

Metabolit Sekunder, Metode Ekstraksi, Dan Bioaktivitasnya Cabai (*Capsicum*)

Nur Hasanah¹; Sri Fatmawati^{1*}

¹Departemen Kimia, Fakultas Sains dan Analitika Data, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Kampus ITS Keputih Sukolilo, Surabaya 60111, Indonesia
Corresponding author: fatma@chem.its.ac.id

Abstract

Chili is a herbaceous plant from Central and South America with the genus Capsicum. Plants of this genus are reported to have capsaicinoid compounds. Capsaicin is the main capsaicinoid compound in chili that can cause a hot sensation in this plant. This sensation can be used to relieve pain, so this compound is widely used as an analgesic or pain reliever in the pharmaceutical field. In addition, this genus of plants also has a group of carotenoid compounds that act as colorants in the fruit of these plants, phenolic, flavonoid, vitamin and volatile compound. The content of secondary metabolite on chili is influenced by the selection of the method and conditions extraction that research related to chili extraction has been carried out with various variations. Several extraction methods have been reported, namely maceration, soxhletation, and reflux to modern extractions such as sonication, microwave, subcritical fluid and supercritical fluid (SFE). Bioactivity in chili fruit has been reported by several literatures includes anti-inflammatory, antimicrobial, antioxidant, antidiabetic, anticancer and analgesic. Although the bioactivity of this plant has been widely reported, further research is needed to determine the safety, dosage and side effects of chili peppers. Therefore, this review aims to provide scientific information about the extraction method and bioactivity of chili peppers which will be needed in further research.

Keywords: Chili (*Capsicum*), Secondary Metabolite, Extraction Methods, Bioactivity

Abstrak

Cabai merupakan tanaman yang berasal dari Amerika Tengah dan Selatan dengan genus *Capsicum*. Tanaman genus ini dilaporkan memiliki turunan senyawa capsaicinoid. Capsaicin merupakan senyawa capsaicinoid utama pada cabai yang dapat menimbulkan sensasi panas pada tanaman ini. Sensasi tersebut dapat dimanfaatkan untuk meredakan nyeri sehingga senyawa ini banyak dimanfaatkan sebagai obat analgesik atau penghilang rasa sakit di bidang farmasi. Selain itu, tanaman genus ini juga memiliki kelompok senyawa karotenoid yang berperan sebagai pemberi warna pada buah tanaman tersebut, fenolik, flavonoid, vitamin dan senyawa volatil. Kadar metabolit sekunder cabai ini dipengaruhi oleh pemilihan metode dan kondisi ekstraksi yang digunakan sehingga penelitian terkait ekstraksi cabai ini banyak dilakukan dengan berbagai variasi. Beberapa metode ekstraksi yang digunakan yaitu maserasi, sokletasi, dan refluks hingga ekstraksi modern seperti sonikasi, microwave, subcritical fluid dan supercritical fluid (SFE). Bioaktivitas pada buah cabai yang telah dilaporkan oleh beberapa literatur meliputi antiinflamasi, antimikroba,

antioksidan, antidiabetes, antikanker dan analgesik. Meskipun bioaktivitas tanaman ini telah banyak dilaporkan, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengetahui keamanan, dosis penggunaan dan efek samping dari cabai tersebut. Oleh karena itu, review ini bertujuan untuk memberikan informasi ilmiah tentang Senyawa metabolit sekunder, metode ekstraksi dan bioaktivitas buah cabai yang nantinya diperlukan dalam penelitian selanjutnya.

Kata kunci: Cabai (*Capsicum*), Metabolit Sekunder, Metode Ekstraksi, Bioaktivitas

1. Pendahuluan

Cabai (*Capsicum*) merupakan salah satu tanaman perdu yang berasal dari Amerika Tengah dan Selatan. Hingga saat ini, tanaman cabai diketahui terdapat 200 varietas dari satu spesies yang tersebar di berbagai negara. Di Indonesia, terdapat tiga jenis cabai yang sering dibudidayakan dan dimanfaatkan oleh penduduk Indonesia. Ketiga cabai tersebut yaitu cabai rawit (*C. annuum*), cabai besar atau cabai keriting (*C. annuum*) dan paprika (*C. annuum*). Umumnya cabai telah digunakan sebagai rempah atau bumbu dapur, perasa atau zat aditif dan pewarna pada makanan (Gosmann dkk., 2012; Rad dkk., 2018; Idrees dkk., 2020). Selain itu, penggunaan cabai juga telah dimanfaatkan sebagai obat tradisional di berbagai negara. Di India, cabai digunakan sebagai obat tradisional untuk mengobati sakit gigi, nyeri otot dan demam. Cabai kering juga dimanfaatkan sebagai media fermentasi dalam pembuatan minuman tradisional oleh komunitas etnis Garo di Bangladesh (Meghvansi dkk., 2010). Buah cabai ini mudah sekali ditemui di seluruh

negara baik dalam bentuk kering, segar maupun bubuk. Hal ini yang menyebabkan produksi cabai menjadi tinggi terutama di wilayah Asia (65%), Amerika (13,3%), Eropa (11,9%) dan Afrika (10%) (Jarret dkk. 2019).

Senyawa aktif atau yang dikenal juga sebagai metabolit sekunder pada buah cabai telah banyak dilaporkan di beberapa penelitian. Sebagian besar senyawa aktif yang telah diidentifikasi merupakan kelompok capsaicinoid (Popelka dkk., 2017), karotenoid (O'Connell dkk., 2010), fenolik (Zhuang dkk., 2012), flavonoid (Bae dkk., 2012), vitamin (Palevitch dan Craker, 1995) dan senyawa volatil seperti kelompok terpenoid (Gogus dkk., 2015). Kelompok capsaicinid merupakan kelompok senyawa yang memberikan sensasi hangat hingga panas ketika terkena kulit (Sharma dan sanatombi, 2008). Kelompok capsaicinoid ini memiliki peran penting sebagai antikanker (Qian dkk., 2016) dan analgesik atau pereda nyeri (Amani dkk., 2019). Kemudian kelompok karotenoid merupakan kelompok senyawa yang memberikan warna pada buah

cabai (O'Connell dkk., 2010). Kelompok ini beserta vitamin, fenolik dan flavonoid diketahui berperan dalam bioaktivitas buah cabai sebagai antioksidan (Bosland dan Votava, 2012; Wormit dkk., 2019). Tidak hanya itu, buah cabai juga memiliki bioaktivitas sebagai anti antimikroba (Kesor dkk., 2018), antiinflamasi (Romao dkk., 2016) dan antidiabetes (Azlan dkk., 2020) Berdasarkan hasil penelitian tersebut, review ini bertujuan untuk memberikan informasi ilmiah tentang metabolit sekunder dan bioaktivitas buah cabai yang telah dilaporkan pada penelitian sebelumnya sehingga dapat berguna dan bermanfaat bagi penelitian selanjutnya.

2. Botani dan Taksonomi Tanaman Cabai (*Capsicum*)

Cabai (*Capsicum*) merupakan tanaman perdu yang tersebar pada sebagian besar daerah dengan suhu hangat. Daerah Amerika Tengah dan Selatan merupakan daerah asal tanaman cabai tersebut. Tanaman cabai ini memiliki sebutan yang berbeda-beda pada beberapa negara seperti *Chili* atau *Pepper* di Inggris, *Surkhmirch* di Pakistan, *Lalmirca* di India dan *Filfil-e-ahmar* di Arab. Hingga sekarang, terdapat 200 varietas dari spesies cabai yang tersebar di seluruh dunia. Namun hanya lima spesies dari tanaman

cabai ini yang terkenal di berbagai negara. Kelima spesies tersebut yaitu *C. annuum*, *C. frutescens*, *C. baccatum*, *C. chinense*, dan *C. pubescens*. Di daerah asalnya, cabai telah digunakan sebagai bahan makanan maupun obat tradisional (Gosmann dkk., 2012; Rad dkk., 2018; Idrees dkk., 2020). Taksonomi dari tanaman ini yaitu kerajaan: *Plantae*, divisi: *Spermatophyta*, kelas: *Magnoliopsida*, bangsa: *Solanales*, suku: *Solanaceae* dan marga: *Capsicum* (Idrees dkk., 2020).

Tanaman cabai tumbuh dengan subur pada negara tropis dan semitropis dibawah sinar matahari yang cukup seperti negara Indonesia. Di negara Indonesia, terdapat beberapa jenis cabai yang sering dimanfaatkan oleh penduduk. Jenis cabai tersebut terdiri dari cabai besar, cabai keriting, cabai rawit dan paprika (Wijaya dkk., 2020). Tanaman cabai ini dapat tumbuh setinggi 40-80 cm dengan batang berwarna hijau dan bercabang. Daun cabai berwarna hijau muda atau hijau tua dengan bentuk oval atau elips. Panjang daun tanaman cabai sekitar 3-11 cm dengan lebar 1-5 cm. Bunga cabai umumnya berukuran kecil yang tumbuh pada ketiak daun dengan petal bunga berwarna putih atau ungu dan berdiameter sekitar 2,54–3,81 cm. Tidak hanya itu, tanaman cabai memiliki tangkai bunga yang pendek dan menekuk sehingga serbuk sari

mudah terjatuh serta dapat melakukan penyerbukan sendiri. Tanaman cabai ini dapat memproduksi buah dengan subur pada suhu sekitar 18–30 °C dan pH tanah berkisar 5,5-6,8. Umumnya buah cabai ketika masih muda akan berwarna hijau dan berubah menjadi merah ketika sudah tua atau siap untuk dipanen. Bentuk buah cabai umumnya bulat memanjang dengan ujung runcing dengan panjang sekitar 2-20 cm. Namun terdapat beberapa jenis cabai yang memiliki bentuk bulat seperti ceri misalnya cabai

habanero dan berbentuk kotak contohnya paprika. Biji cabai berbentuk bulat dan pipih dengan diameter sekitar 3-5 mm, berwarna kuning serta berjumlah banyak tergantung dari jenis cabai. Biji cabai dapat berkecambah pada suhu sekitar 25–30 °C (Vassalotti dkk., 2017; Idrees dkk., 2020). Penampakan bentuk jenis buah dan tanaman cabai di Indonesia ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Buah dan Tanaman Cabai di Indonesia

3. Botani dan Taksonomi Tanaman Cabai (*Capsicum*)

3.1 Capcaisinoid

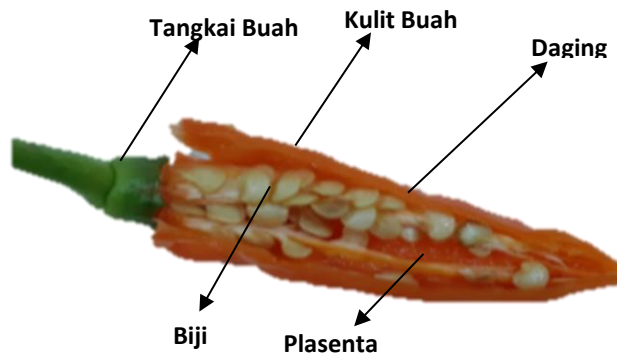
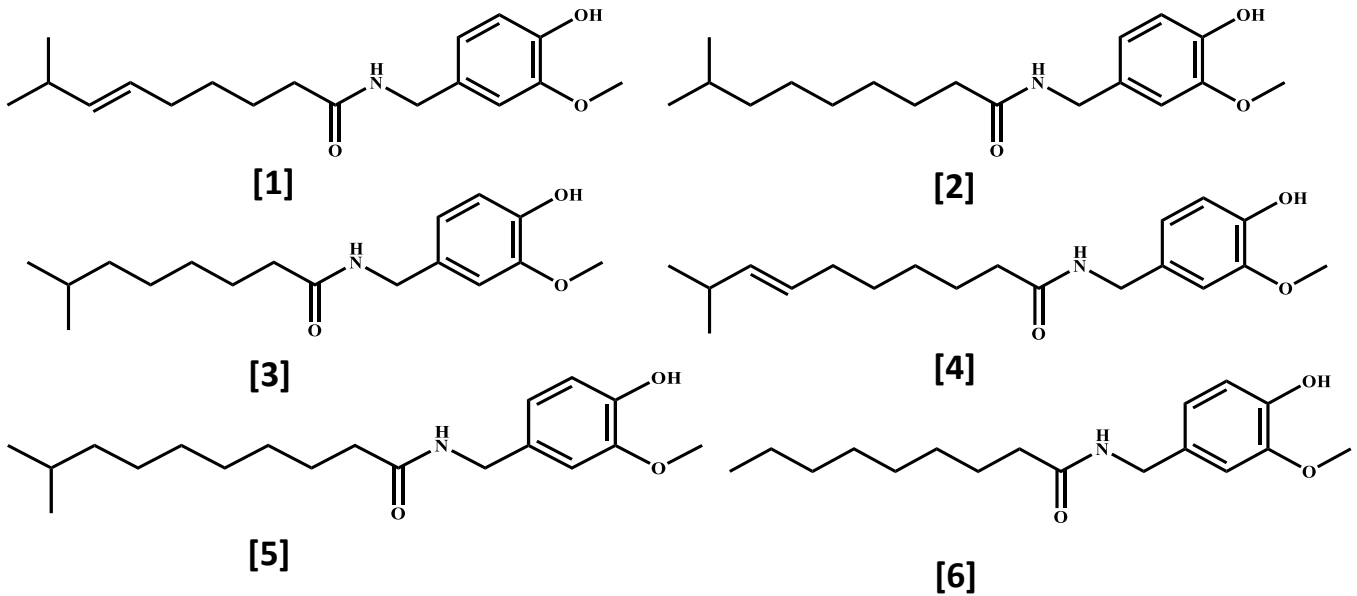
Capsaicinoid merupakan salah satu metabolit sekunder kelompok alkaloid yang banyak terdapat pada cabai. Kelompok senyawa ini umumnya akan memberikan rasa pedas atau sensasi terbakar pada kulit ketika bersentuhan dengan buah cabai tersebut. Kelompok capsaicinoid ini terdiri dari capsaicin (69%) [1] sebagai senyawa utama diikuti oleh dihidrocapsaicin (22%) [2], nordihidrocapsaicin (7%) [3], homocapsaicin (1%) [4], homodihidrocapsaicin (1%) [5] dan nonivamida (1%) [6] (Kehie dkk., 2015; Popelka dkk., 2017). Capsaicin dan dihidrocapsaicin inilah yang memberikan 90% sensasi terbakar atau *pungency* pada buah cabai (Sharma dan sanatombi, 2008). Kedua senyawa tersebut dilaporkan memiliki tingkat kepedasan paling tinggi dibandingkan senyawa lainnya pada kelompok ini. Tingkat kepedasan capsaicin dan dihidrocapsaicin diketahui sebesar 16.000.000 dan 15.000.000 SHU (Govindarajan dan Sathyanarayana, 2009; McCarty dkk., 2015). Biosintesis capsaicinoid pada tanaman cabai ini dilaporkan melalui reaksi kondensasi antara asam lemak dan *vanillylamine* hingga terbentuk senyawa dengan struktur vanilloid dengan gugus amida dan rantai karbon.

Biosintesis kelompok ini diketahui melalui dua jalur yaitu jalur fenilpropanoid yang membentuk struktur kerangka senyawa fenolik dan metabolisme asam lemak. Gugus *vanillylamine* awalnya berasal dari *phenylalanine* melalui jalur sikimat sedangkan gugus asam lemak pada kelompok capsaicinoid berasal dari valine pada jalur pembentukan kerangka asam lemak (Li dkk., 2011; Kehie dkk., 2015). Senyawa capsaicinoid ini umumnya mudah larut dalam pelarut organik dengan kepolaran sedang sampai rendah seperti metanol, etanol maupun asetonitril (Junior dkk., 2018).

Kelompok capsaicinoid ini umumnya banyak terdapat pada bagian buah terutama bagian biji dan plasenta yang terlihat pada Gambar 2. Hal ini dibuktikan pada penelitian sebelumnya yang mengekstraksi bagian daging buah, plasenta dan biji pada tujuh kultivar cabai dari Mexico. Cabai yang digunakan pada penelitian ini yaitu cabai chawa, dulce, sukurre dan xcat'ik (*Capsicum annuum* L. var. *annuum*), maax (*Capsicum annuum* L. var. *aviculare*), habanero jingga serta habanero putih (*Capsicum chinense* Jacq.). Dari hasil penelitian tersebut, bagian plasenta dilaporkan memiliki kadar capsaicin dan dihidrocapsaicin paling tinggi sekitar 640–262.886 $\mu\text{g/g}$ dan 370–5043 $\mu\text{g/g}$ sedangkan capsaicin dan dihidrocapsaicin

pada bagian lainnya berturut-turut berkisar 897–3195 $\mu\text{g/g}$ dan 439–1689 $\mu\text{g/g}$ untuk bagian biji serta 220–3914 $\mu\text{g/g}$ dan 87–663

$\mu\text{g/g}$ untuk bagian daging buah (Sánchez dkk., 2017).



Gambar 2. Bagian Buah Cabai

3.2 Karotenoid dan Vitamin

Karotenoid merupakan kelompok senyawa yang memberikan warna pada buah cabai. Kelompok senyawa ini dikenal sebagai

pigmen pada buah cabai. Kelompok senyawa ini umumnya terakumulasi tinggi pada bagian daging buah. Hal ini yang menyebabkan adanya perubahan warna pada

buah cabai selama pertumbuhan. Saat buah cabai belum matang, pigmen klorofil dan lutein [7] lebih banyak terdapat pada daging buah sehingga menimbulkan warna hijau pada buah cabai. Perubahan warna buah cabai dari hijau menjadi kuning-jingga menandakan adanya penurunan kedua pigmen sebelumnya dan digantikan dengan terbentuknya β -karoten [8], β -cryptoxanthin [9], zeaxanthin [10], antheraxanthin [11] dan violaxanthin [12]. Setelah buah cabai matang, kelima senyawa sebelumnya akan tergantikan oleh capsorubin [13] dan capsanthin [14] yang memberikan warna merah pada buah cabai. Biosintesis kelompok karotenoid ini diketahui melalui jalur plastidal yang membentuk monomer isopentil pirofosfat. Prekursor pada jalur biosintesis ini yaitu piruvat gliseraldehida-3-fosfat (O'Connell dkk., 2010).

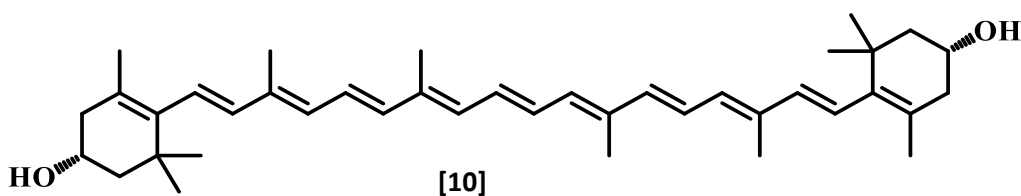
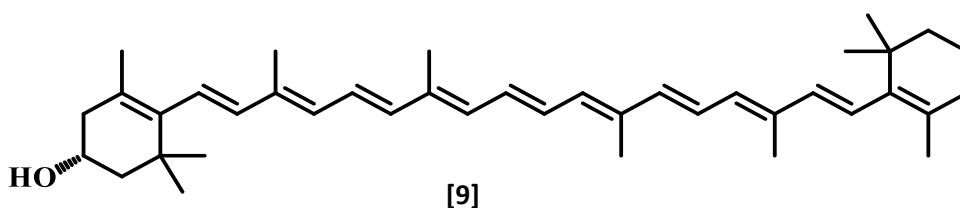
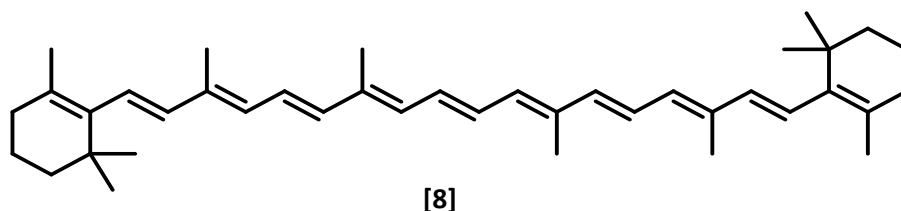
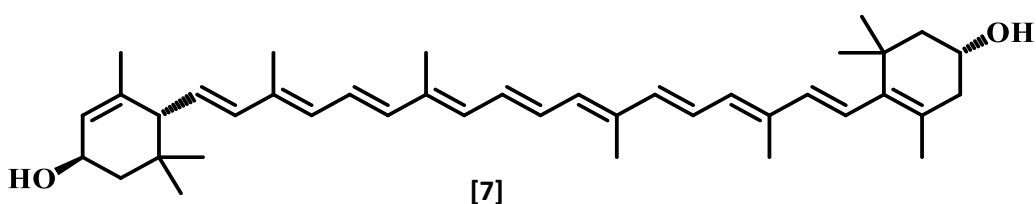
Kelompok karotenoid pada beberapa jenis buah cabai juga telah diteliti oleh penelitian sebelumnya. Salah satu penelitian tersebut menggunakan lima kultivar cabai jenis *C. annuum* yang terdiri dari cabai 730 F1, 1245 F1, amazon F1, serademre 8 and kusak 295F1. Ekstraksi senyawa karotenoid pada kelima cabai tersebut dilakukan dengan pelarut aseton hingga warna pada semua cabai memudar. Selanjutnya ekstrak cabai tersebut diidentifikasi dengan kromatografi

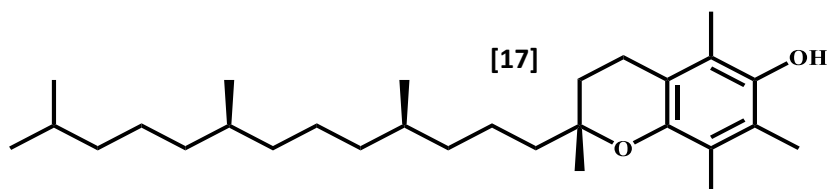
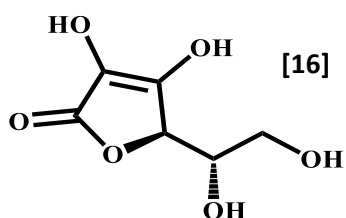
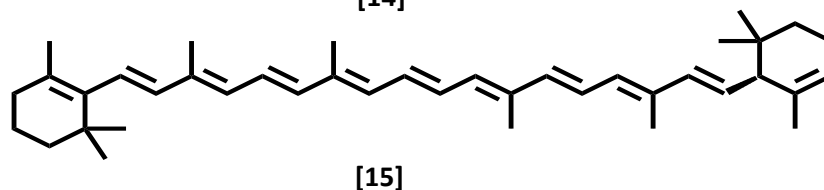
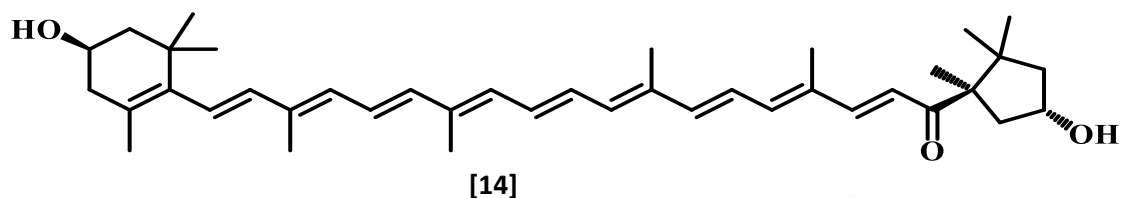
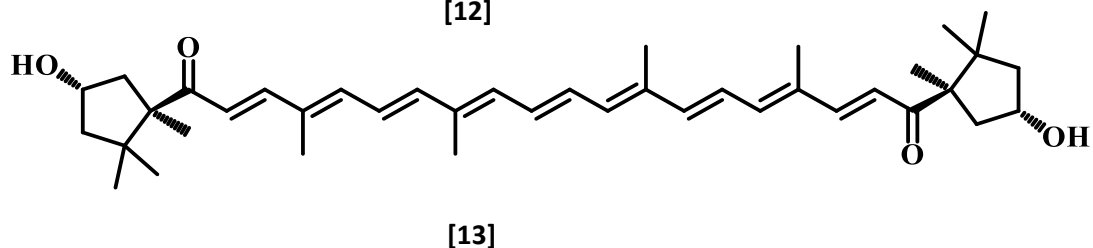
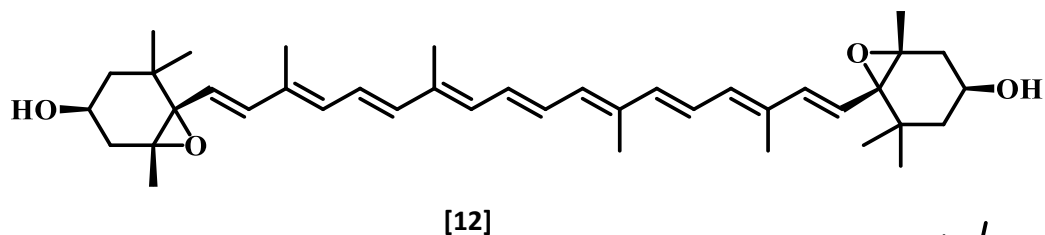
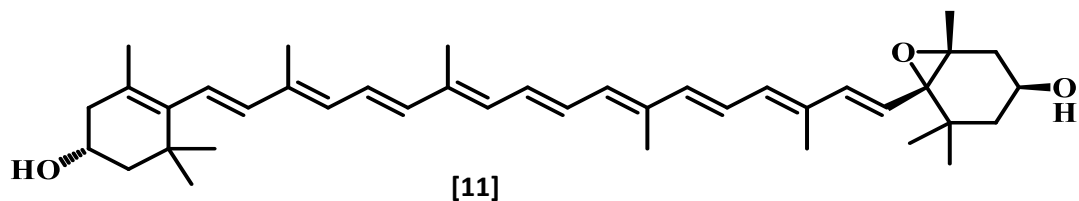
cair kinerja tinggi (KCKT). Hasil identifikasi menunjukkan adanya kelompok karotenoid pada kelima sampel cabai yang meliputi capsanthin, capsolutein, capsorubin, violaxanthin, zeaxanthin, β -karoten dan β -cryptoxanthin (Topuz dan Ozdemir, 2007). Tidak hanya itu, setiap spesies buah cabai juga dilaporkan memiliki komposisi senyawa karotenoid yang berbeda. Buah cabai habanero merah (*Capsicum chinense*), *naga morich* (*Capsicum chinense*) dan *sinpezon* (*C. annuum*) memiliki kadar β -karoten yang lebih tinggi sedangkan pada cabai *serrano* (*C. annuum*), *tabasco* (*C. frutescens*) dan *jalapeno* (*C. annuum*), karotenoid tertinggi diperoleh pada capsanthin. Antheraxanthin, capsanthin dan zeaxanthin dilaporkan banyak terdapat pada cabai habanero jingga (*Capsicum chinense*). Kemudian cabai habanero emas (*Capsicum chinense*) dan *scotch bonnet* (*Capsicum chinense*) diketahui memiliki kadar lutein, α -karoten [15], dan β -karoten pada daging buahnya (Giuffrida dkk., 2013).

Selain karotenoid, buah cabai juga dilaporkan memiliki beberapa vitamin seperti provitamin A (karotenoid), asam askorbat (vitamin C) [16] dan tokoperol (vitamin E) [17]. Buah cabai segar diketahui menjadi salah satu sumber vitamin C dibandingkan dengan tomat, wortel, brokoli, mentimun dan

selada. Kadar vitamin C pada buah cabai jenis *C. annuum* berkisar 15,2-64,9 mg/100 g berat buah segar (Topuz dan Ozdemir, 2007; Bosland dan Votava, 2012). Tokoperol atau vitamin E pada buah cabai merah termasuk golongan moderat dibandingkan dengan mentimun, wortel dan selada. Kadar vitamin E pada biji paprika dilaporkan sekitar 322-883 µg/g berat buah segar (Palevitch dan

Craker, 1995). Meskipun buah cabai ini tidak memiliki vitamin A di dalamnya, namun kelompok karotenoid seperti α dan β -karoten dapat diubah menjadi retinol atau vitamin A. Provitamin A, C dan E pada buah cabai ini memberikan peranan penting terhadap bioaktivitas cabai sebagai antioksidan (Bosland dan Votava, 2012).





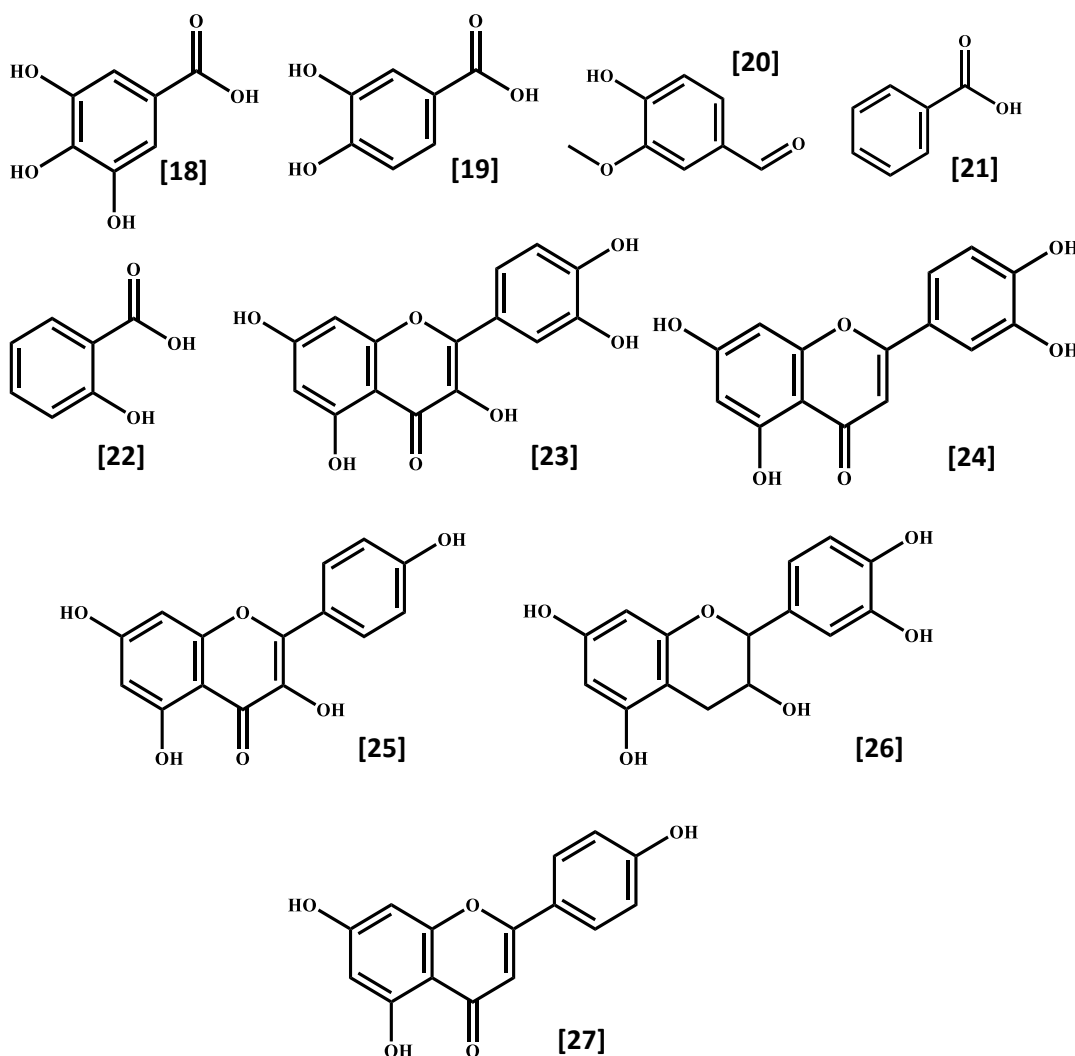
3.3 Flavonoid dan Fenolik

Kelompok fenolik dan flavonoid pada cabai telah dilaporkan pada beberapa penelitian. Kedua kelompok senyawa tersebut juga berperan penting dalam bioaktivitas cabai sebagai antioksidan selain

karotenoid dan vitamin (Wormit dkk., 2019). Kadar kelompok fenolik dan flavonoid pada cabai ini berada di urutan keempat tertinggi setelah bawang, brokoli dan bayam (Alam dkk., 2018; Gan dkk., 2019). Biosintesis dari kedua kelompok ini diketahui melalui jalur

sikimat dengan prekursor berupa asam amino *phenylalanine* (Wormit dkk., 2019). Asam galat [18], asam 3,4-dihidroksibenzoik [19], vanilin [20], asam benzoik [21] dan asam salisilat [22] merupakan kelompok senyawa fenolik pada buah cabai segar spesies *C. annuum* serta *C. frutescens*. Buah cabai

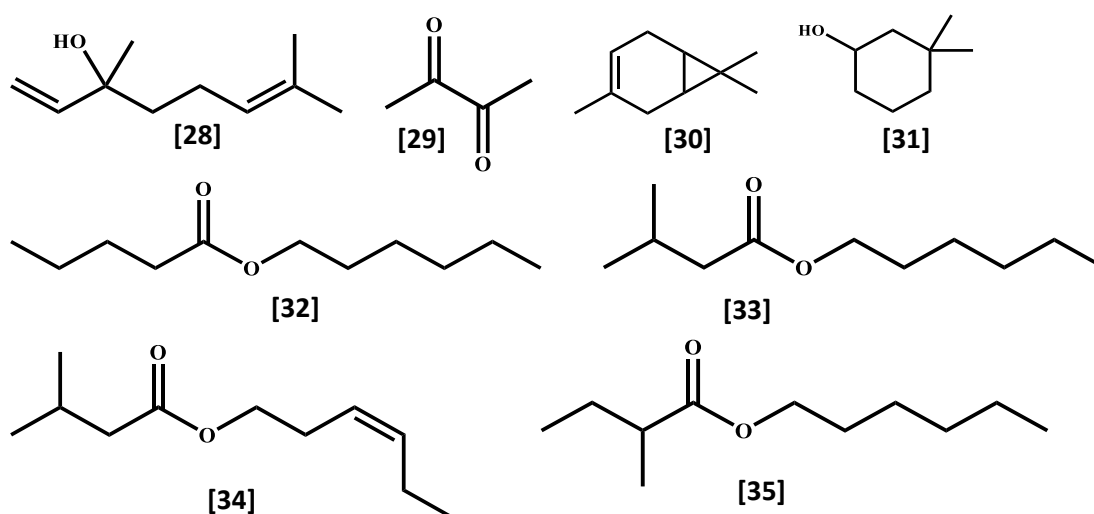
merah dilaporkan memiliki kadar kelompok fenolik lebih tinggi daripada buah cabai hijau (Zhuang dkk., 2012). Kemudian buah cabai juga dilaporkan memiliki senyawa kuersetin [23], luteolin [24], kaempferol [25], catechin [26] dan apigenin [27] yang termasuk dalam kelompok flavonoid (Bae dkk., 2012).

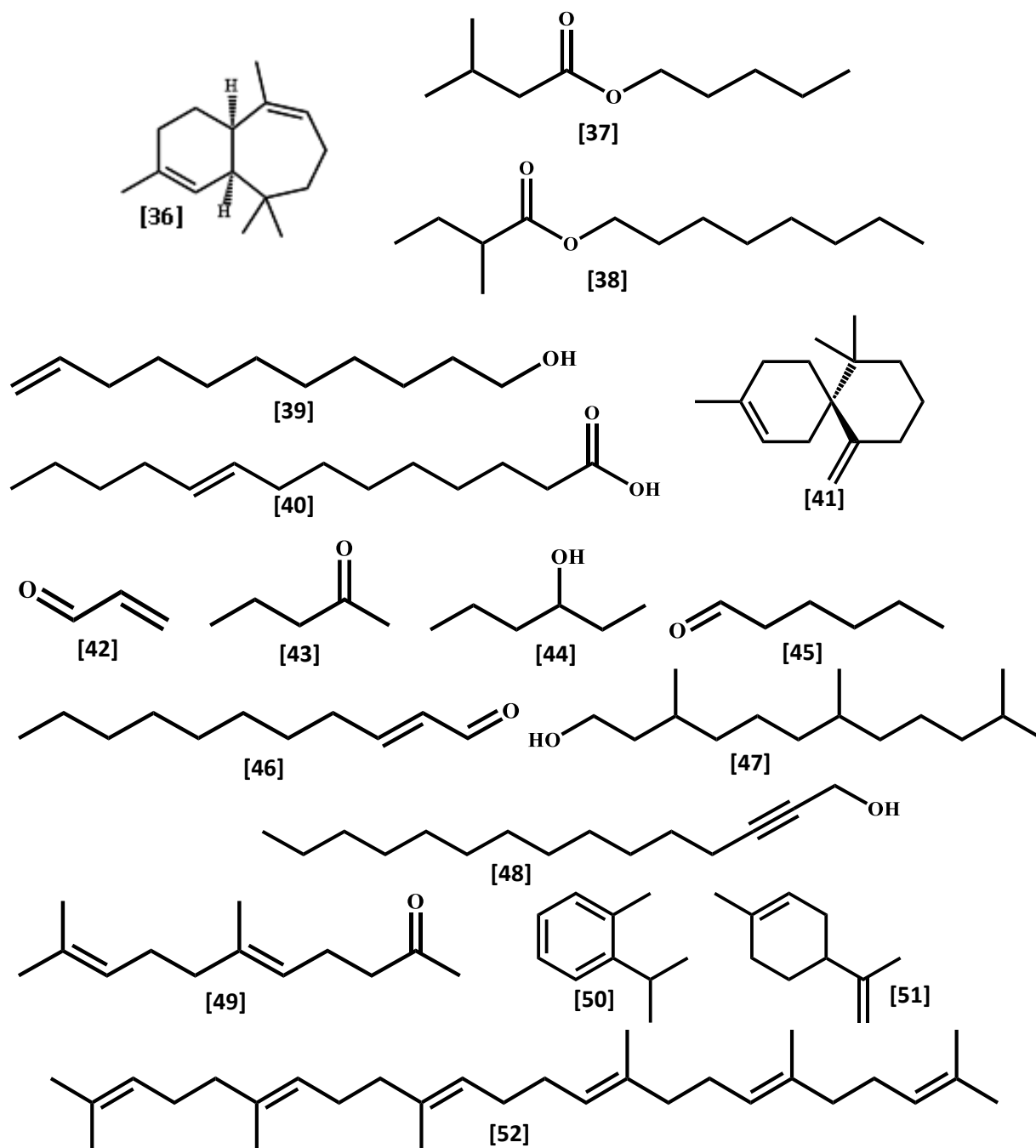


3.4 Senyawa Volatil

Kelompok terpenoid, ester, alkohol, keton dan aldehida merupakan kelompok senyawa yang berperan dalam aroma dan rasa dari buah cabai. Kelompok senyawa ini juga termasuk dalam senyawa volatil yang terdapat pada buah cabai. Buah cabai yang sudah matang memiliki senyawa linalool [28], 2-3-butanodion [29] dan 3-carene [30] yang memberikan rasa pada buah cabai tersebut (O'Connell dkk., 2010). 3,3-dimetil sikloheksanol [31], heksil pentanoat [32], heksil isopentanoat [33], (*Z*)-3-heksenil isopentanoat [34], heksil 2-metilbetanoat [35] dan (1*R*,6*S*)-himachalene [36] merupakan senyawa volatil utama pada buah cabai habanero (*C. chinense* Jack.) (Duch dkk., 2007). Buah cabai *scotch bonnet* (*C. chinense*) juga memiliki beberapa senyawa

volatil utama yang terdiri dari heksil isopentanoat, heksil pentanoat, pentil 3-metilbutanoat [37], oktil 2-metilbutanoat [38], 10-undecenol [39], asam (*E*)-9-tertradekenoat [40], 3,3-dimetil sikloheksanol dan β -chamigrene [41] Gahungu dkk., 2011. Berbeda pula dengan cabai merah (*C. annuum*), senyawa volatil yang terdapat pada cabai tersebut meliputi 2-propenal [42], 2-pentanon [43], 3-heksanol [44], heksanal [45], (*E*)-2-undecenal [46], 3,7,11-trimetil-1-dodekanol [47], 2-pentadecyn-1-ol [48], geranil aseton [49], *o*-cymene [50], 3-carene, limonene [51] dan squalene [52] (Gogus dkk., 2015). Selain sebagai pemberi rasa dan aroma, senyawa volatil terutama terpenoid diketahui berkontribusi dalam bioaktivitas buah cabai sebagai antimikrobial (Lai dkk., 2019).





3.5 Tingkat Kepedasan Cabai

Cabai diketahui memiliki level kepedasan yang berbeda-beda bergantung pada spesies atau jenisnya (Spence, 2019). Besar level kepedasan cabai ini dinyatakan

dengan satuan *Scoville Heat Unit* (SHU). Semakin tinggi nilai SHU ini maka semakin pedas pula rasa cabai tersebut (Guzmàn dan Bosland, 2017). Berdasarkan tingkat kepedasan tersebut, cabai *carolina reaper* (*C.*

chinense) merupakan cabai terpedas dengan nilai Scoville sebesar 2.200.000 SHU sedangkan paprika dilaporkan sebagai cabai dengan tingkat kepedasan terendah dengan nilai 0 SHU. Selain itu, tingkat kepedasan ini juga bergantung pada kadar senyawa capsaicinoid terutama capsaicin yang terdapat pada cabai tersebut. Hal ini dibuktikan pada penelitian sebelumnya yang meneliti kadar capsaicin pada tiga jenis cabai yaitu cabai rawit (*C. annuum*), cabai besar

(*C. annuum*) dan paprika (*C. annuum*). Kadar capsaicin tertinggi diperoleh dari cabai rawit sebesar 4,12 mg/g yang diikuti oleh cabai besar dan paprika dengan kadar capsaicin masing-masing sekitar 1,32 dan <0,02 mg/g. Cabai rawit ini juga diketahui memiliki tingkat kepedasan lebih tinggi dibandingkan kedua cabai lainnya (Mercy dkk., 2016). Level kepedasan Scoville pada beberapa jenis cabai dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1 Level Kepedasan Beberapa Jenis Cabai

No	Level Kepedasan (SHU)	Jenis Cabai	Referensi
1	0	Paprika (<i>C. annuum</i>)	(Gaytan dkk., 2017) (Spence, 2019) (Taiti dkk., 2019) (Korkmaz dkk., 2021)
2	100 - 500	<i>Pepperoncini</i> (<i>C. annuum</i>) <i>Sweet Chocolate</i> (<i>C. annuum</i>)	
3	500 – 1.000	<i>Anaheim</i>	
4	1.000 – 2.500	<i>Guajillo</i> (<i>C. annuum</i>) <i>Poblano</i> (<i>C. annuum</i>) <i>Mulato</i> (<i>C. annuum</i>) <i>Ancho</i> (<i>C. annuum</i>) <i>Miahuateco</i> (<i>C. annuum</i>) <i>Pasilla</i> (<i>C. annuum</i>) <i>Puya</i> (<i>C. annuum</i>) <i>Fresh Red Capsicum</i> (<i>C. annuum</i>) <i>Industrial Isot</i> (<i>C. annuum</i>)	
5	2.500 – 5.000	<i>Traditional Isot</i> (<i>C. annuum</i>) <i>Chilhuacle</i> (78 DAP) (<i>C. annuum</i>) <i>Brasileiro</i> (<i>C. baccatum</i>)	
6	5000 – 8.000	<i>Jalapeno</i> (<i>C. annuum</i>) <i>Chilhuacle (dehydrated)</i> <i>Campana</i> (<i>C. baccatum</i>)	

No	Level Kepedasan (SHU)	Jenis Cabai	Referensi
7	8.000 – 22.000	<i>Mirasol (C. annuum)</i> <i>Serrano (C. annuum)</i> <i>Hornamental Red (C. annuum)</i> <i>Morita (C. annuum)</i> <i>Chacoense (C. chinense)</i>	
8	12.000 – 30.000	<i>Manzano (C. pubescens)</i> <i>Chipotle (C. annuum)</i> <i>Chupetinho (C. chinense)</i>	
9	30.000 – 50.000	<i>Cayenne (C. annuum)</i> Cabai besar (<i>C. annuum</i>) Cabai keriting (<i>C. annuum</i>) <i>De arbol (C. annuum)</i>	
10	50.000 – 100.000	Cabai rawit (<i>C. frutescens</i>) Cabai Thailand (<i>C. frutescens</i>)	
12	100.000 – 300.000	Datil (<i>C. chinense</i>)	
13	150.000 – 325.000	Habanero jingga (<i>C. chinense</i>)	
14	350.000 – 575.000	Savina habanero merah (<i>C. chinense</i>)	
15	800.000 – 1.001.300	<i>Bhut jolokia</i> atau <i>Ghost Pepper (C. chinense)</i>	
16	1.191.595	<i>New Mexico Scorpion (C. chinense)</i>	
17	1.382.118	<i>Naga viper (C. chinense)</i>	
18	1.463.700	<i>Trinidad scorpion butch T (C. chinense)</i>	
19	2.009.231	<i>Trinidad moruga scorpion (C. chinense)</i>	
20	2.200.000	<i>Carolina reaper (C. chinense)</i>	

3.4 Pengaruh Metode Ekstraksi, Kondisi Ekstraksi, Jenis Cabai dan Pelarut pada Ekstraksi Cabai

Pada penelitian sebelumnya, cabai telah diekstraksi dengan beberapa metode. Mulai dari ekstraksi secara konvensional seperti maserasi, refluks dan sokletasi hingga ekstraksi modern seperti sonikasi, *microwave*, *subcritical fluid* dan *supercritical fluid* (SFE). Ekstraksi konvensional umumnya banyak dilakukan hampir pada penelitian sebelumnya dikarenakan prosesnya mudah dilakukan. Namun, ekstraksi konvensional ini memiliki kelemahan seperti memerlukan pelarut dengan jumlah banyak dan waktu ekstraksi yang cukup lama. Selanjutnya ekstraksi modern mulai diterapkan untuk mengurangi kelemahan dari ekstraksi konvensional. Ekstraksi modern ini dinilai lebih selektif juga penggunaan pelarut dan waktu ekstraksi relatif lebih rendah sehingga proses ekstraksi menjadi lebih cepat (Gupta dkk., 2012; Zhang dkk., 2018) (Gupta dkk., 2012; Zhang dkk., 2018). Berbagai metode ekstraksi ini dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan metode yang optimal pada proses ekstraksi buah cabai. Selain itu, kondisi ekstraksi dan jenis cabai yang digunakan juga dapat mempengaruhi kadar metabolit sekunder yang didapatkan (Topuz dan Ozdemir, 2007; Giuffrida dkk., 2013). Hasil ekstraksi dari penelitian sebelumnya, dirangkum dalam Tabel 2 dan 3. Kelompok metabolit sekunder

yang dilaporkan pada kedua tabel tersebut terdiri dari capsaicinoid seperti capsaicin (CAP), dihidrocapsaicin (DCH) dan nordihidrocapsaicin (n-DHC), fenolik, flavonoid, vitamin dan karotenoid. Berdasarkan data pada tabel tersebut, metode ekstraksi diketahui dapat mempengaruhi total senyawa metabolit sekunder yang terdapat pada buah cabai tersebut.

Selain itu, pemilihan pelarut juga dapat memberikan hasil yang berbeda pada kadar senyawa yang didapatkan. Hal ini dipengaruhi oleh kepolaran dari masing-masing pelarut. Pada Tabel 4, senyawa capsaicinoid dan karotenoid diketahui terekstrak dengan baik pada pelarut *n*-heksana sedangkan senyawa flavonoid dan fenolik dapat terlarut dengan baik pada etil asetat. Namun pelarut metanol yang kepolaran lebih tinggi, diketahui kurang bagus untuk mengekstraksi capsaicinoid, capsanthin, karotenoid dan β -karoten. Selanjutnya kelompok flavonoid dan fenolik juga masih cukup baik terekstrak dengan pelarut metanol, etanol dan air (Bae dkk., 2012; Afolayan dan Olatunji, 2019). Begitupula dengan proantosianidin yang merupakan salah satu polifenol juga dapat terekstrak dalam pelarut etanol dan air sedangkan vitamin A dan asam askorbat atau vitamin C diketahui cukup baik terlarut dalam aseton (Topuz dan Ozdemir, 2007; Afolayan dan Olatunji, 2019).

Tabel 2. Pengaruh Metode Ekstraksi, Kondisi Ekstraksi, Jenis Pelarut dan Jenis Cabai terhadap Kadar Capsaicinoid Cabai

Metode	Pelarut	Kondisi	Jenis Cabai	CAP (mg/g)	DHC (mg/g)	n-DHC (mg/g)	Referensi
Maserasi	Asetonitril	T = 80 °C selama 4 jam dan pengadukan setiap 30 menit	Cabai merah 730 F1 (<i>C. annuum</i>)	0,3077	0,208	0,04	Topuz dan Ozdemir, 2007
			Cabai merah 1245 F1 (<i>C. annuum</i>)	0,271	0,1234	0,024	
			Cabai merah Amazon F1 (<i>C. annuum</i>)	0,016	0,0001	0,0102	
			Cabai merah Serademre 8 (<i>C. annuum</i>)	0,1492	0,0725	0,0158	
			Cabai merah Kusak 295 F1 (<i>C. annuum</i>)	0,011	0,0017	0,0001	
Maserasi	Etanol	Perendaman dilakukan hingga warna cabai memudar	<i>Habanero</i> belum matang	1,071	0,357	-	Tundis dkk., 2009
			<i>Habanero</i> matang	4,363	2,498	-	
Maserasi	Etanol	T = 80 °C selama 4 jam dengan pengadukan tiap 1 jam	<i>Hot chili</i> (<i>C. annuum</i> L.)	4,249	4,4822	-	Ahmed dkk., 2011
			Cabai merah	0,3093	0,2382	-	
			Cabai hijau	0,1385	0,1464	-	
Maserasi	Aseton	Waktu 5 menit	Scotch Bonnet (<i>C. chinense</i>)	47,632	23,096	-	Gahungu dkk., 2011
Maserasi	Aseton	T = 50 °C selama 30 menit dengan pengadukan	Habanero emas (<i>C. chinense</i>)	8,175	1,389	0,144	Giuffrida dkk., 2013
			Habanero jingga	10,156	4,273	0,433	
			Habanero merah 1	4,904	1,359	0,1	
			Habanero merah 2	38,871	14,132	1,102	

		Habanero coklat	19,454	3,092	0,608	
		Habanero putih	8,248	1,859	0,34	

CAP : Capsaicin, **DCH** : Dihidrocapsaicin, **n-DHC** : Nordihidrocapsaicin.

Metode	Pelarut	Kondisi	Jenis Cabai	CAP (mg/g)	DHC (mg/g)	n-DHC (mg/g)	Referensi
Maserasi	Aseton	T = 50 °C selama 30 menit dengan pengadukan	<i>Scotch bonnet</i>	5,961	2,331	0,068	Guiffrida dkk., 2013
			<i>Serrano (C. annuum)</i>	0,707	0,527	0,112	
			<i>Tabasco (C. frutescens)</i>	0,917	0,351	0,066	
			<i>Jalapeno (C. annuum)</i>	1,101	0,843	0,18	
			<i>Sinpenzon</i>	0,716	0,308	0,078	
Maserasi	<i>n</i> -heksana	Suhu ruang selama 5 hari	Biquinho pepper (<i>C. chinense</i>)	0,132	0,018	-	Martínez dkk., 2014
	Metanol			0,025	0,0028	-	
	Etanol			0,026	0,0022	-	
	Aseton			0,14	0,0167	-	
Maserasi	Etanol	Suhu ruang	Biquinho pepper (<i>C. chinense</i>)	0,026	0,0022	-	Aguiar dkk., 2014
	Aseton			0,14	0,0167	-	
	<i>n</i> -heksana			0,132	0,018	-	
	Metanol			0,025	0,0028	-	
Sokletasi	Etanol	Waktu 6 jam pada titik didih pelarut	Biquinho pepper (<i>C. chinense</i>)	0,022	0,00170	-	Aguiar dkk., 2014
	Aseton			0,065	0,0063	-	
	<i>n</i> -heksana			0,222	0,0275	-	
	Metanol			0,020	0,0013	-	
Metode	Pelarut	Kondisi	Jenis Cabai	CAP (mg/g)	DHC (mg/g)	n-DHC (mg/g)	Referensi

Sokletasi	<i>n</i> -heksana	Waktu 6 jam pada titik didih pelarut	Biquinho pepper (<i>C. chinense</i>)	0,222	0,0275	-	Martínez dkk., 2014
	Metanol			0,020	0,0013	-	
	Etanol			0,022	0,0017	-	
	Aseton			0,065	0,0063	-	
Sokletasi	Metanol	Waktu 2 jam pada titik didih pelarut	<i>Trinidad scorpion moruga</i> (<i>C. chinense</i>)	42,875	18,085	0,423	Bajerova dkk., 2015
			<i>Yellow bedder</i> (<i>C. annuum</i>)	2,488	2,532	0,288	
Sokletasi	Metanol	Waktu 2 jam pada titik didih pelarut	<i>Ring of Fire</i> (<i>C. annuum</i>)	1,737	1,728	0,512	Bajerova dkk., 2015
			<i>Jamaican hot red</i> (<i>C. chinense</i>)	2,078	1,169	0,204	
			<i>Yellow habanero</i> (<i>C. chinense</i>)	0,540	0,413	0,027	
			<i>Tabasco</i> (<i>C. frutescens</i>)	3,191	2,504	0,934	
			<i>Chiltepi</i> (<i>C. annuum</i>)	0,285	0,220	0,071	
			<i>Bhut jolokia</i> (<i>C. chinense</i>)	8,496	5,742	0,180	
			<i>Trinidad scorpion moruga</i> (<i>C. chinense</i>)	20,416	12,255	0,446	
Metode	Pelarut	Kondisi	Jenis Cabai	CAP (mg/g)	DHC (mg/g)	n-DHC (mg/g)	Referensi
			<i>Fatalii red</i>	10,643	3,063	0,097	

Sokletasi	<i>n</i> -heksana	Titik didih pelarut	(<i>C. chinense</i>) <i>Malagueta pepper</i> (<i>C. frutescens</i>)	1,88	1,05	0,09	Santos dkk., 2015
Sokletasi	<i>n</i> -heksana	Waktu 8 jam	<i>Jalapeno</i> (<i>C. annuum</i>)	2,495	1,016	-	Bae dkk., 2012
	Etil asetat			0,692	0,344	-	
	Aseton			0,354	0,171	-	
	Metanol			0,0186	-	-	
	Metanol:air (80:20, v/v)			-	-	-	
Sokletasi	<i>n</i> -heksana	Waktu 6 jam (triplet)	<i>Malagueta pepper</i> (<i>C. frutescens</i>)	1,05	1,88	-	Martínez dkk., 2014
	Diklorometana			0,97	1,76	-	
	Etil eter			1,22	2,27	-	
	Etil asetat			1,20	2,16	-	
Sokletasi	<i>n</i> -heksana	Suhu disesuaikan dengan titik didih pelarut	<i>Dedo de moça</i> (<i>C. bacctum L.</i>)	1,44	0,6	0,09	Dias dkk., 2017
	Etil asetat			1,77	0,73	0,11	
	Etanol			0,33	0,14	0,02	
	Metanol			0,18	0,07	0,01	
<i>Shaker flask</i>	Asetonitril	T = 80 °C selama 4 jam	<i>Piquin kering</i> (<i>C. annuum</i>)	17,093	2,18	-	Yahia dan Padilla, 1998
			<i>Piquin beku</i> (<i>C. annuum</i>)	8,790	5,563	-	
			<i>Piquin segar</i> (<i>C. annuum</i>)	1,2938	6,26	-	
Metode	Pelarut	Kondisi	Jenis Cabai	CAP (mg/g)	DHC (mg/g)	n-DHC (mg/g)	Referensi
<i>Shaker flask</i>	Aseton	Suhu ruang selama 24 jam	Cabai besar (<i>C. annuum</i>)	0,31	0,19	-	Orsat, 2003

Refluks	Aseton	Waktu 2 jam	Cabai besar (<i>C. annuum</i>)	0,22	0,14	-	
<i>Microwave</i>	Etanol	T = 125°C dengan power sebesar 500 W selama 5 menit	<i>Cayenne pepper (C. frutescens)</i> <i>long marble pepper (C. annuum)</i> <i>round marble pepper (C. annuum)</i>	0,081-0,138	0,041-0,082	-	Palma dkk., 2006
Ultrasonik	Metanol	Waktu 10 menit	<i>C. frutescens (cayenne)</i>	0,137	0,0814	-	Palma dkk., 2008
Ultrasonik	Etanol	Power = 150 W, Waktu 10 menit	Biquinho pepper (<i>C. chinense</i>)	0,045	0,0044	-	Aguiar dkk., 2014
	Aseton			0,177	0,020	-	
	<i>n</i> -heksana			0,164	0,0215	-	
	Metanol			0,025	0,0023	-	
Ultrasonik	Metanol	Suhu ruang selama 10 menit	<i>Cumari do Pará (C. chinense)</i>	0,634	0,131	-	Godoy dkk., 2014
Ultrasonik	<i>n</i> -heksana	Waktu 10 menit pada frekuensi 20 kHz	Biquinho pepper (<i>C. chinense</i>)	0,164	0,0215	-	Martínez dkk., 2014
	Metanol			0,025	0,0023	-	
Ultrasonik	Etanol	Waktu 10 menit pada frekuensi 20 kHz	Biquinho pepper (<i>C. chinense</i>)	0,045	0,0044	-	Martínez dkk., 2014
	Aseton			0,177	0,0200	-	
Ultrasonik	Metanol	suhu 50°C, power 360 W, selama 15 menit	<i>Cayenne (C. annuum L.)</i>	0,0917	0,0686	-	Palma, 2014
Metode	Pelarut	Kondisi	Jenis Cabai	CAP (mg/g)	DHC (mg/g)	n-DHC (mg/g)	Referensi
<i>Shaker</i> dan ultrasonik	Etanol	<i>Shaker</i> selama 15 menit pada suhu 25°C dan ultrasonik selama	<i>Habanero chili (C. chinense)</i>	10,081	4,430	-	Deulund dan Mouritsen, 2016

		30 menit pada suhu ruang					
Ultrasonik	Metanol	T = 50 °C Intensitas = 300 W/cm ²	<i>Dedo de moça</i> (<i>C. baccatum</i> L.)	0,12	0,05	0,01	Dias dkk., 2017
		T = 60 °C Intensitas = 150 W/cm ²		0,12	0,05	0,01	
	Etanol	T = 50 °C Intensitas = 300 W/cm ²		0,13	0,05	0,01	
		T = 60 °C Intensitas = 150 W/cm ²		0,17	0,07	0,01	
SFE	CO ₂	T = 55 °C dan P = 200 bar	Paprika (<i>C. annuum</i> L.)	3,081	2,754	0,568	Daood dkk., 2002
		T = 25 °C dan P = 400 bar		2,333	2,208	0,450	
SFE	CO ₂	T = 60 °C dan P = 100 bar	Cabai besar (<i>C. annuum</i>)	0,924	0,844	0,1441	Knez dkk., 2004
Metode	Pelarut	Kondisi	Jenis Cabai	CAP (mg/g)	DHC (mg/g)	n-DHC (mg/g)	Referensi
SFE	CO ₂	T = 40°C dan P = 15 Mpa selama 90 menit	Biquinho pepper (<i>C. chinense</i>)	0,3	0,075	-	Martínez dkk., 2014
		T = 50°C dan P = 15 Mpa selama 90 menit		0,22	0,042	-	
SFE	CO ₂	T = 40°C dan P = 25 Mpa selama 120 menit	<i>Dedo de moça</i> <i>pepper</i>	0,88	0,37	-	Martínez dkk., 2016

			(<i>C. baccatum</i> L. var. <i>Pendulum</i>)				
SFE	CO ₂	T = 50±3 °C P = 15±0,5 Mpa	<i>Malagueta pepper</i> (<i>C. frutescens</i>)	1,83	1,00	0,07	Santos dkk., 2015
Subkritisal	Propana	T = 25 °C dan P = 50 bar	Paprika (<i>C. annuum</i> L.)	0,306	0,304	0,028	Daood dkk., 2002
		T = 25 °C dan P = 80 bar		0,335	0,323	0,031	
Subkritisal	Air	T = 200 °C P = 20 Mpa	<i>Trinidad scorpion moruga</i> (<i>C. chinense</i>)	46,451	15,538	0,295	Bajerova dkk., 2015
			<i>Yellow bedder</i> (<i>C. annuum</i>)	3,964	3,1	0,501	
			<i>Ring of Fire</i> (<i>C. annuum</i>)	1,855	1,816	0,608	
			<i>Jamaican hot red</i> (<i>C. chinense</i>)	2,55	1,345	0,259	
Metode	Pelarut	Kondisi	Jenis Cabai	CAP (mg/g)	DHC (mg/g)	n-DHC (mg/g)	Referensi
			<i>Yellow habanero</i> (<i>C. chinense</i>)	0,739	0,506	0,024	
			<i>Tabasco</i> (<i>C. frutescens</i>)	3,936	2,703	1,073	
			<i>Chiltepi</i> (<i>C. annuum</i>)	0,308	0,224	0,08	
			<i>Bhut jolokia</i> (<i>C. chinense</i>)	9,127	4,831	0,219	

			<i>Trinidad scorpion moruga</i> (<i>C. chinense</i>)	20,264	10,565	0,52	
			<i>Fatalii red</i> (<i>C. chinense</i>)	12,394	3,116	0,137	

Tabel 3 Pengaruh Metode Ekstraksi, Kondisi Ekstraksi, Jenis Pelarut dan Jenis Cabai terhadap Kadar Metabolit Sekunder Lain pada Cabai

Metode	Pelarut	Kondisi	Jenis Cabai	Fenolik (mg/g)	Flavonoid (mg/g)	Karotenoid (mg/g)	Referensi
Maserasi	Etanol	Perendaman dilakukan hingga warna cabai memudar	<i>Habanero</i> belum matang	7,82	1,38	0,627	Tundis dkk., 2009
			<i>Habanero</i> matang	7,59	0,45	3,62	
Maserasi	Etanol	Ekstrak etanol dilarutkan dalam MeOH/H ₂ O (8:2) dan diekstrak dengan <i>n</i> -	<i>C. annuum</i> var. <i>acuminatum medium</i>	8,437	0,0213	3,247	Loizzo dkk., 2012
			<i>C. annuum</i> var. <i>acuminatum besar</i>	7,487	0,1853	1,917	

Metode	Pelarut	heksana Kondisi	Jenis Cabai	Vitamin A ($\mu\text{g/g}$)	Asam askorbat (mg/g)	Karotenoid (mg/g)	Referensi
Maserasi	Aseton	Perendaman hingga warna menghilang	Cabai merah 730 F1 (<i>C. annuum</i>)	2.188	0,631	2,39	Topuz dan Ozdemir, 2007
			Cabai merah 1245 F1 (<i>C. annuum</i>)	2,43	0,649	2,31	
			Cabai merah Amazon F1 (<i>C. annuum</i>)	1,859	0,152	1,81	
			Cabai merah Serademre 8 (<i>C. annuum</i>)	1,592	0,575	1,68	
			Cabai merah Kusak 295 F1 (<i>C. annuum</i>)	1,481	0,256	1,44	
Maserasi	Aseton	T pelarut = 5 °C	<i>Guajillo</i> (<i>C. annuum</i>)	-	-	3,406	Moreno dkk., 2012
			<i>Pasilla</i> (<i>C. annuum</i>)	-	-	2,933	
			<i>Ancho</i> (<i>C. annuum</i>)	-	-	1,437	
<i>Shaker flash</i>	Etanol	Waktu 48 jam	<i>C. annuum</i> var. <i>abbreviatum</i>	236,08	1605,36	619,96	Afolayan dan Olatunji, 2019
			<i>C. annuum</i> var. <i>acuminatum</i>	200,7	1223,71	629,22	
			<i>C. annuum</i> var. <i>grossum</i>	272,47	1630,53	709,99	
			<i>C. frutescens</i> var. <i>baccatum</i>	221,21	867,241	616,81	

	Air	Waktu 48 jam	<i>C. annuum</i> var. <i>abbreviatum</i>	70,11	373,14	444,95	
			<i>C. annuum</i> var. <i>acuminatum</i>	75,22	386,7	431,07	
			<i>C. annuum</i> var. <i>grossum</i>	57,36	317,73	431,07	
			<i>C. frutescens</i> var. <i>baccatum</i>	90,86	543,09	444,32	
Metode	Pelarut	Kondisi	Jenis Cabai	Kuarsetin (µg/g)	Luteolin (µg/g)	Kaempferol (µg/g)	Referensi
Maserasi	Etanol	Ekstrak etanol dilarutkan dalam MeOH/H ₂ O (8:2) dan diekstrak dengan <i>n</i> -heksana	<i>C. annuum</i> var. <i>acuminatum medium</i>	5,6	8,9	6,8	Loizzo dkk., 2012
			<i>C. annuum</i> var. <i>acuminatum besar</i>	68	87,6	29,7	
Sokletasi	<i>n</i> -heksana	Waktu 8 jam	<i>Cayenne</i> CA408 (<i>C. annuum</i>)	TD	TD	TD	Bae dkk., 2012
	Etil asetat			1,9	2,4	TD	
	Aseton			4	5,25	0,94	
	Metanol			TD	26,9	TD	
	Metanol:air (80:20, v/v)			TD	2,33	TD	
	<i>n</i> -heksana		<i>Cayenne Mesilla</i> (<i>C. annuum</i>)	TD	TD	TD	
	Etil asetat			6,37	1,72	4,23	
	Aseton			4,2	4,56	0,27	
Sokletasi	Metanol	Waktu 8 jam	<i>Cayenne Mesilla</i> (<i>C. annuum</i>)	57,2	TD	TD	Bae dkk., 2012
	Metanol:air (80:20, v/v)			TD	3,92	TD	

	<i>n</i> -heksana		<i>Jalapeno Ixtapa</i> (<i>C. annuum</i>)	TD	TD	TD	
	Etil asetat			2,9	TD	2,16	
	Aseton			TD	3,86	4,72	
	Metanol			TD	TD	TD	
	Metanol:air (80:20, v/v)			TD	1,2	0,87	
	<i>n</i> -heksana		<i>Serrano Tuxtlas</i> (<i>C. annuum</i>)	TD	TD	TD	
	Etil asetat			24,3	1,27	15,4	
	Aseton			10,5	3,17	1,66	
	Metanol			17,8	41,5	TD	
	Metanol:air (80:20, v/v)			1,16	4,88	TD	
Metode	Pelarut	Kondisi	Jenis Cabai	Violaxanthin (µg/g)	β-cryptoxanthin (µg/g)	β-karoten (µg/g)	Referensi
Maserasi	Aseton	Perendaman dilakukan hingga warna sampel menghilang	Cabai merah 730 F1 (<i>C. annuum</i>)	101,1	154,3	120,3	Topuz dan Ozdemir, 2007
			Cabai merah 1245 F1 (<i>C. annuum</i>)	89,3	165,5	124,5	
			Cabai merah Amazon F1 (<i>C. annuum</i>)	59,3	163	83,9	
			Cabai merah Serademre 8 (<i>C. annuum</i>)	64,3	115	69,5	
			Cabai merah Kusak 295 F1 (<i>C. annuum</i>)	50,3	113,5	72,9	

TD : Tidak Diketahui.

Tabel 4. Pengaruh Variasi Pelarut terhadap Kadar Fitokimia Buah Cabai (Bae dkk., 2012)

Jenis Cabai	Pelarut	Fenolik ($\mu\text{g/g}$)	Flavonoid ($\mu\text{g/g}$)	Karotenoid ($\mu\text{g/g}$)	Capsaicinoid ($\mu\text{g/g}$)	β-karoten ($\mu\text{g/g}$)	Capsanthin ($\mu\text{g/g}$)
<i>Cayenne CA408</i>	n-heksana	0	ND	448	83,8	299 \pm 0,67	150 \pm 1,72
	Etil asetat	62,6 \pm 3,69	15,1 \pm 1,14	313	TD	223 \pm 0,57	90,4 \pm 2,33
	Aseton	65,9 \pm 0,84	10,6 \pm 0,10	18,9	TD	13,5 \pm 0,94	5,36 \pm 0,09
	Metanol	49 \pm 2,12	26,9 \pm 3,01	TD	TD	TD	TD
	Metanol 80%	35,7 \pm 2,07	3,11 \pm 0,07	TD	TD	TD	TD
<i>Ceyenne Mesilla</i>	n-heksana	0	ND	31,3	549	24,1 \pm 0,71	7,16 \pm 0,85
	Etil asetat	51,6 \pm 2,0	12,3 \pm 0,53	11,7	18	8,40 \pm 0,29	3,27 \pm 0,05
	Aseton	28,2 \pm 1,12	11,2 \pm 0,42	7,25	7,44	6,07 \pm 0,89	1,18 \pm 0,12
	Metanol	30,3 \pm 2,40	57,2 \pm 3,74	TD	TD	TD	TD
	Metanol 80%	24,8 \pm 1,66	3,92 \pm 0,06	TD	TD	TD	TD
<i>Jalapeno Ixtapa</i>	n-heksana	0	ND	470	3512	273 \pm 22,6	196 \pm 14,9
	Etil asetat	36,4 \pm 1,97	5,06 \pm 0,05	327	1035	292 \pm 40,3	34,5 \pm 7,34
	Aseton	23,4 \pm 1,39	10,6 \pm 0,44	6,28	526	3,26 \pm 0,57	3,02 \pm 0,04
	Metanol	32,5 \pm 1,84	18,3 \pm 1,72	TD	18,6	TD	TD

Jenis Cabai	Pelarut	Fenolik (µg/g)	Flavonoid (µg/g)	Karotenoid (µg/g)	Capsaicinoid (µg/g)	B-karoten (µg/g)	Capsanthin (µg/g)
	Metanol 80%	32,4±1,15	2,76±0,15	TD	TD	TD	TD
<i>Serrano Tuxtlas</i>	<i>n</i> -heksana	0	ND	722	51,9	533±5,94	189±1,58
	Etil asetat	68,9±3,69	41,0±0,84	100	11,4	35,1±0,96	65,0±4,83
	Aseton	53,3±2,79	17,6±0,24	35,6	8,16	15,3±0,87	20,2±0,17
	Metanol	30,9±2,64	59,2±7,05	TD	TD	TD	TD
	Metanol 80%	29,3±2,92	9,82±0,22	TD	TD	TD	TD
	Aseton	53.3 ± 2.79	17.6 ± 0.24	35.6	8.16	15.3 ± 0.87	20.2 ± 0.17
	Metanol	30.9 ± 2.64	59.2 ± 7.05	TD	TD	TD	TD
	Metanol 80%	29.3 ± 2.92	9.82 ± 0.22	TD	TD	TD	TD

TD : Tidak Diketahui.

3.6. Bioaktivitas Cabai

Buah cabai telah dilaporkan pada beberapa penelitian, memiliki banyak bioaktivitas yang meliputi antioksidan, antimikrobia, antikanker, antidiabetes, antiinflamasi dan analgesik. Bioaktivitas ini umumnya bergantung pada senyawa metabolit sekunder yang ada pada buah cabai. Pada pembahasan sebelumnya telah dijelaskan bahwa buah cabai ini memiliki metabolit sekunder yang terdiri dari kelompok capsaicinoid seperti capsaicin (Popelka dkk., 2017), karotenoid (O'Connell dkk., 2010), fenolik (Zhuang dkk., 2012), flavonoid (Bae dkk., 2012), vitamin (Palevitch dan Craker, 1995) dan senyawa volatil seperti kelompok terpenoid (Gogus dkk., 2015)..

Kelompok senyawa fenolik, flavonoid, karotenoid dan vitamin pada buah cabai memberikan peran penting dalam bioaktivitasnya sebagai antioksidan dan antikanker (Grassi dkk., 2010; Bosland dan Votava, 2012; Alejo dan Rivera., 2020). Metabolit sekunder pada cabai tersebut dapat memperlambat atau menghambat reaksi oksidasi oleh spesi oksigen radikal yang reaktif sehingga kerusakan sel akibat stres oksidatif dapat berkurang (Cirulis dkk., 2013). Selain itu, cabai dapat menurunkan proliferasi atau pertumbuhan sel kanker dan

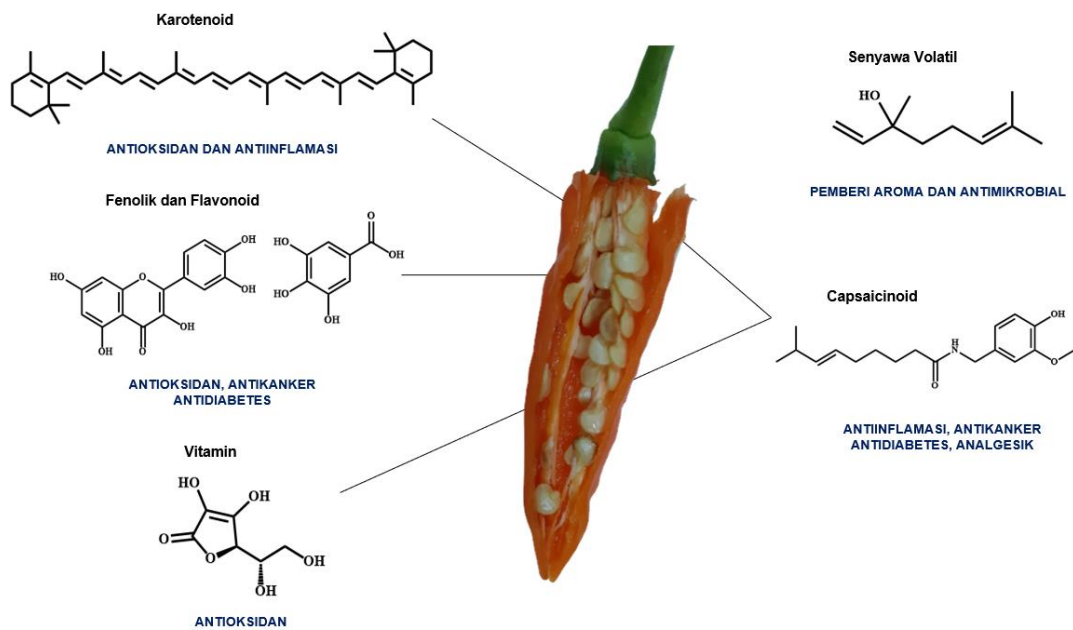
menaikkan proses apoptosis atau kematian sel kanker tanpa mengganggu sel normal. Hal inilah yang menyebabkan buah cabai dapat berperan sebagai obat antikanker alternatif (Lin dkk., 2013; Lebel dkk., 2014).

Sebagai pereda nyeri atau analgesik, kelompok capsaicinoid terutama capsaicin dilaporkan memberikan berperan penting pada buah cabai. Mekanisme penurunan nyeri oleh capsaicin terjadi saat capsaicin mengaktifkan reseptor TRPV1 (*Transient Receptor Potential Vanilloid 1*) pada tubuh. Reseptor TRPV1 ini berperan dalam mendeteksi dan mengatur suhu tubuh. Apabila capsaicin terkena kulit atau masuk dalam tubuh maka capsaicin ini akan berikatan dengan reseptor TRPV1 ini dan mengaktifkannya. Pengaktifan reseptor TRPV1 ini akan menginduksi serat detak-A dan serat C pada nosiseptor untuk mengirimkan sinyal ke otak melalui sumsum tulang belakang. Otak akan mengolah sinyal tersebut dan memberikan respon berupa sensasi hangat hingga panas. Pada proses pengaktifan inilah, sensitivitas kulit maupun tubuh terhadap sinyal berbahaya dari luar akan menurun. Hal ini dikarenakan terjadi defungsionalisasi sementara serat nosiseptor dalam mengirimkan sinyal ke otak sehingga proses pengangkutan dan pengolahan sinyal

bahaya menjadi terhambat. Akibatnya, rasa nyeri pada daerah yang mengalami cedera atau trauma akan berkurang selama capsaicin masih mengaktifkan reseptor TRPV1 tersebut (Anand dan Bley, 2011; Chung dan Campbel, 2016).

Terpenoid, capsaicin dan dihidrocapsaicin dilaporkan berperan penting dalam menghambat pertumbuhan mikroba (Nascimento dkk., 2014; Lai dkk., 2019). Mekanisme antimikrobal oleh metabolit

sekunder pada buah cabai diketahui dengan cara mengganggu proses sintesis membran sel bakteri sehingga sifat membran sel menjadi permeabel dan menyebabkan sitoplasma mudah untuk keluar dari sel. Karena hal ini, mikroba menjadi tidak dapat bertahan hidup (Adaszek dkk., 2019). Ringkasan bioaktivitas buah cabai pada beberapa penelitian, ditunjukkan pada Tabel 5 dan Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Senyawa dan Bioaktivitas Buah Cabai

Tabel 5. Bioaktivitas pada Ekstrak dan Senyawa Hasil Isolasi dari Buah Cabai

ANTIMIKROBIAL			
Jenis Sampel	Metode	Hasil	Referensi
Buah <i>C. frutescens</i>	<i>Liquid dilution method</i> <i>Well diffusion method</i>	Hasil pengujian: ekstrak air buah cabai dapat menghambat pertumbuhan <i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus flavus</i> dan <i>Rhipus sp.</i> dengan % penghambatan berturut turut sebesar 88,3 , 79,2 dan 77,2% serta MIC sebesar 10, 5 dan 5 mg/mL. Namun penghambatan oleh ekstrak air cabai masih dibawah indofil sebagai kontrol positif.	Soumya dan Nair, 2012
Buah <i>C. frutescens</i> dan <i>C. annuum</i>	<i>Well diffusion method</i>	Hasil pengujian: ekstrak air dan metanol dari kedua jenis cabai menunjukkan aktivitas penghambatan terhadap <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> dan <i>Vibrio cholerae</i> . Namun, ekstrak <i>C. annuum</i> menghasilkan penghambatan lebih baik dibandingkan <i>C. frutescens</i> . Zona penghambatan ekstrak air dan metanol <i>Capsicum annuum</i> diperoleh sebesar 14 dan 16 mm untuk <i>S. aureus</i> , 11 dan 16 mm untuk <i>S. typhimurium</i> dan 16 dan 21 mm untuk <i>V. cholerae</i> dengan nilai MIC berturut-turut sebesar 0,25 dan 0,2 mg/mL untuk <i>V. cholerae</i> , 0,5 mg/mL untuk <i>S. aureus</i> dan 0,5 mg/mL untuk <i>S. typhimurium</i> serta nilai MBC sebesar 1 mg/mL untuk <i>V. cholerae</i> , 2 mg/mL untuk <i>S. aureus</i> dan 2 mg/mL untuk <i>S. typhimurium</i> .	Nevry dkk., 2012
Buah paprika hijau (<i>C. annuum</i>)	<i>Disk diffusion method</i>	Hasil pengujian: ekstrak air/metanol (25:75 v/v) <i>Capsicum annuum</i> menunjukkan aktivitas penghambatan terhadap bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> dan <i>Enterococcus hirae</i> dengan zona penghambatan berturut-turut sebesar 8,5, 6,5 dan 5,25 mm.	Mondello dkk., 2016

ANTIMIKROBIAL			
Jenis Sampel	Metode	Hasil	Referensi
Biji <i>C. frutescens</i>	<i>Agar well diffusion method</i>	Hasil pengujian: ekstrak n-heksana, kloroform, etil asetat, aseton dan metanol <i>C. frutescens</i> dapat menghambat pertumbuhan bakteri <i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , dan <i>Bacillus cereus</i> serta jamur <i>Candida albicans</i> dan <i>Candida krusei</i> dengan zona penghambatan berkisar 3,5 – 22 mm.	Gurnani dkk., 2016
Buah <i>C. frutescens</i> dan <i>C. annuum</i>	<i>The broth microdilution</i>	Hasil pengujian: ekstrak etanol dari buah <i>C. frutescens</i> dan <i>C. annuum</i> dapat menghambat pertumbuhan bakteri gram positif <i>Streptococcus salivarius</i> dan <i>Streptococcus sobrinus</i> dengan MIC sekitar 64-128 µg/mL.	Kokoska dkk., 2015
Buah <i>C. frutescens</i>	<i>Agar well diffusion method</i>	Hasil pengujian: ekstrak air, etanol dan aseton dari 5 varietas <i>C. frutescens</i> dapat menghambat pertumbuhan bakteri <i>S. typhi</i> , <i>E. coli</i> , <i>P. aeruginosa</i> , <i>Serratia marcescens</i> , <i>S. aureus</i> , <i>Enterococcus aerogenes</i> dan <i>Proteus vulgaris</i> dengan zona penghambatan berkisar 10,33 – 32,66 mm dan nilai MIC sebesar 7,8 dan 37,5 mg/mL.	Bello dkk., 2015
Buah cabai Cayenne (<i>C. frutescens</i>)	<i>Disc diffusion method</i>	Hasil pengujian: ekstrak air menunjukkan aktivitas antimikroba terhadap <i>Proteus vulgaris</i> , <i>P. aeruginosa</i> , <i>S. aureus</i> dan <i>C. albicans</i> dengan zona penghambatan sebesar 8 mm sedangkan ekstrak etanol <i>C. frutescens</i> menunjukkan aktivitas antimikroba terhadap <i>E. coli</i> , <i>P. vulgaris</i> , <i>P. aeruginosa</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus megaterium</i> , <i>S. aureus</i> dan <i>C. albicans</i> dengan zona penghambatan berkisar 8-9 mm.	Keser dkk., 2018
Capsaicin dan dihidrocapsaicin dari <i>C. frutescens</i>	<i>Broth micro-dilution assay</i>	Hasil pengujian: capsaicin dan dihidrocapsaicin dari <i>C. frutescens</i> menunjukkan aktivitas penghambatan terhadap bakteri <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Bacillus subtilis</i> dan <i>Staphylococcus aureus</i> . Penghambatan dari dihidrocapsaicin diketahui lebih baik dibandingkan capsaicin (MIC berkisar 1,2-25 µg/mL) dengan nilai MIC berkisar 0,6 – 5 µg/mL.	Nascimento dkk., 2014

ANTIOKSIDAN			
Jenis Sampel	Metode	Hasil	Referensi
Capsaicin dan dihidrocapsaicin dari cabai <i>bhut jolokia</i>	<i>in vitro</i> LPO (<i>Lipid Peroxidation</i>) <i>inhibitory assays</i>	Hasil pengujian: capsaicin dan dihidrocapsaicin pada konsentrasi 25 µg/mL menunjukkan penghambatan proses LPO dengan % penghambatan sebesar 32 dan 46%. Penghambatan proses LPO tersebut diketahui masih tergolong penghambatan medium.	Nair dan Liu, 2009
Buah <i>Capsicum annuum</i>	DPPH dan ABTS	Hasil pengujian: ekstrak etanol <i>C. annuum</i> ukuran medium dan besar dapat menghambat radikal bebas DPPH dan ABTS dengan nilai IC ₅₀ berturut-turut sebesar 85,3 dan 21,5 µg/mL untuk <i>C. annuum</i> ukuran medium serta 137,9 dan 16,4 µg/mL untuk <i>C. annuum</i> ukuran besar. Dari data tersebut diketahui ekstrak etanol <i>C. annuum</i> lebih berpotensi menghambat radikal ABTS dibandingkan radikal DPPH.	Loizzo dkk., 2012
Cabai <i>guajillo</i> , <i>pasilla</i> dan <i>ancho</i> (<i>C. annuum</i>)	DPPH	Hasil pengujian: ketiga ekstrak aseton cabai memiliki total karotenoid masing-masing sebesar <i>guajillo</i> 3406 ± 4 µg/g, <i>pasilla</i> 2933 ± 1 µg/g, and <i>ancho</i> 1437 ± 6 µg/g berat sampel kering. Karotenoid ini diketahui sebagai kelompok senyawa yang berperan sebagai agen antioksidan pada tanaman cabai. Dari pengujian DPPH, persen penghambatan dari ekstrak cabai <i>guajillo</i> (24,2%) lebih tinggi dibandingkan dengan <i>pasilla</i> (15,6%) dan <i>ancho</i> (12,3%). Hal ini sesuai dengan data total karotenoid dari ketiga cabai.	Morenodkk., 2012
Buah cabai (<i>C. frutescens</i> dan <i>C. annuum</i>)	DPPH dan <i>reducing power assay</i>	Hasil pengujian: ekstrak etanol dari sembilan cabai (<i>C. frutescens</i> dan <i>C. annuum</i>) menunjukkan aktivitas antioksidan yang baik pada metode DPPH dengan nilai IC ₅₀ sekitar 135,13-366,67 µg/mL, <i>reducing power</i> dengan nilai EC ₅₀ sebesar 65,91-125,08 µg/mL. Cabai <i>Fructus capsici</i> merah (<i>C. frutescens</i>) diketahui memiliki kemampuan penghambatan DPPH lebih baik dibandingkan cabai lainnya sedangkan pada <i>reducing power assay</i> , <i>Screw pepper</i> hijau dilaporkan paling baik dalam mereduksi Fe ³⁺ menjadi Fe ²⁺ .	Zhuang dkk., 2012

ANTIOKSIDAN			
Jenis Sampel	Metode	Hasil	Referensi
Buah <i>C. frutescens</i>	<i>Nitric Oxide (NO) free radical scavenging assay</i>	Hasil pengujian: ekstrak metanol <i>C. frutescens</i> menunjukkan penghambatan radikal bebas NO pada konsentrasi 0,5, 0,25 dan 0,125 mg/mL.	Khan dkk., 2014
<i>C. annuum</i> , <i>C. baccatum</i> , <i>C. chacoense</i> dan <i>C. chinense</i>	DPPH dan ABTS	Hasil pengujian: 20 cultivar dari spesies <i>C. annuum</i> menunjukkan penghambatan terhadap radikal DPPH dan ABTS dengan nilai IC ₅₀ berkisar 180,7 – 1926,1 µg/mL dan 27,3 – 317,4 µg/mL.	Loizzo dkk., 2015
Capsaicin	DPPH dan ABTS	Hasil pengujian: capsaicin menunjukkan aktivitas antioksidan yang baik terhadap radikal ABTS dengan nilai EC ₅₀ sebesar 187,7 µM dan TEAC sebesar 0,029 µg Trolox/µg capsaicin dibandingkan terhadap radikal DPPH (EC ₅₀ = 1016 µM).	Isidori dkk., 2019
Buah cabai kering (<i>C. annuum</i>)	DPPH dan FRAP	Hasil pengujian: ekstrak petroleum eter dari cabai kering dan cabai panggang dilaporkan memiliki aktivitas penghambatan terhadap radikal DPPH dan FRAP dengan IC ₅₀ masing –masing sebesar 0,51 dan 7,02 mg/g untuk cabai kering serta 1,89 dan 17,6 mg/g untuk cabai panggang.	Songsin dkk., 2019

ANTIOKSIDAN			
Jenis Sampel	Metode	Hasil	Referensi
Biji dan daging buah cabai <i>kulai 151</i> dan <i>kulai 568</i> (<i>C. annuum</i>) Biji dan daging buah cabai <i>centil</i> , <i>bara</i> dan <i>pelita</i> (<i>C. frutescens</i>)	ABTS dan FRAP	Hasil pengujian: ekstrak etanol semua sampel menunjukkan aktivitas antioksidan yang baik terhadap radikal ABTS dengan rentang nilai IC ₅₀ sekitar 12,411-91,95 mg/mL dan ion Fe ³⁺ dengan nilai FRAP berkisar 1,203-3,058 mM Fe ²⁺ /mg. Namun hasil yang didapatkan oleh semua sampel cabai masih kurang bagus dibandingkan dengan trolox sebagai pembanding dengan nilai IC ₅₀ ABTS sebesar 0,406 mg/mL dan nilai FRAP sebesar 4,294 mM Fe ²⁺ /mg. Selain itu, ekstrak daging buah cabai <i>bara</i> diketahui memiliki kemampuan penghambatan radikal ABTS dan ion Fe ³⁺ paling kuat dibandingkan cabai lainnya sedangkan aktivitas penghambatan terendah diperoleh ekstrak biji cabai <i>kulai 568</i> .	Azlan dkk., 2020
ANTIDIABETES			
Jenis Sampel	Metode	Hasil	Referensi
Buah <i>C. annuum</i> var. <i>acuminatum</i> dan <i>C. annuum</i> var. <i>cerasiferum</i>	Penghambatan aktivitas α -amilase dan α -glukosidase assay	Hasil pengujian: fraksi lipofilik dari <i>C. annuum</i> var. <i>acuminatum</i> dan <i>C. annuum</i> var. <i>cerasiferum</i> dapat menghambat aktivitas enzim α -amilase dengan IC ₅₀ sebesar 6,9 dan 20,1 μ g/mL berturut-turut. Penghambatan fraksi lipofilik ini diketahui lebih baik dibandingkan dengan akarbosa sebagai kontrol positif (IC ₅₀ = 50 μ g/mL) namun fraksi lipofilik ini tidak menunjukkan penghambatan terhadap enzim α -glukosidase. Tidak hanya itu, ekstrak etanol <i>C. annuum</i> var. <i>cerasiferum</i> juga menunjukkan penghambatan terhadap α -amilase dan α -glukosidase dengan IC ₅₀ sebesar 256.8 dan 356.8 μ g/mL.	Tundis dkk., 2011

ANTIOKSIDAN			
Jenis Sampel	Metode	Hasil	Referensi
Buah cabai <i>fiesta</i> , <i>Thai jingga</i> , <i>acuminatum</i> dan <i>cayenne jingga</i> (<i>C. annuum</i>) Capsaicin dan dihidrocapsaicin	Penghambatan aktivitas α -amilase dan α -glukosidase assay	Hasil pengujian: ekstrak etanol dari tiga cultivar (<i>fiesta</i> , <i>orange thai</i> dan <i>cayenne golden</i>) spesies <i>C. annuum</i> yang belum matang lebih signifikan menghambat aktivitas enzim α -amilase dan α -glukosidase dengan IC_{50} masing masing berkisar 47,8 – 129,6 $\mu\text{g/mL}$ dan 81,1 – 109,2 $\mu\text{g/mL}$. Namun aktivitas penghambatan dari ekstrak etanol <i>C.annuum</i> masih tergolong dalam penghambatan medium. Hal ini karena nilai IC_{50} dari ekstrak tersebut masih diatas IC_{50} akarbose (50 $\mu\text{g/mL}$ untuk α -amilase dan 35,3 $\mu\text{g/mL}$ untuk α -glukosidase) sebagai kontrol positif Hasil pengujian senyawa murni: capsaicin dan dihidrocapsaicin menunjukkan penghambatan aktivitas enzim α -amilase dengan IC_{50} sebesar 83 $\mu\text{g/mL}$ dan 92 $\mu\text{g/mL}$ namun tidak menunjukkan penghambatan pada uji α -glukosidase ($IC_{50} > 500 \mu\text{g/mL}$).	Tundis dkk., 2013
Buah <i>C. annuum</i>	Penghambatan aktivitas α -amilase dan α -glukosidase assay	Hasil pengujian: fraksi aseton <i>C. annuum</i> dapat menghambat aktivitas enzim α -amilase dan α -glukosidase lebih baik dibandingkan fraksi n-heksana, etil asetat dan diklorometana dengan IC_{50} sebesar 164,11 dan 65,11 $\mu\text{g/mL}$. Hasil identifikasi fraksi aseton <i>C. annuum</i> dengan GC-MS menunjukkan adanya senyawa capsaicin, dihidrocapsaicin, eugenol, <i>tridecanoic acid</i> , <i>phytol</i> , kauran-16-ol dan <i>1,2-Benzenedicarboxylic acid, mono(2-ethylhexyl) ester</i> .	Islam dkk., 2017
Biji, daging buah cabai <i>kulai 151</i> dan <i>kulai 568</i> (<i>C. annuum</i>) Biji dan daging buah cabai <i>centil</i> , <i>bara</i> dan <i>pelita</i> (<i>C. frutescens</i>)	Penghambatan aktivitas pankreas lipase	Hasil pengujian: daging buah cabai <i>bara</i> dapat menghambat aktivitas pankreas lipase leboh baik dibandingkan dengan ekstrak buah cabai <i>kulai 568</i> ($IC_{50} = 5,030 \pm 0,47 \mu\text{g/mL}$) dan biji cabai <i>centil</i> ($10,97 \pm 2,38 \mu\text{g/mL}$) dengan IC_{50} sebesar $4,839 \pm 0,57 \mu\text{g/mL}$. Namun nilai IC_{50} dari ketiga sampel masih berada dibawah orlistat sebagai kontrol positif ($IC_{50} = 2,619 \pm 1,16 \mu\text{g/mL}$). Orlistat merupakan obat antidiabetes komersial yang efisien dalam menghambat enzim pankreas lipase.	Azlan dkk., 2020

ANTIINFLAMASI			
Jenis Sampel	Metode	Hasil	Referensi
Capsaicin	<i>Carrageenan-induced paw edema in rats</i>	Hasil pengujian: penggunaan kombinasi capsaicin dan diklofenak pada uji inflamasi pembengkakan kaki tikus oleh karagenan menunjukkan penurunan volume bengkak lebih besar dibandingkan hanya menggunakan diklofenak. Penurunan volume tersebut terjadi selama 180 menit dan 360 menit setelah injeksi karagenan pada hewan uji.	Yilmaz dkk., 2013
Capsaicin	<i>acetylsalicylic acid-induced gastritis model</i>	Hasil pengujian: capsaicin menunjukkan penurunan atau penghambatan produksi sitokin proinflamasi seperti TFN- α , IL-1 β , IL-6 dan enzim <i>cyclooxygenase-2</i> (COX-2) yang berperan dalam proses inflamasi pada tikus uji yang dirangsang dengan asam asetilsalisilat dibandingkan dengan tikus sehat sebagai kontrol. Tidak hanya itu, capsaicin juga menunjukkan efek proteksi terhadap kerusakan mukosa lambung atau tukak lambung pada tikus uji dengan % proteksi sebesar 61,18%.	Borunda dkk., 2019
Daging buah dan plasenta cabai merah (<i>C.annuum</i>)	<i>Anti-inflammatory activity in RAW 264.7 cells</i>	Hasil pengujian: ekstrak metanol daging buah dan plasenta <i>C. annum</i> menunjukkan penghambatan produksi NO (Nitrogen monoksida) pada sel RAW 264,7 yang diinduksi dengan LPS (<i>Lipopolysaccharide</i>). NO ini merupakan respon makrofag terhadap proses inflamasi pada tubuh. Produksi NO yang berlebihan dapat menyebabkan penyakit yang berhubungan dengan inflamasi. Penghambatan NO ini diketahui disebabkan oleh adanya capsaicin yang terbukti memiliki potensi sebagai antiinflamasi. Kadar capsaicin pada ekstrak daging buah dan plasenta ini diperoleh sebesar 9,05 dan 9,48 mg/g.	Kang dan Chen, 2013
Buah cabai merah tanpa biji (<i>C.baccatum</i> var. <i>pendulum</i>)	Pengukuran produksi nitrit oksida dan TNF- α oleh makrofag <i>Carrageenan-induced</i>	Hasil pengujian: ekstrak etanol, diklorometana dan butanol <i>C. baccatum</i> pada konsentrasi 300 μ g/mL dapat menghambat produksi TNF- α dan NO pada makrofag peritoneal yang dirangsang dengan LPS/IFN- γ (interferon gamma) dibandingkan dengan sel tanpa perlakuan. Tidak hanya itu, keempat ekstrak <i>C. baccatum</i> juga dapat menghambat pembengkakan pada kaki tikus akibat	Romao dkk., 2016

ANTIINFLAMASI			
Jenis Sampel	Metode	Hasil	Referensi
	<i>peritonitis in mice</i>	injeksi karagenan dengan menurunkan jumlah neutrofil pada hewan uji. Besar % penghambatan bengkak oleh ekstrak etanol, diklorometana dan butanol berturut-turut sebesar 42,5, 39,5 dan 52,9% pada konsentrasi 300 mg/kg.	
ANTI-KANKER DAN ANTI-TUMOR			
Jenis Sampel	Metode	Hasil	Referensi
Buah cabai <i>C. chinense</i>	In-vitro pada sel HepG2 dengan metode MTT assay <i>Lactate dehydrogenase (LDH) assay</i>	Hasil pengujian: ekstrak asetonitril <i>C. chinense</i> dapat menekan keberlangsungan hidup sel kanker HepG2 sebesar 50% pada konsentrasi 50 µg/mL dibandingkan dengan sel kontrol yang mengalami proliferasi (keberlangsungan hidup sel = 100%). Tidak hanya itu, pemberian ekstrak asetonitril dengan konsentrasi 50 µg/mL juga dapat menekan pelepasan enzim LDH sebesar 57,95% sedangkan sel kontrol mengalami peningkatan kadar enzim LDH tersebut.	Lebel dkk., 2014
Capsaicin	In-vitro pada sel kanker pankreas PANC-1 dan SW1990 dengan metode CCK assay <i>Flow Cytometry Analysis of Apoptosis</i>	Hasil pengujian: capsaicin dapat menghambat pertumbuhan sel kanker sebesar 50% pada konsentrasi 200 µM untuk sel PANC-1 dan 150 µM untuk SW1990. Pemakaian capsaicin ini juga meningkatkan proses apoptosis sel kanker dengan %kecepatan opoptosis pada sel PANC-1 dan SW1990 berturut-turut sebesar 34,36% dan 48,11% sedangkan sel kanker kontrol tanpa perlakuan memiliki laju apoptosis dibawah 10% saja. Tidak hanya itu, capsaicin hingga konsetrasi 300 µM tidak menyebabkan penurunan keberlangsungan hidup pada sel pankreas normal HPNE. Selanjutnya pada uji in-vivo, capsaicin menunjukkan potensi sebagai anti-tumor pada tikus uji dengan menurunkan berat dan volume tumor setiap pemberian capsaicin dengan berbagai	Lin dkk., 2013

ANTIINFLAMASI			
Jenis Sampel	Metode	Hasil	Referensi
	In-vivo pada tikus uji	konsentrasi. Berat dan volume tumor terkecil diperoleh dari penambahan capsaicin pada dosis 5 mg/kg dengan berat dan volume tumor sebesar 0,37 g dan 256,62 mm ³ yang dibandingkan dengan grup kontrol tanpa perlakuan (berat tumor = 0,91 g dan volume tumor = 766,5 mm ³). Selain itu, pemakaian capsaicin dengan dosis 5 mg/kg juga dapat memperpanjang waktu hidup tikus uji dengan waktu hidup rata-rata sebesar 56 hari sedangkan tikus kontrol hanya bertahan hingga 30 hari saja.	
Capsaicin	In-vitro pada sel kanker usus besar (HT-29 dan RKO) XTT proliferation assay	Hasil pengujian: pemakaian capsaicin dengan dosis 200 µM menunjukkan penurunan proses proliferasi dan keberlangsungan hidup sel kanker HT-29 dan RKO setelah 24 jam perlakuan dengan jumlah sel kanker yang masih hidup sebesar $0,44 \times 10^6/\text{mL}$ untuk sel HT-29 dan $0,14 \times 10^6/\text{mL}$ untuk sel RKO sedangkan jumlah sel kanker hidup pada kontrol diperoleh sebesar 1,39 dan $1,74 \times 10^6/\text{mL}$.	Bessler dan Djaldetti, 2016
Capsaicin	In-vitro pada sel kanker kandung kemih (5637 dan T24) dengan metode MTT assay In-vivo pada tikus	Hasil pengujian: capsaicin dengan konsentrasi 300 µM menunjukkan penghambatan proses proliferasi dan migrasi sel pada sel kanker T24 dan 5637 setelah 48 jam perlakuan. Selain itu, capsaicin juga dapat menekan pertumbuhan tumor pada tikus uji dengan menurunkan volume tumor pada tikus tumor dengan penambahan capsaicin. Volume tumor pada tikus+capsaicin turun hingga dibawah 500 mm ³ sedangkan volume tikus kontrol berada dibawah 1000 mm ³ .	Qian dkk., 2016

_.			
Jenis Sampel	Metode	Hasil	Referensi
Cabai <i>guajillo</i> (<i>C. annuum</i>)	Rangsangan panas dan bahan kimia dari <i>hot plate</i> dan asam asetat pada mencit albino	Hasil pengujian: ekstrak buah cabai <i>guajillo</i> dapat menghambat nyeri akibat rangsangan asam asetat dengan persen penghambatan sebesar 56% pada dosis 5 mg/kg berat badan mencit. Penghambatan nyeri ini ditunjukkan dengan adanya penurunan geliat akibat pemberian asam asetat pada mencit. Namun penghambatan nyeri oleh cabai <i>guajillo</i> masih di bawah ibuprofen (persen penghambatan = 62%). Selain itu, cabai <i>guajillo</i> juga dapat menurunkan nyeri akibat rangsangan panas dari <i>hot plate</i> dengan meningkatkan waktu respon mencit terhadap rangsangan panas tersebut. Pada dosis 80 mg/kg, ekstrak cabai <i>guajillo</i> menghasilkan waktu respon sebesar 18 detik pada 360 menit setelah pemberian ekstrak cabai tersebut.	Morenodkk., 2012
Gel dan krim nanoemulsi capsaicin	Rangsangan panas dari <i>hot plate</i> pada tikus albino Wistar Uji iritasi kulit pada kelinci albino	Hasil pengujian: hasil pengujian analgesik menunjukkan bahwa gel dan krim nanoemulsi capsaicin dapat menghambat rasa nyeri yang diakibatkan oleh rangsangan panas yang ditandai dengan meningkatnya waktu reaksi hewan uji terhadap rangsangan selama pemakaian 0, 60 dan 120 menit dibandingkan dengan kontrol. Tidak hanya itu, gel nanoemulsi capsaicin menunjukkan waktu respon tertinggi dibandingkan dengan krim nanoemulsi capsaicin dan krim komersial. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan nanoemulsi capsaicin dalam bentuk gel sebagai obat luar lebih efektif untuk meredakan nyeri dibandingkan dalam bentuk krim. Selain itu, pengujian iritasi kulit pada kelinci albino menunjukkan bahwa gel dan krim nanoemulsi capsaicin tidak menimbulkan bengkak maupun kemerahan pada kulit hewan uji yang menandakan nanoemulsi capsaicin ini aman untuk digunakan sebagai obat luar.	Amani dkk., 2019

**.			
Jenis Sampel	Metode	Hasil	Referensi
Krim capsaicin (8%) topikal	Sampling pemakaian sampel pada penderita nyeri otot	Hasil pengujian: penggunaan krim capsaicin topikal jug dapat mengurangi level nyeri pada penderita nyeri otot selama 60 hari setelah penggunaan krim tersebut. Penderita nyeri otot ini sebelumnya dibagi menjadi dua grup yang terdiri dari grup nyeri otot ringan dan berat. Pada grup nyeri otot ringan, level nyeri berkurang dari 4,3 menjadi 1,7 selama 60 hari. Selain itu, level nyeri pada grup nyeri otot berat juga menurun dari skala 9,2 menjadi 8,7 selama 60 hari setelah penggunaan krim capsaicin tersebut	Barros dkk., 2019
Capsacin topikal	Sampling pemakaian sampel pada penderita nyeri otot, keseleo dan luka memar	Hasil pengujian: Capsacin topikal ini dapat menurunkan level nyeri pada penderita nyeri otot, keseleo dan luka memar dari skala 7,5 menjadi 1,5 selama 72 jam sedangkan piroxicam topikal hanya menurunkan level nyeri dari skala 7,5 menjadi 4,5. Capsacin topikal juga menunjukkan 50% penurunan nyeri pada 60 subjek uji dari 69 orang tanpa menunjukkan perbedaan efek samping dengan piroxicam topikal.	Kocak dkk., 2020
Gel capsaicin, gel diklofenak dan gel diklofenak dengan capsaicin	Sampling pemakaian sampel pada penderita nyeri leher dan punggung	Hasil pengujian: Setiap gel digunakan sebanyak 2 gram tiap dua kali sehari selama 5 hari. Dari hasil pengujian, gel capsaicin menunjukkan aktivitas analgesik lebih baik dibandingkan gel diklofenak sebagai obat analgesik luar dan gel campuran diklofenak dengan capsaicin pada penderita nyeri leher dan punggung.	Predel dkk., 2020

3.7 Kesimpulan

Buah cabai dilaporkan memiliki kelompok senyawa capsaicinoid, karotenoid, fenolik, flavonoid, vitamin dan senyawa volatil seperti terpenoid sebagai metabolit sekunder. Jenis pelarut, jenis cabai, metode dan kondisi ekstraksi pada buah cabai, diketahui dapat mempengaruhi kadar metabolit sekunder pada cabai tersebut. Selain itu, cabai juga diketahui memiliki bioaktivitas sebagai antioksidan, antimikrobal, antikanker, antidiabetes, antiinflamasi dan analgesik. Bioaktivitas dari cabai ini telah membuktikan bahwa cabai memiliki potensi sebagai tanaman obat di bidang farmakologi. Penelitian lebih lanjut terkait dosis penggunaan yang tepat dan keamanan dari cabai, perlu dilakukan agar dapat memperkuat fakta tersebut.

Daftar Pustaka

- Adaszek, L., Gadomska, D., Mazurek, L., Lyp, P., Madany, J., Winiarczyk, S., (2019). Properties of Capsaicin and Its Utility in Veterinary and Human Medicine. *Research in Veterinary Science*. 123, 14-19.
- Afolayan, A.J., Olatunji, T.L., (2019). Comparative Quantitative Study on Phytochemical Contents and Antioxidant Activities of *Capsicum annum* L. and *Capsicum frutescens* L. *The Scientific World Journal* 1–13.
- Aguiar, A.C.D., Santos, P.D., Coutinho, J.P., Barbero, G.F., Godoy, H.T., Martinez, J., (2014). Supercriticalfluid Extraction and Low Pressure Extraction of Biquinho Pepper (*Capsicum chinense*). *LWT – Food and Science Technology*. 59: 1239-1246.
- Ahmed, Y.B.H., Othman, Z.A.A., Habila, M.A., Ghafar, A.A., (2011). Determination of Capsaicin and Dihydrocapsaicin in *Capsicum* Fruit Samples using High Performance Liquid Chromatography. *Molecules* 16, 8919–8929.
- Alam, M.A., Syazwanie, N.F., Mahmud, N.H., Badaluddin, N.A., Mustafa, K.A., Alias, N., Aslani, F., Prohdan, M.A., (2018). Evaluation of Antioxidant Compounds, Antioxidant Activities and Capsaicinoid Compounds of Chili (*Capsicum sp.*) Germplasms Available in Malaysia. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*. 9, 46-54.
- Alejo, N.O., Rivera, M.G.V., (2020). Chili Pepper Carotenoids: Nutraceutical Properties and Mechanisms of Action. *Molecules* 25, 1–23.
- Amani, A., Faramarzi, M.A., Khansari, M.G., Aghajani, M., Esmaeli, F., Ghiasi, Z., (2019). Enhancing Analgesic and Anti-Inflammatory Effects of Capsaicin When Loaded Into Olive Oil Nanoemulsion: An In Vivo Study. *International Journal of Pharmaceutics* 559, 341–347.
- Anand, P., Bley, K., (2011). Topical Capsaicin For Pain Management: Therapeutic Potential and Mechanisms of Action of The New High-Concentration Capsaicin 8% Patch. *British Journal of Anaesthesia* 107, 490–502.
- Azlan, A., Huei, C.S., Ismail, A., Shafie, N.H., Sultana, S., (2020). Antioxidant and Anti-Obesity Properties of Local Chilies Varieties in Malaysia. *Journal of Food Science and Technology* 57, 3677–3687.

- Bae, H., Jayaprakasha, G.K., Jifon, J., Patil, B.S., (2012). Variation of Antioxidant Activity and The Levels of Bioactive Compounds in Lipophilic and Hydrophilic Extracts from Hot Pepper (*Capsicum spp.*) Cultivars. *Food Chemistry*. 134: 1912-1918.
- Barros, G.A.M. de, Modolo, N.S.P., Salgado, M.H., Espinar, F.O., Lara, J.R., Romero, V., (2019). Capsaicin Topical Cream (8%) for The Treatment of Myofascial Pain Syndrome. *Revista Brasileira de Anestesiologia* 5, 432–438.
- Bello, I., Boboye, B.E., Akinyosoye, F.A., (2015). Phytochemical Screening and Antibacterial Properties of Selected Nigerian Long Pepper (*Capsicum frutescens*) Fruits. *African Journal of Microbiology Research* 9, 2067–2078.
- Bessler, H., Djaldetti, M., (2016). Capsaicin Modulates The Immune Cross Talk Between Human Mononuclears And Cells From Two Colon Carcinoma Lines. *Nutrition and Cancer* 69, 1–7.
- Borunda, J.A., Garcia, A.S., Orozco, L.S., Mercado, M.V.-D., Rosales, A.D., Ramos, L.Z., Ríos, A.M., Rodriguez, A.S., Mendivil, E.J., (2019). Capsaicin Induces A Protective Effect on Gastric Mucosa Along With Decreased Expression of Inflammatory Molecules in A Gastritis Model. *Journal of Functional Foods* 59, 345–351.
- Bosland, P.W., Votava, E.J., (2012). *Peppers:Vegetable and Spice Capsicums 2nd edition*. London: CABI.
- Cirulis, J.T, Scott, J.A., Ross. G.M., (2013). Management of Oxidative Stress by Microalgae. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*. 91: 15–21.
- Chung, M.-K., Campbell, J.N., (2016). Use of Capsaicin to Treat Pain: Mechanistic and Therapeutic Considerations. *Pharmaceuticals* 9, 1–20.
- Daood, H.G., Illes, V., Gnayfeed, M.H., Meszaros, B., Horvath, G., Biacs, P.A., (2002). Extraction of Pungent Spice Paprika by Supercritical Carbon Dioxide and Subcritical Propane. *Journal of Supercritical Fluids* 23, 143–152.
- Dias, A.L.B., Sergio, C.SA., Santos, P., Barbero, G.F., Rezende, C.A., \Martinez, J., (2017). Ultrasound-Assisted Extraction of Bioactive Compounds from Dedo De Moça Pepper (*Capsicum baccatum L.*): Effects on The Vegetable Matrix and Mathematical Modeling. *Journal of Food Engineering*. 198: 36-44.
- Duch, E.S., Moreno, L.L., Aguirre, J.T., Yah, A.R.C., Ceballos, L., Gonzalez, M., Pino, J., (2007). Characterization of Total Capsaicinoids, Colour and Volatile Compounds of Habanero Chilli Pepper (*Capsicum chinense* Jack.) cultivars grown in Yucatan. *Food Chemistry* 104, 1682–1686.
- Gahungu, A., Ruganintwali, E., Karangwa, E., Zhang, Mukunzi, D., (2011). Volatile Compounds and Capsaicinoid Content of Fresh Hot Peppers (*Capsicum Chinense*) Scotch Bonnet Variety at Red Stage. *Advance Journal of Food Science and Technology* 3, 211–218.
- Gaytan, V.G., Merino, F.C.G., Tellez, L.I.T., Gastillo, G.A.B., Morales, S.G., (2017). The Chilhuacle Chili (*Capsicum annum L.*) in Mexico: Description of The Variety, Its Cultivation, and Uses. *Hindawi - International Journal of Agronomy*. 2017, 1-13.
- Giuffrida, D., Dugo, P., Torre, G., Bignardi, C., Cavazza, A., Corradini, C., Dugo, G., (2013). Characterization of 12 Capsicum Varieties by Evaluation of

- Their Carotenoid Profile and Pungency Determination. *Food Chemistry* 140, 794–802.
- Godoy, H.T., Melo, A.M.T. de, Coutinho, J.P., Sganzerla, M., (2014). Fast Method for capsaicinoids Analysis from *Capsicum chinense* Fruits. *Food Research International* 64, 718–725.
- Gogus, F., Ozel, M.Z., Keskin, H., Yanik, D.K., Lewis, A.C., (2015). Volatiles of Fresh and Commercial Sweet Red Pepper Pastes: Processing Methods and Microwave Assisted Extraction. *International Journal of Food Properties* 18, 1625–1634.
- Gosmann, G., Oliveira, J.R. de, Schapoval, E., Miron, D., Leonardi, B., Zimmer, A.R., (2012). Antioxidant and Anti-Inflammatory Properties of *Capsicum baccatum*: from Traditional Use To Scientific Approach. *Journal of Ethnopharmacology* 228–233.
- Govindarajan, V.S., Sathyanarayana, M.N., (2009). Capsicum — Production, Technology, Chemistry, and Quality. Part V. Impact on Physiology, Pharmacology, Nutrition, and Metabolism; Structure, Pungency, Pain, and Desensitization Sequences. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 29, 435–474.
- Grassi, D., Desideri, G., Ferri, C., (2010). Flavonoids: Antioxidants Against Atherosclerosis. *Nutrients* 2, 889–902.
- Gupta, A., Naraniwal, M., Kothari, V., (2012). Modern Extraction Methods for Preparation of Bioactive Plant Extracts. *International Journal of Applied and Natural Sciences (IJANS)* 1, 8–26.
- Gurnani, N., Gupta, M., Shrivastava, R., Mehta, D., Mehta, B.K., (2016). Effect of Extraction Methods on Yield, Phytochemical Constituents, Antibacterial And Antifungal Activity of *Capsicum frutescens* L. *Indian Journal of Natural Products and Resources* 7, 32–39.
- Guzmán, I., Bosland, P.W., (2017). Sensory Properties of Chile Pepper Heat and Its Importance to Food Quality and Cultural Preference. *Appetite* 117, 186–190.
- Idrees, S., Hanif, M.A., Ayub, M.A., Hanif, A., Ansari, T.M., (2020). Medicinal Plants of South Asia. Elsevier.
- Islam, Md.S., Koorbanally, N.A., Mohammed, A., (2017). Anti-Diabetic Effect of *Capsicum annuum* L. Fruit Acetone Fraction in A Type 2 Diabetes Model of Rats. *Acta Poloniae Pharmaceutica-Drug Research* 74, 1767–1779.
- Isidori, M., Russo, C., Piscitelli, C., Nugnes, R., Orlo, E., Lavorgna, M., (2019). Capsaicin in Hot Chili Peppers: In Vitro Evaluation of Its Antiradical, Antiproliferative and Apoptotic Activities. *Plant Foods for Human Nutrition* 74, 164–170.
- Jarret, R.L., Batista, F.R.D.C., Berke, T., Chou, Y.Y., Kemp, A.H., Alejo, N.O., Tripodi, P., Veres, A., Garcia, C.C., Csillery, G., Huang, Y.K., Kiss, E., Kovacs, Z., Kondrak, M., Rodriguez, M.L.A., Scaldaffero, M.A., Szoke, A., (2019). *Capsicum*-an abbreviated compendium. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 144(1), 3-22.
- Junior, V.F.V., Wiedemann, L.S.M., Antonio, A.S., (2018). The Genus Capsicum: A Phytochemical Review of Bioactive Secondary Metabolites. *Royal Society of Chemistry Advances* 8, 25767–25784.
- Kang, Y.-H., Chen, L., (2013). Anti-Inflammatory and Antioxidant Activities of Red Pepper (*Capsicum annuum* L.) Stalk Extracts: Comparison of Pericarp and Placenta Extracts. *Journal Of Functional Foods* 5, 1724–1731.

- Kehie, M., Kumaria, S., Tandon, P., Ramchiary, N., (2015). Biotechnological Advances on In Vitro Capsaicinoids Biosynthesis in *Capsicum*: A Review. *Phytochemistry Review* 14, 189–201.
- Keser, S., Kaygili, O., Keser, F., Tekin, S., Yilmaz, Ö., Demir, E., Kirbag, S., Sandal, S., (2018). Phytochemical Composition, Antiradical, Antiproliferative and Antimicrobial Activities of *Capsicum frutescens* L. *Analytical Chemistry Letters* 8, 642–652.
- Khan, I., Ahmad, H., Ahmad, B., (2014). Anti-Glycation and Anti-Oxidation Properties of *Capsicum frutescens* and *Curcuma longa* Fruits: Possible Role in Prevention of Diabetic Complication. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences* 27, 1359–1362.
- Knez, Z., Weinreich, B., Skerget, M., Uzunalic, A.P., (2004). Extraction of Chilli Pepper (var. Byedige) with supercritical CO₂: Effect of Pressure and Temperature on Capsaicinoid and Colour Extraction Efficiency. *Food Chemistry* 87, 51–58.
- Kocak, A.O., Dogruyol, S., Akbas, I., Menekse, T.S., Gur, S.T.A., Kocak, M.B., Cekmen, B., Orun, S., Cakir, Z., (2020). Comparison of Topical Capsaicin and Topical Piroxicam in The Treatment of Acute Trauma-Induced Pain: A Randomized Double-Blind Trial. *American Journal of Emergency Medicine* 38, 1767–1771.
- Kokoska, L., Pilna, J., Vlkova, E., Krofta, K., Nesvadba, V., Rada, V., (2015). In Vitro Growth-Inhibitory Effect of Ethanol GRAS Plant and Supercritical CO₂ Hop Extracts on Planktonic Cultures of Oral Pathogenic Microorganisms. *Fitoterapia* 105, 260–268.
- Korkmaz A, Atasoy A F, dan Hayaloglu A A. (2021). The Effects of Production Methods on The Color Characteristics, Capsaicinoid Content and Antioxidant Capacity Of Pepper Spices (*C. annuum* L.). *LWT - Food Science and Technology*. 341(2), 1-8.
- Lai, K.-S., Lim, S.-H.E., Abushelaibi, A., Chong, C.-W., Chong, C.-M., Song, A.A.-L., Moo, C.-L., Yang, S.-K., Mahizan, N.A., (2019). Terpene Derivatives as a Potential Agent against Antimicrobial Resistance (AMR) Pathogens. *Molecules* 24, 1–21.
- Lebel, L.A., Saravanan, S., Raj, J.P.P., Amruthraj, N.J., (2014). In Vitro Studies on Anticancer Activity of Capsaicinoids from *Capsicum chinense* against Human Hepatocellular Carcinoma Cells. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences* 6, 254–258.
- Li, Y.-J., Peng, J., Luo, X.-J., (2011). Recent Advances in The Study on Capsaicinoids and Capsinoids. *European Journal of Pharmacology* 1–7.
- Lin, S., Zhang, J., Chen, H., Chen, K., Lai, F., Luo, J., Wang, Z., Bu, H., Zhang, R., Li, H., Tong, H., (2013). Involvement of Endoplasmic Reticulum Stress in Capsaicin-Induced Apoptosis of Human Pancreatic Cancer Cells. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* 1–12.
- Loizzo, M.R., Pugliese, A., Bonesi, M., Menichini, F., Tundis, R., (2015). Evaluation of Chemical Profile and Antioxidant Activity of Twenty Cultivars from *Capsicum annuum*, *Capsicum baccatum*, A Comparison Between Fresh and Processed Peppers. *Food Science and Technology* 64, 623–631.

- Loizzo, M.R., Tundis, R., Menichini, Federica, Bonesi, M., Conforti, F., Luca, D.D., Menichini, Francesco, (2012). Air-Dried *Capsicum annuum* var. *acuminatum* Medium and Big: Determination of Bioactive Constituents, Antioxidant Activity and Carbohydrate-Hydrolyzing Enzymes Inhibition. *Food Research International* 45, 170–176.
- Martínez, J., Godoy, H.T., Barbero, G.F., Coutinho, J.P., Santos, P. dos, Aguiar, A.C. de, (2014). Supercritical Fluid Extraction and Low Pressure Extraction of Biquinho Pepper (*Capsicum chinense*). *Food Science and Technology* 59, 1239–1246.
- Martínez, J., Santos, P., Aguiar, A.C., Barbero, G.F., Rezende, C.A., (2014). Supercritical Carbon Dioxide Extraction of Capsaicinoids from Malagueta Pepper (*Capsicum frutescens* L.) assisted by ultrasound. *Ultrasonics Sonochemistry* 22, 78–88.
- Martínez, J., Rezende, C.A., Barbero, G.F., Santos, P., Sergio, C.S.A., Dias, A.L.B., (2016). Effect of Ultrasound on The Supercritical CO₂ Extraction of Bioactive Compounds from Dedo De Moça Pepper (*Capsicum baccatum* L. var. *pendulum*). *Ultrasonics Sonochemistry* 31, 284–294.
- McCarty, M.F., DiNicolantonio, J.J., O’Keefe, J.H., (2015). Capsaicin May Have Important Potential for Promoting Vascular and Metabolic Health. *Open Heart* 2, 1–7.
- Meghvansi, M.K., Siddiqui, S., Khan, Md.H., Gupta, V.K., Vairale, M.G., Gogoi, H.K., Singh, L., (2010). Naga Chilli: A Potential Source of Capsaicinoids with Broad-Spectrum Ethnopharmacological Applications. *Journal of Ethnopharmacology* 132, 1–14.
- Mercy, R., Ekwere, David, E., (2016). Extraction and Comparative Analysis of Moisture and Capsaicin Contents of Capsicum Peppers. *Journal of Pain & Relief* 5, 1–4.
- Mondello, L., Dugo, P., Farnetti, S., Riazi, A., Giuffrida, D., Donato, P., Cacciola, F., Russo, M., Mokhtar, M., (2016). Capsaicinoids and Carotenoids in *Capsicum annuum* L.: Optimization of The Extraction Method, Analytical Characterization, and Evaluation of its Biological Properties. *Food Anal. Methods* 9, 1381–1390.
- Nair, M.G., Liu, Y., (2009). Capsaicinoids in the Hottest Pepper Bhut Jolokia and its Antioxidant and Antiinflammatory Activities. *Natural Product Communications* 5, 91–94.
- Nascimento, P.L.A., Nascimento, T.C.E.S., Ramos, N.S.M., Silva, G.R., Gomes, J.E.G., Falcão, R.E.A., Moreira, K.A., Porto, A.L.F., Silva, T.M.S., (2014). Quantification, Antioxidant and Antimicrobial Activity of Phenolics Isolated from Different Extracts of *Capsicum frutescens* (Pimenta Malagueta). *Molecules* 19, 5434–5447.
- Nevry, R.K., Kouassi, K.C., Nanga, Z.Y., Koussémon, M., Loukou, G.Y., (2012). Antibacterial Activity of Two Bell Pepper Extracts: *Capsicum annuum* L. and *Capsicum frutescens*. *International Journal of Food Properties* 961–971.
- O’Connell, M.A., Bosland, P.W., Guzman, I., (2010). Heat, Color, and Flavor Compounds in Capsicum Fruit, in: *The Biological Activity of Phytochemicals*. Springer Science+Business Media, pp. 109–126.
- Orsat, V., Raghavan, G.S.V., Williams, O.J., Dai, J., (2003). Microwaveassisted Extraction of Capsaicinoids from

- Capsicum* Fruit. *Journal of Food Biochemistry* 28, 113–122.
- Moreno, A.O., Ortega, M.H., Navarro, M.D.H., Cevallos, G.C., Alvarez, L.D., Mondragon, H.N., (2012). Antioxidant, Antinociceptive, and Anti-Inflammatory Effects of Carotenoids Extracted from Dried Pepper (*Capsicum annuum* L.). *Journal Of Biomedicine And Biotechnology* 1–10.
- Palevitch, D., Craker, L.E., (1995). Nutritional and Medical Importance of Red Pepper (*Capsicum* spp.). *Journal of Herbs* 3, 55–83.
- Palma, A.L., M., Barbero, G.F., Barroso, C.G., (2008). Ultrasound-assisted extraction of capsaicinoids from peppers. *Talanta* 75, 1332–1337.
- Palma, M., Barbero, G.F., Barroso, C.G., (2006). Determination of Capsaicinoids in Peppers by Microwave-Assisted Extraction–High-Performance Liquid Chromatography with Fluorescence Detection. *Analytica Chimica Acta* 578, 227–233.
- Palma, M., Barbero, G.F., Ruiz, A.G., Liazid, A., Vera, J.C.V., Barroso, C.G., (2014). Evolution of Total And Individual Capsaicinoids in Peppers during Ripening of the Cayenne Pepper Plant (*Capsicum annuum* L.). *Food Chemistry* 153, 200–206.
- Popelka, P., Karel, Š., P., J., P., R., (2017). Determination of Capsaicin Content and Pungency Level of Different Fresh and Dried Chilli Peppers. *Folia Veterinaria* 61, 11–16.
- Predel, H.-G., Bitoun, C.E., Peil, B., Weiser, T.W., Lange, R., (2020). Efficacy and Safety of Diclofenac + Capsaicin Gel in Patients with Acute Back/Neck Pain: A Multicenter Randomized Controlled Study. *Pain and Therapy* 9, 279–296.
- Qian, K., Wang, G., Cao, R., Liu, T., Qian, G., Guan, X., Guo, Z., Xiao, Y., Wang, X., (2016). Capsaicin Suppresses Cell Proliferation, Induces Cell Cycle Arrest and ROS Production in Bladder Cancer Cells through FOXO3a-Mediated Pathways. *Molecules* 21, 1–15.
- Rad, M.S., Rad, J.S., Yousaf, Z., Nadeem, M., Setzer, W.N., Matthews, K.R., Lalanne, G.M., Alarcón, K.R., Martorell, M., Contreras, M. del M., Álvarez, A.J.H., Salehi, B., (2018). Potential Phytopharmacy and Food Applications of *Capsicum* spp.: A Comprehensive Review. *Natural Product Communications* 13, 1543–1556.
- Romao, P.R.T., Allemand, A., Leonardi, B.F., Zimmer, A.R., Moreno, S., Gosmann, G., (2016). Red Pepper (*Capsicum baccatum*) Extracts Present Anti-Inflammatory Effects In Vivo and Inhibit The Production of TNF- α and NO In Vitro. *Journal of Medicinal Food* 19, 759–767.
- Sánchez, S.R.P., Estrada, T.G., Martín, F.C., Pacheco, L.C.G., Tapia, L.W.T., Pineda, O.C., (2007). Capsaicinoids Quantification in Chili Peppers Cultivated in The State of Yucatan, Mexico. *Food Chemistry* 104, 1755–1760.
- Santos, P., Aguiar, A.C, Barbero, G.F, Rezende, C.A, Martinez, J., (2015). Supercritical Carbon Dioxide Extraction of Capsaicinoids from Malagueta Pepper (*Capsicum frutescens* L.) assisted by ultrasound. *Ultrasonics Sonochemistry*. 22: 78–88.
- Sharma, G.J., Sanatombi, K., (2008). Capsaicin Content and Pungency of Different *Capsicum* spp. Cultivars. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici* 36, 88–90.

- Songsin, P., Aree, C.W., Srilaong, V., Vichitsoonthonkul, T., Muangkote, S., (2019). Influence of Roasting On Chemical Profile, Antioxidant and Antibacterial Activities of Dried Chili. *Food Sci Biotechnol* 28, 303–310.
- Soumya, S.L., Nair, B.R., (2012). Antifungal Efficacy of *Capsicum frutescens* L. Extracts against Some Prevalent Fungal Strains Associated with Groundnut Storage. *Journal of Agricultural Technology* 8, 739–750.
- Spence, J.D., (2019). Chili Pepper Consumption and Cardiovascular Mortality. *Journal of The American College of Cardiology* 74, 3150–3152.
- Taiti, C., Costa, C., Migliori, CA., Comparini, D., Figorilli, S., Mancuso, S., (2019). Correlation between Volatile Compounds and Spiciness in Domesticated and Wild Fresh Chili Peppers. *Food and Bioprocess Technology*. 12, 1366-1380.
- Topuz, A., Ozdemir, F., (2007). Assessment of Carotenoids, Capsaicinoids and Ascorbic Acid Composition of Some Selected Pepper Cultivars (*Capsicum annuum* L.) Grown in Turkey. *Journal of Food Composition and Analysis* 20, 596–602.
- Tundis, R., Menichini, Federica, Bonesi, M., Loizzo, M.R., Conforti, F., Statti, G., Cindio, B.D., Houghton, P.J., Menichini, Francesco, (2009). The Influence of Fruit Ripening on The Phytochemical Content And Biological Activity of *Capsicum chinense* Jacq. cv Habanero. *Food Chemistry* 114, 553–560.
- Tundis, R., Menichini, F., Bonesi, M., Conforti, F., Statti, G., Menichini, F., Loizzo, M.R., (2013). Antioxidant and Hypoglycaemic Activities and Their Relationship to Phytochemicals in *Capsicum annuum* cultivars during Fruit Development. *LWT: Food Science and Technology*. 53, 370-377.
- Tundis, R., Menichini, Federica, Bonesi, M., Loizzo, M.R., Conforti, F., Statti, G., Cindio, B.D., Houghton, P.J., Menichini, Francesco, (2009). The Influence of Fruit Ripening on The Phytochemical Content And Biological Activity of *Capsicum chinense* Jacq. cv Habanero. *Food Chemistry* 114, 553–560.
- Vassalotti, G., Spina, A.A., Badia, A.D., (2017). *Capsicum annuum* L.: An Overview of Biological Activities and Potential Nutraceutical Properties in Humans and Animals. *Journal of Nutritional Ecology and Food Research* 4, 1–11.
- Wijaya, C.H., Harda, M., Rana, B., (2020). Diversity and Potency of *Capsicum* spp. Grown in Indonesia, in: *Capsicum*. Intechopen, pp. 1–22.
- Wormit, A., Reimer, J.J., Lemos, V.C., (2019). Review Color for Life: Biosynthesis and Distribution of Phenolic Compounds in Pepper (*Capsicum annuum*). *Agriculture* 81, 1–29.
- Yilmaz, E.D., Agis, E.R., Uludag, M.O., Ercan, N., (2013). The Anti-Inflammatory Effect of Diclofenac is Considerably Augmented by Topical Capsaicinoids-Containing Patch in Carrageenan-Induced Paw Oedema of Rat. *Inflammopharmacol* 21, 413–419.
- Zhang, Q., Ye, W., Lin, L., (2018). Techniques for Extraction and Isolation of Natural Products: A Comprehensive Review. *Chinese Medicine* 20, 1–26.
- Zhuang, Y., Chen, L., Sun, L., Cao, J., (2012). Bioactive Characteristics and Antioxidant Activities of Nine Peppers. *Journal Of Functional Foods* 4, 331–338.