

Myrciaria dubia “Camu Camu” Meyvesi: Sağlığı Geliştirme Fitokimyasallar ve Fonksiyonel Genomik Özellikler

Juan C. Castro, J. Dylan Maddox,
Marianela Cobos ve Sixto A. Imán

Özet

Camu camu, diploid genom, ılımlı genetik çeşitlilik ve popülasyon yapısına sahip tipik bir Amazon doğal meyve çalısıdır. Meyveler birkaç temel besin maddesi biriktirir ve L-askorbik asidi (C vitamini) büyük miktarlarda ve bir dizi ikincil metabolitleri, in vitro ve in vivo sağlığı geliştirme aktiviteleri ile destekleyerek sentezler. Bu yararlı etkiler arasında antioksidan ve antienflamatuar aktiviteler, antiobesite, hipolipidemik, antihipertansif ve antidiyabetik etkiler, DNA hasarı ve kanser koruma etkileri ve diğer biyolojik aktiviteler bulunur. Sağlığı teşvik eden birçok fitokimyasal, camu camu'nun çeşitli metabolik yollarında biyosentezlenir. Onların yeniden inşası meyve transkriptom veritabanından araştırma grubumuz tarafından gerçekleştirildi. Bunlar arasında glikoliz ve pentoz fosfat yolu, C vitamini biyosentezi yolları ve ikincil metabolitlerin üretimine dahil olan yollar gibi temel metabolik yollar bulunur. Tarımsal potansiyelleri ve meyvelerin büyüyen talepleri nedeniyle, son zamanlarda, bir ideotype dayanarak, evcilleştirme ve genetik gelişme için programlar başlatıldı, ancak şimdiye kadar ihmal edilebilir başarılar elde edildi. Sonuç olarak, multiomik veri analizi ve yenilikçi moleküler araçlar için son teknolojilere dayalı evcilleştirme ve genetik gelişim süreçlerini hızlandırmak için yeni stratejiler öneriyoruz.

Anahtar Sözcükler: genetik çeşitlilik, sağlığı teşvik eden fitokimyasallar, fenolik bileşikler, transkriptom, C vitamini

1. Giriş

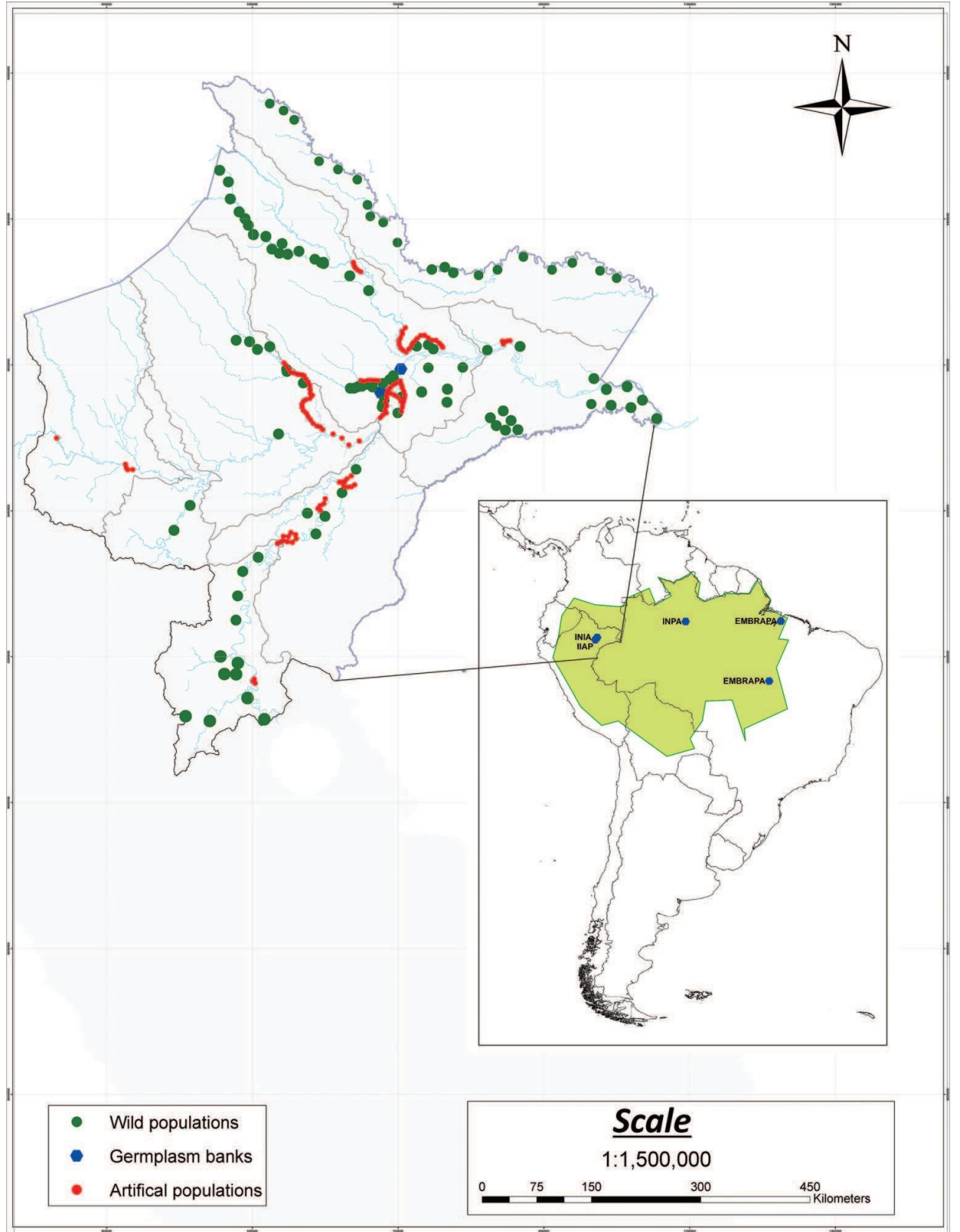
Myrciaria dubia Kunth (McVaugh) “camu camu”, nehirlerin, akarsuların, göllerin ve birkaç Amazon ülkesinin kıyılarında su basmasına maruz kalan alanlarda gelişen tipik bir yerli Amazon meyve çalısıdır [1, 2]. Bu bitki türleri bir diploid genomuna sahiptir ve genom büyüklüğü (230 Mb) diğer Myrtaceae türleri arasındadır [3-6]. Popülasyonlar orta derecede genetik çeşitlilik ve genetik yapılanma sergilerler [7-11]. Camu camu, amino asitler, çoklu doymamış yağ asitleri, B kompleks vitaminleri ve yüksek miktarlarda C vitamini gibi birçok temel besin üretir [2, 12-15]. Ek olarak, meyveler (kabuk, küspe ve tohum dahil) ve çeşitli diğer dokular / organlar (yapraklar, kökler, vb.) güçlü antioksidan, antienflamatuar faaliyetler, antiobesite, hipolipidemik ile sağlığı teşvik eden çok sayıda fitokimyasal madde biriktirir, antidiyabetik etkiler, DNA hasarı ve kanser koruma etkileri, hepatoprotektif özellikler ve diğer faydalı etkiler [16–24]. Bu biyoaktif fitokimyasallar, C vitaminin yanı sıra, öncelikle çeşitli fenolik bileşikleri, karotenoidleri, terpenoidleri ve diğer birkaç biyoaktif metaboliti içeren ikincil metabolitlerdir. Bu ilişkili fitokimyasalların yararlı etkileri, çeşitli hayvan modelleri (yani, sinekler, fareler, sıçanlar, vb.) Ve insan gönüllüleri ile yapılan birçok in vitro ve in vivo çalışmalarla desteklenmiştir [16, 17, 22, 24-28]. Kitap bölümünün sağlık artırıcı fitokimyasallar bölümünde, bu cami camunun çeşitli dokularından bioassay rehberli yaklaşımlarla izole edilen bu fitokimyasalların bazılarının kimyasal yapılarını göstereceğiz. Bu ikincil metabolitler, camu camu'nun birkaç metabolik yolunda biyosentezlenir. Fonksiyonel

genomik özellikler bölümünde, araştırma grubumuz tarafından gerçekleştirilen meyve transkriptom veritabanından bazı metabolik yolların rekonstrüksiyonunu sunduk. Bunlar, örneğin, temel metabolik yollar (yani, glikoliz, pentoz fosfat yolu), C vitamini biyosentez yolları, shikimate yol ve sekonder metabolitlerin üretimine doğrudan katılan yollar (yani, antosiyaninler, karotenoidler, flavonoidler, fenilpropanoidler ve terpenoidler biyosentez yolları). Son olarak, bu hedeflere ulaşmak için Peru Kurumları tarafından uygulanan stratejileri incelediğimiz evcilleştirme stratejisi ve genetik gelişim çabaları hakkında bir bölüm ekledik. Ayrıca, multiomik veri analizi ve yenilikçi moleküler araçlar için en son teknolojilere dayanan bu türün evcilleştirilmesini ve genetik gelişimini önemli ölçüde hızlandırmak için yeni stratejiler önerdik.

2. Genel açıklama

2.1. Coğrafi dağılım

Camu camu, Amazon tropik yağmur ormanlarından gelen tipik bir yerli çalılıktır. Bu türün vahşi popülasyonları, periyodik sele maruz kalan yoğun bölgelerde yetişmektedir (4-5 ay boyunca sular altında kalmaktadır). Guyana, Venezuela (Casiquire Oreda, Pargueni, Caura ve Orinoco), Kolombiya (Putumayo ve Inirida), Ekvador, Brezilya (Trombetas, Cachorro, Mapuera, Maçangana, Urupa) nehirlerinin, akarsularının, göllerinin ve bataklıklarının kıyısında, Javari, Solimões, Madeira ve Negro), Peru (Amazonas, Curaray, Itaya, Nanay, Napo, Putumato, Ucayali, Marañon ve Tigre) ve Bolivya (Şekil 1) [1, 2]. Peru'da, vahşi popülasyonlar sadece yaklaşık 1345 hektar [29] 'dan oluşan Loreto Bölgesi'nde bulunurken, Loreto (6475 hektar), San Martin (110 hektar) ve Uçayalı'dan oluşan yapay tarlalar kurulmuştur. yaklaşık 5930 ha [29–32].



Şekil 1. Güney Amerika ve Peru Loreto bölgesindeki camu camu coğrafi dağılımı

2.2. Botanik özellikleri

Tipik olarak, camu camu çalı 4-8 m yüksekliğe ulaşır ve sırayla açık bir kap olarak dallanan birkaç ikincil sap oluşturmak üzere tabandan dallanır. Gövde ve dallar tüysüz, silindirik ve pürüzsüzdür ve kabuk kuraklık dönemlerinde doğal olarak kabarmakta olan açık veya kırmızımsı kahverengidir [14, 33]. Derin köklü çalı çok sayıda emici kök içerir. Yapraklar, primer ve sekonder venlerle (18–20 çift), açık apeks ve oval baz ile tek, petiolar, eliptik-mızrakula (yaklaşık 3-12 1.5.5.5 cm) karşısıdır. Silindirik olan sapların uzunluğu 3-9 1-2 mm'dir [34]. Çiçeklenme ekseninde iki çift düzenlenmiş 1-12 (genellikle dört) sübstil ve hermafrodit çiçek ile aksiller. Yuvarlak sivri uçlu köşebentler ve brakoller kalıcıdır. Kaliks yaklaşık 2 mm uzunluğunda ve 2 mm genişliğindedir ve geniş tepe noktasına sahip dört sepals içerir ve hipantyum, overin zirvesinde uzatılır ve sünnet olur ve antentezden sonra bir birim olarak kaliks ile düşer [35]. Corolla sili bir kenar boşluğu ile 3-4 mm uzunluğunda dört beyaz oval yaprakları vardır. Over, 10-11 mm uzunluğunda basit bir tarza sahip olup, androecium, 6-10 mm uzunluğunda 125 stamene ve 0.5-0.7 mm uzunluğunda anterlere sahiptir. Camu camu çiçekleri hermafrodit olsalar da, gynoecium ile androecium gelişimi arasındaki eşzamanlı olmaması, fakültatif allogamiye yol açarak büyük ölçüde önlenir [14, 33, 36]. Meyveler küreseldir ve çapı 1.0-5.0 cm'dir ve ağırlıkları ortalamaları 11.7 1.4 g'dır [34]. Taze ağırlığa bağlı olarak, meyveler ortalama olarak % 65.2 oranında hamuru, % 19.5 tohumlarını ve % 15.3 kabuğunu içermektedir [34, 37]. Parlak soyma, hafif pembemsi kağıt hamuru ile tamamen olgunlaştığında pembe ile koyu kırmızı veya hatta siyah olabilir [2, 14, 33]. Tohumlar elipsoide böbrek şeklindedir, çift taraflı olarak yassılaştırılır ve aşırı derecede kabarıktır. Meyve, ortalama uzunluğu 13.5 1.6 ve genişliği 4.8 0.6 mm olan bir ila dört tohum içerir. Ortalama taze tohum ağırlığı 440 170 mg'dır. Uzun tohum katları kahverengi ve incedir ve dikenli hücreli villuslarla kaplanmıştır (Şekil 2) [38, 39].

2.3. Besin bileşimi

Camu camu meyvelerinin yüksek L-askorbik asit (C vitamini) içeriği konusunda öncü çalışmalar 1964'te yayınlandı [15]. Bu raporda yazarlar, camu camu meyvelerinin C vitamininin en yüksek doğal kaynakları arasında olduğunu belirtmişlerdir. Yaklaşık 30 yıl sonra, bu gözlemler, camu camunun kimyasal ve besin bileşimi hakkında yapılan birkaç araştırma ile desteklenmiştir [2, 12, 13, 34, 37, 40-44]. Yaklaşık 60 yıllık camu camu araştırmasından elde edilen bu bulgular Tablo 1'de konsolide edilmiştir. Ek olarak, esansiyel amino asitlere (valin, lösin, fenilalanin, vb.), Omega 3 ve 6 familyalarının esansiyel yağ asitlerine, C vitamini ve B kompleksinin vitaminlerine ve potasyum gibi insan beslenmesi için çeşitli esansiyel minerallere sahiptirler. fosfor, sülfat, kalsiyum, magnezyum, kobalt, demir ve diğerleri.

2.4. Kromozom sayısı ve genom büyüklüğü

Kök apekslerinden meristematik hücreler üzerinde yapılan bazı standart karyotip analizleri, camu camu'nun, diğer birçok Myrtaceae türüyle tutarlı olan $2n = 22$ kromozomlu [3, 4] diploid bir bitki olduğunu göstermiştir. (ör., *Acca sellowiana*, *Callistemon citrinus*, *Okaliptüs grandis*, *Gomidesia affinis*, vb.) [5]. Akış sitometrisi kullanılarak, araştırma grubumuz yakın zamanda Camu Camu'nun genom büyüklüğünün 230 Mb (yayınlanmamış veriler) olduğunu, bunun da *Myrciaria glazioviana*'ya (234 Mb) [6] benzer olduğunu, ancak aralığın alt ucunda (234- 1110 Mb) Myrtaceae türleri için bildirilmiştir [5].



Şekil 2. Camu camu ve hasat stratejilerinin botanik özellikleri. Su basma topraklarda (A) ve su basmasız topraklarda (B) vahşi popülasyonlar, su basmamış topraklarda kültür popülasyonu (C), çiçek açan çiçekler (D), olgunlaşmamış, semirip ve olgun meyvelerde (E), tohum büyüklüğünde (F), tipik bitki boyu ve mimarisi (G), kanoları (H) kullanarak taşkın döneminde manuel hasat ve taşkın olmayan topraklarda manuel hasat.

2.5. Genetik çeşitlilik

Camu Camu'nun genetik çeşitliliğini analiz eden öncü araştırmalar Brezilyalı araştırmacılar tarafından biyokimyasal belirteçlerle (esterazlar) yapıldı [7]. O zamanlar, genetik yapının varlığı, popülasyonlar arasında (iki genetik grup) 0.08-0.14'lük bir ortalama heterozigositeye sahipti. Daha sonra yapılan araştırmalar, germplazm koleksiyonlarındaki genetik çeşitliliği ve hızlı çoğalma gibi DNA markerleri kullanarak kültürlenmiş popülasyonları analiz etti. Polimorfik DNA (RAPD) [45], basit sekans tekrarı (ISSR) [8], ekspresyon sekansları basit sekans tekrarları (EST-SSR) [9, 46, 47] ve SSR [10, 11] olarak da bilinir Mikro uydu işaretleri olarak. Genel olarak, bu araştırmalar, beklenen ortalama heterozigotluğun ($H_e = 0.67$ 0.19, 0.45-0.88 aralığında), gözlemlenen ortalama heterozigotluktan daha büyük olduğunu buldu.

Component per 100 g

Contents

Bromatological analysis

Energy (kcal)	19.48 ± 3.68
Water	93.83 ± 0.51
Protein	0.51 ± 0.07
Carbohydrate	4.84 ± 0.80
Lipids	0.17 ± 0.10
Ash	0.22 ± 0.03
Crude fiber	0.56 ± 0.40
Total soluble solids (°Brix)	6.18 ± 0.99
pH	2.84 ± 0.31

Essential amino acids (mg/100 g)

Valine	242.00 ± 104.65
Leucine	210.50 ± 111.02
Phenylalanine	32.50 ± 14.85
Threonine	32.00 ± 5.66

Essential fatty acids (% of total lipids)

C18:3ω3 (α-Linolenic)	16.00 ± 0.70
C18:2ω6 (Linoleic)	9.70 ± 0.40
C18:3ω6 (γ-Linolenic)	9.30 ± 0.20
C20:5ω3 (EPA)	7.00 ± 0.10

Vitamins (mg/100 g)

Vitamin C	2210.00 ± 650.00
Niacin	0.48 ± 0.28
Riboflavin	0.03 ± 0.02
Thiamine	0.01 ± 0.00

Minerals (mg/100 g)

K	87.020 ± 29.382
PO ₄	18.183 ± 8.122
SO ₄	14.750 ± 2.192
Ca	14.510 ± 9.346
Cl	9.100 ± 3.536

Mg	7.393 ± 4.323
Co	1.173 ± 0.807
Na	0.934 ± 1.546
Mn	0.820 ± 1.118
Fe	0.424 ± 0.152
Al	0.255 ± 0.064
Zn	0.230 ± 0.138
Cu	0.117 ± 0.072
B	0.050 ± 0.000
Br	0.021 ± 0.005
Cr	0.015 ± 0.004
Mo	0.004 ± 0.002
Se (µg)	0.429 ± 0.089

Tablo 1.
Camu camu meyve posasının beslenme bileşimi.

($H_o = 0.41 \pm 0.06$, 0.33-0.49 aralığında). Ayrıca, popülasyonlar yüksek melezleme katsayıları ($f = 0.31 \pm 0.13$, 0.20-0.49 aralığında) ve yüksek genetik farklılaşma değerleri ($F_{ST} = 0.26 \pm 0.08$, 0.21-0.32 aralığında) sergilemiştir. Aynı şekilde, ortalama intrapopülasyon genetik çeşitliliği (ortalama% 74.89,% 65-79 aralığında), ortalama interpopülasyon genetik çeşitliliğinden (ortalama 3 kat daha fazladır) % 25.10,% 20-35 aralığındadır). Ayrıca, bu moleküler markör çalışmaları popülasyonlar arasında genetik yapının varlığını göstermiştir (2 ila 3 genetik grup). Bununla birlikte, bu raporlardan ikisi genetik ve coğrafi mesafelerin ilişkisiz olduğunu göstermiştir ($r = 0.31$, 0.23-0.39). Camu camu'nun bu tuhaf genetik popülasyon özellikleri, Sıra dışı durumlarının ve nüfusların, gen akışını sınırlayan ve hayvancılığın lehine olan doğal engellerle izole edilmesinin sonucu. Sonuç olarak, genetik çeşitlilik karakterizasyonu vahşi ve yapay popülasyonlardaki camu camu ve germplazm bankaları hala çok fazla parçalanmış ve güçlü sonuçlar elde etmek için yetersiz kalmıştır. Sonuç olarak, derinlemesine bir bilgi bu türün genetik çeşitliliği, gelecek nesil sıralama teknolojilerini kullanan genom genetik marker keşif ve genotipleme programlarını uygulamak için gerekli olacaktır. daha sonra tüm Amazon bölgesinde camu camu genetik çeşitliliğini daha kesin ve doğru bir şekilde ölçmek için kullanılır. Bu düşünce grubunun ardından araştırma grubumuz, moleküler marker keşfi için bu türün transkriptom toplandı. Kapsamlı bir genic-SSR seti geliştirmeye uygun 3200'den fazla SSR motifi belirledik . Ayrıca, transkriptom çok sayıda (> 23.000) yüksek kaliteli singlenükleotit polimorfizmi (SNP) içerdi ve transkriptome sekansı kullanarak camu camu için bugüne kadar keşfedilen en yüksek SNP markörünü işaretledi [48]. Bununla birlikte, her iki potansiyel moleküler markör tipi de doğrulama gerektirecektir.

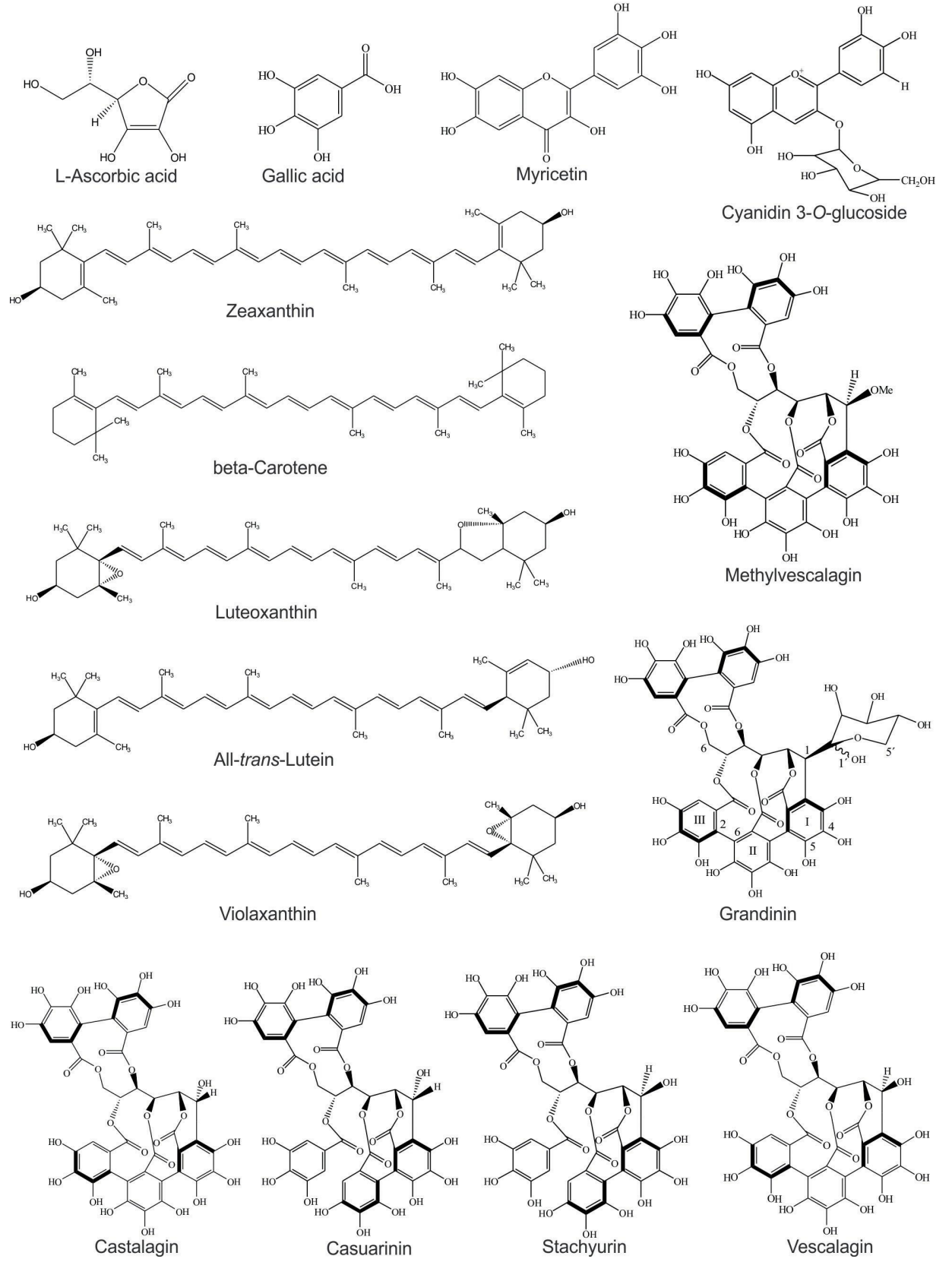
3 - Sağlığı teşvik eden fitokimyasallar

Peru'nun kuzeydoğusundaki Amazon bölgesinde şifalı bitkilerin etnofarmakolojik incelemesi, olgunlaşmamış ve olgunlaşmış meyveler, gövdeler, yapraklar, kökler, tohumlar ve kabuklu meyveler gibi bazı botanik bölümlerinin halk hekimliğinde çok sayıda hastalığın tedavisi için ilaçların hazırlanmasında kullanıldığını göstermiştir. artrit, diyabet, hiperkolesterolemi, bronşit, inflamasyon, astım, ateroskleroz, katarakt, depresyon, grip, diş eti iltihabı, glokom, hepatit, kısırlık, migren, osteoporoz, Parkinson hastalığı ve sıtma gibi [49, 50]. Ek olarak, Steele [51], camu camu'nun Güney Amerika'nın yerli halkı tarafından sıtmanın tedavisinde geleneksel olarak kullanıldığını göstermiştir. Tüm bu geleneksel kullanımlar, camu camu'nun birkaç botanik bölümünün, sağlığa faydalı özellikleri kanıtlanmış, sağlığı iyileştirici çeşitli fitokimyasalların zengin bir kaynağı olduğunu gösteren birçok bilimsel araştırma ile uyumludur. Bu biyoaktif fitokimyasallar arasında, C vitaminine ek olarak, Şekiller 3 ve 4'te sunulan ve aşağıda detaylandırılan polifenoller, karotenoidler ve diğer kimyasallar gibi bazı ikincil metabolitler mevcuttur.

3.1. Antioksidan ve antienflamatuar faaliyetler

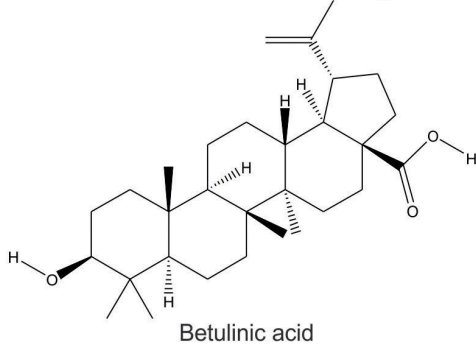
2,2-difenil-1-pikrilhidrazil gibi çeşitli yöntemlerle toplanan camu camu meyvelerinin antioksidan özellikleri ile ilgili halen çok sayıda bilimsel bilgi bulunmaktadır. (DPPH tahlili), 2,20-azino-bis (3-etilbenzotiyazolin-6-sülfonik asit) (ABTS), plazmanın ferrik indirgeme kabiliyeti (FRAP tahlili), oksijen radikal emilim kapasitesi tahlili (ORAC tahlili), toplam radikal tutma antioksidan parametresi (TRAP testi), β -karoten ağartma yöntemi, antioksidan azaltıcı antioksidan kapasite (CUPRAC testi), toplam oksidan temizleme kapasitesi (TOSC testi), Trolox eşdeğeri antioksidan kapasitesi (TEAC testi), peroksil radikal temizleme kapasitesi (PSC testi), peroksil radikal temizleme kapasitesi ve nabız voltametri ölçümleri (voltammetrik elektronik diller) [16, 17, 21, 52-54]. Camu camu'nun antioksidan özellikleri ile ilgili öncü çalışmalar Reynertson ve ark. [25], DPPH tahlili ile kurutulmuş, toz meyve üzerinde 57.2 $\mu\text{g} / \text{mL}$ IC50 değeri elde etmişlerdir. Bu düşük değer, büyük antiradikal aktiviteye işaret eder ve diğer Myrtaceae meyvelerine kıyasla çok aktif olarak kabul edildi. Bu özellikler yüksek C vitamini içeriğine bağlandı ve toplam fenolik fitokimyasallar (101 0.25 mg gallik asit eşdeğeri / g kuru ağırlık). Ayrıca, Sotero ve ark. [55] metanolik meyve özü, meyve kabuğu ve tohum özütlerini bildirmişlerdir. DPPH tahlili ile sırasıyla IC50 değerleri 167.7, 146.9 ve 399.8 $\mu\text{g} / \text{mL}$ olan antioksidan aktivitelere sahiptir. Ayrıca, De Souza Schmidt Gonçalves ve ark. [56], liyofilize edilmiş posanın DPPH testi (1450 μmol trolox ile en yüksek antioksidan kapasiteyi sunduğunu göstermiştir eşdeğer / g kuru ağırlık) ve ORAC tahlili (800 μmol trolox eşdeğeri / g kuru ağırlık), analiz edilen 21 diğer doğal Brezilya meyvesinden ≥ 10 kat daha yüksektir. Olumlu korelasyon antioksidan kapasite ve toplam fenolik içeriği (285 mg) arasında yüksek ve anlamlı ($r = 0.989$ [DPPH - toplam fenolik içeriği vs.] ve $r = 0.795$ [ORAC - toplam fenolik içeriği]) kateşin eşdeğeri / g kuru ağırlık). Ek olarak, taze meyve posasında, Sánchez [57], DPPH ve ABTS testlerinde sırasıyla 219.7 μmol trolox eşdeğeri / g taze ağırlığında ve 214.1 μmol trolox eşdeğeri / g taze ağırlığında antioksidan kapasite değerleri buldu. Başka bir çalışma Villanueva-Tiburcio ve ark. [52], üç olgunlaşma aşamasındaki (olgunlaşmamış, yarı ince ve olgun) meyve kabuğundaki antioksidan aktiviteyi karşılaştırmışlardır. Semiripe meyve en yüksek gösterdi DPPH (IC50 = 46.20 $\mu\text{g} / \text{mL}$), ABTS (IC50 = 20.25 $\mu\text{g} / \text{mL}$) ve PSC (IC50 = 8.30 $\mu\text{g} / \text{mL}$) analizleriyle antiradikal güç. Yine, yazarlar son derece pozitif bir korelasyonu destekledi serbest radikal DPPH'yi inhibe edebilen C vitamini ve polifenol içeriği (her iki bileşik ile $r = 0.999$). Diğer bazı araştırmalar, polifenol içeriği ve farklı analizlerle antioksidan aktivite arasındaki yüksek pozitif korelasyonları desteklemiştir. Benzer şekilde, camu camu meyvelerinin üstün antioksidan kapasitesi, karşılaştırma ile belirlenmiştir.

Antioxidants

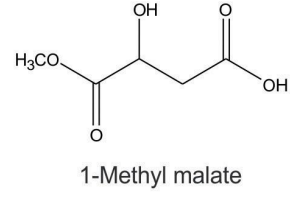


Şekil 3. Camu camu meyvelerinde tanımlanan antioksidan aktiviteye sahip bazı fitokimyasal bileşikler.

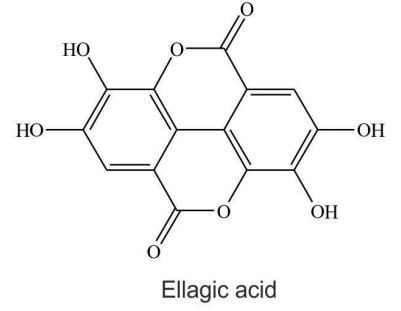
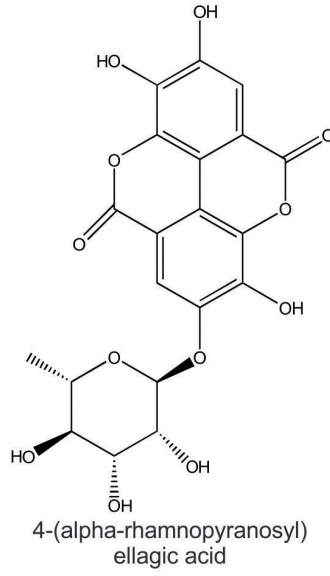
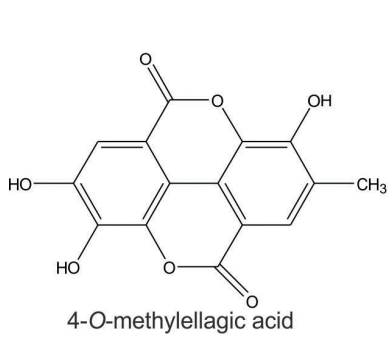
Antiinflammatory



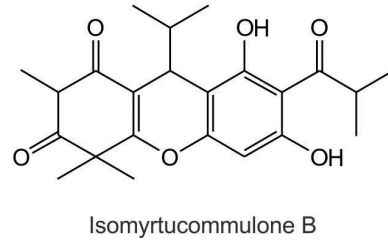
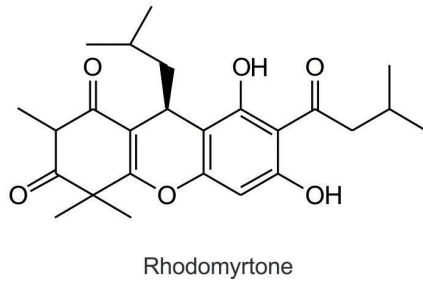
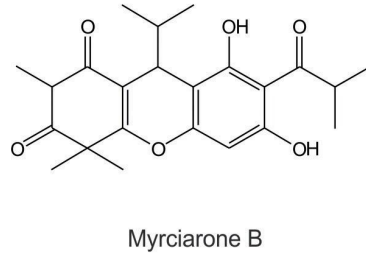
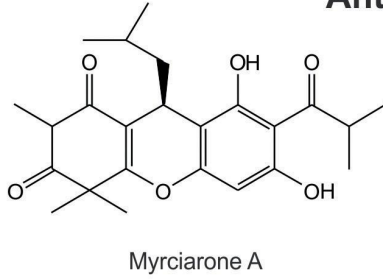
Hepatoprotector



Aldose reductase inhibitors



Antibacterial



Şekil 4. Camu camu dokularından bioassay rehberli yaklaşımlarla izole edilmiş, sağlığa teşvik edici fitokimyasallara sahip fitokimyasal bileşikler.

Diğer bitki türlerinden [16, 17, 19, 58-60]. Fenolik bileşiklerin derinlemesine bir analizi Fracassetti ve diğ. [17]. Bu araştırmacılar 53 farklı fenolik (flavonoller [6], antosiyaninler [1], ellagik asit ve türevleri [10], ellagitaninler [10], gallik asit ve türevleri [2] ve proantosiyanidinler [24]) belirlediler ve bunların farklı miktarlarını buldular. meyve özü, kabuk, tohum ve camu camu meyvelerinden elde edilen iki toz ürünündeki bileşikler. İlginçtir ki kalan soymadan üretilen un, tohumlar ve posa özütlemesinden sonra yapıştırılan posa, posa tozundan daha üstün bir C vitamini ve fenolik içeriği sergilemiştir (sırasıyla 2.6 ve 13.9 kez). Ek olarak, un, hamur gücünden daha büyük antioksidan kapasite sergilemiştir (2,0 ila 4,5 kat).

Rattus norvegicus (Wistar suşu), % 5 oranında camu camu meyve özü içeren meyve özü ve tropikal meyve suyu ile oral olarak işlenen deneysel bir model olarak kullanılan in vivo çalışmalar plazma antioksidan kapasitesi, karaciğer glutatyon peroksidaz, süperoksit dismutaz ve katalaz aktiviteleri ve tiyobarbitürik asit reaktif maddelerinde önemli bir artış olduğunu gösterdi. Kontrolle karşılaştırıldığında azaldı [61, 62]. Sonunda, Inoue ve ark. [22], 10 adet sağlıklı alışkan sigara içicisinde camu camu suyunun antioksidan ve antienflamatuar aktivitelerini analiz etmişlerdir. Katılımcılar 7 gün boyunca günde 70 ml meyve suyu (% 100 meyve özü) aldı. Deney süresinden sonra, üriner 8-hidroksi-deoksiguanozin seviyeleri ve toplam reaktif oksijen türleri gibi oksidatif stres belirteçleri, camu camu grubunda önemli ölçüde azaldı ($p < 0.01$). Benzer trendler, yüksek hassasiyetli C reaktif protein, interlökin 6 ve interlökin 8 gibi inflammatuar belirteçlerde belirgin olarak görülürken, C vitamini tabletlerini tüketen grup değişmeden kalmıştır. Araştırmacılar, camu camu meyve suyunun, camu camu'da in vivo C vitamini modüle eden bilinmeyen antioksidan maddelerin varlığından dolayı, C vitamini tabletlerine kıyasla güçlü antioksidan ve antienflamatuar özelliklere sahip olabileceği sonucuna varmıştır. Bu sağlığı teşvik edici faaliyetler, meyve posasının ve diğer türetilmiş ürünlerin alımının, yüksek C vitamini ve polifenolik içeriğe bağlı olarak plazmanın [63] postprandiyal antioksidan kapasitesini önemli ölçüde arttırdığına dair mevcut kanıtlara dayanılarak kısmen açıklanabilir.

Ek olarak, İrlanda yosunu kaynaklı pençe ödemi modeli olarak *Mus musculus* kullanan önceki hayvan deneylerinde, bir Japon araştırma grubu, tohumların metanolik ekstraktının boyut ve hacim bakımından dozaj bağımlı bir şekilde ödem oluşumunu önemli ölçüde azalttığını göstermiştir. Bu antienflamatuar etkiler, lokalize nitrik oksit üretiminin makrofajlar tarafından inhibe edilmesiyle ilişkilendirildi. Ayrıca, biyolojik deney kılavuzluğunda parçalama ile araştırmacılar aktif bileşiği 3 β -hidroksi-lup-20 (29) -en-28-oik asit (betulinik asit) olarak tanımladılar [23].

3.2. Antiobesity, hypolipidemic ve antihipertansif aktiviteler

Hayvan modellerinde ve insanlarda yapılan çeşitli çalışmalar, camu camu meyvelerinin biyokimyasal lipid profillerinin iyileştirilmesi üzerindeki olumlu etkilerini desteklemiştir.

Örneğin, Schwartz ve ark. [24], Wistar fareleri (*R. norvegicus*), yüksek yağlı bir diyet ile dislipidemik bir duruma yol açtı ve daha sonra 2 hafta boyunca camu camu meyve suyu (0.4-10 mL / kg) ile çeşitli işlemlere tabi tutuldu. Tüm dozajlar, biyokimyasal lipit profilinde doza bağlı bir şekilde bir gelişme gösterdi; bu, triasilgliseroller, toplam kolesterol ve hepatik kolesterolde belirgin bir azalma ile belirlendi. Ayrıca, fekal kolesterol atılımı artmıştır. Ek olarak, Nascimento ve ark. [44] günlük 25 mL camu camu meyvesi pulpunu 12 hafta boyunca tüketen diyetle indüklenen obezite sıçan modelinde, beyaz yağ dokularında yağın önemli ölçüde azalmasına neden oldu. Triasilgliseroller ($\downarrow$ % 40,6), toplam kolesterol ($\downarrow$ % 39,6), LDL kolesterol ($\downarrow$ % 2,14) ve VLDL kolesterol ($\downarrow$ % 36,4) düzeyleri de azalmış ve HDL kolesterol ($\uparrow$ % 12,3) deney grubunda artmıştır. De Souza Schmidt Gonçalves ve ark. [61] 1 günlük bir diyabetik sıçan modelinde (streptozotisin ile indüklenmiş), sulu meyve özü ekstrelerinin vücut ağırlığına göre 30 gün süreyle oral olarak 1 veya 3 g / kg oral yoldan tatbik edilen, triasilgliseroller ve toplam kolesterol seviyelerini ve HDL kolesterolündeki artışı önemli ölçüde azalttı. Ek olarak, yaklaşık 2 hafta boyunca oral pulpektar [64] veya kapsüllenmiş dondurularak kurutulmuş pulpa verilen sağlıklı genç yetişkinlerle (20-35 yaş arası) yapılan bazı kontrollü klinik çalışmalar [65, 66] hipolipidemik etkilerden dolayı biyokimyasal lipit profilleri. Obezitenin biyo-kimyasal profilindeki gelişme, meyve pulundaki diyet lifi varlığından dolayı dışkıdaki (% 50) ve karaciğerdeki (% 140) lipid eliminasyonundaki artışla ilişkilidir [2, 41]. Diyet lifleri, kendine özgü fizikokimyasal özellikleri ile ilişkili olan enerji alım düzenlemesi ve obezite gelişimindeki rolleriyle çok sayıda faydalı sağlık özelliği göstermiştir. Bazı mekanizmalar diyet lifinin kilo yönetimine nasıl yardımcı olduğunu, doyumunu arttırmayı, doyumluk sinyallerini uzatmayı, makro besin öğelerinin taşınmasını azaltmayı ve gastrointestinal hormonların salgılanmasını değiştirmeyi içerdiğini öne sürdü [67-71].

Anjiyotensin dönüştürücü enzim-1 (ACE) inhibisyonuna dayanan in vitro bir çalışma, camu camu meyve posasının 10 mg / ml sulu ekstraktta antihipertansif özelliklere sahip olmadığını göstermiştir [26]. Bununla birlikte, laktik asit bakteriyel fermente edilmiş soya örneklerine spreyle kurutulmuş pudralanmış meyve püresi tozları (% 0.5-1.0) eklendiğinde, camu camu ve soyağacı aktif bileşikleri arasında sinerjik bir etkileşime işaret eden daha yüksek bir ACE inhibe edici etki vardı.

3.3. Antidiyabetik aktivite

Bazı çalışmalar, camu camu'nun bu hastalığı tedavi etme potansiyelini gösterebilecek antidiyabetik aktivitelere sahip olduğunu göstermiştir. Örneğin, De Souza Schmidt Gonçalves ve ark. [56], De Azevedo ve ark. [59] ve Fujita ve ark. [26, 72] meyve metanolik ve poliamid-saflaştırılmış özütler, meyve bırakma tortusu, kağıt özü tozları (spreyle kurutma ve dondurarak kurutma) ve sırasıyla soya sütü ile birlikte kurutulmuş meyve özü kurutulmuş tozundan elde edilen bir probiyotik içeceği göstermiştir. ılımlı alfa-amilaz ve güçlü alfa-glukosidaz inhibe edici aktivitelerin kombinasyonundan kaynaklanan antidiyabetik özellikler. Bu antienzimatik ilişki, diyabet tip 2'nin erken evrelerini yönetmek için etkili bir strateji olan prandiyal glisemiye geciktirmek ve karbonhidrat sindirimini modüle etmek için uygun olarak kabul edilir [73]. Aynı zamanda, Nascimento ve ark. Tarafından yürütülen obez erkek *R. norvegicus* ile yapılan in vivo bir analiz. [44] 4 haftalık bir süre boyunca 25 mL pulp ile muamele edilmiş [44], hem kan glukozunda (% 23) hem de insülin aktivitelerinde (% 44.5) önemli bir azalma göstermiştir. Yazarlar, hipoglisemik aktiviteyi, monosakaritler ile kompleksler oluşturan büyük miktardaki çözünür liflere (Tablo 1) bağlamaktadır. Ayrıca, pulpa nektar [64] veya kapsüllenmiş dondurularak kurutulmuş pulpadan oral yoldan alınan sağlıklı genç yetişkinlerle (20-35 yaş arası) yapılan çalışmalar 15 günde önemli bir hipoglisetik etki göstermiştir [65, 66]. Son olarak, Balisteiro ve ark. [63], polifenol bakımından zengin bir

camu camu suyu tüketen sağlıklı bireylerin, karbonhidrat yönünden zengin bir öğün alımından sonra kan glukoz seviyelerini (% 31) önemli ölçüde azalttığını gösterdi. Bu preparatların hipoglisemik aktivitesi, camu camu meyvelerinin polifenollerine bağlanabilir. Polifenoller, iki onaylanmış hipoglisemik mekanizmaya sahiptir. Birincisi, karbonhidrat sindirim enzimlerinin alfa-amilaz ve alfa-glukosidazın inhibe edici etkisiyle [26, 44, 56, 63, 72] ilgilidir, çünkü bu inhibitör aktiviteler ile yüksek pozitif korelasyonlara sahiptir (Pearson'un korelasyon katsayısı ≥ 0.50). farklı fenolik bileşiklerin (casuarictin, ellagic asit, quercetin, syringic acid, myricetin, vs.) sentezi [26, 56]. İkincisi, birkaç çalışmada gösterilmiş olan, sodyum bağımlı glukoz taşıyıcı 1 (SGLT1) ve glukoz taşıyıcı 2 (GLUT2) gibi bağırsak monosakarit taşıyıcıları inhibe edilmiştir [74-79].

Ek olarak, Ueda ve ark. [80], % 80'lik bir metanolik yaprak ekstraktından üç aldoz redüktaz (AR) inhibitörünü izole etti: ellagic asit, 4-O-metilellajik asit ve 4- (a-rnopiranosil) ellagic asit. Son fenolik bileşik, insan rekombinant AR ve sıçan lensi AR'ye karşı en güçlü, rakipsiz inhibisyonu gösterdi. Aynı zamanda, 4- (a-rn-alnopiranosil) ellagic asidin inhibe edici etkinliği, kersetin'den 60 kat daha güçlüydü. Sonuç olarak, bu AR inhibitörleri, poliol yolundaki glikozun sorbitol'e biyokimyasal dönüşümünü önleyebilir ve daha sonra diyabetik komplikasyonları azaltabilir [81-83].

3.4.DNA hasarı ve kanser koruma etkileri

Mus musculus (CF-1 TM suşu) Da Silva ve diğ. [27] Camu Camu meyve suyunun akut (bir gün için tek doz), subakut (28 gün üst üste) ve kronik (ardışık 56 gün için) oral uygulamanın genotoksik ve antijenotoksik potansiyelini test etmek. Test edilen meyve suyu konsantrasyonlarının hiçbirisi (% 25, 50 ve % 100), erkek ve dişi farelerde kan hücreleri üzerinde herhangi bir genotoksik etki göstermedi. Ex vivo testte, alkalın kuyruklu yıldız tahlili ile, meyve suyu akut, subakut ve kronik tedavilerden sonra antijenotoksik etki göstermiştir. Bununla birlikte, meyve suyunun akut uygulaması hem hasar indeksinde hem de hasar sıklığında en düşük değerleri üretti. Araştırmacılar, hidrojen peroksitin neden olduğu DNA hasarına karşı, C vitamini seviyelerinin yanı sıra, camu camu meyve suyunda bulunan flavonoidler ve fenolik bileşiklerle; Birlikte bu fitokimyasallar serbest radikalleri ortadan kaldırılabirler. Ayrıca, mikrobiyal ve hayvan modellerini kullanan birkaç çalışma, camu camu meyvelerinin antimutagenik özelliklerini göstermiştir. Peru'da öncü araştırmalar, in vitro ve in vivo modeller kullanılarak sulu bir meyve özünün antimutagenik özelliklerini test eden Gutiérrez [28] tarafından yapılmıştır. İn vitro modelde, hamster (*Cricetulus griseus*) yumurtalıktan CHO-K1 hücre çizgisinin kültürleri hidrojen peroksit maruz bırakıldı ve meyve özü ile ortak işlem gördü (konsantrasyonları % 1, % 10 ve % 10). Camu camu meyvesi ekstresi, reaktif oksijen türlerinin indüklediği kromozomal sapmalara karşı doza bağlı bir şekilde korunma konusunda önemli bir kapasiteye sahipti. Ayrıca, meyve sineği (*Drosophila melanogaster*) numunelerinin kullanıldığı in vivo modelde, meyve ekstraktının N-etil-N-nitrosoüre tarafından indüklenen mutajenik etkiye (0.01 ve 0.1 mmol konsantrasyonlarında) karşı antimutagenik aktivitesi gösterilmiştir. Bu DNA hasarı koruma etkisi, % 25 meyve sulu ekstresi ile birlikte işlem gören sineklerde kanat lekeleri sıklığında (% 55.0-74.4) önemli bir azalma sergileyen somatik mutasyon ve rekombinasyon testi ile test edilmiştir. Ek olarak, Sánchez [57], Ames testiyle meyve pulpundan fenolik bileşik bakımından zengin bir fraksiyonun mutajenik bileşik 3-amino-1,4- 'e karşı doza bağlı bir şekilde antimutagenik aktivite (% 36.7-91.5) gösterdiğini göstermiştir. dimetil-5H-pirido [4,3-b] indol. Ayrıca, iki araştırmada, siklofosamid ile indüklenen ve meyve posası ile birlikte orogastrik gavaj ile birlikte işlenen albin farelerinin (*M. musculus*) kemik iliği hücrelerinin mikronükleer polikromatlanmış eritrositlerinin sıklığı ile ilgili ardışık 10 gün, şiddetli (% 16'dan % 90'a kadar) mikronükleer frekansın doza bağlı bir şekilde azalması [21, 84]. Ek

olarak, camu camu meyvesinin potasyum bromattan (KBrO₃) kaynaklanan mutajenik hasara karşı sitoprotektif etkinliği de gösterilmiştir. Hayvanlar, art arda 35 gün boyunca bir meyve sulu ekstraktının (50 mg / kg) oral uygulamasıyla tedavi edildi. Tedavinin onuncu gününde, albine farelere, mutajenik hasarı indüklemek için KBrO₃ (68.5 mg / kg dozaj) çözeltisi ile periton içine enjekte edildi. DNA parçalanma derecesinin titiz bir karşılaştırmalı analizinden sonra, alkalın kuyruklu yıldız tahliliyle, meyve posasının KBr₃'ün kan, böbrek ve karaciğer hücrelerinde DNA'ya zarar veren etkilerine karşı büyük bir inhibe edici özelliği göze çarpıyordu. Bu güçlü koruyucu etki potansiyel olarak bu muhteşem Amazon bitkisinin meyvelerinde bulunan C vitamini ve flavonoidler gibi yüksek antioksidan içeriğine bağlanmıştır [85].

Son raporlar ayrıca, camu camu meyve suyunun antikanser özelliklerini göstermiştir. Carvalho-Silva ve ark. [21], yazarlar in vitro sitotoksikite ve antiproliferatif analizler kullandılar. Bu testlerde, karaciğer hepatosellüler karsinoma hücre çizgisi olan HepG2,% 5 oranında camu camu meyve özü ihtiva eden tropik meyve suyu karışımının artan konsantrasyonlarını (0-25 mg / mL) içeren ortamlarda 72 saat boyunca büyütüldü. Sonuçlar, tropikal meyve suyu karışımının, HepG2 hücre hattına karşı antikanser aktivite sağladığını gösterir; çünkü proliferasyon oranı, doza bağlı bir şekilde inhibe edildi (yaklaşık% 10 ila 80, yaklaşık). Ayrıca, 150 mg / mL'ye kadar sitotoksik etki yoktu, bu da antikanser etkisinin sitotoksikiteden bağımsız olduğunu göstermektedir. Bu sağlıklı arttırıcı faaliyetler, tropik bölgelerde bulunan yüksek C vitamini ve antosiyaninler (yani, siyanidin-3-O-glukozit, siyanidin-3-O-rutinosid, siyanidin-3-O-rhamnosid, vb.) ile ilişkilendirilmiştir. Birlikte olan antioksidan özelliklerine katkıda bulunan bitki içecekleri, dolayısıyla serbest radikalleri en düşük seviyeye düşürür ve ardından kanser riskini azaltır. Asmat ve Benites [86] tarafından yapılan ikinci çalışmada in vivo deneysel bir model kullanılmıştır. Bu çalışmada, bir grup R. norvegicus (Albinus suşu) kolorektal kanseri indüklemek için 2 ila 22 hafta boyunca 21 mg / kg 1,2-dimetilhidrazin ile deri altından enjekte edildi ve meyve özü ile 1 ila 32. haftalarda birlikte tedavi edildi (meyve özü ve kabuğu içeren) 4.37 g / kg'lık bir dozajda. Kontrol grubu ayrıca kolorektal kanseri geliştirmek için tedavi aldı, ancak 32 hafta boyunca standart bir diyet ve su ad libitum aldı. Camu camu'nun meyve özü, metaplazi gibi histolojik değişikliklere ilerlemeye engel oldu. Buna karşılık, kontrol grubu büyük yapısal hasar, psödostratifikasyon, nekroz ve yüksek mitotik indeks gösterdi. Bir kez daha, bu camu camu meyvelerinin çoklu faydalı özelliklerini göstermiştir.

3.5.Karaciğeri Koruyucu Aktivite

Akachi ve diğ. [18] 7 gün boyunca camu camu liyofilize meyve suyu veya diğer 11 meyve suyundan biri (Averrhoa carambola, Citrus depressa, Hippophae rhamnoides, Hylocereus costaricensis, Litchi chinensis, Litchi chinensis, R. norvegicus (Wistar suşu) ile deneyler yaptı. Malpighia glabra, Passiflora edulis, Punica granatum, Ribes nigrum, Vaccinium corymbosum ve V. oxycoccus). Sıçanlardaki karaciğer daha sonra D-galaktosamin (GalN) enjeksiyonu ile yaralandı. Sadece camu camu suyu, GalN kaynaklı karaciğer hasarını önemli ölçüde bastırdı. Bu hepatoprotektif aktivite, camu camu meyve suyunun biyo-deney rehberli çözücü fraksiyonlanması ve silika jel kolon kromatografisi ile izole edilen aktif bileşik 1-metilmalattan kaynaklandı. Bununla birlikte, bugüne kadar, bu aktif bileşiğin GalN kaynaklı karaciğer hasarını baskıladığı moleküler mekanizma henüz keşfedilmemiş kalır. Benzer şekilde, camu camu içindeki 1-metilal biyosentezinde yer alan spesifik metabolik yol ve enzimler bilinmemektedir. Krebs döngüsünün, bu aktif bileşiğin biyosentezi için malat sağlaması muhtemeldir ve karboksil gruplarının metil transferazının spesifik S-adenosil-L-metiyonine

bağlı metilasyonu, metil transferazın, keşfedilmeyen malat karbonunun 1'ine metil kısmı eklemesi muhtemeldir.

3.6.Neroprotektif ve immünolojik etkiler

Sıcak hava ile kurutulmuş camu camu meyvelerinin (tohumlar, soyma ve artık pulp) kalıntılarının deneysel olarak indüklenen nörodejenerasyondaki nöroprotektif etkiler üzerindeki etkisi, Alenheimer hastalığı ve Parkinson hastalığı için *Caenorhabditis elegans* transgenik modellerinde değerlendirilmiştir [87]. Sıcak havada kurutulmuş tortunun düşük molekül ağırlıklı kısmına sahip olan tedaviler, *C. elegans*'taki ömrünü% 20 oranında artırdı ve A142'nin agregasyonunu, Alzheimer hastalığı modelinde% 21 oranında felce yol açtı. Ek olarak, Parkinson hastalığının tedavisi için meyve ekstraktının aynı fraksiyonu ile aynı şekilde elde edilen 1-metil-4-fenilpiridinyum kaynaklı oksidatif dopaminerjik nörotoksiste modelinde,% 15-21 oranında nörotoksistede önemli bir düşüşle sonuçlandı. Sağlıkla ilgili bu etkiler, çoğunlukla polar asidik düşük moleküler ağırlıklı biyoaktif fraksiyonlar nedeniyle çıkmıştır.

Son zamanlarda, bir Brezilyalı araştırma grubu [88], meyve tozu özü özünün oral uygulamasının, *Oreochromis niloticus*'ta (*Nil tilapia*) immünolojik parametrelerdeki etkisini değerlendirdi. Balıklar, 5 hafta boyunca çeşitli dozajlar (0-500 mg camu camu özü / kg yem) kullanılarak beslenmiştir. Deneme periyodunun sonunda, balıklar yüzme mesanesinde patojenik bakteriler *Aeromonas hydrophila* ile akut aerokistiti tetiklemek için aşılansmıştır. İmmünolojik parametreler daha sonra enfeksiyonun 6, 24 ve 48 saat sonra analiz edildi. Sonuçlar, camu camu meyve özleri ile desteklenmiş balıkların, beyaz kan hücrelerinin sayımını artırarak ve eksüda (lenfositler, monositler, nötrofiller ve trombositler), lökosit solunum patlaması, serum lizozim aktivitesi, serum bakterisidal aktivite, direkt aglütinasyon ve melanomafaj merkezleri önemlidir. Özellikle, 5 hafta sonra, özellikle 500 mg / kg'lık bir dozda balık büyümesinde bir artış tespit edildi.

Ayrıca, *R. norvegicus* (Holtzmann suşu) kullanılarak sulu meyve özü (% 5 ve 10) sulu ekstraktının 5 gün boyunca oral olarak verilmesiyle yapılan klinik öncesi çalışmalarda da, yazarlar, sebze içecek ile yapılan işlemler [89]. Bu bağışıklık uyarıcı etki iki yoldu, ilk önce dolaşımdaki olgun lenfositlerin sayısını arttırmaktı (~ 2 kez) ve ikinci mekanizma retikulum endotel sisteminin fagositik aktivitesini uyarmaktı (ortalama% 75.71).

3.7.Antibakteriyel ve antiparaziter faaliyetler

Son zamanlarda, birkaç araştırma grubu camu camudan elde edilen bitkisel özlerin antibakteriyel ve antiparazitik aktivitelerini araştırdı. Antibakteriyel aktivite ile ilgili olarak, ilk rapor meyve kabuğu ve tohumlarından metanolik ekstraktların (% 100 metanol) meyve kabuğundan ve tohumlardan% 100 metanol), *Staphylococcus aureus*'taki antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğunu gösteren bir Japon araştırma grubundandı (Myoda ve ark. [19]). 5 mg / mL, selektif antistaphylococcal aktivitesinden lipofilik kimyasalların sorumlu olduğunu düşündürmektedir. Ayrıca, bir Perulu araştırma grubu, yapraklardan ve ağaç kabuğundan elde edilen hidroalkolik ekstraktların (% 70 etanol) antistafilokokal aktivitesini bildirdi [90]. Yine, Brezilyalı araştırmacılar, liyofilize kağıt hamurunun, ağızlıklı yatak hamurunun ve püskürtülen kuru hamurun antifirokokal aktivitesini, minimum inhibitör konsantrasyonlu (MIC) ekstrakt konsantrasyonları (MIC) ile kaydettiler.

0,08 mg / mL [26, 91]. Benzer şekilde, başka bir Brezilyalı araştırma grubu, meyve sanayi artıklarının (tohumlar ve soyma) antistafilokokal aktivitesini gösterdi. Hem taze hem dondurularak kurutulmuş, hem de sıcak havada kurutulmuş artıklar, *S. aureus*'a karşı daha yüksek inhibisyon bölgeleri (> 10 mm) ve daha düşük MIC (0.31-2.50 mg / mL) göstermiştir. Ek olarak, polifenolik açıdan zengin fraksiyonlar, bu antibakteriyel aktiviteleri, 13.1 ila 16.1 mm'lik inhibisyon bölgeleri ve MİK değeri 2.5 mg / mL olarak sağladı. Dahası, bir başka Perulu araştırma grubu, pulp ve tohumlardan elde edilen metanolik ekstraktların, karyojenik bakteriler *Streptococcus mutans* ve *S. sanguinis*'e karşı daha yüksek antibakteriyel etkilere sahip olduğunu gösterdi. Kağıt hamuru ekstraktının MİK'si 50-75 µg / mL; bununla birlikte, tohum antibakteriyel aktivitesi çok düşük seviyelerde tespit edildi [92]. Son olarak, yakın zamanda başka bir Japon araştırma grubu, soyulmuş ve tohumların n-heksan özlerinden dört polifenolik antimikrobiyal bileşeni (asilfloro-glukinoller) izole etmiş, bu bileşikler *Isomyrtu-commulone B*, *Myrciarone A*, *Myrciarone B* ve *Rhodomyrton* idi. İkinci ve üçüncü bileşiklerin yeni açılfloroglukinoller olduğu doğrulandı [20]. Dört bileşik, *Bacillus subtilis*, *B. cereus*, *Micrococcus luteus*, *S. aureus*, *S. epidermidis* ve *S. mutans* gibi Gram-pozitif bakterilere karşı antimikrobiyal aktiviteler gösterdi, ancak Gram-negatif bakteri ve mantarlara karşı etkisizdi. Transkriptomik, proteomik ve metabolomik seviyelerdeki birçok araştırma, *Rhodomyrton*'un Gram-pozitif bakterilere karşı antimikrobiyal aktivitesinde yer alan moleküler mekanizmayı ortaya çıkardı [93-96]. Antiparazitik aktivitelere göre, İngiltere'den araştırmacılar [51, 97] camu camu metanolik ekstraktlarının sulu asetik aside çözünen fraksiyonundan izole edilen 10 miretetin ve kuersetin glikozit karışımı GSH-haemin reaksiyonunun güçlü inhibitörleridir. Aynı zamanda, meyve kabuğunun sulu etanolik ekstresi (% 70), yaprakları ve tohumları, IC50 <5.0 µg / mL [50] ile ferripro-toporfinin inhibisyon testi ile antiplazmodial aktivite sergilemiştir [50]. Ek olarak, kabuğundan gelen sulu ve etanolik (% 70) ekstraktlar, sırasıyla 3 ve 6 µg / mL IC50 değerlerine sahip olan *Plasmodium falciparum* suşu FCR3'e (klorokin dirençli) karşı inhibe edici aktivite sergilemiştir [98]. Ek olarak, camu camu yapraklarının diklorometanolik ekstresi, sırasıyla P.550c ve 6.41 ug / mL IC50 değerlerine sahip *P. falciparum* ve *Leishmania amazonensis*'in önemli bir in vitro büyüme inhibisyonunu göstermiştir [99].

3.8.Diğer biyoaktiviteler

Camu camu meyve ekstraktının tek başına ve siyah maca tozunun bir yumru ekstraktı ile kombinasyon halinde etkisini test etmek için *R. norvegicus* kullanan hayvan deneyleri, camu camu meyve ekstraktının günlük sperm üretimini önemli ölçüde arttırdığını, aşama IX ve XI mitoz ve evre XII mayoz. Siyah maca ile birlikte spermiyasyon evreleri, mitoz ve mayoz gelişmiştir. Yazarlar, camu camu meyvelerinin potansiyel olarak spermatogenezi iyileştirdiği ve siyah maca yumru kökleri ile karıştırmanın, transillüminasyon tekniği ile test edildiği gibi, spermatojenik döngünün mitoz, mayoz ve spermiyasyon aşamalarını arttırdığı sonucuna varmıştır [100].

Ek olarak, iki in vitro araştırma camu camu'nun hidroalkolik ve sulu meyve özütlerinin (soyma, küspe ve tohum içeren) kozmetik formülasyonlara

eklenebileceğini göstermiştir, çünkü meyve özleri UVB radyasyonuna karşı güneş koruma faktörünü güçlendirir. Bu tuhaf özellik, meyvelerdeki yüksek C vitamini ve fenolik bileşik seviyelerine atfedilir [101, 102].

Sonunda, Yuyama ve ark. [103], camu camu ve Euterpe oleracea'nın meyve özünü karıştırmanın, okul öncesi çocukları (2-6 yaş arası) anemi ve kronik yetersiz beslenmeyle tedavi etmeleri için yararlı etkilerini göstermiştir.

4.Fonksiyonel genomik özellikler

4.1.Transcriptome de novo montaj ve ek açıklama

Son zamanlarda, araştırma grubumuz, camu camu meyvesinin (olgunlaşmamış, semirip ve olgun) transkriptomunu bir araya getirmek için toplam 24.551.882 yüksek kaliteli okuma kullandı. Meta montajda toplam 70.048 unijen elde edildi (ortalama uzunluk 1150 bp ve N50 = 1775 bp). Bu unijenler, çoklu veritabanlarında (yani, NCBI yedekli olmayan (nr), UniProtKB, TAIR, GR_protein, FB, MGI, vb.) Homolog sekansları araştırılarak açıklanmıştır. En fazla sayıda gen notuna katkıda bulunan ilk üç bitki türü Vitis vinifera, Theobroma kakao ve Populus trichocarpa idi. Üç çekirdek GO ek açıklama kategorisinden biyolojik süreçler, tahsis edilen ek notların% 53,6'sını oluştururken, hücresel bileşenler ve moleküler işlevler sırasıyla% 23,3 ve 23,1'i oluşturdu. Toplamda 160 metabolik yol yeniden yapıldı [48].

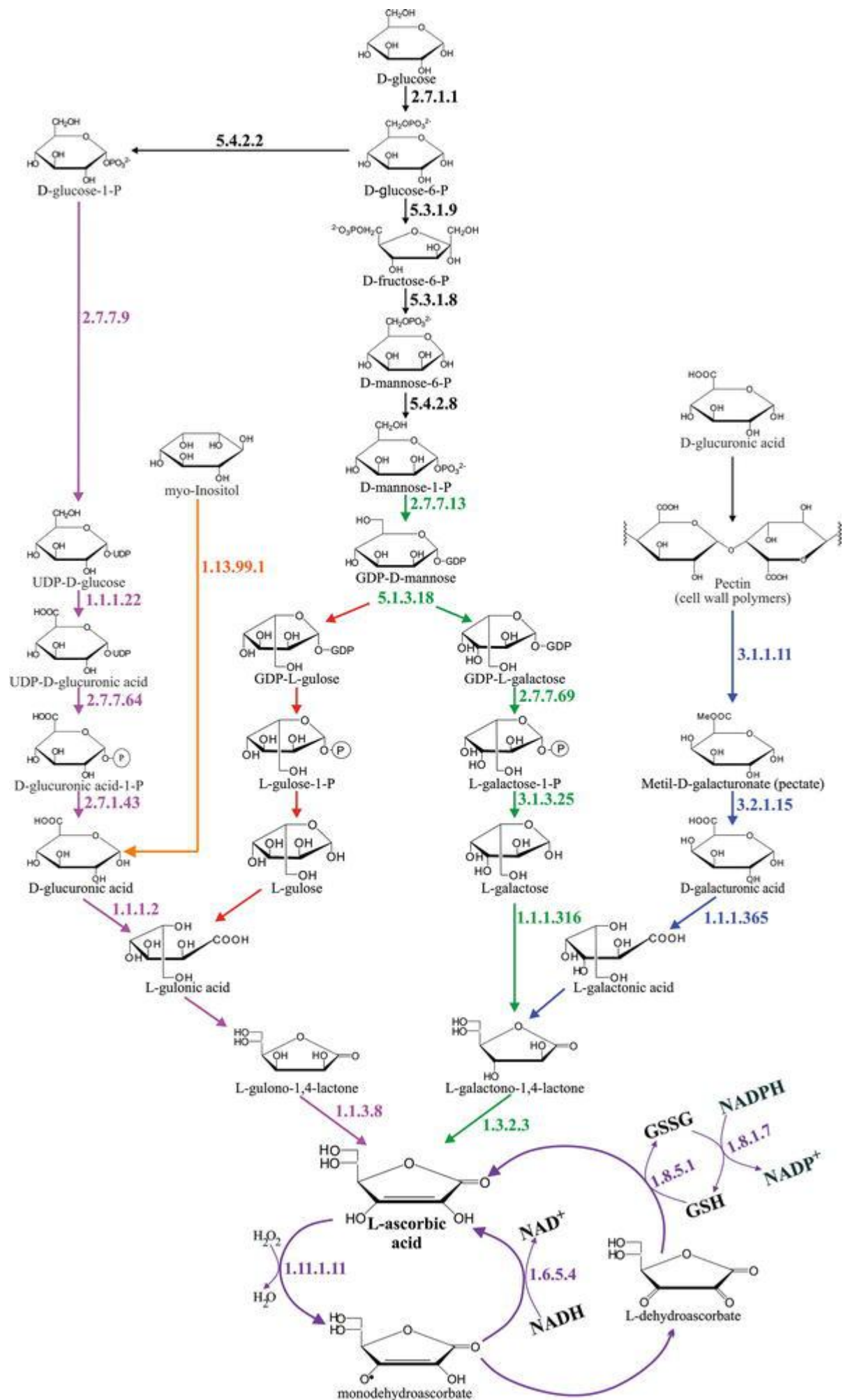
4.2.C vitamini biyosentezi için metabolik yollar

Meyve transkriptom analizine dayanarak, C vitamini biyosentezi [48] için beş metabolik yol yeniden yapılandırılmıştır: hayvan benzeri yol, myo-inositol yol, L-guloz yolu, D-mannoz / L-galaktoz yolu ve üronik asit yolu.

Askorbat-glutasyon döngüsünde yer alan gen kodlama enzimleri de tanımlandı (Şekil 5). Bu yollardan, D-mannoz / L-galaktoz yolu, çeşitli bitki türlerinde en iyi karakteristiktir [104-106]. Bu yol, D-mannoz-1-fosfatın Vitamin C'ye sıralı enzimatik dönüşümünü içerir. Bu enzimatik reaksiyonlar aşağıdaki gibidir:

D-mannoz-1-fosfattan GDP-D-mannoz sentezi ve GTP, GDP- ile katalize edilir D-mannoz pirofosforilaz (EC 2.7.7.13) ve daha sonra, GDP-D-mannoz, GDP-mannoz-30,50-epimeraz (EC 5.1.3.18) ile katalize edilen, geri dönüşümlü bir çift epimerizasyon ile GDP-L-galaktoza dönüştürülür. ; ayrıca GDP-L-galaktoz, GDP-L-galaktoz: heksoz-1-fosfat guaniltransferaz (EC 2.7.7.69) ile L-galaktoz ve inorganik fosfata hidrolize edilen L-galaktoz-1-fosfata

dönüştürülür. L-galaktoz-1-fosfat fosfataz (EC 3.1.3.25) ile elde edilir. L-galaktoz daha sonra NAD'a bağılı L-galaktoz dehidrogenaz (EC 1.1.1.316) tarafından L-galaktono-1,4-laktona oksitlenir ve son olarak L-galaktono-1,4-lakton C vitamini ile okside edilir. L-galaktono-1,4-lakton dehidrogenaz (EC 1.3.2.3).



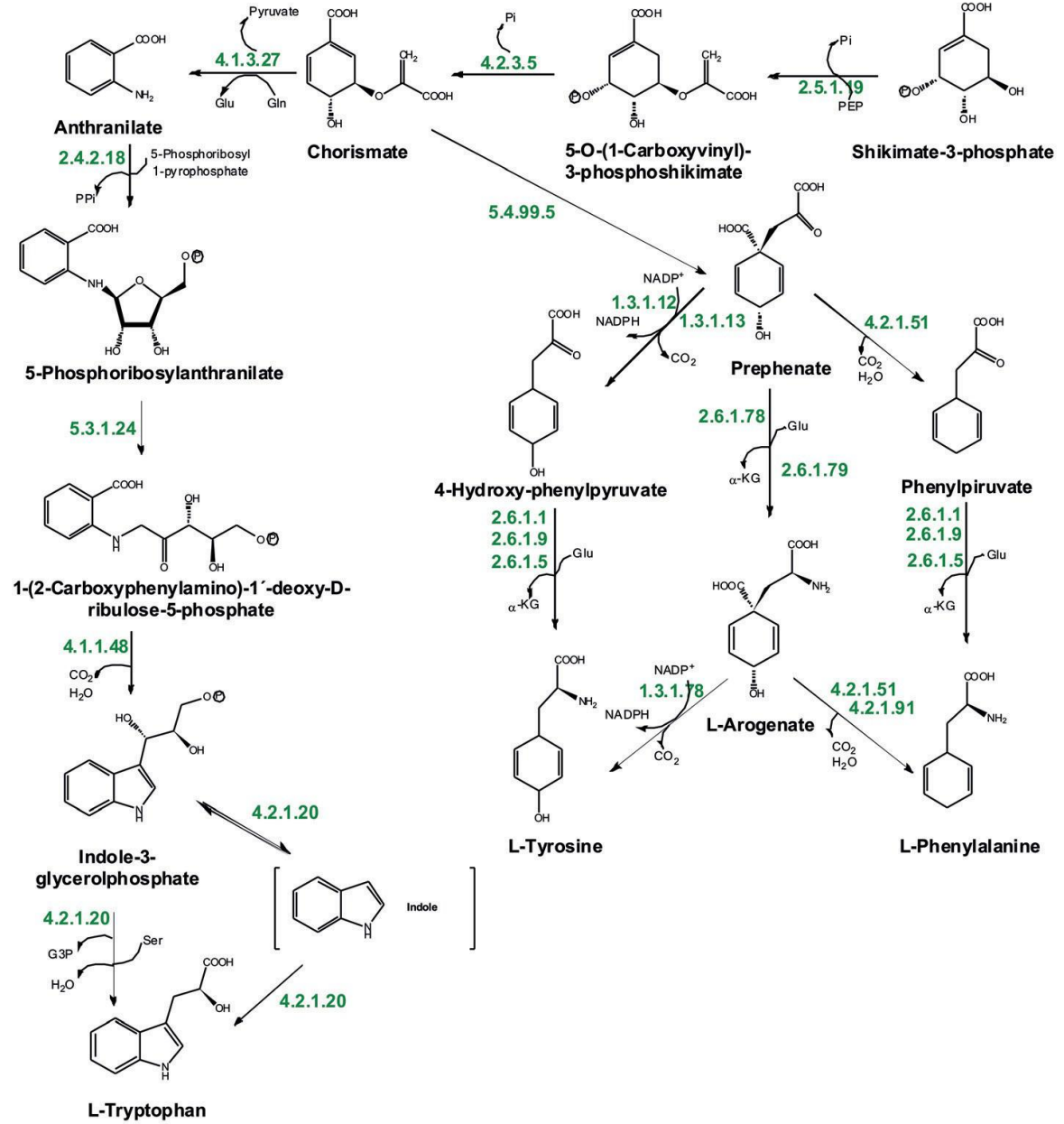
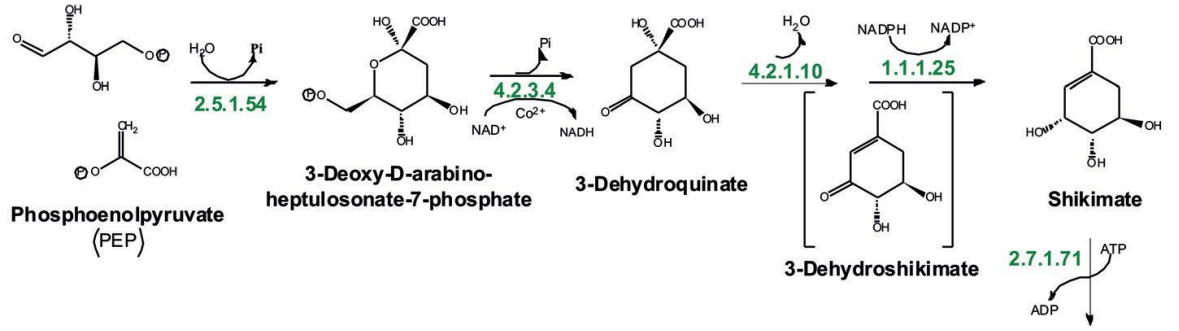
Şekil 5. C vitamini biyosentezi ve camu camu meyve transkriptom veritabanından yeniden oluşturulan geri dönüşüm yolları. Kaynak: Castro ve diğ. [48].

4.3. Sağlığı teşvik eden fitokimyasalların biyosentezine katılan metabolik yollar

Daha önce belirtildiği gibi, camu camu'da tanımlanan sağlığı teşvik eden fitokimyasal bileşiklerin çoğu, genellikle ikincil metabolitler olarak bilinen özel metabolitlerdir. Bu yapısal farklı moleküllerin biyo-sentezi, temel bazik yollardan, örneğin Embden-Meyerhof-Parnas yolundan (glikoliz olarak da bilinir), pentoz fosfat yolundan ve Shikimate yolundan başlar. Bu son yol, triptofan yolu, fenilalanin / tirozin yolları ve folat, salisilat ve fillokinonun biyosentezi için metabolik yollar için ortak bir koruyucu olan korimat üretir [107]. Daha sonra, bu üç aromatik amino asit, çeşitli ikincil metabolitlerin (yani terpenoidler, flavonoller, antosiyaninler, ellagik asit ve türevleri, fenolitler, gallik asit ve türevleri, .), çeşitli biyolojik ve çevresel faktörlere bağlı olarak [108]. Camu camu'nun açıklamalı meyve transkriptomundan, 160'dan fazla metabolik yolu yeniden yapılandırabildik [48]. Bunlar doğrudan sekonder metabolit biyosentezine dahil olan birkaç yolu içerir; örneğin, antosiyaninler, karotenoidler, flavonoidler, fenilpropanoidler ve terpenoidler biyosentez yolları. Bütün bu yollar için evrensel biyosentetik koruyucu (korisat) Shikimate yolunda sentezlenir (Şekil 6). Bu yolda, yedi enzimatik reaksiyon biyokimyasal olarak fosfoenolpiruvat (PEP) ve D-eritroz 4-fosfatı (sırasıyla glikolizde metabolik ara maddeler ve pentoz fosfat yolları) korizata dönüştürür. Shikimate yolun ilk kararlı adımı, 3-Deoksi-D-arabino-heptulosonat-7-fosfat (DAHP) üretmek üzere fosfoenolpiruvat (PEP) ve D-eritroz 4-fosfatın aldol kondansasyonudur, bu reaksiyon katalizördür. DAHP sentazı (EC 2.5.1.54). Ayrıca, 3-Dehidrokinat sentaz (EC 4.2.3.4), art arda beş kimyasal reaksiyonla iki değerli bir katyon (yani Co^{2+}) ve NAD^+ + kofaktörleri kullanarak DAHP'yi 3-dehidrokinata dönüştürür: alkol oksidasyonu, inorganik fosfatın karbonatlanması, karbonil indirgenmesi halka açıklığı ve intramoleküler aldol yoğunlaşması. 3-dehidrokinat dehidrataz (EC 4.2.1.10) ile katalize edilen üçüncü enzimatik reaksiyon, halkada ilk çift bağın ortaya çıkması için 3-dehidrokinatın 3-dehidroşatikine dehidrasyonunu ve shikimate: NADP^+ + oksidoredüktaz (EC1. (1.25), NADPH kullanılarak shikinatta 3-dehidrohidratın geri dönüşümlü bir şekilde azaltılmasıdır. Beşinci enzim

(shikimate kinaz [2.7.1.71]), shikimate-3-fosfat verecek şekilde inorganik fosfat donörü olarak ATP kullanılarak shikimate C3 hidroksil grubunun fosforilasyonunu katalize eder. Daha sonra, 5-enolpiruvil-shikimate-3-fosfat (EPSP) sentaz (E.C. 2.5.1.19), PEP'in enolpiruvil kısmını shikimate-3 fosfatın 5-hidroksil pozisyonuna transfer ederek EPSP oluşumunu katalize eder. Son olarak, shikimate yolun son enzimi olan chomatmat sentaz (E.C. 4.2.3.5) doğada biyokimyasal olarak benzersizdir ve EPSP'den 3-fosfat grubunun ve C6-pro-R hidrojenin 1,4 antieliminasyonunu başlatır. halkada ikinci çift bağ, korisat üretmek için [107].

D-Erytrose 4-phosphate



Şekil 6. Camu camu'nun meyve transkriptom veritabanından yeniden yapılan Shikimate yolu.

Ehlileştirme stratejisi ve genetik gelişim için çabalar

Ulusal Tarımsal Yenilikçilik Enstitüsü (INIA), Peru Amazon Araştırma Enstitüsü (IIAP) ve Tropikal ve Yüksek İrtifa Araştırmaları Veterinerlik Enstitüsü (IVITA) gibi bazı Perulu araştırma Enstitüleri ve Brezilya'daki araştırma kurumları gibi Ulusal Amazon Araştırmaları Enstitüsü (INPA) ve Brezilya Tarımsal Araştırma Kurumu (EMBRAPA) olarak, camu camu'nun yerinde korunmasına yönelik programlar uyguladı. Bu genetik koruma programları, vahşi popülasyonlardan toplanan botanik malzemelerin katılımıyla oluşan germplazm bankalarının kurulmasını içerir. Peru'da, yaklaşık 37 yıl önce [109] Loreto bölgesindeki yabani popülasyonların sadece% 40'ından elde edilen tohumlardan (vejetatif yayılma tekniklerinin bulunmamasından dolayı) kurdu (Imán S., kişisel iletişim, 15 Eylül, 2017). Sonuç olarak, en yüksek genetik çeşitliliği en üst düzeye çıkarmak için botanik örneklerin ileri araştırılması ve toplanmasının bölgesel ve dağıtım geniş seviyelerde taşınması gerekir. Bankacılık erişiminin arttırılmasının etkinliği, bitkisel yayılma teknikleri kullanılarak arttırılabilir. En mantıklı iki alternatif, Peru ve Brezilya araştırmacıları tarafından geliştirilen ve rafine edilmiş, gelişmiş aşılama ve kök kesme teknikleridir [110-112].

Camu camu'nun evcilleştirme süreci 1990'ların başında INIA ve IVITA tarafından Iquitos'a ~ 30 km uzaklıktaki Amazon Nehri'nde bulunan Santa Ana topluluğundaki yedi gösteri parselinin kurulmasıyla desteklenmiştir [109]. Ayrıca, yirmi birinci yüzyılın başından bu yana, INIA IIAP ile birlikte, Mendel kalıtım ilkelerine dayanan, aktif bir topluluk katılım stratejisi ve geleneksel bitki ıslah yöntemleri kullanılarak genetik bir iyileştirme programı uyguladı [109]. Bu iyileştirme programı (çimlenmeden sonraki üçüncü yılla başlayarak, ancak bitki başına $\geq 0,5$ kg meyve ile), meyve özünde yüksek oranda C vitamini içeriği (100 başına $\geq 2,0$ g) ile birlikte, sertleşme ön eklemesi ile karakterize bir ideotipe odaklanmıştır. meyve özü g) ve daha büyük meyveler (taze ağırlık ≥ 10 g). Bu programların destekleyicileri, genetik olarak üstün bitkilerin ilk neslinin, 2010 yılına kadar hazır olacağını ve 2016 yılına kadar üstün homozigos çizgiler hazırlayacağını belirtti.

Bu dezavantajların üstesinden gelmek için, ideotiplerin kökten yeniden tanımlanması gerekir. Mevcut bilgilerimiz bize bitki genetiği, biyokimya, fizyoloji, anatomi, morfoloji, fenoloji ve ekoloji hakkında ayrıntılı bilgi üzerine

inşa edilmiş kapsamlı ideotipler yaratma fırsatı vermektedir [113]. Ek olarak, multiomik veri analizi için (yani, genomik, epigenomik, transkriptomik, proteomik, metabolomik, fenomik, vb.) En son teknolojiler de dahil olmak üzere, evcilleştirme için yenilikçi stratejilerin rasyonel tasarımını ve uygulanmasını ve Camu Camu Örneğin, düzenli olarak kümelenmiş kısa palindromik tekrarlar / ilişkili protein-9 nükleaz [CRISPR / Cas9 sistemi], transkripsiyon aktivatörü benzeri efektör nükleazlar [TALEN'ler] ve çinko parmak nükleazları [ZFN'ler] gibi genom düzenleme araçlarını kullanarak moleküler araçlar olabilir Camu Camu'nun genom dizisinin tamamını elde ettikten sonra istenen ideotipleri [114–118] elde etmek için tercih edilenler.

Evcilleştirme ve genetik iyileştirme programını hızlandırmak, de novo elit ticari çeşitler elde etmek için, Jia ve ark. [119] uygulanmalıdır: (1) germplazm bankalarındaki genomik çeşitliliğin tespiti, (2) genomik çeşitliliğin bilgisine dayanan germplazmanın korunması ve korunması, (3) bir temsilci tasarlamak için çeşitlilik bilgisinin kullanılması çekirdek koleksiyonu, (4) çekirdek koleksiyonları kullanarak germplazm bankalarının güçlendirilmesi ve (5) çekirdek koleksiyonlarındaki yeni aleller ve / veya genlerin keşfi.

Araştırma ekibimiz bugüne kadar meyve transkriptome verileri üretti ve polimorfik olduğu kanıtlanan C vitamini biyosentezinde yer alan genlerin birçoğunu belirledi. Örneğin, D-mannoz / L-galaktoz yolu mannoz-1-fosfat guanililtransferaz (EC 2.7.7.13), > 20 SNP içeren, GDP-mannoz-30,50-epimeraz (EC 5.1.3.18) 13 SNP'ye sahipken, L -galaktono-1,4-lakton dehidrojenaz (EC 1.3.2.3) sadece 5 SNP'ye sahipti. Hayvan benzeri yol UTP: glukoz-1-fosfat üridil transferaz (E.C. 2.7.7.9) 7 SNP içermiştir. Üronik asit yolunda pektin esteraz (E.C. 3.1.1.11) ve galacturan-1,4-alfa-galakturonidaz (E.C. 3.2.1.15) sırasıyla 20 ve 14 SNP gösterdi. Son olarak, askorbat-glutation yolağında, monodehidroascorbat redüktaz (E.C. 1.6.5.4) ve glutatyon redüktaz (E.C. 1.8.1.7) sırasıyla 2 ve 3 SNP içeriyordu [48]. Bu mutasyonların hem bireyler hem de camu camu [13] popülasyonları arasında bildirilen yüksek C vitamini üretim değişiminin yanı sıra D-mannoz / L-galaktoz yolunun diferansiyel gen ekspresyonu ve enzim aktiviteleri ile ilişkili olması muhtemeldir. 120]. Araştırma grubumuz, çimlenmeden ve ilk büyüme sürecinden sonra bitkilerin transkriptome analizini ve taslak genom dizisini (PacBio ve Illumina teknolojilerini kullanarak) ve camu camu ek açıklamalarını bitirmektedir.

Bu gelecek ve daha önceki fonksiyonel ve yapısal genomik kaynaklar, evcilleştirme sürecini ve Camu Camu'nun genetik gelişim programını büyük ölçüde hızlandıracak.

Teşekkürler

Jorge L. Marapara'ya, Camu Camu'nun germplazm koleksiyonuna erişim için Unidad Especializada de Biotecnología ve Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) - Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) - Santoque Iquitos altyapı ve ekipmanlarına yardımlarından dolayı teşekkür ederiz. haritalar, kimyasal yapıları ve metabolik yolların tasarımında onların büyük destek için öğrencilere (Jhoao Flores, Jhon Vargas, Stalin Tirado ve Andry mavila) özel teşekkürler.

Yazar detayları

Juan C. Castro^{1 *}, J. Dylan Maddox^{2,3}, Marianela Cobos⁴ ve Sixto A. Imán⁵

* Yazışmaların tümüne adres: juan.castro@unapiquitos.edu.pe

¹Özel Biyoteknoloji Birimi, Amazon Doğal Kaynaklar Araştırma Merkezi (CIRNA), Peru Amazon Ulusal Üniversitesi (UNAP), Iquitos, Perú

²Pritzker Moleküler Sistematiği ve Evrimi Laboratuvarı, Doğa Tarihi Müzesi, Chicago, IL, ABD

³Çevre Bilimleri, Amerikan Devlet Üniversitesi Sistemi, Charles Town, WV, ABD

⁴Biyoteknoloji ve Biyoenerjetik, Peru Bilim Üniversitesi (UCP), Iquitos, Perú

⁵Bitki Genetik Kaynaklarının Koruma Alanı, Ulusal Tarımsal Yenilik Enstitüsü (INIA), Iquitos, Perú

Referanslar

[1] Lim TK. Myrciaria dubia. In: Yenilebilir şifalı ve şifalı olmayan bitkiler. Springer Hollanda; (hacim 3, Meyveler); 2012. sf. 631-638

[2] Villachica H. Amazon Peruana'da, el-camu camu (Myrciaria dubia H.B.K. McVaugh). Lima, Peru: Ticaret Şirketi Amazónica (TCA), Sekretery Pro-Tempore; 1996. s. 95

- [3] Alvarado E, Gutiérrez J, Benites E, Nomberto C. Número Myrciaria dubia (H.B.K.) McVaugh "camu camu" . Lima, Perú: Uluslararası biyolojik bitki; 1999. s. 8
- [4] Uchiyama H, Koyama T. Myrciaria dubia'nın Kromozomları, Myrtaceae. Chromosomo Bilgi Servisi. 1993; 54: 16-17
- [5] Grattapaglia D, Vaillancourt RE, Çoban M, Thumma BR, Foley W, Külheim C, vd. Myrtaceae genetiği ve genomundaki ilerleme: Pivotal cins olarak okaliptüs. Ağaç Genetiği ve Genomları. 2012; 8 (3): 463-508
- [6] Da Costa IR, Dornelas MC, Forni-Martins ER. Etli meyveli Neotropik Myrtaceae'de nükleer genom büyüklüğü değişimi. Bitki Sistematigi ve Evrimi. 2008, 276 (3-4): 209-217
- [7] Teixeira AS, Chaves L da S, Yuyama K. Açta Amaz. 2004; 34 (1): 75-88
- [8] Nunes CF, Setotak TA, Pasqual M, Chagas EA, Santos EG, Santos DN, vd. Amazon meyvesi olan Myrciaria dubia: Nüfus yapısı ve bunun germplazm oluşumu ve genetik iyileşme üzerindeki etkileri. Genetik ve Moleküler Araştırma. 2017; 16 (1): 1-12
- [9] Rojas S, Yuyama K, Clement C, Ossamu E Rev Corpoica. 2011; 12 (1): 51-64
- [10] Koshikene D. Camu-camu (Myrciaria dubia (H.B.K.) McVaugh) kullanımı için çok çeşitli türler ve popüler türler denilen bir grup var. Manaus, Brezilya: Meksika'daki Institquis Nacional de Pesquisas da - INPA; 2009. s. 97
- [11] Šmíd J, Kalousová M, Mandák B, Houška J, Chládová A, Pinedo M, vd. Perulu Amazon'daki camu-camu [Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh] 'nın morfolojik ve genetik çeşitliliği. Biri. 2017, 12 (6): e0179886
- [12] Yuyama L, Aguiar J, Yuyama K, Lopes T, Fávaro D, Bergl P, vd. Teores de elementos minerais em algumas populações de camu-camu. Açta Amaz. 2003, 33 (4): 549-554
- [13] Castro JC, Gutiérrez F, Acuña C, Cerdeira LA, Tapullima A, Marianela C, vd. Varsayımlar bir çeşitlilik Denklemler Myrciaria dubia "camu-camu." . Sociedad Química del Perú'daki Revista de la Sociedad. 2013; 79 (4): 319-330
- [14] Imán SA, Pinedo S, Melchor M. Caracterización morfológica ve değerlendiren "camu-camu" Myrciaria dubia (H.B.K.) Mc Vaugh, del INIA Loreto-Perú. Scientia Agropecuaria. 2011; 2: 189-201
- [15] Bradfield RB, Roca A. Camu-camu - Askorbik asit içeriği yüksek bir meyve. Amerikan Diyetetik Derneği Dergisi. 1964; 44: 28-30

- [16] Rufino M, Alves RE, de Brito ES, Pérez-Jiménez J., Saura-Calixto F, Mancini-Filho J. Brezilya'dan geleneksel olmayan 18 tropik meyvenin biyoaktif bileşikleri ve antioksidan kapasiteleri. *Gıda Kimyası* 2010; 121 (4): 996-1002
- [17] Fracassetti D, Costa C, Moulay L, Tomás-Barberán FA. Ellagik asit türevleri, ellagitanninler, proantosiyanidinler ve diğer fenolikler, C vitamini ve camu-camu meyvesinden (*Myrciaria dubia*) iki toz ürünün antioksidan kapasitesi. *Gıda Kimyası*. 2013; 139 (1-4): 578-588
- [18] Akachi T, Shiina Y, Kawaguchi T, Kawagishi H, Morita T, Sugiyama K. Sıçanlardaki camu-camu (*Myrciaria dubia*) kaynaklı 1-metilmalat, D-galaktosamine bağlı karaciğer hasarını bastırdı. *Biyobilim, Biyoteknoloji ve Biyokimya*. 2010; 74 (3): 573-578
- [19] Myoda T, Fujimura S, B Parkı, Nagashima T, Nakagawa J, Nishizawa M. Camu-camu suyu üretim artıklarının antioksidan ve antimikrobiyal potansiyeli. *Gıda Dergisi Tarım ve Çevre* 2010; 8 (2): 304-307
- [20] Kaneshima T, Myoda T, Toeda K, Fujimori T, Nishizawa M. Kabuğun antimikrobiyal bileşenleri ve camu-camu (*Myrciaria dubia*) tohumları. *Biyobilim, Biyoteknoloji ve Biyokimya*. 2017; 81 (8): 1461-1465
- [21] Carvalho-Silva LB, Dionisio AP, Pereira AC, Wurlitzer NJ, Brito ES, Bataglion GA, vd. Brezilya tropik meyve suyunun antiproliferatif, antimutagenik ve antioksidan aktiviteleri. *LWT - Gıda Bilimi ve Teknolojisi*. 2014, 59 (2): 1319-1324
- [22] Inoue T, Komoda H, Uchida T, Node K. Tropikal meyve camu-camu (*Myrciaria dubia*) antioksidan ve antienflamatuar özelliklere sahiptir. *Kardiyoloji Dergisi*. 2008, 52 (2): 127-132
- [23] Yazawa K, Suga K, Honma A, Shirosaki M, Koyama T. Tropikal meyvelerdeki camu-camu (*Myrciaria dubia*) tohumlarının antienflamatuar etkileri. *Beslenme Bilimi ve Vitaminoloji Dergisi*. 2011; 57 (1): 104-107
- [24] Schwertz MC, JRPM, Sousa RF, Aguiar JP, Yuyama LK, Lima ES. Camu-camu suyunun sıçanlarda hipolipidemik etkisi. *Revista de Nutrição*. 2012; 25 (1): 35-44
- [25] Reynertson KA, Yang H, Jiang B, Basile MJ, Kennelly EJ. On dört yenilebilir Myrtaceae meyvesinden antiradikal fenolik bileşenlerin kantitatif analizi. *Gıda Kimyası*. 2008; 109 (4): 883-890
- [26] Fujita A, Sarkar D, Wu S, Kennelly E, Shetty K, Genovese MI. Antihiperglisemi, antihipertansiyon, antimikrobiyal özellikler ve hücrel gençleştirme için camu-camu (*Myrciaria dubia* McVaugh) fenolik bağlı

biyoaktiflerinin değerlendirilmesi. Uluslararası Gıda Araştırmaları. 2015; 77 (2. Bölüm): 194-203

[27] Da Silva FC, Arruda A, Ledel A, Dauth C, Romão NF, Viana RN, vd. Amazon camu-camu (*Myrciaria dubia*) suyuyla akut, subakut ve kronik tedavilerin antijenotoksik etkileri farelerin kan hücreleri üzerinde. Gıda ve Kimyasal Toksikoloji. 2012; 50 (7): 2275-2281

[28] Guti  rrez JA. Kapasite koruyucuları *Myrciaria dubia* "camu-camu" ante el da  o gen  tico indido por estr  s oxidativo, in vitro de  gerlendiren, in vivo celular de de    h ster ch ino ino ino ino ino ino ino ino ino ino C C C C ric ric ric]. Trujillo, Perú: Universidad Nacional de Trujillo; 2007. s. 49

[29] Defilippi E. Región Loreto'daki la cadena de valor del camu-camu. Di  erlerini g  r  n Primera edición. Lima, Peru: Proyecto Per  biodiverso; 2011. s. 70

[30] Bustamante F, Flores F, Metz F, Moreno A. *Myrciaria dubia* H.B. K. McVaugh (camu-camu). Latince Alemán de la Tecnología del Aprendizaje; 2000. s. 46

[31] Unidad de Desarrollo de la Amazonía'da. Programa Nacional de camu camu, 2000–20202000. S. 28

[32] Pinedo M. Camu-camu: Amazonía Peruana'da bulunan yenilikçi   r  nler; perspectivas. A  ıklama: Encuentro económico, Región Loreto - Banco Merkez Reserva del Perú; Iquitos-Peru; 2009

[33] Peters CM, Vasquez A. Camudio-camu (*Myrciaria dubia*) 'daki   arkılar. I. Producci  n de frutos ve poblaciones naturales. Açta Amaz. 1987; 17: 161-188

[34] Im  n S. El Camu-camu. Conferencia Cient  fica; Iquitos-Peru; 2011

[35] Landrum LR, Kawasaki ML. Brezilya'daki Myrtaceae cinsi: Resimli bir sinoptik tedavi ve teşhis anahtarı. Brittonia. 1997; 49 (4): 508-536

[36] McVaugh R. Amerikan Myrtaceae cinsi: Ara rapor. Takson. 1968; 17 (4): 354-418

[37] Alves R, Filgueiras H, Moura C, Araujo N, Almeida A. Camu camu (*Myrciaria dubia*)

McVaugh): Zengin bir doğal C vitamini kaynağı. Proc Interamer Soc Trop Hort. 2002; 46: 11-13

[38] Uchiyama H, Koyama T, Yoneda K. Camu camu *Myrciaria dubia*'nın (*Myrtaceae*) tohumlarının morfolojisi ve   imlenmesi. Nihon Üniversitesi Ziraat ve Veteriner Fakültesi Bülteni (Japonya). 1996; 53: 92-95

- [39] Medine A, Córdova E, Fasabi J, Rodríguez NH, Imán SA, Castro JC. Semillas ve Myrciaria dubia "camu-camu" : "biyometri" , "germinación, desarrollo y crecimiento inicial" . Scientia Agropecuaria. 2014, 5 (2): 85-92
- [40] Zapata SM, Dufour J-P. Camu-camu Myrciaria dubia (HBK) McVaugh: Meyvenin kimyasal bileşimi. Gıda ve Tarım Bilimi Dergisi. 1993; 61 (3): 349-351
- [41] Justi KC, Visentainer JV, Evelázio de Souza N, Matsushita M. Depolanmış camu-camu (Myrciaria dubia) küspeinde besin bileşimi ve C vitamini stabilitesi. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 2000, 50 (4): 405-408
- [42] Imán S, Bravo L, Sotero V, Oliva C Scientia Agropecuaria. 2011; 2 (3): 123-130
- [43] Arellano-Acuña E, Rojas-Zavaleta I, Paucar-Menacho LM. Camu-camu (Myrciaria dubia): Funcionales que ayudan ve vidalar için bir meyveli tropical meyvesidir. Scientia Agropecuaria. 2016; 7 (4): 433-443
- [44] Nascimento OV, Boleti AP, Yuyama LK, Lima ES. Diyet kaynaklı obezitenin sıçan modelinde Camu-camu (Myrciaria dubia HBK McVaugh) meyvesiyle diyet takviyesinin etkileri. Anais da Academia Brasileira de Ciências. 2013; 85 (1): 355-363
- [45] Rios LM, Pérez JJ, Cabrera LD, Ramírez R., Adrianzen Pz., Cobos M, ve ark. Caracterizacion moleküler de Myrciaria dubia (HBK). En: IX Asamblea Genel UNAMAZ; Iquitos, Peru; 2010. s. 16
- [46] Rojas S, Rodrigues D, Lima M, Philo S. Camu-camu (Myrciaria dubia) de Hic.i. Onbaşı Ciencia ve Tecnología Agropecuaria. 2008, 9 (1): 14-21
- [47] Rojas S. Anaclice da acessos de acessos de acessos de camu-camu'da (Myrciaria dubia H.B.K. McVaugh) INP (EST-SSR'ler) kullanılır. [Tese de Doutorado]. Manaus, Brasil: Universidade Federal Amazonas; 2007. s. 109
- [48] Castro JC, Maddox JD, Cobos M, Requena D, Zimic M, Bombarely A, vd. De novo montajı ve Myrciaria dubia meyve transkriptomunun fonksiyonel ek açıklaması, L-askorbik asit biyosentezi için çok yönlü metabolik yollar ortaya koymaktadır. BMC Genomiği. 2015; 16 (997)
- [49] Rengifo E. Monografía: Camu camu camu - Myrciaria dubia (H.B.K) McVaugh. Perubiodiverso; 2009. s. 36
- [50] Ruiz L, Ruiz L, Maco M, Cobos M, Gutierrez-Choquevilca A-L, Roumy V. Yerli Amazon grupları tarafından Nanay Nehri'nden (Peru) sıtma tedavisinde kullanılan bitkiler.

Etnofarmakoloji Dergisi. 2011; 133 (2): 917-921

[51] Steele JC. Güney Amerika'nın yerli halkı tarafından sıtmanın tedavisinde geleneksel olarak kullanılan bitkilerin farmakolojik değerlendirilmesi. [Doktora. Tez]. Londra, İngiltere:

Londra Üniversitesi; 2000

[52] Villanueva-Tiburcio JE, Condezo-Hoyos LA, Asquieri ER. Antocianinas, ácido ascórbico, polifenoller, aktif olarak antioksidan, camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) 'ı toplar. Gıda Bilimi ve Teknolojisi (Campinas). 2010; 30: 151-160

[53] De Rosso V. Brezilya meyvelerinin biyoaktiviteleri ve tropik biyomların antioksidan potansiyeli. Halk Sağlığı. 2013, 3 (1): 37-51

[54] Baldeón EO, Alcañiz M, Masot R, Fuentes EM, Barat JM, Grau R. Camu-camu (*Myrciaria dubia* (HBK) McVaug) ve tumbo (*Passiflora mollisima* (Kunth) 'nın antioksidan aktivitesini belirlemek için geliştirilen Voltammetri nabız dizisi LH Bailey) voltammetrik elektronik dilleri kullanan meyve suları. Besin Kontrolü. 2015; 54: 181-187

[55] Sotero V, Silva L, García D, Imán S. Aktiviteleri ve Antioksidantları, lapa lapa lapa, la camara del camu camu (*Myrciaria dubia* H.B.K.). Sociedad Química del Perú'daki Revista de la Sociedad. 2009; 75 (3): 293-299

[56] De Souza Schmidt Gonçalves AE, Lajolo FM, Cenevizli MI. Brezilyalı yerli meyvelerin ve ticari dondurulmuş hamurların kimyasal bileşimi ve antioksidan / antidiyabetik potansiyeli. Tarım ve Gıda Kimyası Dergisi. 2010; 58 (8): 4666-4674

[57] Sánchez HD. Kapasite değerlendirmesi ve antioksidanlar, hesaplananlar ve aktiviteler ve Yığın (*Smallanthus sonchifolius*) [Tesis Título Profesional]. Lima, Peru: Universidad Nacional Agraria La Molina; 2010

[58] Chirinos R, Galarza J, Betalleluz-Pallardel I, Pedreschi R, Campos D. Perulu camu camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.))

McVaugh) farklı olgunluk aşamalarında meyve. Gıda Kimyası. 2010; 120 (4): 1019-1024

[59] De Azevêdo JC, Fujita A, Oliveira EL, Genovya MI, Correia RT. Kurutulmuş camu-camu (*Myrciaria dubia* H.B.K. McVaugh) endüstriyel kalıntı: Fonksiyonel özelliklere sahip, biyoaktif, zengin bir Amazon gücü. Uluslararası Gıda Araştırmaları. 2014; 62: 934-940

[60] Neves LC, Tosin JM, Benedette RM, Cisneros-Zevallos L. Kuzey Brezilya Amazon bölgesinden yüksek oranda bozulabilen 8 meyve türünün

olgunlaşması ve yaşlanması sırasında hasat sonrası nutrasötik davranış. Gıda Kimyası. 2015; 174: 188-196

[61] De Souza Schmidt Gonçalves AE, Lellis-SantosC, CuriR, Lajolo FM, Genovya MI. Camu-camu'nun (*Myrciaria dubia* McVaugh) dondurulmuş posa özleri, tip 1 diyabetik sıçanların hiperlipidemi ve lipid peroksidasyonunu hafifletir.

Uluslararası Gıda Araştırmaları. 2014; 64: 1-8

[62] Pereira AC, Dionísio AP, Wurlitzer NJ, Alves RE, Brito E, e Silva AM, vd. Tropikal meyve sularının antioksidan potansiyelinin, antioksidan enzim profilleri ve sıçanlarda lipid peroksidasyonu üzerine etkisi. Gıda Kimyası 2014; 157: 179-185

[63] Balisteiro DM, Araujo RL, Giacaglia LR, Genovya MI. Aritılmış Brezilya yerli meyve sularının sağlıklı deneklerde postprandial glisemi üzerine etkisi.

Uluslararası Gıda Araştırmaları. 2017; 100 (2. Bölüm): 196-203

[64] Gonçalves FA. Efeito, camu-camu'da (*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh), kolesterol, trigliserit ve glikoz ve adoltozları içerir [Tese de Mestre em Ciência]. Manaus, Brasil: Universidade Federal Amazonas; 2012. s. 73

[65] Languer B, Amaro F, Yuyama O, Souza F, Aguiar J. Efsane ya da camu-camu en gucemia ve perul lipidico de los adultos sanos. Revista Cubana de Plantas Medicinales. 2015; 20 (1): 48-61

[66] Vargas BL. Açılı yapmak camu-camu [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] liofilizado, bu nedenle adultos jovens için birebir lipinemidir [Mestre em Ciência]. Manaus, Brasil:

Federal Universidade Federal Amazonas; 2012. s. 98

[67] Slavin JL. Diyet lifi ve vücut ağırlığı. Beslenme. 2005; 21 (3): 411-418

[68] Anderson JW, Baird P, Davis RH, Ferreri S, Knudtson M, Koraym A, vd. Diyet lifinin sağlık yararları. Beslenme Yorumları. 2009; 67 (4): 188-205

[69] Burton-Freeman B. Diyet lifi ve enerji düzenlemesi. Beslenme Dergisi. 2000, 130 (2): 272S-275S

[70] Liu S, Willett WC, Manson JE, Hu FB, Rosner B, Colditz G. Diyet lifi ve tahıl ürünleri alımlarındaki değişiklikler ile orta yaşlı kadınlar arasında şişmanlık ve şişmanlığın gelişimindeki değişiklikler arasındaki ilişki. Amerikan Klinik Beslenme Dergisi. 2003; 78 (5): 920-927

[71] Howarth NC, Saltzman E, Roberts SB. Diyet lifi ve ağırlık düzenleme. Beslenme Yorumları. 2001; 59 (5): 129-139

[72] Fujita A, Sarkar D, Genovese MI, Shetty K. Laktik asit bakteriyel fermantasyonunu kullanarak camu-camu (*Myrciaria dubia* McVaugh) 'nın

anti-hiperglisemik ve anti-hipertansif özelliklerini geliştirmek. İşlem Biyokimyası. 2017; 59 (Bölüm B): 133-140

[73] Cheplick S, Kwon Y-I, Bhowmik P, Shetty K. Hiperliseminin potansiyel diyet yönetimi ve hipertansiyonun ilgili komplikasyonları için çilek çeşitlerinde fenolik-bağlı varyasyon. Biyolojik kaynak teknolojisi. 2010; 101 (1): 404-413

[74] Johnston K, Sharp P, Clifford M, Morgan L. Diyet polifenolleri, insan bağırsak Caco-2 hücreleri tarafından glikoz alımını azaltır. FEBS Mektupları. 2005; 579 (7): 1653-1657

[75] Kobayashi Y, Suzuki M, Satsu H, Arai S, Hara Y, Suzuki K, vd. Yeşil çay polifenolleri, bağırsak epitel hücrelerinin sodyum bağımlı glukoz taşıyıcılarını rekabetçi bir mekanizma ile inhibe eder. Tarım ve Gıda Kimyası Dergisi. 2000, 48 (11): 5618-5623

[76] Manzano S, Williamson G. Çilek ve elmadan elde edilen polifenoller ve fenolik asitler, insan bağırsak Caco-2 hücreleri tarafından glukoz alımını ve taşınmasını azaltır. Moleküler Beslenme ve Gıda Araştırmaları. 2010; 54 (12): 1773-1780

[77] Williamson G. Diyet polifenollerinin şeker emilimi ve sindirim üzerindeki olası etkileri. Moleküler Beslenme ve Gıda Araştırmaları. 2013; 57 (1): 48-57

[78] Kwon O, Eck P, Chen S, Corpe CP, Lee J-H, Kruhlak M, vd. Bağırsak glukoz taşıyıcı GLUT2'nin flavonoidler tarafından inhibisyonu. FASEB Dergisi. 2007, 21 (2): 366-377

[79] Wang Z, Clifford MN, Sharp P. Çin sağlık gıdalarından hazırlanan içeceklerde klorojenik asitlerin analizi ve kültürlenmiş Caco-2 hücrelerinde glikoz emilimine etkilerinin in vitro olarak incelenmesi. Gıda Kimyası. 2008, 108 (1): 369-373

[80] Ueda H, Kuroiwa E, Tachibana Y, Kawanishi K, Ayala F, Moriyasu M. Aldose, Myrciaria dubia (H. B. & K.) McVaugh'un yapraklarından kaynaklanan redüktaz inhibitörleri. Phytomedicine. 2004; 11 (7-8): 652-656

[81] Tomlinson DR, Stevens EJ, Diemel LT. Aldoz redüktaz inhibitörleri ve diyabetik komplikasyonların tedavisi için potansiyelleri. Farmakolojik Bilimlerdeki Eğilimler. 1994; 15 (8): 293-297;

[82] Kador PF, Kinoshita JH, Sharpless NE. Aldoz redüktaz inhibitörleri: Bazı diyabetik komplikasyonların farmakolojik kontrolü için potansiyel yeni bir ajan sınıfı. Tıbbi Kimya Dergisi. 1985; 28 (7): 841-949

[83] Chung SS, Ho EC, Lam KS, Chung SK. Poliol yolunun diyabet kaynaklı oksidatif strese katkısı. Amerikan Nefroloji Derneği Dergisi. 2003; 14 (ek 3):

S233-S236

[84] Alvis R. Detección del efecto Antrúşia mürettebatın özü ve ekstraları, H. B. K. Mc Vaugh "camu camu" , in vivo de micronúcleos'da kullanıldı [Tesis Título Profesional]. Lima, Peru: Üniversite Ulusal Belediye Başkanı de San Marcos; 2010. s. 91

[85] Alvis R, Pino J, Gonzáles J, Francia JC, Shiga B. Efektör citoprotector del camu-camu

Myrciaria dubia en colourus in vivo bir bromato de potasio ortaya çıkarır. Revista Peruana de Biología. 2010; 17 (3): 389-392

[86] Asmat SN, Benites S. Efecto del fruto de Myrciaria dubia (H.B.K.). McVaugh sobre crancer colorrectal inducido ve Rattus norvegicus var. albino [Tesis Título Profesional]. Trujillo,

Peru: Universidad Nacional de Trujillo; 2017. s. 43

[87] Azevêdo JC, Borges KC, Genovese MI, Correia RT, Vatter DA. Kurutulmuş camu-camu (Myrciaria dubia HBK McVaugh) kalıntısının C. elegans'taki nöroprotektif etkileri. Uluslararası Gıda Araştırmaları. 2015; 73: 135-141

[88] Yunis-Aguinaga J, Fernandes DC, Eto SF, Claudiano GS, Marcusso PF, Marinho-Neto FA, vd. Diyet camu camu, Myrciaria dubia, Nil tilapisinde immünolojik yanıtı artırır. Balık ve Kabuklu Deniz Ürünleri İmmünolojisi. 2016; 58: 284-291

[89] Macedo R, Mendoza JB. Myrciaria dubia H.B.'yi aktif hale getirin. K. McVaugh "camu camu" , Alben Holtzman, Iquitos 2015 [Tesis Título Profesional]. Iquitos-Perú: Amazonía Peruana Üniversitesi Ulusal Üniversitesi; 2015. s. 80

[90] Mori T, Ruiz E, García M, Bardales J, Tresierra-Ayala Á, Bendayán M, vd. Efecto antimikrobiano de Myrciaria dubia (camu camu) y Cyperus luzulae (piri piri) sobre microorganismos patógenos. Conocimiento Amazónico. 2016, 4 (1): 49-57

[91] Fujita A, Borges K, Correia R., Franco BD, Genovya MI. Dağıtılmış yataklı kurutmanın biyoaktif bileşikler, ticari donmuş camu-camu (Myrciaria dubia Mc.Vaugh) hamurunun antimikrobiyal ve antioksidan faaliyetleri üzerindeki etkisi. Uluslararası Gıda Araştırmaları. 2013; 54 (1): 495-500

[92] Camere-Colarossi R, Ulloa-Urizar G, Medina-Flores D, Caballero-García S, Mayta-Tovalino F, del Valle-Mendoza J. Myrciaria dubia'nın (Camu camu) Streptococcus mutans ve Streptococcus sanguinis'e karşı antibakteriyel etkinliği. Asya Pasifik Tropikal Biyomedikal Dergisi 2016; 6 (9): 740-744

- [93] Visutthi M, Srimanote P, Voravuthikunchai SP. Rhodomyrtone ile tedavi edilen metisiline dirençli *Staphylococcus aureus*'ta hücre dışı proteinlerin ekspresyonuna verilen cevaplar. *Mikrobiyoloji Dergisi*. 2011; 49 (6): 956-964
- [94] Sianglum K, Srimanote P, Wonglumsom K, Kittiniyom K, Voravuthikunchai SP. Yeni bir antibiyotik aday olan rhodomyrton ile tedavi edilen metisiline dirençli *Staphylococcus aureus*'ta hücre proteinlerinin protein analizleri. *Biri*. 2011; 6 (2): e16628
- [95] Sianglum K, Srimanote P, Taylor PW, Rosado H, Voravuthikunchai SP. Metisiline dirençli *Staphylococcus aureus*'ta rhodomyrtona verilen yanıtların transkriptom analizi. *Biri*. 2012 Eylül 27; 7 (9): e45744
- [96] Mitsuwan W, Olaya-Abril A, Calderón-Santiago M, Jiménez-Munguía I, González-Reyes JA, Priego-Capote F, vd. Entegre proteomik ve metabolomik analiz, Rhodomyrtone'un *Streptococcus pneumoniae*'daki kapsülü azalttığını ortaya koymaktadır. *Bilimsel Raporlar*. 2017, 7 (1): 2715
- [97] Steele JC, Phelps RJ, Simmonds MS, Warhurst DC, Meyer DJ. Şifalı bitkilerden elde edilen bileşiklerle değerlendirilen antimalarallerin haemin bağlama özelliklerinin tespiti için iki yeni test. *Antimikrobiyal Kemoterapi Dergisi*. 2002; 50 (1): 25-31
- [98] Gutierrez D, Sangama D, Rengifo E, Gimenez A. Euterpe oleracea, Myrciaria dubia ve Croton lechleri. *BIOFARBO*. 2008, 16 (1): 16-20
- [99] Correia VC, Lima NO, Oliveira FA, Santos AP, Teles CB, Júnior WP, vd. Myrciaria dubia (Myrtaceae) ekstraktının antiplazmodial ve leishmanicidal potansiyelinin değerlendirilmesi. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical* 2016, 49 (5): 586-592
- [100] Gonzales GF, Vasquez VB, Gasco M. Şifalı bitkiler kullanılarak spermatogenezin değerlendirilmesinde bir yöntem olarak transillüminasyon tekniği: Siyah ekstraktlarının etkisi
Erkek sıçanlarda spermatojenik döngünün aşamalarında maca (*Lepidium meyenii*) ve camu camu (*Myrciaria dubia*). *Toksikoloji Mekanizmaları ve Metodları*. 2013; 23 (8): 559-565
- [101] Doroteo VH, Terry C, Díaz C, Vaisberg A, Rojas R. Compuestos fenólicos y, Myrciaria dubia (camu camu) ve Caesalpinia spinosa (tara) 'da antioksidan, antielastasa, anticolagenasa ve fotoprotektora aktifleştirmektedir. *Sociedad Química del Perú'daki Revista de la Sociedad*. 2012; 78 (4): 254-263

- [102] Inocente-Camones MÁ, Tomas-Chota GE, Huamán-Malla J, Muñoz-Jáuregui AM, García-Morán RI, Quispe-Fuentes G, vd. Camu camu (*Myrciaria dubia* Kunth) ile stabilize edilmiş ekstraktla işlenmiş losyon ve jelin in vitro antioksidan aktivitesi ve foto-koruyucu. Sociedad Química del Perú'daki Revista de la Sociedad. 2014; 80 (1): 65-77
- [103] Yuyama LK, Rosa RD, Aguiar JP, Nagahama D, Alencar FH, Yuyama K, vd. Açai (*Euterpe oleracea* Mart.) Ve camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh), anti-anemik etki gösterirler mi? Açta Amaz. 2002; 32 (4): 625-634
- [104] Wheeler GL, Jones MA, Smirnoff N. Yüksek bitkilerde C vitamininin biyosentetik yolu. Doğa. 1998; 393 (6683): 365-369
- [105] Linster CL, Clarke SG. Yüksek bitkilerde L-Askorbat biyosentezi: VTC2'nin rolü. Bitki Biliminde Eğilimler. 2008, 13 (11): 567-573
- [106] Cruz-Rus E, Amaya I, Sánchez-Sevilla JF, Botella MA, Valpuesta V. Çilek meyvelerinde L-askorbik asit içeriğinin düzenlenmesi. Deneysel Botanik Dergisi. 2011; 62 (12): 4191-4201
- [107] Maeda H, Dudareva N. Shikimate yolu ve bitkilerde aromatik amino asit biyosentezi. Bitki Biyolojisinin Yıllık Değerlendirmesi. 2012; 63 (1): 73-105
- [108] Patra B, Schluttenhofer C, Wu Y, Pattanaik S, Yuan L. Bitkilerde ikincil metabolit biyosentezinin transkripsiyonel düzenlenmesi. Biochimica ve Biophysica Acta. 2013; 1829 (11): 1236-1247
- [109] Pinedo M, Linares C, Mendoza H, Anguiz R. Camia camu. Primera ed. Iquitos-Perú: Amazonía Peruana'daki Araştırmalar Enstitüsü; 2004. s. 52
- [110] Soplín J. Estudio de San Miguel, Rio de Amazonas, Iquitos, Peru. Conocimiento Amazónico. 2016, 5 (2): 85-99
- [111] Reátegui AR, Imán SA, Soplín JA. Etkileyen kişi, *Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh "camu-camu" ya da Brokerçi Enjektöre bakınız. Conocimiento Amazónico. 2012; 2 (2): 146-150
- [112] Filho M, Ferreira SA. Çalı ve arboreal kamuflaj anaçlarında çalı camu-camu klonlanması. Revista Brasileira de Fruticultura. 2009; 31 (4): 1202-1205
- [113] Janick J. Plant Breeding Reviews. John Wiley ve Oğulları; 2010. s. 330
- [114] Zsögön A, Cermak T, Voytaş D, Peres LE. Yabani akrabaların ekin ideotipi ve de novo evcilleştirilmesine ulaşmak için genom düzenleme aracı: Domateste vaka çalışması. Bitki Bilimi. 2017; 256 (Ek C): 120-130

- [115] Ahşap AJ, Lo T-W, Zeitler B, Pickle CS, Ralston EJ, Lee AH, vd. ZFN'ler ve TALEN'ler kullanılarak türler arasında hedef genom kurgusu. *Bilim*. 2011; 333 (6040): 307
- [116] Belhaj K, Chaparro-Garcia A, Kamoun S, Patron NJ, Nekrasov V. CRISPR / Cas9 ile bitki genomlarının düzenlenmesi. *Biyoteknolojide Güncel Görüş*. 2015; 32 (Ek C): 76-84
- [117] Sprink T, Metje J, Hartung F. Yeni araçlarla bitki genom düzenleme: TALEN ve diğer sekansa özgü nükleazlar. *Biyoteknolojide Güncel Görüş*. 2015; 32 (Ek C): 47-53
- [118] Weinthal D, Tovkach A, Zeevi V, Tzfira T. Bitki hücrelerinde çinko parmak nükleazlarıyla genom kurgusu. *Bitki Biliminde Eğilimler*. 2010; 15 (6): 308-321
- [119] Jia J, Li H, Zhang X, Li Z, Qiu L. Genomik tabanlı bitki germplazması araştırması (GPGR). *Ekin Günlüğü*. 2017, 5 (2): 166-174
- [120] Castro JC, Cobos M, Maddox JD, Imán SA, Egoavil A, Torres J, vd. D-mannoz / L-galaktoz yolunun gen ekspresyonu ve enzim aktiviteleri, *Myrciaria dubia*'da L-askorbik asit içeriğini etkiler. *Biologia Plantarum*. 2015, 59 (4): 783-787