




# Wasabia Türlerinin Önemi ve Kullanımı

## The Importance and Usages of *Wasabia* Species

 Alev ÖNDER<sup>a</sup>,  
 Ahsen Sevde ÇINAR<sup>a</sup>,  
 Zekiye Nihan ERTEM<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Farmakognozi AD,  
 Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi,  
 Ankara, TÜRKİYE

Received: 07.08.2018  
 Received in revised form: 29.10.2018  
 Accepted: 09.11.2018  
 Available online: 05.12.2018

Correspondence:  
 Alev ÖNDER  
 Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi,  
 Farmakognozi AD, Ankara,  
 TÜRKİYE/TURKEY  
 pharmacogalev@gmail.com

**ÖZET** Son yıllarda Japon mutfağının bilinirliği, dünyanın dört bir yanında hızla artmaktadır. Ülkemizde de yavaş yavaş toplum tarafından tanınmaya ve kabul görmeye başlayan Japon mutfağında yaygın olarak kullanılan *Wasabia japonica* (Miq.) Matsum [Syn. *Eutrema japonicum* (Miq.) Koidz.], bilinen ismi ile *Wasabia*, karakteristik tat ve aromaya sahip çok değerli bir bitkidir. Japon yemeklerinde taze olarak öğütülen ve çeşni olarak kullanılan ticari değeri yüksek bir üründür. Ayrıca, Batı mutfağında da çok beğenildiği ve kullanımı da bu nedenle arttığı için üretimi de buna bağlı olarak gittikçe yaygınlaşmaktadır. Yapılan araştırmalar sonucu, *Wasabia*'nın sağlığa olumlu katkılarının bulunması ve ayrıca lezzetinin farklı ve güzel olması günlük yaşamda kullanılabilir fonksiyonel bir bitki olmasını sağlamaktadır. *Wasabia* cinsinin etken bileşikler özellikle de izotiyosiyanatlar bakımından zengin oluşu ve bu bileşikler sayesinde biyolojik açıdan olumlu etkileri, bu cinsin önemini biraz daha artırmaktadır. *Wasabia*'nın önemini diğer ülkelerde gün geçtikçe daha çok anlaşıldığı, ancak ülkemizde bu bitkinin çok fazla tanınmadığı gözlenmiştir. Bu çalışmada, Brassicaceae familyasına ait *Wasabia* cinsi ve bu cinse ait *Wasabia* türleri özellikle de dünyada kullanımı gittikçe yaygınlaşan *Wasabia japonica* türünün genel özelliklerinin, tarihesinin, etken bileşiklerinin, farmakolojik etkilerinin, geleneksel kullanım alanlarının ve güncel kullanım şekillerinin incelenerek derlenmesi amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** *Wasabia*; turpgiller; baharat; Japon turpu

**ABSTRACT** In recent years, the popularity of the Japanese cuisine has been increasing rapidly all over the world. *Wasabia japonica* (Miq.) Matsum [Syn. *Eutrema japonicum* (Miq.) Koidz.] known as *Wasabia* is widely used in the Japanese kitchen as a very valuable plant with characteristic taste and aroma, gradually becoming recognized in our country. It is a high commercial value, freshly grinded plant used as a condiment in Japanese foods. Because of its popularity in western cuisine, its production is becoming increasingly widespread. As *Wasabia* has a positive contribution to health and its taste is different and delicious, *Wasabia* is a functional plant that can be used daily life. The active compounds of the *Wasabia*, especially the isothiocyanates, which has important biological effects, increase the importance of this plant. It is understood that the *Wasabia* is becoming more and more popular in other countries, but not so much in our country. In this review, the *Wasabia japonica* belonging to the Brassicaceae family regarding to the general characteristics, history, active compounds, pharmacological effects, conventional usage areas and current usage patterns were compiled.

**Keywords:** *Wasabia*; Brassicaceae; spice; Japanese horseradish

**B**rassicaceae familyasına ait *Wasabia* cinsi, doğal olarak Japonya'da genellikle vadi-nehir yataklarında yetişen ve birçok ülkede kültürü yapılan çok yıllık bitkilerdir. Japonya'da 1000 yıldan uzun bir süredir yetiştirilmekte olan ve Japon turpu (Japanese Horseradish) da denilen *Wasabia*'nın ilk kez Japonya'da kültürü yapılmış, ancak Japon mutfağına ilgi arttığı için günümüzde Tayvan, Yeni Zelanda, Güney Kore, İsrail, Brezilya, Tayland, Kolombiya, Kanada, Amerika Birleşik Devletleri, İngiltere ve Çin

gibi ülkelerde de kültürü ve üretimi yapılmaya başlanmıştır.<sup>1</sup> *Wasabia* ya da bilinen ismi ile “Vasabi”, daha çok Japonya’da dağlık bölgelerde, nehir yataklarında doğal olarak yetişmektedir. Ticari olarak doğal ortamına uygun şekilde kültürü, sulak arazilerde ve dut, erik, hurma ya da sedir ağaçları altında yapılmaktadır. *Wasabia* cinsi, kültürü yapılmış tür olan *Wasabia japonica* (Miq.) Matsum’dan başka *W. koreana* ve *W. tenuis* türlerini de içermektedir.<sup>1,2</sup> Ancak, literatür incelendiğinde, *Wasabia* diye bahsedildiğinde daha çok *W. japonica* anlaşılmaktadır.

Bu çalışmada, hem *Wasabia* cinsine ait türler hakkında kısa bilgi verilmesi, bitkinin önemi, kimyasal içeriği, etkilerinin açıklanması, hem de dünyada sıkça kullanılan bu bitkinin değerinin bir kez daha vurgulanması amaçlanmıştır. Bu bilgilerin, ülkemizde çok bilinmeyen bu bitkinin tanınmasına katkı sağlayacağı ve ışık tutacağı düşünülmektedir.

## TARİHÇE

*Wasabia*’dan elde edilen bileşiklerin tıbbi değeri ve önemi, ilk kez 10. yüzyılda Japon tıp ansiklopedisinde açıklanmaktadır.<sup>3</sup> MS 918’de yayımlanan ilk Japon tıp ansiklopedisi olan “Honzo-wamyo”da yaban baharatı adıyla geçen *Wasabia*’nın, doğal olarak Japonya’da 1000 yıldan uzun süredir yetiştiğinden bahsedilmiş (özellikle Shizuoka Bölgesi’nde bulunan Age adındaki nehrin yamaçlarında, MS 1596-1615) ve “Sukahito Fukae” adlı kişi tarafından şifalı bitki olduğu ileri sürülmüştür.<sup>4</sup> Bu bitkiyi, hükümdar Tokugawa Ieyasu’nun emriyle, sadece yöneticilerin ve egemen sınıfın kullandığından bahsedilmektedir.<sup>5</sup> Daha sonraları halk tarafından da kullanılmaya başlanmıştır.

## YETİŞME KOŞULLARI VE BOTANİK ÖZELLİKLERİ

*Wasabia*, Japonya’nın en kuzeyindeki Hokkaido adasından, en Batısındaki Kyushu adasına kadar doğal olarak yetişmektedir.<sup>1</sup> Günümüzde ise *Wasabia* üretimi çoğunlukla Izu Yarımadası ve Shizuoka, Nagano ve Iwate Bölgeleri’nde yapılmaktadır.<sup>6</sup> Bitkinin en iyi şartlarda yetiştirilebilmesi için serin, nemli ve gölge bir ortamın oluşturulması gerekmektedir.<sup>7</sup> Toprak özellikleri, humuslu ve pH 6-7

arası olarak belirlenmiştir.<sup>8,9</sup> Ortam sıcaklığının ise 8-18°C arasında olması istenmektedir. Suyun sıcaklığının ise kesinlikle 20°C’yi geçmemesi gerektiği vurgulanmaktadır. Dengeli sıcaklık, yüksek oksijen seviyesi ve suyun homojenliği ile ilkbahar mevsimi, *Wasabia*’nın gelişmesi için en uygun mevsim olarak kabul edilmektedir. Japonya’da pek çok *Wasabia* türü, kültür çeşitliliği ile (18 çeşit) yetiştirilmektedir.<sup>1</sup>

*W. japonica* (Miq.) Matsum (Brassicaceae); dik, sade veya dallanmış köklü, kalp şeklinde yeşil yaprakları olan çok yıllık bir bitki olarak tanımlanmaktadır. *W. japonica*’nın boyu 30-50 cm yüksekliğe kadar ulaşabilmektedir. Dört petalli beyaz çiçeklere sahiptir. *Wasabia* tohumları; küçük, yaklaşık 2-3 mm uzunluğa ve 1 mm genişliğe kadar uzanabilmektedir. Tek bir kökün uzunluğu 50-200 mm aralığında ve ağırlığı 60-180 g arasında değişmektedir. Rizomları genellikle basit şekillidir. Yaklaşık 18 aylık büyüme süreci sonunda konik ve kavisli bir şekil almaktadır. Aslında bu tür, Avrupa’da iyi bilinen *Armoracia rusticana* (bayır turpu)’ya benzemektedir.<sup>10</sup>

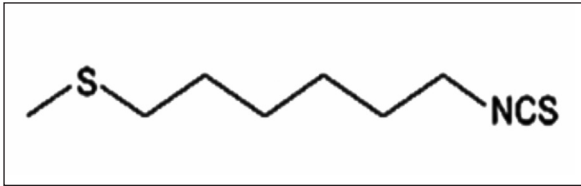
## FİTOKİMYASAL İÇERİK

*Wasabia* cinsine ait türler de *Brassicacea* familyasında sıkça rastlanan bileşikler taşımaktadır. Bu nedenle en çok kükürtlü bileşikler öne çıkmakla beraber; fenilpropanoid glikozitleri, fenolik glikozitler, flavonoid glikozitleri terpen ve karotenoidleri içeriğinde bulunan diğer bileşiklerdir.<sup>11</sup> Ayrıca aromatik bitkiler sınıfına da dâhil olduğundan uçucu yağ ve içeriğindeki bileşikler bitki için önemlidir.<sup>12</sup> Tat ve kokusundan sorumlu olan uçucu yağ ve kükürtlü bileşikler olduğu için daha detaylı ele alınacaktır. Bitkinin uçucu yağını da kükürtlü bileşikler oluşturmaktadır.

## KÜKÜRTLÜ BİLEŞİKLER

*Wasabia*’nın farklı kısımlarından buhar distilasyonu ile elde edilen uçucu yağlarının, özellikle 5-, 6- ve 7-metiltioalkil izotiyosiyanatları taşıdığı anlaşılmıştır. *Wasabia* köklerinin özellikle 6-metiltioheksil izotiyosiyanat ve 7-metiltioheptil izotiyosiyanat bakımından zengin olduğu, rizomların yüksek oranda 6-metiltioheksil izotiyosiyanata

sahip olduğu, petiollerin 7-metiltioheptil izotiyosiyanat içerdiği ve yaprakların ise düşük oranda bu üç bileşene sahip olduğu saptanmıştır.<sup>12</sup> Ayrıca, taze *Wasabia*'nın rendelenmesi sonucu ortaya çıkan karakteristik tadı, meyvemsi ve kremi kokusu ile kombine keskin kokusunun karmaşık yapısı tam olarak anlaşılammıştır. Bu nedenle bugüne kadar aktif koku bileşenlerinin bilinmesine rağmen, henüz taze *Wasabia* aromasının taklit edilmesi mümkün olmamıştır. Tiyosiyanat yapısı, *Brassicaceae* bitkilerinde bol miktarda bulunmaktadır. İzotiyosiyanatlar, *Wasabia*'da doğal olarak bulunan ve karakteristik tadını veren sülfür bileşenleridir.<sup>13,14</sup> *Wasabia*'nın kokusunun, içinde bulunan  $\omega$ -metiltioalkil izotiyosiyanattan kaynaklandığı rapor edilmiştir.<sup>15</sup> Özellikle bunların içinden üç bileşik, taze *Wasabia* tadını veren 6-(metiltio) heksilzotiyosiyanat, tatlı *Wasabia* tadını veren 7-(metiltio) heptilzotiyosiyanat ve zayıf acı *Wasabia* tadını işaret eden 8-(metiltio)oktil izotiyosiyanat önemlidir. İzotiyosiyanatlar uçucu bileşenlerdir (bu nedenle uçucu yağının içinde bolca rastlanmaktadır) ve bitki dokularının kesilmesi, yiyecek olarak kullanılması ve çiğnenmesi



**ŞEKİL 1:** *Wasabia*'da bulunan önemli bir izotiyosiyanat; 6-metiltioheksil izotiyosiyanat.

durumunda açığa çıkmaktadırlar (Şekil 1). *Wasabia*'da bulunan izotiyosiyanatlar; uçucu, keskin kokulu ve yüksek dozlarda toksik etkiye sahiptirler.<sup>16,17</sup> Aslında, bitkinin kısımları doğrudan izotiyosiyanatları içermese de izotiyosiyanatların prekürsörü olan glukozinolatları içermektedir (Tablo 1).<sup>18</sup>

Bir metilsülfinil alkil izotiyosiyanatı olan 6-metilsülfinil heksilzotiyosiyanat, *W. japonica*'da doğal olarak ve en yüksek konsantrasyonda bulunan izotiyosiyanat olarak belirlenmiş ve toplam izotiyosiyanatların %86-92'sini oluşturduğu anlaşılmıştır.<sup>19-21</sup>

### HİDROKARBON YAPISINDA BİLEŞİKLER

*Wasabia* aromasına katkıda bulunan yeni bir güçlü koku kaynağı olan bir hidrokarbon, 3-metil-2,4-nonandion olarak belirlenmiştir. Ayrıca, aynı çalışmada, aktif koku bileşeni olarak aromatik bir madde olan vanilin de ilk kez saptanmıştır. Diğer bir çalışmada ise koku bileşenleri furfuril merkaptan (2-furanmetaneti-yol), 1-okten-3-on, (2*E*)-*trans*-4,5-epoksi-2-dekenal, metional, furaneol, 2-izopropil-3-metoksipirazin ve 2-izobütil-3-metoksipirazin bulunmuştur. *Wasabia japonica*'da saptanan, aktif koku bileşenleri ise 3-metil-2-büten-1-tiyol, allil izotiyosiyanat, (*Z*)-1,5-oktadien-3-on, 2-izopropil-3-metoksipirazin, 4-pentenil izotiyosiyanat, 5-heksenil izotiyosiyanat, 3-metil-2,4-nonandion, *cis*-3-metil-4-dekanolit, 6-(metiltio)heksil ve vanilindir.<sup>22</sup>

**TABLO 1:** *Wasabia japonica*'da bulunan bazı glukozinolatlar.<sup>18</sup>

Yan zincir	Genel isim	İzotiyosiyanatların özellikleri
Metil	Glukoapparin	Güçlü göz yaşartıcı
İzopropil	Glukoputranjivin	Keskin kokulu
2-propenil	Sinigrin	Keskin kokulu, acı, göz yaşartıcı
3-butenil	Glukonapin	Keskin kokulu, aromalı
4-pentenil	Glukobrassikanapin	Kekremsi, hoş kokulu
5-heksenil	-	-
6-heptenil	-	-
3-metilpentenil	-	-
1-metilpropil	-	-
2-feniletil	-	Güçlü su teresi aroması, karıncalanma hissi

## BİYOLOJİK ETKİLERİ

### ANTİKANSEROJEN ETKİ

*Wasabia*'da saptanan, 6-(metil-sülfinilhekzil) izotiyosiyanatın, meme kanseri üzerine etkileri araştırılmıştır. İlk olarak, 30 adet dişi fareye önce kanser oluşturacak hücre enjekte edilmiş, daha sonra 12 gün boyunca her gün değişen konsantrasyonlarda oral yolla verilmiştir. Deney sonunda, tümör hacminin ve tümör ağırlığının anlamlı bir şekilde azaldığı görülmüştür. Bu sonuca dayanarak meme kanseri tedavisinde 6-(metil-sülfinilhekzil) izotiyosiyanatın besin desteği olarak tedavide kullanılması önerilmiştir.<sup>23</sup> Yapılan bir diğer çalışmada ise 6-(metil-sülfinilhekzil) izotiyosiyanatın kötü prognoza sahip olan insan pankreas kanser hücrelerinin büyümesini engellediği de ortaya çıkarılmıştır.<sup>8</sup> Başka bir çalışmada, 6-metiltiyohexzil izotiyosiyanatın, akciğerde tümör oluşumunda rol alan ve kanserojen bir madde olan 4-(metilnitrosamino)-1-(3-piridil)-1-bütanona karşı olan etkileri araştırılmıştır. Çalışmada, bu maddenin aktivasyonunun, mutajenik bir ajan olan ve DNA hasarı yaratan O<sup>6</sup>-metilguaninin oluşmasına neden olduğu anlaşılmıştır. Kobaya 4 gün boyunca 5 µmol 6-metiltiyohexzil izotiyosiyanat enjekte edilmiş, enjeksiyondan 4 saat sonra 4-(metilnitrosamino)-1-(3-piridil)-1-bütanonu inhibe ettiği görülmüştür. Sonuç olarak, 6-metiltiyohexzil izotiyosiyanat ile tedavinin, 4-(metilnitrosamino)-1-(3-piridil)-1-bütanon ile indüklenen akciğer tümörözeneğinde etkili olduğu ve *W. japonica*'nın akciğer kanseri için koruyucu özellik taşıyabileceğini açıklanmıştır.<sup>24</sup> *Wasabia*'nın, in vitro ortamda insan mide kanser hücrelerinin büyümesini belirgin şekilde inhibe ve kanser hücrelerine *Wasabia*'nın sulu ekstresi uygulandığında hızlı bir şekilde hücre ölümü gerçekleşerek, morfolojik değişikliğe uğradığı saptanmıştır.<sup>23</sup>

Gıdalarda doğal olarak bulunmayıp, işlem sırasında uygulanan yüksek sıcaklık sonucu oluşan, toksik ve kanserojenik bir bileşik olan akrilamide karşı da *Wasabia*'nın etkileri araştırılmıştır. Akrilamid, sitokrom P450 2E1 (CYP2E1) enzimleri tarafından kovalent olarak DNA'ya bağlanmakta ve

kanserojen olan glisidamide dönüşmektedir. *W. japonica* kökleri ve yaprakları ile yapılan deneyde, bitkinin CYP2E1 tarafından akrilamid oluşumunu inhibe ettiği, ayrıca akrilamidin genotoksisitesini düşürebileceği saptanmıştır. Deney sonucunda işlenmiş gıda yapımı veya yemek pişirme sırasında oluşabilecek akrilamid kaynaklı genotoksisiteye karşı *Wasabia* kök ve yapraklarının kuvvetli kemoprotektif etki sağlayabilecek besin destekleri olabileceği tespit edilmiştir.<sup>25</sup>

### ANTIPLATELET ETKİ

*W. japonica*'nın çeşitli kısımlarından elde edilen uçucu yağlarla yapılan çalışmalarda, bu uçucu yağlarda bulunan izotiyosiyanatların, platelet agregasyonunu inhibe edici özelliğe sahip olduğu görülmüştür. Rizomlardan elde edilen toplam uçucu yağ miktarı (%1,58 mg/g), yaprak, yaprak sapı ve köklerden 10 kat daha fazla olduğu bulunmuştur. *Wasabia*'da bulunan ω-metiltiyohexzil izotiyosiyanatın (6-metiltiyohexsil izotiyosiyanat, 7-metiltiyohextil izotiyosiyanat ve 5-metiltiyopenil izotiyosiyanat) diğer izotiyosiyantlarla göre daha etkili olduğu saptanmıştır. İzotiyosiyanatların, aspirinin yarattığı etkiden 10 kat daha fazla etki gösterdiği ortaya çıkmıştır. Aspirinin yaygın olarak kullanıldığı kalp krizi vakalarında, izotiyosiyanatların daha düşük dozlarda bile aspirine göre 30 dk daha erken etki ettiği tespit edilmiştir. Böylece, izotiyosiyanatların antikoagülan özelliğinden dolayı, yaşlı hastaların tedavilerinde ve cerrahi işlemler sırasında platelet agregasyonunun önlenmesi amacıyla kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır.<sup>12</sup>

### ANTİBAKTERİYEL ETKİ

*Wasabia*, antimikrobiyal peptitler içermektedir. Wasaleksin ve 6-metilsülfinilhekzil izotiyosiyanat gibi *Wasabia*'nın sekonder metabolitlerinin antibakteriyel ve antifungal özellik gösterdiği rapor edilmiştir.<sup>26</sup> *Wasabia*'da bulunan allil izosiyanatların *Escherichia coli* ve *Staphylococcus aureus*'u etkili bir şekilde kontrol altına alma potansiyeline sahip olduğu görülmüştür.<sup>27</sup> Ayrıca, Kore ve Japon *Wasabia*'sı, kök ve yapraklarının *Helicobacter pylori*'ye karşı düşük konsantrasyonlarda (sırasıyla 1,05-1,31 mg/mL ve 2,09-4,17 mg/mL) bile yüksek

bakterisidal etki gösterdiği saptanmıştır. Allil izotiyosiyanatların konsantrasyonunun yapraklarda, köklere göre daha az olduğu bilinmesine rağmen (sırasıyla 0,32 ve 0,75 mg/g), yapraklar köklere göre *H. pylori*'ye karşı daha fazla antibakteriyel etki göstermiştir.<sup>28</sup>

#### ANTIİSTMATİK VE ANTIİNFLAMATUAR ETKİ

Geleneksel olarak yaban turpu ve hardal gibi *Brassicaceae* bitkileri, tıkanmış sinüsleri rahatlatmak, kas ağrısı ve iltihaplı eklem için daha önceleri tedavi amaçlı kullanılmıştır.<sup>29</sup> Tromboksanlar ve prostaglandinlerin, bronşiyal tıkanmaya neden olduğu ve genellikle bronşiyal astım patogeneğinde rol oynadığı bilinmektedir. Yapılan bir çalışmada, izotiyosiyanatların, ovalbumin proteinin inhalasyonu sonucu oluşan bronşiyal tıkanmayı engellediği, ancak histamin ve asetilkolinin inhalasyonu ile oluşan tıkanmayı önleyemediği görülmüştür. Bu izotiyosiyanatların antiastmatik etkilerinin histamini etkilemesinden değil, daha erken bir aşamada muhtemelen tromboksanlar veya prostaglandinler gibi diğer inflamatuvar moleküllerin üretimini veya etkisini inhibe ederek inflamasyon oluşmasını önlediği düşünülmektedir. Bu nedenle, potansiyel olarak astım veya anafilaksi gibi inflamasyon durumlarına karşı koymak için kullanılabilmesi ön görülmüştür.<sup>30</sup>

#### ANTIÖBEZİTE ETKİ

*W. japonica* yapraklarının sıcak su ile hazırlanmış ekstrelerinin obeziteye karşı etkisi araştırılmıştır. Bir grup fareye sadece yüksek kalori diyet verilirken, diğer gruba yüksek kalorili diyetinin yanında %5 oranında *Wasabia* yaprakları da verilmiştir. Fiziksel parametreler ve kan değerleri belirlenmiş, 120 günlük diyetten sonra vücut ağırlığındaki artış, karaciğer ve adipoz doku ağırlıkları ile karşılaştırılmıştır. Yüksek kalorili diyetlerine *Wasabia* yaprakları eklenerek beslenen farelerde bazı enzim ve reseptörlerin baskılandığı görülmüştür. Bundan hareketle, muhtemelen *Wasabia*'nın karaciğer ve beyaz adipoz dokuda lipid birikimini süprese etmesi sonucu obeziteye karşı etkili olduğu düşünülmüştür.<sup>31</sup> Yapılan başka bir çalışmada da Shimane Bölgesi'nden temin edilen *W. japonica* yapraklarının ekstreleri ile farelerdeki metabolik anormallikler

üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Deneyde kontrol grubu olan 7 haftalık erkek fareler ve *Wasabia* yaprakları verilecek diğer grup olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Kontrol grubuna 6 hafta boyunca su verilirken; diğer gruba günlük kilo başına 4 g *W. japonica*'nın sıcak su ile hazırlanmış yaprak ekstresi verilmiştir. Deney sonunda, yaprak ekstresi kullanılan grupta kilo artışı gözlenmiş ve yüksek kan basıncı oluşmuştur. Ayrıca, bu gruptakilerin plazma trigliserid seviyeleri belirgin seviyede düşmüştür. Adipoz dokuda ise adiposit hipertrofisi belirgin şekilde önlenmiştir.<sup>32</sup> Antilipidemik etkisi ile ilgili olarak yapılan bir çalışmada da deney fareleri gruplara ayrılmış ve bir kısmına normal diyet verilirken bir kısmına %1 kolesterol içeren diyet uygulanmıştır. Daha sonra bazı grupların diyetlerine %5 oranında *Wasabia* yaprakları veya kökleri eklenmiştir. Sonuçlara bakıldığında, 3 hafta sonunda, diyetinde *Wasabia* kök veya yaprakları bulunan fare grubunun serum yüksek yoğunluklu lipoprotein düzeylerinin, normal diyet uygulananlara göre anlamlı bir şekilde arttığı görülmüştür. Aynı zamanda, serum düşük yoğunluklu lipoprotein seviyeleri ve karaciğer ksantin oksidaz seviyeleri dikkat çekecek seviyede azalmıştır. Bu çalışmada ilk kez in vivo ortamda *W. japonica* anlamlı bir seviyede antikolesterolemik etki göstermiştir.<sup>33</sup>

#### BAĞIRSAK HASTALIKLARINA KARŞI ANTIİNFLAMATUAR ETKİ

Bir çalışmada, *W. japonica*'nın etanollü ekstresi kolona kadar ulaşabilmesi için Eudragit S100 denilen bir maddeyle kaplanmıştır. Bu ekstrenin (formülasyonda, Eudragit ile kaplanmış *Wasabia*'nın konsantrasyonu 18 mg/mL) inflamasyonun oluşmasında rol sahibi olan, transkripsiyon faktörü olan ve kolorektal kanserinin başlangıcı ve ilerlemesinde rol oynayan NF-κB (nükleer faktör kappa B transkripsiyon faktör) sinyal yolağını inhibe etmeye yardımcı olduğu ve epitel dokunun iyileşmesini hızlandırdığı görülmüştür. Kaplama yönteminin kullanılması ile ekstrenin istenilen dokuya ulaşmasına ve olumlu etkinin çıkmasında *Wasabia*'nın yardımcı olduğu saptanmıştır. Böylece, kolon hastalıkları tedavisinde faydalı olabileceği ve bir tedavi yöntemi olarak kullanılabilmesi anlaşılmıştır.<sup>34</sup>



## ANTIOKSİDAN ETKİ

*Brassicaceae* familyasına ait pek çok tür, insan sağlığına faydalı olan antioksidanları içeren besin kaynaklarıdır. *W. japonica*'dan elde edilen 6-(metiltiyohexzil) izotiyosiyanatın in vitro ortamda glutasyon S-transferazı indüklediği daha önceden saptanmış ve 6-(metiltiyohexzil) izotiyosiyanatın, in vivo ortamda antioksidatif ajan olarak rol alabileceğini düşünülmüştür.<sup>35</sup> Bu çalışmadaki amaç, in vivo ortamda Tip 2 diyabetli fareleri kullanarak *Wasabia* tozu ve 6-(metiltiyohexzil) izotiyosiyanatın, oksidatif stresi baskılama yeteneği, renal fonksiyon bozukluğu ve diyabetik nefropatiyi inhibe edebilmesini ölçmek olmuştur. Diyetine 6-(metiltiyohexzil) izotiyosiyanat (%0,03) eklenen grupta idrar hacmi, üriner albumin atılımı ve kreatinin klerensi kontrol grubuna göre anlamlı derecede düşmüştür. Oksidatif stres belirteçlerinden biri olan üriner 8-hidroksi-2'-deoksiguanozin, kontrol grubuna göre daha düşük seviyede olma eğiliminde bulunmuştur. Sonuç olarak bu çalışma, diyetinde yeterli miktarda 6-(metiltiyohexzil) izotiyosiyanatın bulunması, oksidatif strese karşı koruma sağlayarak diyabetik böbrek fonksiyon bozukluğunu önleyebileceğini veya geciktireceğini, ayrıca diyetle alınan 6-(metiltiyohexzil) izotiyosiyanatın, Tip 2 diyabetli hastalarda ortaya çıkan diyabetik komplikasyonlar üzerinde de yararlı etkileri olabileceğini göstermektedir.<sup>36</sup> Hücre ortamında *W. japonica* yapraklarının sulu ekstresinin, 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) ve nitrik oksit (NO) serbest radikallerine karşı süpürücü etki gösterdiği, aynı zamanda NO üretimini de inhibe ettiği tespit edilmiştir.<sup>33</sup>

## NÖROPROTEKTİF ETKİ

*W. japonica*'da bulunan allil izotiyosiyanatların, sinir büyüme faktörünü regüle ettiği gözlenmiştir. Allil izotiyosiyanatlarla yapılan ön çalışmada, NO sentaz enzimi ve siklooksijenaz-2'nin oluşmasını belirgin şekilde inhibe ettiği, tümör nekrozis faktör- $\alpha$ , interlökin-6, prostaglandin E2 ve NO oluşumunu azalttığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak, allil izotiyosiyanatların mikroglial hücrelerde (santral sinir sisteminde bulunan makrofajlar) anti-nöroinflamatuvar etkileri, yapılan bu çalışma ile kanıtlan-

mış ve nörodejenerasyonda klinik olarak önemli etkileri olabileceği sonucuna ulaşılmıştır.<sup>18</sup>

## ANTİALERJİK ETKİ

*Wasabia*'da bulunan 6-metiltiyohexzil izotiyosiyanat, 6-metilsülfinil hekszil izotiyosiyanat ve 6-metilsülfonilhekszil izotiyosiyanat bileşiklerinin, alerjik reaksiyon mediyatörleri olan histamin, lökotrien B4, sisteinil lökotrienlerin ortaya çıkmasını inhibe ettiği saptanmıştır. Bu nedenle, alerjisi olan bireylerde, *Wasabia* izotiyosiyanatlarının kimyasal mediyatör inhibisyonu etkisiyle *Wasabia* tüketiminin alerjik semptomları azaltabileceği ve önleyebileceğine dair ön bilgi verilmiştir. Ancak, bu çalışmanın daha detaylı bir şekilde yapılması gerektiği belirtilmektedir.<sup>37</sup>

## WASABIA'NIN DİĞER KULLANIM ALANLARI

### GIDA ALANINDA KULLANIMI

*Wasabia*, Japonya ve Kore başta olmak üzere Asya'nın belirli bölgelerinde popüler olan keskin kokulu bir baharattır. Japon yemeklerine olan ilginin artması ile *Wasabia* macunları, *Wasabia* sosları, *Wasabia* ile yapılan atıştırılmalıklara olan talep de artmıştır. Özellikle saşimi, suşi, tofu ve soba gibi geleneksel Japon yemeklerinin yanında kullanılan, bazen soya sosu ile karıştırılarak da ikram edilen vazgeçilmez bir lezzettir. *Wasabia*, artık günümüzde Batı mutfağında da yaygın olarak kullanılmaktadır.<sup>1,38</sup> Japonların, antibakteriyel özelliğinden dolayı *Wasabia*'yı çiğ balık ile birlikte kullandıkları ve oluşabilecek gıda zehirlenmelerini önlemek amacıyla yemeklerine ilave ettiklerinden bahsedilmektedir.<sup>4</sup> Shizuoka Bölgesi'nin tipik bir ürünü olan "Wasabi-zuke", *Wasabia*'nın yaprakları, çiçekleri, taze dilimlenmiş rizomları ve yaprak sapları kullanılarak; tuz, şeker ve sake içeren sosta bekletilmesiyle elde edilerek, beyaz pirincin yanında sıkça sunulmakta, taze yaprakları ise bazen salatalarda kullanılmakta, kuru yaprakları peynir ve salatalara lezzet vermektedir.<sup>9</sup> *Wasabia*'nın tüm kısımları farklı derecelerde keskin, acı bir lezzete sahiptir.<sup>39</sup> Rizomu en değerli kısmı olmasına rağmen, yaprakları ve yaprak sapları gibi diğer kısımları da keskin tadından dolayı kullanılmaktadır.<sup>1</sup>

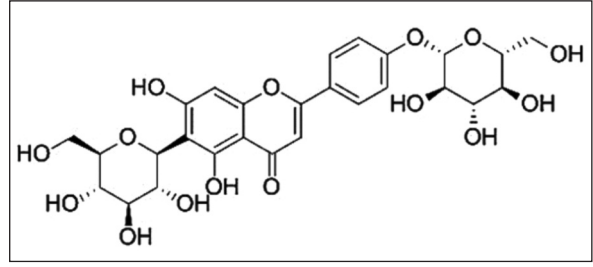
*Wasabia*'nın rizomu ve kökünün keskin ama yedikten sonra tatlı, yapraklarının acı, petiollerinin de hafif tatlı olduğu bildirilmiştir. *Wasabia*, biberden farklı olarak acılığı hızlı şekilde ağızda dağılmakta ve yanma hissi vermeden ağızda yumuşak bir sebze tadı bırakmaktadır.<sup>29</sup>

Japonya'da eski zamanlardan beri "oroshi" denilen köpek balığı derisinden yapılan rende kullanılmakta ve *Wasabia*'nın en iyi lezzet ve kıvamının elde edildiği yöntem olarak kabul edilmektedir. Bu yöntemin uçucu bileşenlerin daha az kaybına neden olduğu söylenmektedir. Diğer bir formu olan toz şekli ise ancak su ile karıştırılarak kullanılabilir. <sup>40</sup> *Wasabia* şarabı ise yüksek alkol oranına sahiptir ve bazı özel Japon marketlerinde satılmaktadır. *Wasabia*'nın daha düşük kalitedeki yaprak sapsarı, Avrupa turpu denilen *Armoracia rusticana*'nın tozu ve hardalla karıştırılarak tütlerde "Wasabia pastası" ve "Wasabia tozu" şeklinde de satılmaktadır. Orijinal *Wasabia* ürünleri sadece *Wasabia* içermeli ve diğer ürünlerle karıştırılmamalıdır. Karışım ürünleri ise parlak yeşil veya sarımtırak bir renge sahiptir ve orijinal *Wasabia*'nın tadını tam olarak vermemektedir.<sup>41</sup> *Wasabia* kullanılmadan önce taze hazırlanması gerekmektedir.<sup>42</sup> Restoranlarda macun hâli, müşterinin siparişi üzerine hazırlanmaktadır; ancak 15 dk içerisinde aromasını yitirmektedir.<sup>4</sup> Bu nedenle geleneksel Japon mutfakları taze *Wasabia*'yı siparişe göre rendeleyerek hazırlamaktadır.<sup>43</sup> Bunun bir diğer nedeni de 4 haftadan fazla oda sıcaklığında kaldığında, uçucu olmaları nedeni ile, izotiyosiyanatların %50 oranında azaldığının saptanmasıdır.<sup>44</sup>

Besinsel değeri, mineral miktarı ve vitamin miktarı dikkate alındığında, *Wasabia*'nın, lezzet verici olması yanında oldukça fonksiyonel bir bitki ve gıda olduğu anlaşılmaktadır.

#### KOZMETİKTE KULLANIMI

*Wasabia* yaprak ekstresi, bir kozmetik ürün olarak kullanılmakta ve aynı zamanda "Kişisel Bakım Ürünleri Konseyi" tarafından derlenen "Kozmetik İçerikler İçin Uluslararası İsimler (INCI)" listesinde de yer almaktadır.<sup>45</sup> *Wasabia*'nın yaprak ekstresi, yüz ve vücut yıkama preparatları, saç ve vücut losyonları, şampuan ve saç kremleri ve diş macunları-



ŞEKİL 2: İzosaponarinin kimyasal yapısı.

nın bileşiminde yer almaktadır. Ancak aktivitesi tam olarak anlaşılmamıştır. Bir çalışmada, *Wasabia* yapraklarından elde edilen izosaponarinin insan fibroblastlarındaki kollajen sentezine olan etkisi araştırılmıştır. İzosaponarin, flavon glikoziti grubuna aittir (Şekil 2). İnsan fibroblastlarında Tip I kollajen üretiminin, *Wasabia* yaprak ekstresi verilerek arttığı saptanmıştır. İzosaponarin, Tip I kollajen üretimini mRNA gen seviyesini de artırmıştır. Sonuç olarak, izosaponarin ve *Wasabia* yaprak ekstresinin, kırışıklık önleyici çeşitli kozmetik preparatlarında ve diğer terapötik kullanımlar için potansiyel bir materyal olduğu ileri sürülmüştür.<sup>46</sup>

#### WASABIA VE KALİTESİ

*Wasabia*'nın yüksek fiyatı (160 dolar/kg) nedeni ile Avrupa'da onun yerine çoğunlukla *Armoracia rusticana* (yaban turpu) kullanılmaktadır.<sup>4</sup> Bu nedenle, Japonya dışında gerçek *Wasabia* oldukça zor bulunmaktadır. Piyasada yer alan kimi ürünlerin paketinde *Wasabia* yazsa bile gerçek *Wasabia* bitkisini içermemektedir. Taklidinin tadı, *Wasabia* ile yaban turpu arasında olsa da fark kolaylıkla ayırt edilebilmektedir. Taklit *Wasabia*, Japonya'da da bulunmakta, ancak "Seiyo *Wasabia*" (Batı *Wasabia*'sı) olarak adlandırılmaktadır.<sup>1</sup> Doğal yeşil rengi, benzersiz lezzeti ve gıdaları koruyucu antibakteriyel özelliği *Wasabia*'yı değerli bir bitki hâline getirmektedir.<sup>9</sup> Tüm bu çalışmaların sonuçları, gıda endüstrisi için önemli bir bilgi olarak göz önüne alınmaktadır.

#### SONUÇ VE TARTIŞMA

Günümüzde hâlâ içerdiği bileşiklerin hepsi tam olarak aydınlatılmasa da *Wasabia* türleri, allil izotiyosiyanatlar başta olmak üzere; hidrokarbon

türevi bileşikleri, bazı aromatik bileşikleri ve flavonoidleri içermektedir. Tipik bir *Brassicaceae* (*Cruciferae*) bitkisi olan *Wasabia* cinsi, içerdiği izotiyosiyanatlar açısından biyolojik ve farmakolojik öneme sahiptir. Yapılan farmakolojik çalışmalarda, özellikle izotiyosiyanatların etkileri üzerinde durulmaktadır. Bitkinin tıbbi olarak kullanılan kısımları arasında en önemlisi rizomları olmasına rağmen, *W. japonica*'nın tüm kısımları kullanılabilir. Yapılan çalışmalar, *Wasabia* izotiyosiyanatlarının antiastmatik ve antiinflamatuvar etkisi, astım ve anafilaksi gibi inflamasyon ile ilgili hastalıklarda etkin bir potansiyeli olduğunu göstermiştir. *Wasabia* izotiyosiyanatlarının, platelet agregasyonunu inhibe etme etkisi, kalp krizi gibi vakalarda *Wasabia*'nın tedavide kullanılabilmesine işaret etmektedir. *Wasabia* ve *Wasabia* bazlı ürünlerin uluslararası pazarda gittikçe yaygınlaşması, tıbbi bitki potansiyelinin olması ve farmasötik preparatlarda aranılan bir bitki olması, ileride *Wasabia*'ya olan ilginin giderek artacağını düşündürmektedir.

*Wasabia*'nın, kendine özgü yetiştirme şartlarının olması, iklim ve ortam açısından farklı koşulları araması, ekonomik olarak zorluklar yaratmaktadır. Gerçekten de belirli bölgelerde kültür yapılması ve talebe karşı üretimin yetersiz kalması, dolaylı olarak *Wasabia*'nın piyasadaki değerini yükseltmektedir. *Armorica rusticana* (yaban turpu), üretim sürecinin kısa olması ve fiyat uygunluğu açısından mutfaklarda *Wasabia*'nın yerini almıştır. *Wasabia*'nın yetiştirme ve depolama koşulları açısından özel gereksinimleri nedeni ile ekiminde birçok sorun yaşamakta, ancak bu durum yeni tekniklerle ve çalışmalarla aşılmaktadır. İçerdiği izotiyosiyanatların uçucu özelliğinden dolayı *Wasabia*'nın tadının kaybolmaması için taze olarak tüketimi, değerini bir kez daha artırmaktadır. Japonya'da gerçek *Wasabia*'ya olan talep çok yüksek olduğundan; Çin, Tayvan ve Yeni Zelanda'dan *Wasabia* ithal edilmektedir. Piyasada bulunan *Wasabia* sos-

ları, macunlar, krakerler hatta çikolatalar, ayrıca kozmetikte kullanılan losyonlar ve şampuanlar da, özellikle endüstride *Wasabia*'nın çok geniş bir kullanımının olması *Wasabia*'ya olan talebin giderek artacağını göstermektedir.

Tıbbi açıdan önemli olan *Wasabia*'nın ülkemizde de kültür denemelerinin yapılması, hem sağlık hem de ekonomik anlamda olumlu sonuçlar yaratabilmektedir. Son yıllarda, ülkemizde, Japon mutfağına olan ilginin de arttığı göz önünde bulundurulacak olursa; sadece lezzet açısından değil, içeriğinde yer alan ve önemli biyolojik etkilere sahip olan *Wasabia* bileşiklerinin de sağlığa olan katkılarının yararlanılacaktır. Hem lezzet verici bir çeşni hem de önemli biyolojik etkilere sahip olması ile *Wasabia* ve türlerinin önemi bir kez daha bu derleme ile gündeme getirilmiştir.

#### **Finansal Kaynak**

*Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.*

#### **Çıkar Çatışması**

*Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.*

#### **Yazar Katkıları**

**Fikir/Kavram:** Alev Önder; **Tasarım:** Alev Önder; **Denetleme/Danışmanlık:** Alev Önder; **Veri Toplama ve/veya İşleme:** Zekiye Nihan Ertem; **Analiz ve/veya Yorum:** Alev Önder, Ahsen Sevde Çınar; **Kaynak Taraması:** Ahsen Sevde Çınar, Zekiye Nihan Ertem; **Makalenin Yazımı:** Alev Önder, Nihan Ertem; **Eleştirel İnceleme:** Alev Önder, Ahsen Sevde Çınar.



## KAYNAKLAR

- Chadwick Cl, Lumpkin TA, Elbersen LR. The botany, uses and production of *Wasabia japonica* (Miq.) (Cruciferae) Matsum. *Econ Bot.* 1993;47(2):113-35. [[Crossref](#)]
- Morgan L. Hydroponic production of Wasabi & Japanese vegetables. In: Weller T, eds. *Growing Edge-the Best of Growing Edge International 2000-2005*. 1<sup>st</sup> ed. Corvallis, Or: New Moon Publishing; 2005. p.57.
- Ina K, Ina H, Ueda M, Yagi A, Kishima I.  $\omega$ -methylthioalkyl isothiocyanates in wasabi. *Agr Biol Chem.* 1989;53(2):537-8. [[Crossref](#)]
- Hodge WH. Wasabi, native condiment plant of Japan. *Econ Bot.* 1974;28:118-29. [[Crossref](#)]
- Laurent C. The many lives of mustard: journey of a familiar condiment. *The Journal of Canadian Food Cultures.* 2013;4(2):2. [[Crossref](#)]
- Iwashina T. *Eutrema japonicum*. *Curtis's Bot Mag.* 2016;33(3):217-25. [[Crossref](#)]
- Miles CA, Chadwick Cl. Growing wasabi in the Pacific Northwest. *A Pacific Northwest Extension Publication Washington State University Extension.* 2008;2-9.
- Hoshitani Y. From wasabi cultivation to processing and selling. *Agriculture Mountain Fishing Village Culture Association*; 1996.
- Sultana T, Savage GP. Wasabi-Japanese horseradish. *Bangladesh J Sci Ind Res.* 2008;43(4):433-48. [[Crossref](#)]
- Gałczyńska A, Trzcinska P, Gumienna M, Nowak J, Holubowicz R. Production of Japanese horseradish (*Wasabia japonica* (Miq.) Matsumara) in Poland. Chemical contents of roots. *Not Bot Horti Agrobo.* 2017;45(2):466-72. [[Crossref](#)]
- Yoshida S, Hosoya T, Inui S, Masuda H, Kumazawa S. Component analysis of wasabi leaves and an evaluation of their anti-inflammatory activity. *Food Sci Technol Res.* 2015;21(2):247-53. [[Crossref](#)]
- Kumagai H, Kashima N, Seki T, Sakurai H, Ishii K, Ariga T. Analysis of components in the essential oil of upland wasabi and their inhibitory effects on platelet aggregation. *Biosci Biotechnol Biochem.* 1994;58:2131-35. [[Crossref](#)]
- Lehmann R, Schöbel N, Hatt H, van Thriel C. The involvement of TRP channels in sensory irritation: a mechanistic approach toward a better understanding of the biological effects of local irritants. *Arch Toxicol.* 2016;90(6):1399-413. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Masuda H, Harada Y, Tanaka K, Nakajima M, Tebeta H. Characteristic odorants of wasabi (*Wasabia japonica* Matsum), Japanese horseradish (*Armoracia rusticana*). *ACS Symposium Series.* 1996;637(25):67-78. [[Crossref](#)]
- Etoh H, Nishimura A, Takasawa R, Yagi A, Saito K, Sakata K, et al. Omega methyl-sulfinylalkyl isothiocyanates in wasabi, *Wasabia japonica* Matsum. *Agr Biol Chem.* 1990;54(6):1587-9. [[Crossref](#)]
- Manyes L, Luciano FB, Mañes J, Meca G. In vitro antifungal activity of allyl isothiocyanate (AITC) against *Aspergillus parasiticus* and *Penicillium expansum* and evaluation of the AITC estimated daily intake. *Food Chem Toxicol.* 2015;83:293-9. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Shin SW, Ghimeray AK, Park CH. Investigation of total phenolic, total flavonoid, antioxidant and allyl isothiocyanate content in the different organs of *Wasabia japonica* grown in an organic system. *Afr J Tradit Complement Altern Med.* 2014;11(3):38-45. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Subedi L, Venkatesan R, Kim SY. Neuroprotective and anti-inflammatory activities of allyl isothiocyanate through attenuation of JNK/NF- $\kappa$ B/TNF-signaling. *Int J Mol Sci.* 2017;18(7):E1423. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
- Uto T, Hou DX, Morinaga O, Shoyama Y. Molecular mechanisms underlying the anti-inflammatory actions of 6-(methylsulfinyl) hexyl isothiocyanate derived from wasabi (*Wasabia japonica*). *Adv Pharmacol Sci.* 2012;2012:514046. [[Crossref](#)]
- Nabekura T, Kamiyama S, Kitagawa S. Effects of dietary chemopreventive phytochemicals on P-glycoprotein function. *Biochem Biophys Res Commun.* 2005;327(3):866-70. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Fuke Y, Shinoda S, Nagata I, Sawaki S, Murata M, Ryoyama K, et al. Preventive effect of oral administration of 6-(methylsulfinyl) hexyl isothiocyanate derived from wasabi (*Wasabia japonica* Matsum) against pulmonary metastasis of B16-BL6 mouse melanoma cells. *Cancer Detect Prev.* 2006;30(2):174-9. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Nakanishi A, Miyazawa N, Haraguchi K, Watanabe H, Kurobayashi Y, Nammoku T. Determination of the absolute configuration of a novel odor-active lactone, cis-3-methyl-4-decanolide, in wasabi (*Wasabia japonica* Matsum.). *Flavour Fragr J.* 2014;29:220-7. [[Crossref](#)]
- Fuke Y, Hishinuma M, Namikawa M, Oishi Y, Matsuzaki T. Wasabi-derived 6-(methylsulfinyl)hexyl isothiocyanate induces apoptosis in human breast cancer by possible involvement of the NF- $\kappa$ B pathways. *Nutr Cancer.* 2014;66(5):879-87. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Yano T, Yajima S, Virgona N, Yano Y, Otani S, Kumagi H, et al. The effect of 6-methylthiohexyl isothiocyanate isolated from *Wasabia japonica* (Wasabi) on 4-(methylnitrosamino)-1-(3-pyridyl)-1-butanone-induced lung tumorigenesis in mice. *Cancer Lett.* 2000;155(2):115-20. [[Crossref](#)]
- Shimamura Y, Iio M, Urahira T, Masuda S. Inhibitory effects of Japanese horseradish (*Wasabia japonica*) on the formation and genotoxicity of a potent carcinogen, acrylamide. *J Sci Food Agric.* 2017;97(8):2419-25. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Pedras MS, Sorensen JL, Okanga FI, Zaharia IL. Wasalexins A and B, new phytoalexins from wasabi: isolation and synthesis, and antifungal activity. *Bioorg Med Chem Lett.* 1999;9(20):3015-20. [[Crossref](#)]
- Lu Z, Dockery CR, Crosby M, Chavarria K, Patterson B, Giedd M. Antibacterial activities of wasabi against *Escherichia coli* O157:H7 and *Staphylococcus aureus*. *Front Microbiol.* 2016;7:1403. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
- Shin IS, Masuda H, Naohide K. Bactericidal activity of wasabi (*Wasabia japonica*) against *Helicobacter pylori*. *Int J Food Microbiol.* 2004;94(3):255-61. [[Crossref](#)]
- Depree JA, Howard TM, Savage GP. Flavour and pharmaceutical properties of the volatile sulfur compounds of wasabi (*Wasabia japonica*). *Food Res Inter.* 1999;31(5):329-37. [[Crossref](#)]
- Dorsch W, Adam O, Weber J, Ziegeltrum T. Antiasthmatic effects of onion extracts--detection of benzyl- and other isothiocyanates (mustard oils) as antiasthmatic compounds of plant origin. *Euro J Pharmacol.* 1985;107(1):17-24. [[Crossref](#)]
- Yamasaki M, Ogawa T, Wang L, Katsube T, Yamasaki Y, Sun X, et al. Anti-obesity effects of hot water extract from wasabi (*Wasabia japonica* Matsum.) leaves in mice fed high-fat diets. *Nutr Res Pract.* 2013;7(4):267-72. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
- Oowatari Y, Ogawa T, Katsube T, Iinuma K, Yoshitomi H, Gao M. Wasabi leaf extracts attenuate adipocyte hypertrophy through PPAR and AMPK. *Biosci Biotechnol Biochem.* 2016;80(8):1594-601. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Lee YS, Yang JH, Bae MJ, Yoo WK, Ye S, Xue CC, et al. Antioxidant and anti-hypercholesterolemic activities of *Wasabia japonica*. *Evid Based Complement Altern Med.* 2010;7(4):459-64. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
- Kang JH, Choi S, Jang JE, Ramalingam P, Ko YT, Kim SY, et al. *Wasabia japonica* is a potential functional food to prevent colitis via inhibiting the NF- $\kappa$ B signaling pathway. *Food Funct.* 2017;8(8):2865-74. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]

35. Morimitsu Y, Nakagawa Y, Hayashi K, Fujii H, Kumagai T, Nakamura Y, et al. A sulforaphane analog that potently activates the Nrf2-dependent detoxification pathway. *J Biol Chem.* 2002;277(5):3456-63. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
36. Fukuchi Y, Kato Y, Okunishi I, Matsutani Y, Osawa T, Naito M. 6-methylsulfinylhexyl isothiocyanate, an antioxidant derived from *Wasabia japonica* MATSUM, ameliorates diabetic nephropathy in Type 2 diabetic mice. *Food Sci Technol Res.* 2004;10(3):290-5. [[Crossref](#)]
37. Yamado-Kato T, Nagai M, Ohnishi M, Yoshida K. Inhibitory effects of wasabi isothiocyanates on chemical mediator release in RBL-2H3 rat basophilic leukemia cells. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo).* 2012;58(4):303-7. [[Crossref](#)]
38. Chen YJ, Huang YC, Tsai TH, Liao HF. Effect of wasabi component 6-(methylsulfinyl)hexyl isothiocyanate and derivatives on human pancreatic cancer cells. *Evid Based Complement Alternat Med.* 2014;2014:494739. [[Crossref](#)]
39. Sultana T, Savage GP, McNeil DL, Porter N, Martin RJ. Flavour compounds in the rhizome of soil-grown wasabi. *Proc Nutr Soc.* 2000;25:95-106.
40. Eugster A, Murmann P, Borer M, Kaenzig A. A real-time polymerase chain reaction (PCR) method for the detection of wasabi (*Eutrema wasabi*) in foods. *Eur Food Res Technol.* 2011;232(6):929-34. [[Crossref](#)]
41. Gaczyńska A, Trzcinska P, Gumienna M, Nowak J, Holubowicz R. Production of Japanese horseradish (*Wasabia japonica* (Miq.) Matsumara) in Poland: chemical contents of roots. *Not Bot Horti Agrobo.* 2017;45(2):466-72. [[Crossref](#)]
42. Soga O. Stimulative production of flavolin by Phoma wasabia. *Agric Biol Chem.* 1982;46(4):1061-3. [[Crossref](#)]
43. Kojima M, Nakano Y. Studies on evaluation of the quality of Japanese horseradish (Wasabi) powder by gas chromatography. X. Studies of changes in pungent components during storage of horseradish, mustard and wasabi powder. *J Jpn Soc Food Sci Technol.* 1980;27(2):86-8. [[Crossref](#)]
44. Kojima M, Hamada H, Yamashita M. Studies on the evaluation of quality of Japanese horseradish (Wasabi) powder by gas chromatography. XI. Studies on the stability of dried wasabi powder. *J Jpn Soc Food Sci Technol.* 1982;29(4):232-7. [[Crossref](#)]
45. Gottschalk TE, Bailey JE. International Cosmetic Ingredient Dictionary and Handbook. Introduction INCI name monographs A-K. Vol 1. 10<sup>th</sup> ed. CTFA; 2004. p.1983.
46. Nagai M, Akita K, Yamada K, Okunishi I. The effect of isosaponarin isolated from wasabi leaf on collagen synthesis in human fibroblasts and its underlying mechanism. *J Nat Med.* 2010;64(3):305-12. [[Crossref](#)]