

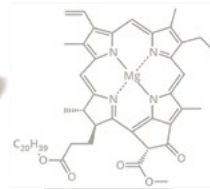
Sonbahar Renklerinin Kimyası

Sonbaharın en güzel yanı muhteşem renkleri olsa gerek. Yapraklardaki kırmızının, morun, turuncunun ve sarının karışımından ortaya çıkan eşsiz görüntü aslında ağaçlarda yazdan kışa doğru mevsim değişimine bağlı olarak gerçekleşen kimyasal tepkimelerin bir sonucu.

KLOROFİL



Klorofil A
Profilin



KAROTENOİDLER ve FLAVONOİDLER



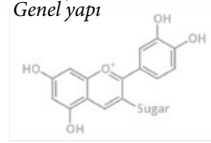
Flavonol
Genel yapı



Flavon
Genel yapı



Antisiyaninler
Genel yapı



Beta_Karoten
Karotenoid

Lutein
Karotenoid



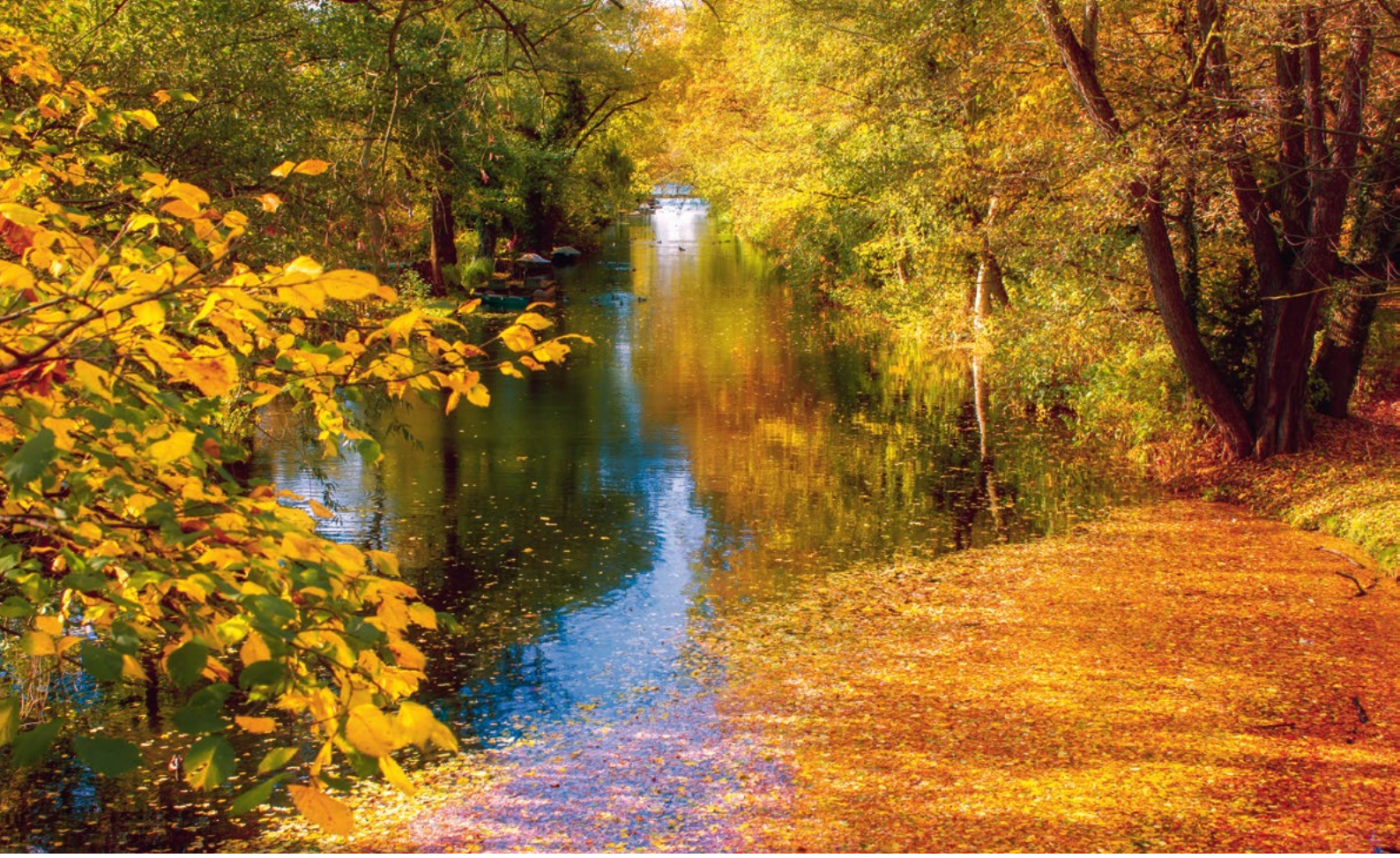
Likopen
Karotenoid



ANTOSİYANİNLER

İlkbaharda ve sonbaharda yapraklar ağacın büyümesi için gerekli olan besinlerin çoğunun üretildiği bir fabrika gibi görev yapar. Bu besin üretme süreci yapraklardaki klorofil içeren pek çok hücrede gerçekleşir. Su ve besinler köklerden dallar aracılığıyla yapraklara ulaşır. Fotosentez ile ortaya çıkan şeker (karbonhidrat) yapraklardan ağacın diğer bölümlerine iletilir. Sonbaharda günlerin kısalması ve gecelerin soğumasıyla beraber ağaçlar-

da da değişim başlar. Klorofil seviyesinin düşmesi ve fotosentezin azalmasıyla bitkinin ihtiyaç duyduğu enerji karşılanamaz, bitki ölmeye, yapraklar da dökülmeye başlar. Bu süreç olgunlaşma yani yaşlanma olarak da bilinir. Mevsime bağlı olarak ağaçların yaprak dökmesi, aslında kışın kökler donmuş topraktan su alamadığı için, ağacın kurumaması için bir önlemdir. Çünkü ağaçlar yapraklardan terleme yoluyla önemli miktarda su kaybeder.



Klorofil

Yaprak dökülmesi birkaç bitki hormonunun dâhil olduğu hayli karmaşık bir süreçtir. Yaprak sapının dala bağlı olduğu ve küçük bir grup hücrenin yer aldığı bölüm kurumaya başlar. Buradaki hücreler ve dal arasında mantar benzeri hücrelerden bir tabaka oluşur ve bitkinin iletişim borularının işlevi (ksilem ve floem) yapışkan bir madde tarafından engellenir, yapraklar susuz kalır. Bu aşamadan önce yaprak hücrelerinin içeriği parçalanmaya başlar ve çözünebilir ürünler ağaç tarafından geri emilir.

Sonbaharda, gün ışığının süresindeki ve sıcaklıktaki değişimler nedeniyle yapraklar besin üretme işlemini durdurur, klorofil parçalanır, yeşil renk kaybolur ve yapraklar farklı renklere bürünür. Sonuçta karşımıza çıkan kırmızımsı, morumsu ya da turuncu yapraklar bize sonbahar mevsiminin en güzel renklerini sunar. Bazı ağaçların yapraklarının rengi sadece sarıya döner, bazılarının örneğin meşenininki de çoğunlukla kahverengiye. Tüm renkler yapraklardaki değişen miktarlardaki klorofil kalıntılarının ve diğer pigmentlerin karışımının sonucudur. Eğer yaprak huş ve ceviz ağaçlarında olduğu gibi karoten içeriyorsa klorofil azaldıkça yeşil renk parlak sarıya dönüşür.

Klorofil yaprağa yeşil rengini veren pigmenttir. Klorofil güneş ışığından kırmızı ve mavi ışığı emer. Yapraklardan yansıyan mavi ve kırmızı ışık az olduğu için de yeşil görünür. Klorofil büyük bir moleküldür ($C_{55}H_{70}MgN_4O_6$). Bitki hücrelerindeki kloroplastların zarına bağlı olan klorofil sulu ortamda çözünmez. Kloroplastlar bitkide fotosentezin gerçekleştiği yani ışık enerjisinin kimyasal enerjiye dönüştüğü bölümdür. Kloroplastlarda klorofil tarafından emilen ışık, bitkilerin karbondioksiti ve suyu oksijene ve karbohidratlara çevirmesi için gerekli enerjiyi sağlar. Klorofilin emdiği ışık, karbohidratlarda (şeker ve nişasta) depolanan kimyasal enerjiye dönüşür. Bu kimyasal enerji de bitkilerin büyüüp çiçeklenmesi ve tohum üremesini sağlayan biyokimyasal tepkimelerin gerçekleşmesi için kullanılır.

Kararlı bir bileşik olmayan klorofil parlak güneş ışığında parçalanır. Yapraklarda sürekli belli bir miktarda klorofil olması için bitkiler sürekli klorofil sentezler. Klorofil sentezi için güneş ışığı ve yüksek sıcaklık gerekir. Bu yüzden yaz boyunca ağaçların yapraklarında klorofil sürekli parçalanır ve tekrar üretilir. Sonbaharın başlamasıyla güneş ışığı azaldığından bitkilerde klorofil sentezi de azalır ve yapraklar yeşil rengini kaybetmeye başlar.

Karotenoidler ve Flavonoidler

Karotenoidler ve flavonoidler kloroplastlarda bulunan büyük moleküllerdir. Karoten ($C_{40}H_{36}$) mavi-yeşil ve mavi ışığı emer. Karotenden yansıyan ışık sarı görünür. Karoten tarafından emilen ışık klorofile iletilir ve fotosentezde enerji kaynağı olarak kullanılır. Karoten klorofile göre daha kararlı bir bileşiktir. Klorofil tamamen yok olsa bile karoten yapraklarda bulunmaya devam eder. Yaz yazlarında yüksek miktarda bulunan klorofil, bu pigmentlerin renklerini maskeleyer. Sonbaharda klorofil parçalanıp azaldığında karotenoidlerin ve flavonoidlerin rengi daha çok fark edilir. Her iki bileşik de sarı renkli görünüme katkıda bulunurken karotenoidler aynı zamanda turuncu ve kırmızı renk oluşumuna da katkıda bulunur. Bu bileşikler sonbahar süresince klorofille beraber parçalanır, fakat parçalanma hızları klorofilinkinden hayli yavaştır. Bu yüzden renkleri daha belirgindir. Karotenoid havuca rengini veren beta karoten, yumurta sarısına rengini veren lutein ve domatese rengini veren likopen içerir.

Antosiyaninler

Antosiyanin mavi, mavi-yeşil ve yeşil ışığı emer. Klorofilin ve karotenin aksine antosiyanin hücre zarına bağlı değildir. Hücre özsuyunda çözünme özelliği vardır ve ortamın pH'sına bağlı olarak kırmızı, mor ve mavi görünebilir. Flavonoid sınıfına ait olan bu moleküller fenilpropanoid yolağı aracılığıyla sentezlenir.



Antosiyaninler yüksek bitkilerin yaprak, sap, kök ve meyveleri de dâhil olmak üzere bütün dokularında bulunur. Yapraklarda antosiyanin sadece mantarimsı tabaka nedeniyle bitki özsuyu yapraklara ulaşmadığında açığa çıkar. Yaprakta bir süre daha karbonhidrat üretimi sürer. Yaprakta kalan karbonhidrat soğuk hava koşullarında antosiyanine dönüşür. Bu da sararan yaprakların kırmızıya dönmesine neden olur. Kızıl akçaağaç ya da kızılmeşe gibi ağaçlarda parlak kırmızı ve mor renkler çok miktarda antosiyanin üretilmesinin sonucudur. Antosiyaninler hem bazik hem asidik özelliğe sahiptir. Antosiyanin pigmenti aynı zamanda olgun kırmızı elmaya ve olgun mor üzüme renklerini verir. Antosiyanin pigmenti hücre özsuyunda şekerler ve belirli proteinler arasında gerçekleşen bir tepkime sonucunda oluşur. Bu tepkimenin gerçekleşmesi için özsuyunda şeker yoğunluğunun hayli yüksek olması gerekir. Tepkime için aynı zamanda ışığa da ihtiyaç duyulur. Bu yüzden elmaların ışığa bakan bölümleri kırmızı iken, gölgede kalan kısımları yeşil olur.

Sonbahar renkleri görsel bir şölen olmanın ötesinde, pigmentlerin aslında ağacı korumak için gösterdikleri bir çabanın sonucu. Yaprak renk değiştiriyor, dökülüyor, böylece ağacın sağlığı ve canlılığı korunuyor. Sağlıklı ağaçlar da sağlıklı ekosistemlerin sürdürülebilmesi için en önemli temeli oluşturuyor.