80 % สารเป็นน้ำมันระเหยประมาณ 0.2-0.4 % อาจพบได้ถึง 3 % ขึ้นอยู่กับวิธีสกัด และแหล่งที่ปลูกพืช ที่เหลือเป็นสารที่ไม่ใช่น้ำมันระเหยรวมถึงแร่ธาตุต่างๆ เช่น แคลเซียม โพแทสเซียม

สารที่ไม่ใช่น้ำมันระเหยได้แก่ caffeic acid, chlorogenic acid, *p*-coumaric acid, cymbopogonol, cymbopogone, cymbopogonol, cynaroside, fructose, isoscoparin, luteolin, luteolin-7-*O*-neohesperidoside, octacosanol, orientin, orientin, iso, 2''-*O*-rhamnosyl, saponin, β -sitosterol (hexacosanol, triacontanol), sucrose, swertiajaponin⁶⁻⁹

น้ำมันหอมระเหยที่พบเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของ monoterpene hydrocarbons, oxygenated monoterpenes, sesquiterpene hydrocarbons และ oxygenated sesquiterpenes สารเคมีในน้ำมันหอมระเหยที่พบเป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ α -citral หรือ geranial, β -citral หรือ neral, limonene, nerol, neryl acetate และ 6-methyl-hepten-2-one สารอื่นที่พบได้แก่ borneol,

camphene, camphor, (+)- β -cardinene, γ -cadinene, car-3-ene, Z-carveol, β -caryophyllene, caryophyllene oxide, cineal, cineole, citronellal, β -citronellal, citronellol, citronellol acetate, epicubenol, α -cyclocitral, farnesol, fenchone, geranial butyrate, geraniol, geraniol acetate, *D*-germacrene, heptan-2-one, 3-methyl, humulene, isoeugenol, *D*-limonene, linalool, linalool oxide, menthol, menthone, myrcene, β -myrcene, myrtanal, nerolic acid, ocimene, β -ocimene, *n*-octanal, α -pinene, β -pinene, sabinol, terpinolene, terpinol, tricyclene, verbenone, zingiberene^{7,10-17}

ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา

ตะไคร้เป็นพืชที่ถูกนำมาใช้เป็นยาสมุนไพรกันอย่างกว้างขวาง มีการศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของสารสกัดตะไคร้ รวมถึงสารสำคัญต่างๆ ทั้งในหลอดทดลอง ในสัตว์ทดลอง และในคน ฤทธิ์ดังกล่าวได้แก่ ฤทธิ์ต้านจุลชีพ ฤทธิ์ต้านปรสิต ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์แก้ปวด ต้านการอักเสบ ลดไข้ ฤทธิ์ต่อระบบประสาทส่วนกลาง ฤทธิ์ต่อระบบไหลเวียนโลหิต ฤทธิ์ต่อทางเดินอาหาร ฤทธิ์ต่อเอนไซม์ในตับ ฤทธิ์ต่อยีนส์ ฤทธิ์ต้านการกลายพันธุ์ ฤทธิ์ต้านมะเร็ง ฤทธิ์ไล่แมลง และการศึกษาความเป็นพิษ

1. ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย

เมื่อนำสารสกัดเอทานอล สารสกัดด้วยน้ำร้อนและน้ำเย็นความเข้มข้น 20 มก./มล/disc มาทดสอบด้วยวิธี disc-diffusion

พบว่า มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของ *Staphylococcus aureus* และ *E. coli*¹⁸

น้ำมันหอมระเหยมีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียที่เรียกว่าได้ดีกว่ากรีมลบ โดยสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S. aureus*, *S. agalactiae*, *S. pneumoniae*, *S. pyogenes*, *S. paratyphi A*, *S. typhi* H 901, *S. typhi* S 32, *Bacillus subtilis* var. *niger*, *E. coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas fluorescens* เมื่อทดสอบด้วยวิธี macrobroth dilution ที่ค่า MIC (Minimum Inhibitory Concentration) 250 - 500 ppm แต่ไม่ได้ผลต่อ *P. aeruginosa*¹⁹ เมื่อนำน้ำมันหอมระเหย 15 มคก/disc มาทดสอบด้วยวิธี disc-diffusion สามารถยับยั้งการเจริญของ *Salmonella* spp. (*S. typhimurium*, *S. enteritidis*), *E. coli* O157, *Campylobacter jejunii* และ *Clostridium perfringens* ได้²⁰ เมื่อทดสอบด้วยวิธี diffusion ที่ความเข้มข้น 5 มคก/disc ซึ่งมีส่วนประกอบหลักคือ 1,8-cineole, geranial และ neral สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียได้หลายชนิด เช่น *Citrobacter* sp., *P. vulgaris* และ *S. typhimurium*²¹ ส่วนประกอบอื่นที่พบในน้ำมันหอมระเหยซึ่งมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย ได้แก่ borneol, geraniol, linalool, nerol และ neral^{21,22}

มีการศึกษาเพื่อพัฒนาสูตรตำรับเจลล้างมือจากน้ำมันตะไคร้ พบว่าเมื่อทดสอบด้วยวิธี disc diffusion ตำรับที่มีความเข้มข้นของน้ำมันตะไคร้ 5% โดยน้ำหนักสามารถ

ยับยั้งเชื้อ *E. coli* และ *S. typhimurium* ได้ดีที่สุด²³

2. ฤทธิ์ต้านเชื้อรา

น้ำมันหอมระเหยความเข้มข้น 6 - 8 % v/v สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum graminicola*, *Fusarium moniliforme* และ *Phoma sorghina* ในข้าวฟ่างได้ประมาณ 40-76 % เมื่อเทียบกับยามาตรฐาน Dithane M-45 ซึ่งยับยั้งได้ 76.2 % และที่ความเข้มข้น 6 % ได้ผลในการควบคุมการติดเชื้อราและการแพร่ระบาดของเชื้อรา *C. graminicola* และ *P. sorghina* โดยไม่มีผลต่อการพัฒนาของเมล็ดข้าวฟ่าง²⁴

น้ำมันหอมระเหยมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญและฆ่าเชื้อ *Aspergillus fumigatus*, *A. niger* ที่ความเข้มข้น 0.03 % v/v²⁵ และ *A. flavus* Link ที่ความเข้มข้น 0.6 - 1 มก./มล²⁶ เมื่อทดสอบด้วยวิธี disc diffusion น้ำมันหอมระเหยที่มีส่วนประกอบหลักเป็น geranial, neral และ myrcene สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา genus *Aspergillus* 5 สายพันธุ์ ได้แก่ *A. niger* (MIC 15 มก./มล) *A. parasiticus*, *A. ochraceus*, และ *A. fumigatus* (MIC 59 มก./มล) และ *A. flavus* (MIC 118 มก./มล)²⁷ น้ำมันหอมระเหยความเข้มข้น 250 ppm ยับยั้งการสร้างสปอร์ของ *A. flavus*, *A. fumigatus*, *A. niger*, *Alternaria alternata*, *Penicillium citrinum* และ *Trichoderma harzianum* ได้ 80% ยกเว้น

Curvularia lunata ที่ยับยั้งได้เพียง 30 %²⁸ และเมื่อทดสอบด้วยวิธี disc diffusion และ broth dilution ที่ความเข้มข้น 0.062-20 มก/มล สามารถยับยั้งการเจริญและฆ่าเชื้อ *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum* และ *Penicillium roquefortii* ได้²⁹

เมื่อทดสอบด้วยวิธี disc diffusion และ agar dilution สารสกัดเอทานอลและ สารสกัด น้ำยับยั้งการเจริญของ *Epidermophyton floccosum*, *Microsporum canis* และ *Trichopyton rubrum* โดยมีค่า MIC ตั้งแต่ 70 - 150 มก/มล³⁰

น้ำมันตะไคร้สามารถยับยั้งเชื้อรา *Malassezia furfur* (MIC 3.58 มก/มล) ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดรังแคได้ การศึกษาพัฒนาครีมหมักผมของน้ำมัน ตะไคร้ที่ความเข้มข้น 10 % โดยน้ำหนัก พบว่ามีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *M. furfur* ได้โดยมีค่า Minimal Fungicidal Concentration (MFC) เท่ากับ 22.40 มก/มล³¹

3.ฤทธิ์ต้านยีสต์

สารสกัดเอทานอล สารสกัดด้วยน้ำ ร้อนและน้ำเย็น เมื่อนำทดสอบด้วยวิธี disc-diffusion ผลพบว่ามีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของ *Candida albicans* ได้ในความเข้มข้น 20 มก/มล/disc¹⁸

น้ำมันหอมระเหยความเข้มข้น 0.062 - 20 มก/มล สามารถยับยั้งการเจริญของ *C. albicans*, *C. oleophila*, *Hansenula anomala*, *Saccharomyces cerevisiae*, *S. uvarum*, *Schizosaccharomyces pombe* และ *Metschnikowia fructicola* ได้²⁹ น้ำมัน หอมระเหยและสารสำคัญ citral ปริมาณ 8 มก/disc แสดงฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของ *Candida* spp. หลายชนิด ได้แก่ *C. albicans*, *C. glabrata*, *C. krusei*, *C. parapsilosis* และ *C. tropicalis* โดยวิธี disc diffusion³²

4. ฤทธิ์ต้านไวรัส

การศึกษา in vitro พบว่าน้ำมันหอม ระเหยความเข้มข้น 0.1 % ยับยั้งการแบ่งตัว ของ herpes simplex virus type-1 (HSV-1) ได้³³

5. ฤทธิ์ต้านปรสิต

5.1 Amoebicidal activity

สารสกัดเมทานอล/methylene chloride (v/v) ความเข้มข้น 100 มก/มล มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อ *Entamoeba histolytica* ซึ่งเป็นเชื้อก่อโรคบิดในคนได้ต่ำกว่ายามาตรฐาน metronidazole (100 มก/มล)³⁴

5.2 Antifilarial activity

ใบสดบดความเข้มข้น 7.5×10^3 ppm ในสารละลาย Tyrode มี antifilarial

activity ต่อ *Setaria digitata* โดยสามารถฆ่าเชื้อได้หมดภายในเวลา 6 ชั่วโมง³⁵

5.3 Antiprotozoan activity

ฤทธิ์ต้านโปรโตซัวของน้ำมันหอมระเหยต่อ *Crithida deanei* จะแปรผันโดยตรงตามความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยที่ใช้³⁶

5.4 Ascaricidal activity

การทดสอบ ascaricidal activity ต่อ larvae และ engorge female cattle ticks (*Boophilus microplus*) โดย dipping method พบว่า น้ำมันจากใบสดมี larvicidal activity และ ascaricidal activity สูง โดยฤทธิ์ทั้งสองอย่างสูงกว่าของน้ำมันที่ได้จากใบแห้ง³⁷

5.5 ฤทธิ์ต้านมาลาเรีย

น้ำมันหอมระเหยที่มี geranial (32.8 %), neral (29.0 %), myrcene (16.2 %) และ β -pinene (10.5 %) เมื่อให้ในหนูถีบจักรในขนาด 500 มก/กก มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของ *Plasmodium berghei* ได้ 86.6 % เมื่อเปรียบเทียบกับ chloroquine 10 มก/กก³⁸

6. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

สารสกัดเมธานอล เมธานอล/น้ำ ชาชง และสารสกัดน้ำ ความเข้มข้น 33 – 50 มก/มล มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในการทดสอบด้วย 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) และ superoxide anion

assay นอกจากนี้ที่ความเข้มข้น 500 มก/มล มีฤทธิ์ยับยั้ง lipid peroxidation ในเม็ดเลือดแดงของคน สารที่แยกจากสารสกัดได้แก่ isoorientin และ orientin ให้ผลเช่นเดียวกันในการทดสอบด้วยวิธี DPPH และมีผลยับยั้ง lipid peroxidation ในเม็ดเลือดแดงของคนได้ สาร caffeic และ chlorogenic acid เป็น superoxide anion scavenger และมีฤทธิ์ต่อ DPPH สูง โดยสาร caffeic acid สามารถยับยั้ง lipid peroxidation ได้³⁹

Citral มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในการทดสอบ superoxide scavenging activity⁴⁰ เมื่อทาสารนี้บนผิวหนังด้านหลังของหนูถีบจักรด้วยความเข้มข้น 810 นาโนโมล ก่อนทา 12-O-tetradecanoylphorbol-13-acetate (TPA) นาน 30 นาที สามารถยับยั้งการเพิ่มระดับ thiobarbituric acid-reacting substances (TBARS) ใน epidermis ได้⁴¹

7. ฤทธิ์แก้ปวด

เมื่อให้น้ำมันหอมระเหยทางปากหรือฉีดเข้าทางช่องท้องแก่หนูถีบจักรในขนาด 50 – 100 มก/กก สามารถบรรเทาอาการปวดในแบบจำลองที่เหนียวทำให้สัตว์ทดลองเจ็บปวดด้วยความร้อน (hot plate) ได้ เมื่อให้ขนาด 5 – 10 มก/กก ทางปากหรือฉีดเข้าทางช่องท้องแก่หนูถีบจักร ก่อนเหนียวทำให้หนูเจ็บปวดโดยการฉีด 0.6 % กรดอะซิติกเข้าทางช่องท้อง 30 นาที พบว่าสามารถลดการหดตัวของกล้ามเนื้อท้องของหนูได้ และ

การให้ในขนาด 10 - 50 มก./กก. สามารถยับยั้งการปวดที่เหนียวนำด้วยการฉีด 1% พอร์มาลินเข้าที่ฝ่าเท้าหนูได้ คาดว่าน้ำมันหอมระเหยออกฤทธิ์บรรเทาอาการปวดผ่านทางระบบประสาทส่วนกลางและนอกระบบประสาทส่วนกลาง⁴²

เมื่อป้อนชาชงตะไคร้ (ความเข้มข้น 10-40 %) ทางปากให้แก่หนูถีบจักร 3 มล สามารถยับยั้งอาการปวดจากการเหนียวนำด้วยการฉีดคาราจีแนนเข้าที่อุ้งเท้าได้ และที่ความเข้มข้น 20 % ให้ผลยับยั้งการปวดจากการฉีด prostaglandin E₂ เข้าอุ้งเท้า แต่ไม่ได้ผลระงับปวดจากการเหนียวนำด้วยการฉีด dibutyl cyclic AMP นอกจากนี้ น้ำมันหอมระเหยและน้ำมันส่วนสกัดแยกที่มี myrcene เป็นสารหลัก เมื่อให้ทางปากในขนาด 90 มก/กก สามารถยับยั้งการปวดที่เหนียวนำด้วยการฉีด prostaglandin E₂ เข้าที่อุ้งเท้าได้ ทั้งน้ำมันหอมระเหยและ myrcene (15-120 มก/กก) ยับยั้งการปวดจากการฉีด isoprenaline เข้าอุ้งเท้าหนู แต่ไม่ได้ผลในแบบจำลองที่ฉีด dibutyl cyclic AMP นอกจากนี้ ในขนาด 15 - 405 มก/กก ยังสามารถลดการหดตัวของกล้ามเนื้อท้องของหนูจากการฉีดกรดอะซิติริก (60 มก/กก) และ iloprost (10 มคก/กก) เข้าทางช่องท้อง สาร myrcene ในขนาด 135 และ 405 มก/กก ไม่สามารถยับยั้งปวดที่เหนียวนำด้วยความร้อน (hot plate) ได้ ดังนั้น ฤทธิ์ของสาร myrcene อาจเกิดจาก

การยับยั้งความเจ็บปวดนอกระบบประสาทส่วนกลาง⁴³

8. ฤทธิ์ต้านการอักเสบ

เมื่อให้สารสกัดน้ำจากใบแห้งความเข้มข้น 20 % ทางปาก มีฤทธิ์ต้านอักเสบโดยลดการบวมของอุ้งเท้าหนูหลังฉีด 0.1 มล ของ 1 % คาราจีแนนเข้าที่อุ้งเท้าหนูที่ชั่วโมงที่ 5 ได้เล็กน้อยเพียง 18.6 % เท่านั้น⁴⁴

9. ฤทธิ์ลดไข้

เมื่อให้ชาชงจากใบแห้งขนาดที่สูงกว่าในคน 40 เท่า หรือสาร citral ขนาด 200 มก/กก โดยการป้อนทางปากไม่มีผลลดอุณหภูมิร่างกายของหนูปกติและหนูที่ทำให้เกิดไข้ด้วยการฉีด E. coli แต่เมื่อฉีด citral เข้าทางช่องท้องสามารถลดอุณหภูมิร่างกายหนูที่เป็นไข้ได้⁴⁵

10. ฤทธิ์ต่อระบบประสาทส่วนกลาง

เมื่อป้อนน้ำมันหอมระเหยขนาด 0.5 และ 1 ก/กก ทางปากให้หนูถีบจักร ทำให้เวลาการนอนหลับจากการให้ pentobarbital นานขึ้น และมีฤทธิ์คลายเครียด (anti-anxiety activity) โดยเพิ่มจำนวนครั้งและเวลาที่หนูอยู่ในด้านเปิดในแบบจำลอง elevated plus maze นอกจากนี้ยังทำให้ clonic seizures จากการเหนียวนำด้วย pentylene tetrazole เกิดช้าลง และยับยั้ง tonic extensions ที่เหนียวนำด้วยไฟฟ้าได้ ซึ่งชี้แนะว่าน้ำมันหอมระเหยอาจมีฤทธิ์ยับยั้ง

อาการของโรคลมชักได้ น้ำมันหอมระเหยไม่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อลายเมื่อทดสอบด้วยแบบจำลอง rotarod และ open field⁴⁶ เมื่อให้ชาชงจากใบแห้งขนาดที่สูงกว่าในคน 50 - 100 เท่า หรือ citral ขนาด 100 มก/กก โดยการป้อนทางปากและการฉีดเข้าช่องท้องไม่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อในแบบจำลอง rota-rod ของหนูถีบจักร แต่สาร citral เมื่อให้โดยการฉีดเข้าช่องท้องสามารถลด spontaneous motor activity และเพิ่มเวลานอนหลับของหนูถีบจักรจากการให้ pentobarbital ได้ ในการประเมินฤทธิ์กดสมอง ฤทธิ์ทำให้หลับ (hypnotic) ฤทธิ์ neuroleptic ฤทธิ์ต้านการชัก (anticonvulsant) และฤทธิ์คลายเครียด (anxiolytic) พบว่าชาชงขนาดที่สูงกว่าที่ใช้ในคน 208 เท่า หรือสาร citral ขนาด 200 มก/กก เมื่อให้ทางปากไม่มีฤทธิ์ดังกล่าว⁴⁵

การศึกษาในคนแบบบอดสองทางและควบคุมด้วยยาหลอก (double-blind placebo controlled) โดยให้ชาชงจากผงใบแห้ง 4 กรัมแก่อาสาสมัคร 50 คน ไม่ช่วยทำให้อาสาสมัครหลับ และไม่สามารถลดความเครียดของอาสาสมัคร 18 คนได้⁴⁷

11. ฤทธิ์ต่อระบบไหลเวียนโลหิต

11.1 ฤทธิ์ลดน้ำตาลและไขมันในเลือด

เมื่อให้สารสกัดน้ำจากใบสดขนาด 125, 250 และ 500 มก/กก ทางปากแก่หนูขาวทุกวัน ๆ ละครั้งต่อเนื่องกันนาน 42 วัน มี

ผลลดระดับน้ำตาล โคเลสเตอรอลชนิด low-density lipoproteins (LDL-C), very low-density lipoprotein (VLD-C) แต่สามารถเพิ่ม high-density lipoprotein (HDL-C) โดยไม่มีผลต่อไตรกลีเซอไรด์⁴⁸ สารสกัดเอธานอลจากใบสดในขนาด 100 และ 200 มก/กก เมื่อป้อนทางปากต่อเนื่องทุกวันนาน 7 วัน แก่หนูที่เหนียว นำให้มีระดับโคเลสเตอรอลในเลือดสูงด้วยการให้อาหารสูตรไขแดง พบว่าหนูกลุ่มที่ได้รับสารสกัดเอธานอลมีระดับโคเลสเตอรอลในเลือดลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ได้รับน้ำกลั่น⁴⁹

11.2 ฤทธิ์ลดความดันโลหิต

เมื่อให้สารสกัดน้ำจากใบแห้งที่ความเข้มข้น 10 % และ 20% ทางหลอดเลือดดำมีฤทธิ์ลดความดันโลหิตในหนูได้เล็กน้อย โดยฤทธิ์ลดความดันโลหิตคาดว่าเกิดจากฤทธิ์ขับปัสสาวะอย่างอ่อนของสารสกัดนี้⁴⁴

12. ฤทธิ์ต่อทางเดินอาหาร

ชาชงจากใบแห้งขนาดที่สูงกว่าในคน 20-100 เท่าหรือสาร citral ขนาด 200 มก/กก เมื่อให้โดยการป้อนทางปากไม่มีผลเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนผ่านของผงถ่านในลำไส้หนูถีบจักร และไม่มีผลต่อการถ่ายอุจจาระของหนูขาวใน open-field แต่เมื่อให้โดยการฉีดเข้าช่องท้องจะลดการเคลื่อนผ่านของผงถ่านในลำไส้ได้ และการฉีดสาร citral เข้าช่องท้องสามารถลดการถ่ายอุจจาระได้⁴⁵

ดังนั้น ชาชงจากใบและสาร citral อาจมีฤทธิ์แก้อาการท้องร่วงได้

13. ฤทธิ์ต่อเอ็นไซม์ในตับ

การเพาะเลี้ยง liver epithelial cell line (RL34 cells) ในสาร citral ความเข้มข้น 100 ไมโครโมล นาน 24 ชม สามารถเพิ่ม glutathione S-transferase (GST) activity ขึ้น 1.5 เท่า ซึ่งแปรผันโดยตรงตามความเข้มข้นของยาและเวลาที่เซลล์เพาะเลี้ยงสัมผัสกับยา เมื่อวิเคราะห์ด้วย immunoblot analysis พบว่า class pi GST isozyme ถูกเหนี่ยวนำให้มี activity เพิ่มขึ้น โดยฤทธิ์เหนี่ยวนำนี้เกิดจากสาร geranial ซึ่งเป็น E-isomer ของสาร citral นอกจากนี้ สาร geranial ยังทำปฏิกิริยากับ glutathione และหมู่ thiol ของโปรตีนได้⁴¹ β -myrcene และ monoterpenes อื่น ๆ เช่น (-)- α -pinene, (+)- α -pinene, d-limonene, α -terpinene, citral, citronellal และ camphor มีฤทธิ์ยับยั้งเอ็นไซม์ CYP2B1 ในแบบจำลองที่วัด activity ของ microsomal pentoxyresorufin-O-depentyase (PROD) จากตับของหนูขาวที่กิน sodium phenobarbital ต่อเนื่องนาน 4 วัน และฉีดเข้าทางช่องท้องในวันที่ 5 แต่ β -myrcene มีฤทธิ์ยับยั้งเอ็นไซม์ CYP1A1 ได้เล็กน้อยในแบบจำลองที่วัด activity ของ microsomal 7-ethoxyresorufin - O - deethylase (EROD) ดังนั้น β -myrcene และ monoterpenes จึงอาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงยาต่างๆ เช่น

cyclophosphamide, barbiturates และ bromobenzene ที่เป็นสารตั้งต้นของ CYP2B1 monooxygenase⁵⁰ สารสกัดส่วนที่ละลายในเฮกเซนที่สกัดแยกจากสารสกัดเอธานอล 80 % และสารแยกบริสุทธิ์บางส่วนจากสารสกัดส่วนเฮกเซนด้วยวิธี thin-layer chromatography มีฤทธิ์ทำให้ระดับ cytochrome P450 ลดลง แต่มีฤทธิ์กระตุ้น amonopyrine demethylase activity ได้⁵¹

14. พิษต่อเซลล์และยีสส์ ฤทธิ์ด้านการก่อการกลายพันธุ์และด้านการเกิดมะเร็ง

สารสกัดเอธานอลไม่มีฤทธิ์ก่อการกลายพันธุ์ใน *Staphylococcus typhimurium* TA98 และ TA100⁵² สาร β -myrcene ยับยั้งพิชตยีสส์ของสารก่อการกลายพันธุ์บางชนิด เช่น cyclophosphamide และ aflatoxin B1 ในเซลล์ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม แต่ไม่มีผลต่อ 9,10-dimethyl-1,2-benzoanthracene (DMBA) และ benzo[a]pyrene^{53,54} ฤทธิ์ด้านการก่อการกลายพันธุ์ดังกล่าวอาจเกี่ยวข้องกับการที่ β -myrcene มีฤทธิ์ยับยั้งเอ็นไซม์ CYP2B1 ได้ดี แต่มีฤทธิ์ยับยั้ง CYP1A1 ได้เล็กน้อยดังที่กล่าวข้างต้น⁵⁰ สาร citral มีฤทธิ์ anti-clastogenic effect โดยสามารถยับยั้งการเกิด micronucleus ที่เหนี่ยวนำด้วย nickel chloride ในหนูถีบจักรได้³⁹

สารสกัดน้ำความเข้มข้น 30 มก/มล ลด mitotic index, seed germination และ root development และทำให้โครโมโซมเกิด

ความผิดปกติ (chromosome aberrations) และเกิดการตายของเซลล์ในรากของผักสลัด lettuce (*Lactuca sativa*) ได้⁵⁵ สารสกัดน้ำมี mitodepressive effect ต่อส่วนปลายของราก *Allium cepa*⁵⁶ สารสกัดเอธานอลยับยั้งการเกิด DNA adduct และ aberrant crypt foci ที่เหนี่ยวนำด้วยสารก่อมะเร็ง azoxymethane ในลำไส้ใหญ่ของหนูขาว⁵⁷ มีฤทธิ์ชะลอการเจริญของ fibrosarcoma ที่ปลูกถ่ายแก่หนูถีบจักร⁵⁸ และยับยั้งระยะต้น (early phase) ของการเกิดมะเร็งของตับ (hepatocarcinogenesis) ในหนูหลังจากให้ diethylnitrosamine⁵⁹

เมื่อผสมผงตะไคร้แห้งปริมาณ 10 % ในอาหารให้หนูถีบจักรกินเป็นเวลา 2 สัปดาห์ สามารถยับยั้งการเกิดการแตกหักของโครโมโซมที่ก่อให้เกิด micronucleus ที่ชักนำด้วยสารก่อมะเร็ง 7, 12-dimethylbenz(a)anthracene (DMBA) ได้⁶⁰

น้ำมันหอมระเหยและสาร citral เป็นพิษต่อเซลล์ P₃₈₈ mouse leukemia⁶¹⁻⁶³ และน้ำมันหอมระเหยมี anti-proliferative activity ต่อ human mouth epidermal carcinoma (KB)⁶³

15. ฤทธิ์ไล่แมลง

เมื่อทาสารสกัดเมธานอลจากใบแห้ง ความเข้มข้น 2 และ 2.5 มก/มล บนผิวหนังสามารถป้องกันยุงก้นปล่อง *Anopheles arabiensis* Patton กัดได้นาน 12 ชม โดยมีค่าการป้องกันยุงได้ 68.06 % และ 78.83 %

ตามลำดับ⁶⁴ สาร geranial และ neral เป็นสารออกฤทธิ์หลักในการไล่ยุง สาร terpene เหล่านี้ที่ความเข้มข้น 0.1 มก/มล มีฤทธิ์ไล่ยุงรำคาญ (*Culex pipiens pallens*, *Culex pipiens quinquefasciatus*) และยุงลาย (*Aedes albopictus*)⁶⁵ น้ำมันหอมระเหยที่ประกอบด้วย geranial (34.4%), neral (28.4%) และ geraniol (11.5%) มีฤทธิ์ไล่มอดแป้ง (*Tribolium castaneum* Herbst) ได้⁶⁶

16. ฤทธิ์อื่น

เมื่อนำผงของใบแห้งไปผสมกับข้าวโพดและถั่วพุ่มสามารถช่วยเก็บรักษาพืชโดยไม่ทำให้พืชเหล่านี้มีกลิ่น สี หรือมีการเสื่อมสลาย ในการศึกษาที่เก็บพืชนาน 10 วัน ภายใต้อุณหภูมิ 26 ± 2 °C ความชื้น 75 ± 5 % ความเข้มข้นต่ำสุดที่ได้ผลคือ 0.5 % (w/w)⁷²

17. การทดสอบความเป็นพิษ

เมื่อป้อนชาชงจากใบแห้ง (ผงแห้ง 10 กรัมในน้ำเดือด 150 มล) ขนาด 4 และ 8 มล/กก (ซึ่งเป็นขนาดที่สูงกว่าที่ใช้ในคน 10-20 เท่า) ทางปากให้หนูทุกวันนาน 2 เดือน ไม่มีผลต่อน้ำหนักตัว ระดับกลูโคสในเลือด อุณหภูมิร่างกายของหนูเพศผู้ และไม่มีผลต่อ estrus cycle ในเพศเมีย การให้ชาชงแก่หนูเพศเมียมกก่อนตั้งท้อง 51 วันไม่มีผลรบกวนการขยายพันธุ์ การตั้งท้อง และไม่มีผลก่อเกิดทารกวิรูป (teratogenesis) ของตัวอ่อน ผล

การศึกษาชี้ว่าชาชงไม่มีผลต่อ spermatozoid เมื่อให้นาน 70-80 วัน⁶⁷ สารสกัดน้ำจากใบสดขนาด 5,000 มก/กก เมื่อป้อนทางปากครั้งเดียวแก่หนูขาวไม่ทำให้หนูตาย หลังให้ยาช่วง 15 - 30 นาทีแรกพบว่าหนูมี locomotor activity เพิ่มขึ้น จากนั้นจึงลดลง 3 - 5 ชั่วโมงต่อมาพบภาวะหัวใจเต้นเร็ว ปากและลำตัวสั่น ขนตั้ง และท้องเสีย อาการเหล่านี้ค่อยๆหายไป ในช่วงหลังๆ หนูแสดงพฤติกรรมกินอาหาร ขนร่วง ปัสสาวะบ่อย และซุบซอม⁴⁸ เมื่อให้ชาชงจากผงใบแห้ง 4 กรัมแบบครั้งเดียวหรือให้วันละครั้ง นาน 14 วันแก่อาสาสมัครสุขภาพดี ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของค่าทางชีวเคมีในเลือด ได้แก่ กลูโคส ยูเรีย creatinine โคเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ ไขมัน total bilirubin, indirect bilirubin, glutamic-oxaloacetic transaminase (GOT), glutamic-pyruvic transaminase (GPT) alkaline phosphatase, โปรตีนรวม, albumin, lactic dehydrogenase (LDH) และ creatine Phosphokinase (CPK) การตรวจปัสสาวะ คลื่นไฟฟ้าหัวใจ และคลื่นไฟฟ้าสมอง ไม่พบความผิดปกติ อาสาสมัครบางคนมีค่า direct bilirubin และ amylase สูงแต่ไม่มีอาการแสดงทางคลินิก⁴⁷

การศึกษาพิษเฉียบพลันของน้ำมันหอมระเหยในหนูขาวเมื่อให้ในขนาด 5 - 1,500 มก/กก ทางปากไม่ก่อให้เกิดอาการพิษ แต่เมื่อให้ในขนาด 2,000 และ 3,000 มก/กก หนูแสดงอาการเฉื่อยชา มีเลือดออกที่เปลือกตาทันทีหลังป้อน เมื่อให้ในขนาด

3,500 มก/กก หนูแสดงอาการเฉื่อยชาและตายประมาณ 4 ชม หลังป้อน ขนาดยาที่ทำให้หนูตาย 50 % (Median lethal dose, LD₅₀) มีค่า 3,250 มก/กก การศึกษาพิษกึ่งเฉียบพลันโดยให้น้ำมันหอมระเหยขนาด 5 - 1,500 มก/กก ต่อเนื่องนาน 14 วัน หนูไม่แสดงพฤติกรรมผิดปกติ แต่ในขนาด 2,000 และ 3,000 มก/กก หนูทุกตัวตายในวันที่ 2 น้ำมันหอมระเหยในขนาดสูงก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพยาธิสภาพของกระเพาะอาหารและตับของหนู โดยพบว่ากระเพาะอาหารมีเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบอยู่จำนวนมากและเซลล์ตับบางส่วนตาย⁶⁸ น้ำมันหอมระเหยอาจจะคายเคืองผิวหนัง และการสูดดมน้ำมันหอมระเหยมีรายงานว่าเกิดความ เป็นพิษต่อถุงลมในปอด⁶⁹ สาร β -myrcene ขนาด 0.5 กรัม/กก เมื่อป้อนทางปากให้หนูที่ตั้งครรภ์ไม่ทำให้เกิดพิษต่อตัวอ่อน แต่ในขนาด 1.2 กรัม/กก ทำให้น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (weight gain) ของหนูที่ตั้งครรภ์ลดลง และหนูที่ตั้งครรภ์ 1 ใน 29 ตัวตาย นอกจากนี้ยังทำให้ตัวอ่อนเจริญเติบโตช้าและมีโครงสร้างของกระดูกที่ผิดปกติ⁷⁰ สาร citral ขนาด 60 - 1,000 มก/กก เมื่อป้อนทางปาก ทำให้น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (weight gain) ของหนูที่ตั้งครรภ์ลดลง ขนาดที่สูงกว่า 125 มก/กก ทำให้อัตราส่วนของการตั้งครรภ์ของหนูที่ผสมพันธุ์แล้วลดลง และพบว่าตัวอ่อนเจริญเติบโตช้าและมีโครงสร้างของกระดูกที่ผิดปกติ⁷¹

การศึกษาต่างๆ เหล่านี้แสดงหลักฐานว่าสารสกัดน้ำ สารสกัดเอทานอล น้ำมันหอมระเหย และสารสำคัญในน้ำมันหอมระเหย มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาต่อระบบต่างๆ ของร่างกาย ทั้งในด้านคุณและโทษ และมีพิษต่อแมลงและเชื้อโรคต่างๆ อย่างไรก็ดีตาม จากผลการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันและกึ่งเรื้อรัง แสดงให้เห็นว่าสารสกัดน้ำและน้ำมันหอมระเหยในขนาดสูงก่อให้เกิดอาการพิษต่อหนูขาว อีกทั้งสารสำคัญที่พบในน้ำมันหอมระเหย เช่น β -myrcene, citral อาจมีผลต่อตัวอ่อนของหนูขณะตั้งครรภ์ เนื่องจาก

การศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาและความเป็นพิษในคนยังมีจำกัด อีกทั้งสารสกัดน้ำอาจมีผลต่อโครโมโซมของเซลล์ได้ ดังนั้น การใช้สารสกัดตะไคร้จึงควรพิจารณาถึงผลดีและผลเสียที่อาจเกิดขึ้น หญิงตั้งครรภ์ควรพิจารณาหลีกเลี่ยงการรับประทานสารสกัดน้ำในปริมาณสูง นอกจากนี้สารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยยังมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ในตับที่เกี่ยวข้องกับการแปรสภาพยาบางชนิด การรับประทานผลิตภัณฑ์จากตะไคร้ร่วมกับการรับประทานยาอื่นๆ จึงควรระวังปัญหาอันตรกิริยาระหว่างยาที่อาจเกิดขึ้นได้

เอกสารอ้างอิง

1. เสี่ยม พงษ์บุรุษอด ไม้เทศเมืองไทย สรรพคุณของยาเทศและยาไทย เกษมบรรณกิจ 2514; 231 หน้า
2. Negrelle RRB, Gomes EC. *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf: chemical composition and biological activities. Rev Bras PI Med Botucatu 2007;9:80-92.
3. <http://www.medplant.mahidol.ac.th/pubhealth/cymbopo.html>
4. นันทวัน บุญยะประภัศร และคณะ. ก้าวไปกับสมุนไพร เล่ม 1 กรุงเทพฯ: ธรรมการพิมพ์, 2529: 243 หน้า
5. ภัทธชัย รัชนี บุญชู บุญทวี จำลอง เพ็งคล้าย. พรรณไม้ในสวนปาสิริกิติ์ ภาคกลาง (จังหวัดราชบุรี) ชุตติมาการพิมพ์, 2535: 236 หน้า
6. De Matouschek BV, Stahl-Biskup E. Phytochemical investigation of nonvolatile constituents of *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf. (Poaceae). Pharm Acta Helv 1991; 66:242-5.
7. <http://www.answers.com/topic/chemical-composition-of-lemongrass-1>
8. Hanson SW, Crawford M, Koker ES, et al. Cymbopogonol, a new triterpenoid from *Cymbopogon citratus*. Phytochemistry 1976;15:1074-5.
9. Yokoyama Y, Tsuyuki T, Nakamura N, et al. Revised structures of cymbopogone and cymbopogonol. Tetrahedron Lett 1980;21(38):3701-2.
10. <http://www.drugs.com/npp/lemongrass.html>
11. Tyagi AK, Malik A. Liquid and vapour-phase antifungal activities of selected essential oils against candida albicans: microscopic observations and chemical characterization of *Cymbopogon citratus*. Complement Altern Med 2010;10(65):1-11.
12. Ekundayo O. Composition of the leaf volatile oil of *Cymbopogon citratus*. Fitoterapia 1985;56(6):334-42.
13. Abegaz B, Yohannes PG, Dieter RK. Constituents of the essential oil of Ethiopian *Cymbopogon citratus*. J Nat Prod 1983;46(3):424-6.
14. Abd Allah MA, Foda YH, Salem M, et al. Identification of the volatile constituents of the Egyptian lemongrass

- oil. I. Gas-chromatographic analysis. *Nahrung* 1975;19:195.
15. Zaki MSA, Foda YH, Mostafa MM, et al. Identification of the volatile constituents of the Egyptian lemongrass oil. II. Thin-layer chromatography. *Nahrung* 1975;19:201.
 16. Kasumov FYU, Babaev RI. Components of the essential oil of lemongrass. *Chem Nat Comp* 1983;19(1):108.
 17. Zamith HPS, Vidal MNP, Speit G, et al. Absence of genotoxic activity of β -myrcene in the in vivo cytogenetic bone marrow assay. *Braz J Med Biol Res* 1993;26(1):93-8.
 18. Okigbo RN, Mmeka EC. Antimicrobial effects of three tropical plant extracts on *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* and *Candida albicans*. *Afr J Tradit Complement Altern Med* 2008;5(3):226-9.
 19. Takaisi-Kikuni NB, Tshilanda D, Babady B. Antibacterial activity of the essential oil of *Cymbopogon densiflorus*. *Fitoterapia* 2000;71(1):69-71.
 20. Wannissorna B, Jarikasemb S, Siriawangchaib T, et al. Antibacterial properties of essential oils from Thai medicinal plants. *Fitoterapia* 2005;76:233-6.
 21. Cimanga K, Kambu K, Tona L, et al. Correlation between chemical composition and antibacterial activity of essential oils of some aromatic medicinal plants growing in the Democratic Republic of Congo. *J Ethnopharmacol* 2002;79:213-20.
 22. Onawunmi GO, Yisak WAB, Ogunlana EO. Antibacterial constituents in the essential oil of *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf. *J Ethnopharmacol* 1984;12:279-86.
 23. พรพิรา ปัทมานันท์ สายัณห์ เลื่องชัยเชวง. เจลสมุนไพรฆ่าเชื้อ. โครงการพิเศษ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ปี 2544.
 24. Somda I, Leth V, Sereme P. Antifungal effect of *Cymbopogon citratus*, *Eucalyptus camaldulensis* and *Azadirachta indica* oil extracts on sorghum seed-borne fungi. *Asian J Plant Sci* 2007;6(8):1182-9.
 25. Bansod S, Rai M. Antifungal activity of essential oils from Indian medicinal plants against human pathogenic *Aspergillus fumigatus* and *A. niger*. *World J Med Sci* 2008;3(2):81-8.
 26. Paranagama PA, Abeysekera KHT, Abeywickrama K, et al. Fungicidal and anti-aflatoxigenic effects of the essential oil of *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf. (lemongrass) against *Aspergillus flavus* Link. Isolated from stored rice. *Lett Appl Microbiol* 2003;37:86-90.
 27. Matasyoh1 JC, Wagara IN, Nakavuma JL, et al. Chemical composition of *Cymbopogon citratus* essential oil and its effect on mycotoxigenic *Aspergillus* species. *Afr J Food Sci* 2011; 5(3):138-42.
 28. Mahanta JJ, Chutia M, Bordoloi M, et al. *Cymbopogon citratus* L. essential oil as a potential antifungal agent against key weed moulds of *Pleurotus* spp. *Spawns. Flavour Fragr J* 2007;22(6):525-30.
 29. Irkin R, Korukluoglu M. Effectiveness of *Cymbopogon citratus* L. Essential Oil to Inhibit the Growth of Some Filamentous Fungi and Yeasts. *J Med Food* 2009;12(1):193-7.
 30. Nwachukwu IN, Allison LNO, Chinakwe EC, et al. Studies on the effects *Cymbopogon citratus*, *Ceiba pentandra* and *Loranthus bengwelensis* extracts on species of dermatophytes. *J Am Sci* 2008;4(4):58-67.
 31. กนกวรรณ แซ่มซ้อย ญญญา ฤทธิกำกับ การ. การพัฒนาตำรับครีมหมักผสมสมุนไพร ขจัดรังแค. โครงการพิเศษ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ปี 2553.
 32. Silva CB, Guterres SS, Weisheimer V, et al. Antifungal activity of the lemongrass oil and citral against *Candida* spp. *Braz J Infect Dis* 2008;12(1):63-6.
 33. Minami M, Kita M, Nakaya T, et al. The inhibitory effect of essential oils on herpes simplex virus type-1 replication in vitro. *Microbiol Immunol* 2003;47(9):681-4.

34. Moundipa PF, Melanie Flore KG, Bilong Bilong CF, et al. *In vitro* amoebicidal activity of some medicinal plants of the Bamun region (Cameroon). *Afr J Trad CAM* 2005;2(2):113-21.
35. Suresh M, Rai RK. Cardol: The antifilarial principle from *Anacardium occidentale*. *Curr Sci* 1990;59(9):477-9.
36. Pedroso RB, Ueda-Nakamura T, Dias Filho BP, et al. Biological activities of essential oil obtained from *Cymbopogon citratus* on *Crithidia deanei*. *Acta Protozool* 2006;45:231-40.
37. Chungsamarnvart N, Jiwajinda S. A caricidal activity of volatile oil from lemon and citronella grasses on tropical cattle ticks. *Kasetsart J Nat Sci* 1992;26:46-51.
38. Tchoumboungang F, Amvam Zollo PH, Dagne E, et al. *In vivo* Antimalarial activity of essential oils from *Cymbopogon citratus* and *Ocimum gratissimum* on mice infected with *Plasmodium berghei*. *Planta Medica* 2005;71:20-3.
39. Cheel J, Theoduloz C, Rodriguez J, et al. Free radical scavengers and antioxidants from Lemongrass (*Cymbopogon citrates* (D.C.) Stapf). *J Agric Food Chem* 2005;53(7):2511-7.
40. Rabbani SI, Devi K, Khanam S, et al., Citral, a component of lemongrass oil inhibits the clastogenic effect of nickel chloride in mouse micronucleus test system. *Pak J Pharm Sci* 2006;19(2):108-13.
41. Nakamura Y, Miyamoto M, Murakami A, et al. A phase II detoxification enzyme inducer from lemongrass: identification of citral and involvement of electrophilic reaction in the enzyme induction. *Biochem Biophys Res Commun* 2003;302(3):593-600.
42. Viana GSB, Vale TG, Pinho RS, Matos FJ. Antinociceptive effect of the essential oil from *Cymbopogon citratus* in mice. *J Ethnopharmacol* 2000;70:323-7.
43. Lorenzetti BB, Souza GEP, Sarti SJ, Filho DS, Ferreira SH. Myrcene mimics the peripheral analgesic activity of lemongrass tea. *J Ethnopharmacol* 1991;34:43-8.
44. Carbajal D, Casaco A, Arruzazabala L, Gonzalez R, Tolon Z. Pharmacological study of *Cymbopogon citratus* leaves. *J Ethnopharmacol* 1989;25:103-7.
45. Carlini EA, Contar JDDR, Silva-Filho AR, Silveira-Filho NGD, Frochtengasten ML, Bueno OFA. Pharmacology of lemon grass (*Cymbopogon Citratus* Stapf): I. Effect of teas prepared from the leaves on laboratory animals. *J Ethnopharmacol* 1986; 17(1): 37-64.
46. Blanco MM, Costa CARA, Freire AO, et al. Neurobehavioral effect of essential oil of *Cymbopogon citratus* in mice. *Phytomedicine* 2009;16: 265-70.
47. Leite JR, Seabra Mde L, Maluf E, et al. Pharmacology of lemongrass (*Cymbopogon citratus* Stapf). III. Assessment of eventual toxic, hypnotic and anxiolytic effects on humans. *J Ethnopharmacol* 1986;17(1):75-83.
48. Adeneye AA, Agbaje EO. Hypoglycemic and hypolipidemic effects of fresh leaf aqueous extract of *Cymbopogon citratus* Stapf in rats. *J Ethnopharmacol* 2007;112:440-4.
49. Agbafor KN, Akubugwo EI. Hypocholesterolaemic effect of ethanolic extract of fresh leaves of *Cymbopogon citratus* (lemon grass). *Afr J Biotechnol* 2007;6:596-8.
50. De-Oliveira ACAX, Ribeiro-Pinto LF, Paumgartten FJR. In vitro inhibition of CYP2B1 monooxygenase by beta-myrcene and other monoterpenoid compounds. *Toxicol Lett* 1997;92(1):39-46.
51. อุษณีย์ วินิจเขตคำนวน, จิราภรณ์ สุขบัณฑิต, อำนาจ มีเวที และคณะ. ผลของสารสกัดจากตะไคร้ต่อปริมาณซัยโตโครม พี 450 และเอนไซม์ aminopyrine demethylase ในไมโครโซมจากตับ. *เชียงใหม่เวชสาร* 2539;35(2):63-70.
52. Vinitketkumnun U, Puatanachokchai R, Kongtawelert P, et al. Antimutagenicity of lemon grass (*Cymbopogon citratus* Stapf) to various known mutagens in *Salmonella*

- mutation assay. *Mutat Res* 1994;341(1):71-5.
53. Kauderer B, Zamith H, Paumgarten FJR. et al. Evaluation of the mutagenicity of β -myrcene in mammalian cells in vitro. *Environ Mol Mutagen* 1991;18:28-34.
 54. Roscheisen C, Zamith K, Paumgarten FJR. et al. Influence of β -myrcene on sister-chromatid exchanges induced by mutagens in V79 and HTC cells. *Mut Res* 1991;264:43-9.
 55. Sousa SM, Silva PS, Viccini LF. Cytogenotoxicity of *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf (lemon grass) aqueous extracts in vegetal test systems. *An Acad Bras Cienc* 2010;82(2):305-11.
 56. Williams GO, Omoh LE. Mitotic effects of the aqueous leaf extract of *Cymbopogon citratus* in *Allium cepa* root tips. *Cytobios.* 1996;87(350):161-8.
 57. Suaeyun R, Kinouchi T, Arimochi H, et al. Inhibitory effects of lemon grass (*Cymbopogon citratus* Stapf) on formation of azoxymethane-induced DNA adducts and aberrant crypt foci in the rat colon. *Carinogenesis* 1997;18(5):949-55.
 58. Puatanachokchai R. Antimutagenicity, cytotoxicity and anti-tumor activity from lemon grass (*Cymbopogon citratus* Stapf) extract. [M.S thesis in Biochemistry Master's thesis]. Chiang Mai: Faculty of Medicine, Chiang Mai University, Thailand, 1994.
 59. Puatanachokchai R, Kishida H, Denda A, et al. Inhibitory effects of lemon grass (*Cymbopogon citratus* Stapf) extract on the early phase of hepatocarcinogenesis after initiation with diethylnitrosamine in male Fischer 344 rats. *Cancer Lett* 2002;183:9-15.
 60. เพ็ญใจ คูประดินันท์. ศักยภาพของตำลึงดอกแค ตะไคร้และคื่นฉ่าย ในการต้านคลาโตเจนิกซิตี ในหนูเมาส์. *Thai J Toxicology* 2008;23(1):15-26.
 61. Dubey NK, Kishore N, Varma J, Lee SY. Cytotoxicity of the essential oil of *Cymbopogon citratus* and *Ocimum gratissimum*. *Indian J Phar Sci* 1997;59(5):263-4.
 62. Dubey NK, Takeya K, Itokawa H. Citral: a cytotoxic principle isolated from the essential oil of *Cymbopogon citratus* against P₃₈₈ leukemia cells. *Curr Sci* 1997;73(1):22-4.
 63. Manosroi J, Dhumtanom P, Manosroi A. Anti-proliferative activity of essential oil extracted from Thai medicinal plants on KB and P388 cell lines. *Cancer Lett* 2006;235: 114-120.
 64. Karunamoorthi K, Ilango K, Murugan K. Laboratory evaluation of traditionally used plant-based insect repellent against the malaria vector *Anopheles arabiensis* Patton (Diptera: Culicidae). *Parasito Res* 2010;106:1217-23.
 65. Leal WS, Uchida K. Application of GC-EAD to the Determination of Mosquito Repellents Derived from a Plant, *Cymbopogon citratus*. *J Asia Pacific Entomol* 1998;1(2):217-21.
 66. Verbel JO, Nerio LS, Stashenko EE. Bioactivity against *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae) of *Cymbopogon citratus* and *Eucalyptus citriodora* essential oils grown in Colombia. *Pest Manag Sci* 2010;66(6):664-8.
 67. Souza Formigoni ML, Lodder HM, Gianotti Filho O, et al. Pharmacology of lemongrass (*Cymbopogon citratus* Stapf). II. Effects of daily two month administration in male and female rats and in offspring exposed "in utero". *J Ethnopharmacol* 1986;17(1):65-74.
 68. Fandohan P, Gnonlonfin B, Laleye A., et al. Toxicity and gastric tolerance of essential oils for *Cymbopogon citratus*, *Ocimum gratissimum* and *Ocimum basilicum* in Wistar rats. *Food Chem Toxicol* 2008;46:2493-7.
 69. Blumenthal M, ed. The Complete German Commission E Monographs. Austin TX: American Botanical Council 1998:341-2.
 70. Delgado IF, Carvalho RR, Nogueira AC, et al. Study on embryo-fetotoxicity of beta-myrcene in the rat. *Food Chem Toxicol* 1993;31(1):31-5.
 71. Nogueira AC, Carvalho RR, Souza CA, et al. Study on the embryo-feto-toxicity of citral in the rat. *Toxicology* 1995;96(2):105-13.

72. Adegoke GO, Odesola BA. Storage of maize and cowpea and inhibition of microbial agents of biodeterioration

using the powder and essential oil of lemon grass (*Cymbopogon citratus*). Int Biodeterior Biodegrad 1996: 81-4.