



## Penetapan Kadar Pati Pada Buah Mangga Muda ( *Mangifera Indica L* ) Menggunakan Metode Luff Schoorl

Ifmaily

Prodi S1 Farmasi STIFI Perintis Padang

### Detail Artikel

Diterima Redaksi : 25 April 2018

Direvisi : 16 Oktober 2018

Diterbitkan : 31 Oktober 2018

### Kata Kunci

kadar; pati; buah mangga muda; luff schoorl

### Penulis Korespondensi

Ifmaily

[ifmaily.72@gmail.com](mailto:ifmaily.72@gmail.com)

### ABSTRAK

*Amylum* atau pati merupakan salah satu zat penting dalam memenuhi kebutuhan gizi, sebagai sumber energi manusia di dunia, ini diperkirakan 80% bersumber dari pati. Di dunia saat ini, industri bahan makanan memproduksi pati berkisar 50 juta ton per tahun, dan laju pertumbuhan 7,7 % per tahun, dan perkembangan produksi pati dunia oleh industri makanan modern sudah merangsang berbagai pihak untuk mengidentifikasi polisakarida ini dari sumber baru. Selain beras, jagung, kacang, yang mengandung pati, buah-buahan juga mengandung pati, salah satunya buah mangga muda. Penelitian bertujuan untuk menentukan kadar pati pada buah mangga muda ( *Mangifera indica L* ) dan mengidentifikasi bentuk patinya. Pati merupakan bahan dasar di industri makanan atau bahan tambahan untuk pembuatan tablet di industri farmasi. Penetapan kadar dilakukan menggunakan metode Luff Schoorl. Hasil penelitian diperoleh rendemen 5,021 % dari ekstrak, kadar air pada buah mangga muda sebesar 0,42 %, kadar abu pada buah mangga muda sebesar 0,27%. Filtrat dari pati buah mangga muda direaksikan dengan larutan Luff Schoorl lalu dilakukan pemanasan menggunakan pendingin tegak lalu dititrasi dengan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Hasil dari penetapan kadar pati yang diperoleh dari buah mangga muda yaitu sebesar 65,67%, dengan bentuk pati bulat dan bulirnya tidak rapat.

## PENDAHULUAN

*Amylum* atau pati merupakan salah satu zat penting dalam memenuhi kebutuhan gizi, sebagai sumber energi manusia di dunia, zat tersebut diperkirakan 80% bersumber dari pati. Di dunia saat ini, industri bahan makanan memproduksi pati berkisar 50 juta ton per tahun, dan laju pertumbuhan 7,7 % per tahun, dan perkembangan produksi pati dunia oleh industri makanan modern sudah merangsang berbagai pihak untuk mengidentifikasi polisakarida ini dari sumber baru ( Dedi Nofiandi, 2017: 2 ). Selain padi, jagung, kacang, yang mengandung pati, buah-buahan juga mengandung pati, salah satunya buah mangga muda. Pada buah-buahan berwarna hijau dan belum masak kandungan pati juga banyak seperti mangga dan pisang yang mencapai 70% berat keringnya. Berdasarkan hal itu, buah mangga dapat dijadikan sebagai sumber pati baru dan alternatif di samping jagung, gandum, dan padi ( Roy Wistler, 2012 : 220 ). Bidang farmasi menggunakan pati sebagai bahan tambahan. Pati digunakan dalam bidang farmasi atau di industri farmasi sebagai bahan pengisi, penghancur, maupun sebagai bahan pengikat, dalam membuat formula sediaan tablet. Tetapi, dalam pembuatan tablet cetak langsung, pati tidak dapat digunakan karena pati berupa serbuk halus dan dalam keadaan

aslinya pati tidak mempunyai sifat alir dan daya kompresibilitas yang baik ( Winarno, 2008: 197 ).

Buah mangga merupakan salah satu buah yang banyak dikembangkan di seluruh wilayah Indonesia. Buah mangga yang berwarna hijau dan belum masak, berukuran besar dengan warna hijau, permukaan kulit mangga halus, tekstur daging buahnya lembut, rasa asam dan sedikit beraroma. Dalam satu dahan tanaman mangga terdapat 3-5 buah mangga ( Rismunandar, 2002; 38 ).

Pati tanaman mangga hanya terdapat pada buah mangga yang hijau atau belum masak. Bagian buah mangga yang hijau atau belum masak ini mengandung cadangan makanan terutama pati. Dalam 100 gram bahan buah mangga muda mengandung karbohidrat 68,5 gram. ( Widiastuti, 2008 dalam Ole et al, 2013: 10 ).

Buah mangga muda ini, dimanfaatkan untuk diambil patinya yang menyerupai pati tepung sagu dan tepung tapioka. Potensi kandungan pati buah mangga muda dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan makanan atau bahan tambahan pembuatan sediaan tablet. Buah mangga muda yang berasal dari varietas berbeda diasumsikan memiliki kandungan pati yang berbeda. Beberapa faktor yang dapat menyebabkan perbedaan kandungan pati pada setiap tanaman adalah perbedaan varietas, lingkungan tempat tumbuh ( tanah, cahaya, dan iklim ) dan umur panen ( Nurdjanah, et al, 2007:66 ).

Metode yang bisa digunakan untuk menentukan kadar pati pada buah mangga muda adalah metode *Luff Schoorl*. Metode ini digunakan untuk menentukan kadar karbohidrat sedang dan merupakan metode terbaik untuk mengukur kadar karbohidrat dengan kesalahan sebesar 10%. Prinsip metode ini adalah iodometri, dimana proses iodometri adalah proses titrasi terhadap iodium (  $I_2$  ) bebas dalam larutan ( Nelson, D, 2013 :819 ).

Berdasarkan penjelasan di atas, maka penulis tertarik untuk meneliti kandungan pati pada buah mangga muda dengan metode *Luff Schoorl*, dilihat dari jumlah, kadar, dan bentuk patinya.

## **METODE PENELITIAN**

### **Alat**

Alat yang digunakan yaitu pisau, parutan, kain flanel, gelas ukur 25 ml, gelas ukur 100 ml, erlenmeyer, neraca analitik, pipet tetes, biuret, pipet mohr, lumpang dan stamper, ayakan nomor 100, oven, cawan, desikator, mikroskop listrik, labu takar 100 ml, kaca objek, cover glass, dan kertas pH.

### **Bahan**

Bahan yang digunakan adalah buah mangga muda ( *Mangifera indica L* ), Na bisulfit 1%, aquadest, etanol 70%, KI, etanol 90%, iodium, indikator PP,  $H_2SO_4$  25%, NaOH 0,1 N, NaOH 25 %,  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  p.a, soda murni (  $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$  ), asam sitrat, kalium iodida 20%,  $Na_2S_2O_3$ , 0,1 N, KI 20%, paraffin cair, indikator pati, kertas saring, dan kertas pH universal.

### **Metode *Luff Schoorl***

#### **Pembuatan larutan *Luff Schoorl***

Sebanyak 25 g  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  dilarutkan dalam 100 ml air, 50 g asam sitrat dilarutkan dalam 50 ml air dan 388 g soda murni (  $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$  ) dilarutkan dalam 300-400 ml air mendidih. Larutan asam sitrat dituangkan dalam larutan soda sambil dikocok hati-hati.

Selanjutnya, ditambahkan larutan CuSO<sub>4</sub>. Sesudah dingin ditambahkan air sampai 1 liter. Bila terjadi kekeruhan, didiamkan kemudian disaring.

### Persiapan sampel

Sampel sebanyak 0,1 gram ditimbang dalam erlenmeyer 250 ml, dan ditambahkan 50 ml aquadest, dan 5 ml HCl 25%, kemudian dipanaskan pada suhu 100°C selama 3 jam. Setelah didinginkan, suspensi dinetralkan dengan NaOH 25% sampai pH 7. Pindahkan secara kuantitatif dalam labu takar 100 ml, kemudian tepatkan sampai tanda tera dengan air destilata. Larutan ini kemudian disaring kembali dengan kertas saring.

### Analisis sampel

Sebanyak 25 ml filtrat dari persiapan sampel ditambah 25 ml larutan *Luff Schoorl* dalam erlenmeyer dibuat pula perlakuan blanko yaitu 25 ml larutan *Luff Schoorl* dengan 25 ml aquadest. Erlenmeyer dihubungkan dengan pendingin balik, kemudian dididihkan. Pendidihan larutan dipertahankan selama 10 menit. Selanjutnya cepat-cepat didinginkan dan ditambahkan 15 ml KI 20% dan dengan hati-hati ditambahkan 25 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 25%. Lalu ditutup dan diletakkan di tempat gelap selama 30 menit. Iodium yang dibebaskan dititrasi dengan larutan Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,1 N memakai indikator pati sebanyak 2-3 ml. Untuk memperjelas perubahan warna pada akhir titrasi maka sebaiknya pati diberikan pada saat titrasi hampir berakhir.

### Perhitungan Kadar Pati

Dengan mengetahui selisih antara titrasi blanko dan titrasi sampel, kadar gula reduksi setelah inversi ( setelah dihidrolisa dengan HCl 25% ) dalam bahan dapat dicari dengan menggunakan tabel selisih kadar gula inverse dengan sebelum inverse dikalikan 0,9 merupakan kadar pati dalam bahan.

$$\text{Kadar Pati ( \% bb )} = \frac{\text{mg Glukosa} \times \text{FP} \times 0,9}{\text{mg Sampel}} \times 100\%$$

### Langkah-langkah Penelitian :

Pengambilan sampel dari pohon mangga manalagi di daerah Purus, Kec Padang Barat, Padang , identifikasi sampel di Herbarium Unand, pembuatan pati, pemeriksaan pati buah mangga muda ( organoleptik, mikroskopis, kelarutan, rendemen, bobot jenis, keasaman, nilai pH, analisis kadar air, kadar abu, identifikasi hasil hidrolisis, penetapan kadar pati dengan metode *Luff Schoorl* di Labor Kimia Farmasi STIFI Perintis Padang.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Penelitian

1. Tanaman yang digunakan sebagai sampel adalah buah mangga muda ( *Mangifera indica L* )
2. Jumlah pati buah mangga muda yang didapat sebanyak 50,21 gram dan rendemen sebesar 5,021 % dapat dilihat pada tabel 1
3. Hasil pemeriksaan pati buah mangga muda dapat dilihat pada tabel 1

4. Hasil pemeriksaan mikroskopis pati buah mangga muda dapat dilihat pada gambar 1.c  
 5. Kadar gula pereduksi yang diperoleh dari 100 mg pati buah mangga muda 65,67%, pada tabel 1

**Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Sampel Pati Buah Mangga Muda**

No.	Pemeriksaan	Persyaratan ( Depkes 1979 )	Pengamatan
1.	Pemerian - Bentuk - Warna - Bau - Rasa	Pemerian - Serbuk - Putih - Tidak Berbau - Tidak Berasa	Pemerian - Serbuk halus - Putih kekuningan - Tidak berbau - Tidak Berasa
2.	Kelarutan - dalam air - dalam etanol 96 %	Kelarutan - praktis tidak larut - praktis tidak larut	Kelarutan - Praktis tidak larut - Praktis tidak larut
3.	Keasaman	Keasaman Diperlukan tidak lebih dari 2 ml NaOH 0,2 N	Keasaman 0,7 ml NaOH 0,1 N yang diperlukan
4.	pH	4,5 - 7	5,21
5.	Kadar Air	Tidak lebih dari 15%	0,42 %
6.	Kadar Abu	Tidak lebih dari 1,7 %	0,27 %
7.	Bobot jenis nyata Bobot jenis mampat Bobot jenis sebenarnya		0,438 gram/ml 0,625 gram/ml 0,246 gram/ml
8.	Rendemen		5,021 %
9.	Berat Pati		50,21 gram
10.	Kadar Pati		65,67 %

**Tabel 2. Penentuan Glukosa, Fruktosa, dan Gula Invert dalam suatu bahan pangan dengan Metode Luff Schoorl.**

Konsentrasi Pelarut ml 0,1 N Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Glukosa, Fruktosa, dan Gula Invert mg C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>8</sub>	
	Δ	
1	2,4	2,4
2	4,8	2,4
3	7,2	2,5
4	9,7	2,5
5	12,2	2,5
6	14,7	2,5
7	17,2	2,6
8	19,2	2,6
9	22,4	2,6
10	25,0	2,6
11	27,6	2,7
12	30,3	2,7
13	33,0	2,7
14	35,7	2,8
15	38,5	2,8
16	41,3	2,9
17	44,2	2,9
18	47,1	2,9
19	50,0	3,0
20	53,0	3,0

21	56,0	3,1
22	59,1	3,1
23	62,2	
24		3,1

## Pembahasan

Sampel dari buah mangga muda ini dipilih sebagai sampel penelitian karena buah mangga muda ini mengandung karbohidrat dalam bentuk amylum, ini banyak diolah sebagai olahan pangan seperti keripik.

Hasil rendemen dari pati buah mangga muda sebesar 5,021% diperoleh dari hasil pengeringan dari larutan suspensi buah mangga muda, terciptanya larutan suspensi ini sebagai hasil dari perasan buah mangga muda, untuk mendapatkan pati yang lebih terlihat bulir-bulirnya rapat atau jauh.

Hasil pemeriksaan organoleptis didapatkan bahwa pati buah mangga muda berwarna putih kekuningan. Pada umumnya pati berwarna putih atau putih kekuningan, pati buah mangga muda berwarna putih kekuningan karena reaksi *browning* enzimatis dari buah mangga muda.



(a)



( b )



( c )

**Gambar 1.** Buah Mangga Muda (*Mangifera indica.L*) ( a ), Pati Buah Mangga Muda ( b ), Foto Mikroskopis Sampel Pati ( c ).

Uji mikroskopis untuk melihat pati secara mikroskopik dari setiap tanaman karena pada setiap tanaman memiliki bentuk mikroskopik pati yang khas sehingga berguna untuk

mengidentifikasi tanaman asal pati. Uji mikroskop ini menggunakan mikroskop perbesaran 10 x 10 mm, dengan bentuk bulat, dan tidak rapat pada bulir-bulir patinya.

Hasil bobot jenis dari pati buah mangga muda yaitu bobot jenis nyata pada pati buah mangga muda 0,438 gram/ml. Bobot jenis mampat dari pati buah mangga 0,625 gram/ml, dan bobot jenis benarnya 0,2463 gram/ml. Ini menyatakan kandungan pati cukup banyak diperoleh dari metode *luff schoorl* dari buah mangga muda.

Aktifasi amylase dari pati buah mangga muda menunjukkan bahwa pati-pati tersebut bersifat asam karena NaOH yang terpakai tidak lebih dari 2 ml sesuai persyaratan ( Depkes , 2006 ) dengan hasil yang didapat pati buah mangga muda 0,7 ml. Enzim memiliki gugus aktif yang bermuatan positif dan negatif. Aktifitas enzim akan optimum jika terdapat keseimbangan antara kedua muatan negatifnya. Hal yang sama pada pH basa substrat akan terionisasi dan kehilangan muatan positifnya, sehingga aktifitas enzim berkurang dan bahkan menjadi tidak aktif.

Perubahan pH berpengaruh terhadap aktifitas enzim melalui perubahan struktur atau muatan residu asam amino yang berfungsi dalam mengikat substrat, pH yang bervariasi juga dapat menyebabkan perubahan konfigurasi enzim. Hal ini terjadi karena gugus bermuatan (  $-NH_3^+$  atau  $-COO^-$  ) yang jauh dari daerah terikatnya substrat, yang mungkin diperlukan untuk mempertahankan struktur tersier akan mengalami perubahan muatan pada pH yang berbeda. Hal ini menyebabkan terganggunya ikatan ionik dan terputusnya *foldings* maksimum enzim sehingga konfirmasi enzim akan menyebabkan aktifitas enzim menjadi menurun.

Aktifitas enzim berkaitan dengan strukturnya, perubahan struktur akan menyebabkan perubahan aktifitas enzim. Pada pH optimum konfirmasi enzim berada dalam kondisi yang ideal. Hal ini menyebabkan interaksi antara enzim dan substrat menjadi maksimal. Pada suasana terlalu asam atau basa, konfirmasinya berubah sehingga aktifitas enzim terganggu.

Hasil dari analisis kadar air dari pati buah mangga muda 0,42 %. Analisis kadar air ini dilakukan dengan pengeringan pada temperatur  $105^{\circ}C$  selama 1-2 jam untuk pati buah mangga muda sampai berat konstan dan dinyatakan dalam persen dengan metode gravimetri . Pengeringan bertujuan untuk mengurangi kadar air sehingga sampel tidak mudah rusak dan dapat disimpan dalam waktu yang lebih lama. Air yang masih bersisa dalam sampel pada kadar lebih dari 15% dapat menjadi media pertumbuhan mikroba dan terjadinya reaksi enzimatik yang dapat menguraikan sampel sehingga menurunkan mutu atau merusak sampel. Kadar air tidak lebih dari 1,7% ( Depkes, 2006 ).

Hasil analisis kadar abu menggunakan metode gravimetri didapatkan hasil pada buah mangga muda 0,27%. Semakin besar kadar abu yang terukur maka semakin besar pula kandungan logam dalam pati tersebut. Kadar abu yang dihasilkan sangat kecil yang menandakan bahwa sedikit logam yang terkandung pada pati buah mangga muda, kadar abu ini tidak lebih dari 15 % ( Depkes,2006 ).

Uji hasil hidrolisis ini menggunakan pereaksi fehling. Pada prinsipnya, pereaksi fehling ( Fehling A (  $CuSO_4$  ) + Fehling B ( campuran NaOH dan natrium tartrat )) merupakan oksidator lemah ( pereaksi organik ) yang positif ketika menghasilkan warna merah bata setelah dilakukan proses pemanasan. Ketika bereaksi dengan aldehid atau gula pereduksi. Hal ini yang menyebabkan dihasilkannya endapan merah bata karena ini berasal dari Fehling yang memiliki ion  $Cu^{2+}$  direduksi menjadi ion  $Cu^+$  yang dalam suasana basa akan diendapkan berwarna merah bata (  $Cu_2O$  ).

Buah mangga muda yang berasal dari varietas berbeda diasumsikan memiliki kandungan pati yang berbeda. Beberapa faktor yang dapat menyebabkan perbedaan kandungan pati pada setiap tanaman adalah perbedaan varietas, lingkungan tempat tumbuh seperti tanah, cahaya,

dan iklim, serta umur panen. Hasil penetapan kadar gula pereduksi pada pati buah mangga muda 65,67%. Penetapan kadar gula pereduksi pada pati buah mangga muda menggunakan *luff schoorl*.

Filtrat dari pati buah mangga muda yang merupakan polisakarida dihidrolisis menggunakan HCl 25% dengan pemanasan menggunakan pendingin balik selama 3 jam. Setelah dingin suspensi dinetralkan dengan NaOH 25 % sampai pH 7. Suspensi dinetralkan karena pH mempengaruhi volume titrasi yang dihasilkan. Jika pH asam, maka hasil titrasi akan lebih tinggi dari sebenarnya karena terjadinya reaksi oksidasi Iod menjadi I<sub>2</sub> begitu sebaliknya jika pH basa hasil titrasi akan lebih rendah dari sebenarnya karena terjadinya reaksi I<sub>2</sub> yang terbentuk dengan air. Setelah itu suspensi yang telah netral dipindahkan ke labu ukur 100 ml lalu dicukupkan hingga tanda batas dan disaring.

Analisa sampel dilakukan dengan cara mencampurkan filtrat sebanyak 25 ml dan 25 ml larutan *luff schoorl* dalam erlenmeyer 250 ml, dibuat pula blanko yaitu 25 ml aquades dan 25 ml larutan *luff schoorl*. Erlenmeyer kemudian dihubungkan dengan pendingin tegak, kemudian dididihkan. Pendidihan dipertahankan 10 menit agar proses reduksi berjalan sempurna dan Cu dapat tereduksi dalam waktu 10 menit sehingga tidak ada kelebihan Cu<sup>+2</sup> yang dititrasi. Setelah itu larutan harus didinginkan cepat-cepat menggunakan air es lalu ditambahkan 15 ml Kalium Iodida ( KI ) 20% dan 25 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 25%. Zat KI berfungsi untuk mereduksi kelebihan CuO sehingga I<sub>2</sub> terlepas dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> berfungsi untuk mengikat ion Cu yang terbentuk dan hasil reduksi monosakarida dan perekasi *luff schoorl* dan juga untuk mengasamkan larutan uji karena Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebagai larutan standar akan tereduksi secara parsial menjadi sulfat setelah dilakukan pengasaman. Setelah itu erlenmeyer ditutup dan dibiarkan di tempat gelap selama 30 menit. Setelah itu dititrasi menggunakan Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> N hingga warna memudar dan tambahkan indikator pati sebanyak 2-3 ml. Indikator pati ditambahkan mendekati titik akhir karena jika dimasukkan di awal amyllum akan membungkus iod dan mengakibatkan warna titik akhir terlihat tidak tajam. Setelah itu dititrasi lagi hingga titik akhir titrasi yaitu warna menjadi pucat. Kemudian lakukan perhitungan terhadap kadar pati. Dengan mengetahui selisih antara titrasi blanko dan titrasi sampel, kadar gula reduksi setelah inversi ( setelah dihidrolisa dengan HCl 25% ) dalam bahan dapat dicari dengan menggunakan tabel selisih kadar gula inverse dengan sebelum inverse dikalikan 0,9 merupakan kadar pati dalam bahan. Kadar pati yang diperoleh adalah 65,67%.

## SIMPULAN

Buah mangga muda mengandung pati, dimana proses yang dilakukan pada 1000 gram sampel buah mangga muda diperoleh pati sebanyak 50,21 gram dengan rendemen sebesar 5,021 %. Kadar gula pereduksi total dalam 100 mg pati buah mangga muda yaitu sebesar 65,67%, dan bentuk pati bulat dengan bulir-bulir tidak rapat.

## UCAPAN TRIMAKASIH

Ucapan terimakasih kepada Bapak Ketua STIFI Perintis Padang dan Kepala Labor Kimia Farmasi STIFI Perintis Padang yang telah memberi ijin penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

Anonim, 2006, *Farmakope Indonesia*, Edisi VI. Jakarta : Departemen Kesehatan Republik Indonesia.

Dedi Nofiandi, 2017, *Perbandingan Kadar Pati dari Bonggol Pisang Batu dan Pisang Raja*. Padang : STIFI Perintis

Dalimartha, S.2006. *Atlas Tumbuhan Obat Indonesia*. Jakarta : Puspa Swara.

Jong, F.S dan Adi.W, 2007. *Sagu: Potensi Besar Pertanian Indonesia*. IPTEK. Tanaman Pangan,. 2 : 54-65

Kusnandar.F., 2010. *Kimia Pangan Komponen Makro*, Jakarta: Dian Rakyat.

Nelson, D, 2013. *Lehninger Principles of Biochemistry*, 6th ed., W.H. Freeman and Company (p. 819)

Nurdjanah, S., Susilawati, Maya, R.S., 2007. *Prediksi Kadar Pati Ubi Kayu ( Manihot esculenta ) pada Berbagai Umur Panen Menggunakan Penetrometer*. Jurnal Tenologi dan Industri Hasil Pertanian, 2:65-73.

Ole, B.B.M., A.Wibowo, B.B Rahardjo,S. 2013. *Penggunaan Mikroorganisme Bonggol Pisang ( Musa paradisiaca.L ) Sebagai Dekomposer Sampah Organik*. Jurnal <http://e-journal.uajy.ac.id/3964/1-16>

Roy L. Whistler; James N. BeMiller; Eugene F. Paschall, eds. 2012. *Starch: Chemistry and Technology*. Academic Press. (p. 220).

Winarno, FG., 2008. *Kimia Bahan Pangan dan Gizi*, Edisi IV, Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.

Zeeman, Samuel C.; Kossmann, Jens; Smith, Alison M., 2010. ["Starch: Its Metabolism, Evolution, and Biotechnological Modification in Plants"](#). *Annual Review of Plant Biology*. 61 (1): 209–234