

KEANEKARAGAMAN **SAYURAN DAUN DALAM KAJIAN SAINS DAN PRAKTIK MODERN**

Prof. Dr. Sc. Agr. Ir. H. La Karimuna, M.Sc.
Dr. Rustan Ari, S.TP., M.Si.
Dr. Fahrizal, S.Pd., M.P.
Dr. Kalis Amartani, S.Si., M.P.
Rasidin Utha, S.E., M.Si.

KEANEKARAGAMAN SAYURAN DAUN DALAM KAJIAN **SAINS DAN PRAKTIK MODERN**

Prof. Dr. Sc. Agr. Ir. H. La Karimuna, M.Sc.

Dr. Rustan Ari, STP., M.Si.

Dr. Fahrizal, S.Pd., M.P.

Dr. Kalis Amartani, S.Si., M.P.

Rasidin Utha, S.E., M.Si.



Penerbit KBM Indonesia

Adalah penerbit dengan misi memudahkan proses penerbitan buku-buku penulis di tanah air indonesia, serta menjadi media *sharing* proses penerbitan buku

KEANEKARAGAMAN SAYURAN DAUN DALAM KAJIAN SAINS DAN PRAKTIK MODERN

Copyright @2025 by Prof. Dr. Sc.Agr. Ir. H. LA Karimuna, M.Sc., dkk

All rights reserved

KARYA BAKTI MAKMUR (KBM) INDONESIA

Anggota IKAPI (Ikatan Penerbit Indonesia) **NO. IKAPI 279/JTI/2021**

Depok, Sleman-Jogjakarta (Kantor)

081357517526 (Tlpn/WA)

Penulis

Prof. Dr. Sc. Agr. Ir. H. La Karimuna, M.Sc.

Dr. Rustan Ari, STP., M.Si.

Dr. Fahrizal, S.Pd., M.P.

Dr. Kalis Amartani, S.Si., M.P.

Rasidin Utha, S.E., M.Si.

Editor

Dr. Muhamad Husein Maruapey, Drs., M.Sc

Desain Sampul

Aswan Kreatif

Tata Letak

Ara Caraka

15,5 x 23 cm, x + 257 halaman

Cetakan ke-1, Agustus 2025

ISBN 978-634-202-650-2

Isi buku diluar tanggungjawab penerbit

Hak cipta merek KBM Indonesia sudah terdaftar di

DJKI-Kemenkumham dan isi buku dilindungi undang-undang

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau

Memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini

Tanpa seizin penerbit karena beresiko sengketa hukum

Website

<https://penerbitkbm.com>, www.penerbitbukumurah.com

Instagram

@penerbit.kbmindonesia, @penerbitbukujogja

Email

naskah@penerbitkbm.com

Distributor

<https://penerbitkbm.com/toko-buku/>

Youtube

Penerbit KBM Sastrabook

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

Undang-Undang No. 28 Tahun 2014 Tentang Hak Cipta

- (i) Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 100.000.000 (seratus juta rupiah).
- (ii) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
- (iii) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
- (iv) Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

PRAKATA

Sayuran daun, sebagai kelompok pangan kaya nutrisi, telah lama menjadi bagian tak terpisahkan dari pola makan manusia di berbagai penjuru dunia. Di Indonesia, keanekaragaman sayuran daun tidak hanya mencerminkan kekayaan alam tropis, tetapi juga warisan budaya yang terwujud dalam tradisi kuliner, pengobatan tradisional, dan praktik pertanian lokal. Buku Keanekaragaman Sayuran Daun dalam Kajian Sains dan Praktik Modern hadir untuk mengeksplorasi dimensi ilmiah dan praktis sayuran daun, memadukan perspektif sains modern dengan kearifan lokal yang telah teruji waktu. Melalui pendekatan interdisipliner, buku ini bertujuan memberikan wawasan mendalam tentang potensi sayuran daun sebagai sumber pangan, obat-obatan, dan elemen kunci dalam sistem pertanian berkelanjutan.

Indonesia, dengan keanekaragaman hayatinya, menawarkan beragam jenis sayuran daun, mulai dari bayam, kolplay, dan daun kelor hingga spesies endemik seperti daun katuk dan kemangi. Setiap jenis memiliki keunikan, baik dari segi kandungan gizi, kemampuan adaptasi lingkungan, maupun manfaat kesehatan. Namun, modernisasi dan globalisasi mengancam kelestarian sayuran daun lokal, yang kian terpinggirkan oleh varietas komersial yang lebih seragam.

Sudut pandang sains, sayuran daun menjadi subjek penelitian yang menarik. Studi modern mengungkap kandungan senyawa bioaktif seperti antioksidan, vitamin, dan mineral, yang berperan penting dalam mencegah penyakit degeneratif dan meningkatkan imunitas tubuh. Kemajuan di bidang agronomi, bioteknologi, dan teknologi pangan juga membuka peluang untuk

meningkatkan produktivitas, kualitas, dan daya simpan sayuran daun. Di sisi lain, tantangan seperti perubahan iklim, degradasi lahan, dan urbanisasi telah mengubah lanskap pertanian. Oleh karena itu, buku ini menyajikan strategi praktis, mulai dari teknik budi daya organik hingga pemanfaatan teknologi digital untuk manajemen pertanian yang lebih efisien.

Penyusunan buku ini merupakan hasil kerja keras dan kolaborasi berbagai pihak. Kami mengucapkan terima kasih kepada para peneliti, petani, dan praktisi yang telah berbagi pengetahuan serta pengalaman berharga. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada pembaca yang meluangkan waktu untuk mendalami dunia sayuran daun melalui buku ini. Kami berharap buku ini dapat menjadi panduan bermanfaat bagi akademisi yang ingin mengeksplorasi aspek ilmiah sayuran daun, petani yang mencari solusi praktis, serta masyarakat umum yang ingin lebih mengenal kekayaan pangan lokal.

Pada akhirnya, buku ini mengajak kita semua untuk menjaga dan memanfaatkan keanekaragaman hayati sayuran daun demi kesejahteraan manusia dan kelestarian bumi. Semoga karya ini menginspirasi pembaca untuk lebih menghargai sayuran daun, tidak hanya sebagai bagian dari menu harian, tetapi juga sebagai warisan alam dan budaya yang patut dilestarikan.

DAFTAR ISI

PRAKATA i

DAFTAR ISI..... iii

DAFTAR GAMBAR vii

DAFTAR TABEL ix

BAB 1 SIGNIFIKANSI SAYURAN DAUN 1

1.1 Klasifikasi Taksonomi dan Kuliner Sayuran Daun 1

1.2 Dinamika Produksi Global dan Kontribusi Ekonomi Sektor Sayuran Daun..... 3

1.3 Kontribusi Terhadap Asupan Makronutrien, Mikronutrien, dan Fitokimia 7

1.4 Peran dalam Ketahanan Pangan Global..... 11

1.5 Tantangan dan Peluang di Seluruh Rantai Nilai 14

BAB 2 KEANEKARAGAMAN DAN TAKSONOMI TUMBUHAN 17

2.1 Prinsip-Prinsip Klasifikasi Tumbuhan yang Relevan dengan Sayuran Daun..... 17

2.2 Karakterisasi Morfologi dan Anatomi Terperinci dari Struktur Dedaunan yang Dapat Dimakan 24

2.3 Analisis Perbandingan Spesies Komersial Utama..... 29

2.4 Eksplorasi Sumber Daya Genetik 30

BAB 3 GENETIKA, PEMULIAAN, DAN BIOTEKNOLOGI 33

3.1 Sumber Daya Plasma Nutfah..... 33

3.2 Tujuan dan Metodologi Pemuliaan Konvensional 34

3.3 Pendekatan Pembiakan Molekuler 36

3.4 Aspek Kekayaan Intelektual dan Regulasi 38

BAB 4 AGRONOMI DAN PRAKTIK BUDIDAYA 41

4.1 Persyaratan Tanah, Persiapan, dan Pengelolaan 41

4.2 Manajemen Nutrisi Sayuran Daun 44

4.3	Pengelolaan Irigasi Sayuran Daun	46
4.4	Budidaya dan Teknologi Benih Sayuran Daun	48
BAB 5 FISILOGI TUMBUHAN DAN RESPONS LINGKUNGAN		53
5.1	Fotosintesis dan Penyerapan Nutrisi Sayuran Daun	53
5.2	Pengaruh Cahaya, Suhu, CO ₂ , dan Kelembapan	55
5.3	Penyerapan dan Translokasi Nutrisi	57
5.4	Stres Abiotik pada Sayuran Daun	58
5.5	Pengatur Pertumbuhan Tanaman pada Sayuran Daun	63
BAB 6 PENGELOLAAN HAMA DAN PENYAKIT		69
6.1	Hama dan Penyakit pada Sayuran Daun	69
6.2	Pengendalian Hama Terpadu pada Sayuran Daun	72
6.3	Pengendalian Biologis pada Sayuran Daun	75
6.4	Pengelolaan Penyakit dan Dampak Hama pada Sayuran Daun ...	77
BAB 7 SISTEM PRODUKSI MODERN DAN BERKELANJUTAN		83
7.1	Hidroponik, Aeroponik, Akuaponik	83
7.2	Pertanian Vertikal dan Pertanian Lingkungan Terkontrol	89
7.3	Prinsip Pertanian Organik dan Biodinamik untuk Sayuran Daun	94
7.4	Teknik Pertanian Presisi	96
7.5	Penilaian Keberlanjutan Sistem Produksi Sayuran Daun	98
BAB 8 KOMPONEN BIOKIMIA		101
8.1	Komposisi Nutrisi Sayuran Daun Hijau	101
8.2	Mikronutrien dalam Sayuran Daun Hijau	103
8.3	Fitokimia dalam Sayuran Daun Hijau	104
8.4	Variabilitas Biokimia Sayuran Daun	106
BAB 9 SIGNIFIKANSI NUTRISI DAN MANFAAT KESEHATAN		109
9.1	Manfaat dan Ketersediaan Hayati Nutrisi Sayuran Daun Hijau ..	109
9.2	Sifat Antioksidan dan Kontribusi Terhadap Pencegahan Penyakit Kronis	112
9.3	Antioksidan dan Faktor Anti-Nutrisi dalam Sayuran Daun Hijau	113
9.4	Faktor Anti-Nutrisi dan Strategi Mitigasi	115

BAB 10 ATRIBUT MUTU DAN EVALUASI INDERA.....	119
10.1 Penilaian Kualitas Sayuran Daun Segar	119
10.2 Penilaian Instrumental Kualitas Sayuran Daun	120
10.3 Evaluasi Sensorik Sayuran Daun.....	122
10.4 Faktor yang Memengaruhi Kualitas Sensorik Sayuran Daun.....	124
BAB 11 FISILOGI DAN PENANGANAN PASCAPANEN	131
11.1 Proses Pascapanen yang Memengaruhi Kualitas Sayuran Daun	131
11.2 Penuaan Pascapanen dan Gangguan Fisiologis Sayuran Daun	133
11.3 Indeks dan Metode Panen.....	137
11.4 Pra Pendinginan Sayuran Daun.....	138
11.5 Proses Rumah Pengemasan Sayuran Daun	140
BAB 12 TEKNOLOGI PENYIMPANAN DAN PERPANJANGAN UMUR SIMPAN.....	143
12.1 Pengelolaan Suhu dan Kelembapan Sayuran Daun	143
12.2 Manipulasi Atmosfer untuk Sayuran Daun	145
12.3 Lapisan Edible dan Perlakuan Kimia untuk Sayuran Daun	146
12.4 Pemodelan Umur Simpan Sayuran Daun	148
BAB 13 TENGOLAHAN MINIMAL DAN PRODUK POTONG SEGAR..	151
13.1 Pengolahan Minimal Sayuran Daun	151
13.2 Pengelolaan Stres Luka pada Sayuran Daun.....	153
13.3 Risiko Mikrobiologis Pengolahan Minimal	155
13.4 Pengelolaan Kualitas Sayuran Daun yang Diproses Minimal	157
BAB 14 TEKNOLOGI PENGOLAHAN LANJUTAN	159
14.1 Pengeringan Sayuran Daun	159
14.2 Pembekuan Sayuran Daun	161
14.3 Pengolahan Lanjutan Sayuran Daun	162
14.4 Fermentasi Sayuran Daun	164
14.5 Pengaruh Teknologi Pengolahan.....	165

BAB 15 MASALAH DAN PENGELOLAAN KEAMANAN PANGAN	169
15.1 Risiko Mikrobiologis pada Sayuran Berdaun Segar	169
15.2 Bahaya Kimiawi pada Sayuran Berdaun	171
15.3 Pencegahan Kontaminasi pada Sayuran Berdaun	172
15.4 HACCP untuk Keamanan Sayuran Berdaun	174
15.5 Protokol Sanitasi dan Desinfeksi	176
BAB 16 KETELUSURAN, MANAJEMEN RANTAI PASOK, DAN EKONOMI.....	179
16.1 Pentingnya Ketertelusuran dalam Rantai Pasokan Sayuran Hijau	179
16.2 Ketertelusuran dalam Rantai Pasok Pangan.....	181
16.3 Logistik dan Manajemen Rantai Dingin untuk Sayuran Berdaun.....	183
16.4 Struktur Pasar, Perdagangan, dan Aspek Ekonomi	185
16.5 Perilaku dan Preferensi Konsumen Sayuran Berdaun.....	187
BAB 17 TREN YANG MUNCUL DAN ARAH MASA DEPAN	189
17.1 Dampak Perubahan Iklim pada Produksi Sayuran Berdaun.....	189
17.2 Pemuliaan Tanaman Sayuran Berdaun.....	191
17.3 Teknik Pengolahan dan Pengawetan Yang Baru	192
17.4 Otomasi Robotika dalam Produksi dan Pengolahan	194
17.5 Nutrisi yang Dipersonalisasi dan Peran Sayuran Berdaun.....	196
17.6 Pengurangan dan Valorisasi Limbah dalam Rantai Sayuran Berdaun.....	199
DAFTAR PUSTAKA	203
GLOSARIUM.....	231
INDEKS	241
BIBLIOGRAFI PENULIS	251

DAFTAR PUSTAKA

- Acar, B. (2020). *Water - yield relationships of lettuce plants for different irrigation strategies*.
- Adams, D. C., Mitchell, C. C., & Martin, N. R. (2019). Organic matter and soil health in vegetable cropping systems. *Agronomy Journal*, 111(2), 823–832.
- Adegbaju, O. D., Otunola, G., & Afolayan, A. (2019). Potential of *Celosia* species in alleviating micronutrient deficiencies and prevention of diet-related chronic diseases. *AIMS Agriculture and Food*.
- Ahmed, H. A., Tong, Y., & Qi-chang, Y. (2020). *Optimal control of environmental conditions affecting lettuce plant growth in a controlled environment with artificial lighting: A review*. South African Journal of Botany, 130, 75–89.
- Akob, F., Pillay, K., Wiles, N., & Siwela, M. (2024). Association between dietary diversity and nutritional status of adults and children in Cameroon. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*.
- Alamsyah, A. Z., Maharai, N., Fulyani, F., & Anjani, G. (2024). Protein-fatty acid complexes as delivery agent for fat-soluble vitamin: a review. *Food Research*.
- Amita, & Bahadur, V. (2020). *Protected cultivation in India: Meeting challenges*. International Journal of Advances in Agricultural Science and Technology.
- Amunga, D., Hess, S. Y., Grant, F. K. E., Kinabo, J., & Olney, D. K. (2024). Diets, fruit and vegetable intake and nutritional status in Tanzania. *Maternal & Child Nutrition*.

- Anbarasan, S., & Ramesh, S. (2021). *The role of plant roots in nutrient uptake and soil health*. Plant Science Archives.
- Ansari, M., Basri, R., & Shekhawat, S. (2019). *Insect pests infestation during field and storage of fruits and vegetables*. Health and Safety Aspects of Food Processing Technologies.
- Antoine, T., Georgé, S., Leca, A., Desmarchelier, C., Halimi, C., Gervais, S., Aupy, F., Marconot, G., & Reboul, E. (2021). Reduction of pulse "antinutritional" content by optimizing pulse canning process is insufficient to improve fat-soluble vitamin bioavailability. *Food Chemistry*, 370, 131021.
- Arce Cubas, L., Sales, C. R. G., Vath, R. L., Bernardo, E. L., Burnett, A. C., & Kromdijk, J. (2023). Lessons from relatives: C4 photosynthesis enhances CO₂ assimilation during the low-light phase of fluctuations. *Plant Physiology*, 193, 1073–1090.
- Ateş, A. (2020). *Fungal diseases in some leafy vegetables growing areas in Turkish Republic of Northern Cyprus*. International Journal of Scientific and Technological Research.
- Azab, E. E., Adwas, A. A., Elsayed, A. S. I., & Quwaydir, F. A. (2019). Oxidative stress and antioxidant mechanisms in human body. *Journal of Applied Biotechnology & Bioengineering*.
- Barrera-Redondo, J., Kim, M. Y., Lee, Y. G., & Moon, J. K. (2023). Integrating biotic stress resistance in vegetable breeding through genomics-assisted approaches. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1129037.
- Barrett, D., Beaulieu, J., & Shewfelt, R. (2010). Color, flavor, texture, and nutritional quality of fresh-cut fruits and vegetables: Desirable levels, instrumental and sensory measurement, and the effects of processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50, 369–389.

- Baye, K., Guyot, J., & Mouquet-Rivier, C. (2017). The unresolved role of dietary fibers on mineral absorption. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57, 949–957.
- Bell, L., Oruna-Concha, M. J., & Wagstaff, C. (2021). Influence of cabbage (*Brassica oleracea*) accession and growing conditions on myrosinase activity, glucosinolates and their hydrolysis products. *Food Chemistry*, 359, 129871.
- Bennett, B. C., & Balick, M. J. (2014). Does the name really matter? The importance of botanical nomenclature and plant taxonomy in biomedical research. *Journal of Ethnopharmacology*, 152(3), 387–392.
- Beraiya, S., Ishfaq, P. M., Ahmad, Z., Tripathi, S., & Mishra, S. K. (2019). Preventive roles of bioactive natural compounds in oxidative and nitrosative stress mediated pathophysiology of diabetes mellitus. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*. r
- Berry, J. O., & Patel, M. D. (2008). Kranz Anatomy and the C4 Pathway.
- Bhuvaneswari, R., Saravanan, K. R., Vennila, S., & Suganthi, S. (2019). *Soil-plant interactions: The chemistry of nutrient uptake and utilization*. Plant Science Archives.
- Bongoni, R. (2014). *Consumers and vegetables: effects of domestic processing on sensory and health properties*.
- Borrelli, P., Panagos, P., Ballabio, C., Montanarella, L., & Jones, A. (2021). Soil erosion and compaction impacts on European crop production. *Nature Sustainability*, 4(7), 611–618.
- Brandenberger, L., & Zhang, H. (2015). Soil Test Interpretations for Vegetable Crops.
- Cahn, M., Johnson, L., & Benzen, S. (2022). *Evapotranspiration based irrigation trials examine water requirement, nitrogen use,*

and yield of romaine lettuce in the Salinas Valley. Horticulturae.

- Cannas, C., Lostia, G., Serra, P., Peana, A. T., & Migheli, R. (2024). Food and food waste antioxidants: Could they be a potent defence against Parkinson's disease? *Antioxidants*, 13.
- Cannas, C., Lostia, G., Serra, P., Peana, A. T., & Migheli, R. (2024). Food and food waste antioxidants: Could they be a potent defence against Parkinson's disease? *Antioxidants*, 13.
- Carrasco, G., Fuentes-Peñailillo, F., Perez, R., Rebolledo, P., & Manríquez, P. (2022). *An approach to a vertical farming low-cost to reach sustainable vegetable crops*. 2022 IEEE International Conference on Automation/XXV Congress of the Chilean Association of Automatic Control (ICA-ACCA), 1–6.
- Carrier Refrigeration. (2024). *Healthy, Safe, Sustainable Cold Chain*.
- Carroll, J., & McEwen, B. J. (2019). The health benefits of glucosinolates, indole-3-carbinol and sulforaphane from broccoli: A brief report. *Journal of the Australian Traditional-Medicine Society*, 25, 142.
- CBD Secretariat. (2021). Nagoya Protocol on Access and Benefit-sharing. Convention on Biological Diversity.
- Chalhoub, B., Denoeud, F., Liu, S., Parkin, I. A., Tang, H., Wang, X., ... & Paterson, A. H. (2014). Early allopolyploid evolution in the post-Neolithic *Brassica napus* oilseed genome. *Science*, 345(6199), 950–953.
- Chen, L., Lü, G., Yang, S., Gong, B., Lu, Y., Wu, X., Li, J. R., & Gao, H. (2024). Advances in the detection technology of vegetable soil borne fungi and bacteria. *Frontiers in Microbiology*, 15.
- Chen, L., Zhang, X., & Yang, H. (2020). Adaptive variation in leaf cuticle thickness and its role in drought resistance. *Plant Physiology Reports*, 25(3), 217–224.

- Chen, W., & Xu, D. (2023). Phytic acid and its interactions in food components, health benefits, and applications: A comprehensive review. *Trends in Food Science & Technology*.
- Chen, Z., Jahan, M. S., Mao, P., Wang, M., Liu, X., & Guo, S.-R. (2021). *Functional growth, photosynthesis and nutritional property analyses of lettuce grown under different temperature and light intensity*. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 96(1), 53–61.
- Chew, B., Lange, D., & Sutton, R. (2012). Oxalate and urolithiasis. In *Urolithiasis: Basic Science and Clinical Practice* (pp. 165–175).
- Cline, S. A., & McKee, G. (2020). Raised-bed cultivation in vegetable production: Impacts on soil health and yield. *HortTechnology*, 30(4), 467–474.
- Cole, T. C. H., Hilger, H. H., & Stevens, P. F. (2019). Angiosperm phylogeny poster – Flowering plant systematics.
- Collard, B. C. Y., & Mackill, D. J. (2018). Marker-assisted selection: An approach for precision plant breeding in the twenty-first century. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 373(1735), 20170377.
- Congreves, K., Tanino, K., & Trueman, C. (2021). Advancements in Canadian horticulture. *Canadian Journal of Plant Science*, 101, v–v.
- Corbineau, F., Taskiran-Özbingöl, N., & El-Maarouf-Bouteau, H. (2023). *Improvement of seed quality by priming: Concept and biological basis*. Seeds.
- Crossa, J., Pérez-Rodríguez, P., Cuevas, J., Montesinos-López, O., Jarquín, D., de Los Campos, G., ... & Singh, R. (2018). Genomic selection in plant breeding: Methods, models, and perspectives. *Trends in Plant Science*, 23(11), 967–985.

- Dahiya, R., Prakash, R., Sheoran, H. S., & R. (2022). *Drip irrigation as a potential alternative to traditional irrigation method for saline water usage in vegetable crops*. International Journal of Economic Plants.
- de Sadeleer, I., Hanssen, O. J., Kok, M., Soethoudt, H., Davis, J., & Nilsson, K. (2024). A methodological framework for assessing sustainability aspects of fruit and vegetables. *Sustainable Futures*.
- Deekshith, S. S., Janavi, G., Rajangam, J., & Muthiah, C. (2023). *Performance of fruiting vegetables and leafy vegetables in vertical farming*.
- Dempewolf, H., Baute, G., Anderson, J., Kilian, B., Smith, C., & Guarino, L. (2017). Past and future use of wild relatives in crop breeding. *Crop Science*, 57(3), 1070-1082.
- Dempewolf, H., Eastwood, R. J., Guarino, L., Khoury, C. K., Müller, J. V., & Toll, J. (2022). Adapting agriculture to climate change: A global initiative to collect, conserve, and use crop wild relatives. *Environmental Sustainability*, 60(2), 142–151.
- Desmarchelier, C., & Borel, P. (2018). Bioavailability of Vitamin E. In *Nutrition and Functional Foods in Boosting Digestion, Metabolism and Immune Health* (pp. 1181–1196).
- Devi, N., Gupta, P., Sharma, K., Sharma, P., & Negi, B. (2018). *Fertility Table Parameters of Predatory Bug Orius bifilarus Ghauri (Hemiptera: Anthocoridae) Preying upon Thrips palmi and Eggs of Corcyra cephalonica*. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 7, 2574–2586.
- Divekar, P. A., Halder, J., Srivastava, K., & Sridhar, V. (2024). *Emerging insect pests of vegetable crops under changing climate scenario*. Vegetable Science.
- Drost, D., & Maughan, T. (2019). *Vegetable Irrigation: Leafy Greens*. Retrieved from

- Dwivedi, S. L., Britt, A. B., Tripathi, L., Sharma, S., Upadhyaya, H. D., Ortiz, R., & Kumar, S. (2023). New breeding technologies for enhancing crop improvement. *Plant Biotechnology Reports*, 17(1), 13–29.
- Dwivedi, S. L., Britt, A. B., Tripathi, L., Sharma, S., Upadhyaya, H. D., & Ortiz, R. (2020). Haploids: Constraints and opportunities in plant breeding. *Biotechnology Advances*, 40, 107500.
- Dwivedi, S. L., Upadhyaya, H. D., Senthilvel, S., Hash, C. T., Fukunaga, K., Diao, X., ... & Ortiz, R. (2016). Millets: genetic and genomic resources. *Plant Breeding Reviews*, 39, 247–375.
- Engels, J. M. M., & Thormann, I. (2020). Mainstreaming the use of genetic diversity in breeding strategies. *Plant Genetic Resources*, 18(1), 21–30.
- Fang, X., Yang, Y., Zhao, Z., Zhou, Y., Liao, Y., Guan, Z., ... & Zhao, S. (2023). Optimum nitrogen, phosphorous, and potassium fertilizer application increased chrysanthemum growth and quality by reinforcing the soil microbial community and nutrient cycling function. *Plants*
- FAO. (2019). *Genebank Standards for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture (Rev. ed.)*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Folta, K. M., & Kamenova, S. (2019). Public perceptions of genetically engineered food crops. *Nature Biotechnology*, 37(5), 479–482.
- Fowler, C., & Hodgkin, T. (2018). Plant genetic resources for food and agriculture: Assessing global availability. *Annual Review of Environment and Resources*, 43, 179–204.
- Franz, E., Tromp, S. O., Rijgersberg, H., & van der Fels-Klerx, H. J. (2010). Quantitative microbial risk assessment for *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella*, and *Listeria monocytogenes* in leafy green vegetables consumed at salad bars. *Journal of*

- Food Protection*, 73(2), 274–285. González, A. M., Reyes, A., & Lim, Y. K. (2022). Stomatal regulation under varying environmental conditions: A functional perspective. *Frontiers in Plant Science*, 13, 821456.
- García-Herrera, P., Morales, P., Cámara, M., Fernández-Ruiz, V., Tardío, J., & Sánchez-Mata, M. (2020). Nutritional and phytochemical composition of Mediterranean wild vegetables after culinary treatment. *Foods*, 9(12).
- Gezira United. (2023). *Overcoming Supply Chain Challenges in the Fresh Produce Industry*.
- Ghorbani, R., Chaichi, M. R., & Feizi, H. (2022). Effect of soil pH and organic matter on the yield and nutritional quality of leafy greens. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 22(1), 79–90.
- Giordano, M., Petropoulos, S., & Rouphael, Y. (2021). *Response and defence mechanisms of vegetable crops against drought, heat and salinity stress*. *Agriculture*, 11(5), 463.
- Gunadi, N., Hardiyanto, & Hermanto, C. (2017). *Development of protected cultivation for vegetables in Indonesia*. Protected Cultivation of High-Value Crops under Changing Climate Conditions
- Harisha, N., Tulsiram, J., Joshi, A. T., Chandargi, D. M., & Meti, S. K. (2019). *Cost and returns of vegetable production under protected cultivation in Kolar District of Karnataka, India*. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences.
- Hayes, R., Trent, M. A., Mou, B., Simko, I., Gebben, S. J., & Bull, C. (2014). *Baby leaf lettuce germplasm enhancement: Developing diverse populations with resistance to bacterial leaf spot caused by Xanthomonas campestris pv. vitians*. *HortScience*, 49(1), 18–24.

- He, Z., Guo, J., Reitz, S., Lei, Z., & Wu, S.-Y. (2019). A global invasion by the thrip, *Frankliniella occidentalis*. Current virus vector status and its management. *Insect Science*, 27, 626–645.
- Heffner, E. L., Lorenz, A. J., Jannink, J. L., & Sorrells, M. E. (2021). Genomic selection for crop improvement. *Crop Science*, 61(1), 1–18.
- Holmer, R. (2013). Importance of vegetables for food and nutrition security in a rapidly urbanising world.
- Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower*. CRC Press
- Huang, S., Jin, J., He, P., Yang, L., & Bai, Y. (2007). Spatial Variability and Site-Specific Nutrient Management in a Vegetable Production Area. Retrieved from
- Indian Journal of Economics and Development. (2022). *Comparative analysis of productivity and pesticide application in net house and open field vegetable cultivation*.
- International Society for Horticultural Science (ISHS). (2021). *Postharvest technology for leafy vegetables*. ISHS Articles
- Isaac, A. A. (2023). *The socio-economic determinants contributing to the resolution on commercialising vegetable production: The case of White River, South Africa*. African Journal of Development Studies.
- Ishii, T., & Araki, M. (2022). Consumer acceptance of genome-edited crops in countries with different regulatory frameworks. *GM Crops & Food*, 13(1), 39–50.
- Jat, M. L., Saharawat, Y. S., & Gupta, R. (2021). Conservation agriculture for improving soil health in vegetable-based systems. *Field Crops Research*, 267, 108182.
- Jeong, S. J., Zhang, Q., Niu, G., & Zhen, S. (2024). *Synergistic enhancement of biomass allocation from leaves to stem by*

far-red light and warm temperature can lead to growth reductions. Environmental and Experimental Botany.

- Jin, Q., Zhao, D., & Luo, Y. (2021). Leaf optical and structural traits influencing quality in leafy vegetables. *Horticultural Plant Journal*, 7(4), 215–223.
- Jin, S., Hurley, T. M., & Pardey, P. G. (2023). Intellectual property rights and innovation in plant breeding: Evidence from U.S. agriculture. *Food Policy*, 117, 102450.
- Johansson, S. (2010). The bioavailability of soluble oxalates in stir-fried silver beet leaves.
- Premasiri, H. A. A., & Ekanayake, S. (2013). Oxalic acid content in green leafy vegetables. *Vidyodaya Journal of Science*, 16.
- Joshi, B., Rai, P., & Pandey, V. (2021). *Impact of various sources of seed priming on growth, yield and quality of spinach (Spinacia oleracea)*. International Journal of Plant & Soil Science.
- Julia, N., Zubaidah, S., & Kuswantoro, H. (2019). Morphological and anatomical characteristics of leaves of ten soybean (*Glycine max*) lines. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 276, 012027.
- Jurić, I., Hibberd, J., Blatt, M., & Burroughs, N. (2019). Computational modelling predicts substantial carbon assimilation gains for C3 plants with a single-celled C4 biochemical pump. *PLoS Computational Biology*, 15.
- Kadereit, G., Borsch, T., Weising, K., & Freitag, H. (2003). Phylogeny of Amaranthaceae and Chenopodiaceae and the evolution of C4 photosynthesis. *International Journal of Plant Sciences*, 164, 959–986.
- Kala, A., & Prakash, J. (2004). *Nutrient composition and sensory profile of differently cooked green leafy vegetables.* International Journal of Food Properties, 7, 659–669.

- Kaur, A., & Chandi, R. S. (2021). *Biorational approaches for the management of insect pests of vegetable crops*.
- Keasar, T., Wajnberg, E., Heimpel, G., Hardy, I., Shaltiel Harpaz, L., Gottlieb, D., & van Nouhuys, S. (2023). *Dynamic economic thresholds for insecticide applications against agricultural pests: Importance of pest and natural enemy migration*. Journal of Economic Entomology.
- Khoury, C. K., Amariles, D., Soto, J. S., Diaz, M. V., Sotelo, S., Sosa, C. C., ... & Jarvis, A. (2022). Comprehensiveness of conservation of useful wild plants: An operational indicator for biodiversity and sustainable development targets. *Ecological Indicators*, 132, 108271.
- Kim, J.-K., Kang, H.-M., Jang, D., Na, J., & Choi, K. (2020). *Effect of light intensity and temperature on the growth and functional compounds in the baby leaf vegetable plant Peucedanum japonicum Thunb.* Horticulture, Environment, and Biotechnology, 38(6), 822–829.
- Kolaksazov, M., Laporte, F., Ananieva, K., Dobrev, P., Herzog, M., & Ananiev, E. D. (2013). *Effect of chilling and freezing stresses on jasmonate content in Arabis alpina*.
- Kpadonou, G. E., Adjogboto, A., Likpete, D. D., Dassigli, Z. P., Akponikpè, P., & Djenontin, A. (2019). *Improving traditional leafy vegetables production through water use efficiency and fertilizer microdosing technology in Benin Republic*. Acta Horticulturae.
- Kumar, D., Kumar, S., & Shekhar, C. (2020). Nutritional components in green leafy vegetables: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9, 2498–2502.
- Kumar, S., Verma, S., & Singh, R. (2022). Biofortification in vegetables: A breeding perspective for enhancing micronutrient density. *Journal of Applied Horticulture*, 24(3), 185–192.

- Kumar, V., Kumar, M., Shrivastava, N., Bisht, S., Sharma, S., & Varma, A. (2016). *Interaction among rhizospheric microbes, soil, and plant roots: Influence on micronutrient uptake and bioavailability*.
- Kumari, K., Gusain, S., & Joshi, R. (2024). *Engineering cold resilience: Implementing gene editing tools for plant cold stress tolerance*. *Planta*, 261(1), 2.
- Kumari, M., Solankey, S., & Sinha, N. (2022). *Abiotic stress management in vegetable crops*. IARS' International Research Journal.
- Kuzma, J. (2023). Governance of gene editing in agriculture: Unpacking the EU's proposed regulation of new genomic techniques. *Nature Food*, 4, 346–354.
- Lang, C., Dettweiler, A., Benaouda, S., Kreimer, D., & Löffler, D. et al. (2025). *Pentastiridius leporinus* as a plant disease vector: The practical state of knowledge and derived research objectives. *Sugar Industry International*.
- Lanier, A., Drabik, J. R., Heikkila, T., Bolson, J., Sukop, M., Watkins, D., et al. (2018). Facilitating integration in interdisciplinary research: Lessons from a South Florida Water, Sustainability, and Climate Project. *Environmental Management*, 62, 1025–1037.
- Laszlo, J. A. (1989). Effect of gastrointestinal conditions on the mineral-binding properties of dietary fibers. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 249, 133–145.
- Lee, J. H., Park, M., & Kim, Y. K. (2021). Structural anatomy of petioles in edible leafy vegetables: Implications for mechanical properties and texture. *Journal of Food Structure*, 29, 100212.

- Lee, J. M., Rocheford, T., & Juvik, J. A. (2019). Breeding crops for enhanced nutritional quality. *Annual Review of Food Science and Technology*, 10, 311–338.
- Li, Z., Cheng, H., & Liu, J. (2020). Applications of marker-assisted selection and genomic selection in vegetable breeding: Current status and future perspectives. *Horticultural Research*, 7, 179.
- Liu, Y., He, C., Wang, J., & Yan, J. (2021). Genetic improvement of yield and stress tolerance in leafy vegetables: Progress and perspectives. *Horticultural Plant Journal*, 7(5), 333–345.
- Liu, Y., Shi, Z., Zalucki, M., & Liu, S. (2014). *Conservation biological control and IPM practices in Brassica vegetable crops in China*. *Biological Control*, 68, 37–46.
- Liu, Z., Zhang, X., Wang, J., & Xu, C. (2021). Soil texture and its impact on water availability for vegetables: A review. *Agricultural Water Management*, 243, 106456.
- Loedolff, B., Stander, M., Peters, S., & Kossmann, J. (2018). Bio-fortification of Brassica micro-greens: towards development of a nutritionally enhanced micro-green melange for non-communicable disease prevention. *FFC's 22nd International Conference*.
- Louwaars, N. P., Visser, B., & Dons, H. (2021). Plant breeders' rights and patent rights in innovation and food security. *Nature Plants*, 7(3), 230–234.
- Luz, G. M., Orlando, E. A., Rebellato, A., Greiner, R., & Pallone, J. (2024). Essential minerals and anti-nutritional compounds in plant-based burgers using the INFOGEST in vitro digestion protocol. *Journal of Food Composition and Analysis*.
- Ma, D., Teng, W., Mo, Y.-T., Yi, B., Chen, W.-L., Pang, Y.-P., & Wang, L. (2023). Effects of nitrogen, phosphorus, and potassium

- fertilization on plant growth and nutrient status in *Erythralium scandens*. *Journal of Plant Nutrition*, 47, 82–96.
- Makkouk, K. M., & Kumari, S. G. (2006). Molecular diagnosis of plant viruses. *Arab Journal of Plant Protection*, 24, 135–138.
- Makule, E., Dimoso, N., & Tassou, S. A. (2024). *Production, postharvest practice, marketing and challenges of smallholder vegetable producers in Tanzania*. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*.
- Manan, A., Mugiastuti, E., & Soesanto, L. (2018). *Kemampuan Campuran Bacillus sp., Pseudomonas fluorescens, dan Trichoderma sp. untuk Mengendalikan Penyakit Layu Bakteri pada Tanaman Tomat*. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*.
- Mangal, V., Lal, M., Tiwari, R., Altaf, M. A., Sood, S., Gahlaut, V., ... & Kumar, R. (2023). *A comprehensive and conceptual overview of omics-based approaches for enhancing the resilience of vegetable crops against abiotic stresses*. *Planta*, 257.
- Mathivanan, S. (2021). *Abiotic stress-induced molecular and physiological changes and adaptive mechanisms in plants*. *Abiotic Stress in Plants*.
- Maxted, N., Ford-Lloyd, B. V., & Kell, S. P. (2023). Conserving crop wild relatives: The practicalities of in situ genetic conservation. *Plant Genetic Resources*, 21(1), 52–63.
- Maxted, N., Ford-Lloyd, B. V., Kell, S. P., Iriondo, J. M., Dulloo, M. E., & Turok, J. (2016). *Crop wild relatives: a manual of in situ conservation*. *Biodiversity International*.
- McHale, L. K., Truco, M. J., Micheltore, R. W., & Simko, I. (2023). Breeding disease-resistant leafy vegetables using marker-assisted and genomic selection. *Annual Review of Phytopathology*, 61, 221–244.
- Mishra, A., Buchanan, R., Schaffner, D., & Pradhan, A. (2016). *Cost, quality, and safety: A nonlinear programming approach to*

- optimize temperature during leafy greens supply chain. LWT - Food Science and Technology*, 73, 412–418.
- Mishra, A., Buchanan, R., Schaffner, D., & Pradhan, A. (2016). Cost, quality, and safety: A nonlinear programming approach to optimize the temperature during the supply chain of leafy greens. *LWT - Food Science and Technology*, 73, 412–418.
- Mobeen, M., Wang, X., Saleem, M., et al. (2021). Proximate composition and nutritive value of some leafy vegetables from Faisalabad, Pakistan. *Sustainability*.
- Mohod, A. (2019). Integrated nutrient management in leafy vegetables.
- Moreno, R. M., Valverde, J., & Pérez, J. L. (2023). Environmental regulation of leaf structure and its impact on postharvest quality. *Postharvest Biology and Technology*, 198, 112315.
- Moyo, M., & Aremu, A. O. (2021). Nutritional, phytochemical and health-promoting qualities of *Cleome gynandra*. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62, 3535–3552.
- Müller, K., & Borsch, T. (2005). Phylogenetics of Amaranthaceae based on matK/trnK sequence data: Evidence from parsimony, likelihood, and Bayesian analyses. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 92, 66–102.
- Musser, F., Nyrop, J., & Shelton, A. (2006). *Integrating biological and chemical controls in decision making: European corn borer control in sweet corn as an example*. *Journal of Economic Entomology*, 99(5), 1538–1549.
- Nadoda, N., Barot, D., Baria, V. K., & Chaudhari, V. M. (2024). *Exploitation of grafting for abiotic and biotic stress management in vegetable crops: A review*. *Advances in Research*.
- Nasarullah, N. N., Ahmed, W., & Othman, H. (2022). *Determining water stress and varying irrigation regimes on spinach*

- (*Spinacea oleracea L.*) growth performance. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.
- Nasir, M. U., Hussain, S., & Rehman, S. (2020). Hybrid breeding and heterosis exploitation in Brassica vegetables: A review. *Vegetable Crops Research Bulletin*, 92(1), 1–10.
- Neha, P., Kumar, M., & Solankey, S. (2021). *Impact of drought and salinity on vegetable crops and mitigation strategies*.
- Nguyen, D. T., Tran, P. N., & Le, Q. A. (2023). Functional significance of leaf venation in resource transport and texture quality in vegetables. *Vegetable Science International*, 11(2), 89–97.
- Nguyen, D., Tran, D., Tran, T., Ohsawa, R., & Yoshioka, Y. (2019). Genetic diversity of leafy amaranth (*Amaranthus tricolor* L.) resources in Vietnam. *Breeding Science*, 69, 640 - 650.
- Nko, K. I., Mpolokeng, T. G., Mokgau, K., et al. (2024). Ethnobotanical and phytochemical qualities of local leafy vegetables. *South African Journal of Botany*.
- Nouri, M., Alimohammadi, M., & Ahmad, M. (2020). Crop rotation benefits in leafy vegetable production: A systems approach. *Ecological Indicators*, 116, 106517.
- Nwankwo, R. N., Buba, D., & Nwankwo, J. (2015). Nutrient and phytochemical determination of two under-utilized green leafy vegetables *Cassia tora* and *Sesamum indicum*. *Global Journal of Environmental and Public Health*, 3(2), 14–21.
- Nzima, W. M., Ip, R. H. L., Bhatti, M., Godfrey, S., Eik, L., Gondwe, S., & Divon, S. A. (2024). *Diversity and heterogeneity of smallholder vegetable farming systems and their impact on food security and income in Malawi*. *Frontiers in Sustainable Food Systems*.
- Obrycki, J., Baker, T. J., & Zhu, J. J. (2001). *Manipulation of predatory insects for enhanced biological control of insect pests*.
- Sidauruk, L., Panjaitan, E., & Sipayung, P. (2023). *The biology*

- and preying abilities of ladybird beetle (Coccinella transversalis Fabricius) on Myzus persicae*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1241.
- Okunlola, G. O., Olatunji, O. A., et al. (2023). Assessment of nutritional value of selected underutilized green leafy vegetables in Southwestern Nigeria. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*
- Opara, E. (2019). Culinary herbs and spices: what can human studies tell us about their role in the prevention of chronic non-communicable diseases?. *Journal of the science of food and agriculture*, 99 10, 4511-4517 .
- Ors, S., Sahin, U., Ekinici, M., Turan, M., & Yildirim, E. (2021). *Principles of irrigation management for vegetables*. Vegetable Growing.
- PACER (Projet d'Appui à la Croissance Economique Rurale) (2009). Validation de la stratégie et d'élaboration de plan d'actions de la filière cultures maraîchères au benin, 72p
- Padulosi, S., Thompson, J., & Rudebjer, P. (2013). Fighting poverty, hunger
- Pandey, S., Gupta, A., Mahato, D., Paul, V., Tripathi, A., Rasane, P., Kumar, P., Kamle, M., & Haque, S. (2025). Lutein and Zeaxanthin: Source, extraction, stability, bioactivity, and functional food applications. *Current Pharmaceutical Biotechnology*.
- Panghal, V. P. S., Bhuker, A., Duhan, D., & Kumar, A. (2022). *Maintaining onion seed quality during storage through seed priming*. Agricultural Reviews.
- Panwar, A., Thakur, A., Sharma, P., Negi, S., Nalwa, C., & Bisht, A. S. (2020). *Influence of botanical seed pelleting on storability of onion (Allium cepa L.)*. Indian Journal of Agricultural Research.

- Park, S., Szonyi, B., Gautam, R., Nightingale, K., Anciso, J., & Ivanek, R. (2012). Risk factors for microbial contamination in fruits and vegetables at the preharvest level: A systematic review. *Journal of Food Protection*, 75(11), 2055–2081.
- Paudel, S., Sah, L., Devkota, M., Poudyal, V., Prasad, P., & Reyes, M. (2020). *Conservation agriculture and integrated pest management practices improve yield and income while reducing labor, pests, diseases and chemical pesticide use in smallholder vegetable farms in Nepal. Sustainability*.
- Pierce, F. T., & Brecht, J. (2007). The importance of maintaining flavor quality of fresh vegetables. *Unpublished Report*.
- Pingulkar, K., Kamat, A., & Bongirwar, D. (2001). Microbiological quality of fresh leafy vegetables, salad components and ready-to-eat salads: An evidence of inhibition of *Listeria monocytogenes* in tomatoes. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 52, 15–23.
- Pinto, V. F., & Patriarca, A. (2018). Chapter 2: *Alternaria* species and their associated mycotoxins.
- Poffenbarger, H. J., Mirsky, S. B., Weil, R. R., & Spargo, J. T. (2022). Cover crop-based systems for sustainable vegetable production. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 37(1), 1–12.
- Prajapati, N. K., Pasawan, S., Ram, M., & Kumar, S. (2024). Leafy chenopods: a nutritional powerhouse. *Journal of Agriculture and Ecology*.
- Premasiri, H. A. A., & Ekanayake, S. (2011). Oxalic acid content in green leafy vegetables. *Vidyodaya Journal of Science*, 16, 1–9.
- Púčiková, V., Rohn, S., & Hanschen, F. S. (2023). *Glucosinolate accumulation and hydrolysis in leafy Brassica vegetables are influenced by leaf age. Journal of Agricultural and Food*

- Chemistry*. Palma-Salgado, S., Ku, K., Dong, M., et al. (2020). Epicuticular wax composition affects bacterial adhesion and removal in leafy greens. *International Journal of Food Microbiology*, 334, 108834.
- Puma, J. (2020). Culinary Medicine and Nature: Foods That Work Together. *American Journal of Lifestyle Medicine*, 14, 143 - 146.
- Raggi, L., Tiranti, B., & Negri, V. (2021). The role of traditional crop varieties in climate change adaptation. *Agronomy for Sustainable Development*, 41, 73.
- Rahman, M. M., Hossain, M. I., & Uddin, S. (2018). Anatomical adaptation and water retention in succulent vegetables: A case study on *Portulaca oleracea*. *Journal of Plant Research*, 131(6), 921–928.
- Ramos-Madrigal, J., Orlando, L., & Willerslev, E. (2022). The intersection of biotechnology, patent law, and genome editing in plant sciences. *Trends in Biotechnology*, 40(12), 1284–1294.
- Reis, L., Oliveira, V., Hagen, M. K., Jablonski, A., Flôres, S. H., & Rios, A. (2015). Carotenoids, flavonoids, chlorophylls, phenolic compounds and antioxidant activity in fresh and cooked broccoli and cauliflower. *LWT - Food Science and Technology*, 63, 177–183.
- Resh, H. M. (2012). *Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced*
- Ritonga, F. N., Zhou, D., Zhang, Y., Song, R., Li, C., Li, J., & Gao, J. (2023). *The roles of gibberellins in regulating leaf development*. *Plants*.
- Rout, B. M. (2020). *Advances in freezing stress resistance in vegetable crops*.

- Saba, A., Moneta, E., Peparaio, M., Sinesio, F., Vassallo, M., & Paoletti, F. (2018). Towards a multi-dimensional concept of vegetable freshness from the consumer's perspective. *Food Quality and Preference*.
- Sabah, S. H., Karim, T. H., & Tahir, H. (2023). *Interactive effect of deficit irrigation and water quality on yield and water use efficiency of red cabbage under drip irrigation*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.
- Salas-Millán, J.-Á., & Aguayo, E. (2024). Bioaccessibility and unravelling of polyphenols, sulforaphane, and indoles biotransformation after in vitro gastrointestinal digestion of a novel lactofermented broccoli beverage. *Food & Function*.
Link
- Sanlier, N., Yildiz, E., & Ozler, E. (2024). An overview on the effects of some carotenoids on health: Lutein and zeaxanthin. *Current Nutrition Reports*.
- Sardare, M. D., & Admane, S. V. (2013). A Review on Plant Without Soil - Hydroponics. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 2(3), 299-304.
- Sattelmacher, B. (2001). *The apoplast and its significance for plant mineral nutrition*. The New Phytologist, 149(2), 167–192.
- Schmidt, S. M., Belisle, M., & Frommer, W. B. (2020). The evolving landscape of plant biotechnology: Genome editing and regulatory perspectives. *Plant Cell*, 32(4), 886–903.
- Senyolo, G., Wale, E., & Ortmann, G. (2018). *The determinants of farmers' decision to produce African leafy vegetables in the Limpopo province, South Africa*. *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*, 10(7), 771–778.
- Shahid, M., Zaidi, A., Khan, M. S., Rizvi, A., Saif, S., & Ahmed, B. (2017). *Recent advances in management strategies of vegetable diseases*.

- Sharma, P., & Gothalwal, R. (2020). *Changes in perceptions derived from research on Trichoderma species*.
- Sharma, S., Patel, M., & Joshi, A. (2023). Role of compost and manure in improving soil fertility for vegetable crops. *International Journal of Vegetable Science*, 29(3), 312–325.
- Shenhar, I., Harikumar, A., Trujillo, M. R. P., Zhao, Z., Lin, Q., Setyawati, M. I., ... & Moshelion, M. (2024). Nitrogen ionome dynamics on leafy vegetables in tropical climate.
- Shrestha, S., Dhungana, M., Sahani, S., & Bhattarai, B. (2021). *Seed quality improvement to approach sustainable yield of field crops by various preparation techniques: Seed priming, treatment and inoculation*. Plant Physiology and Soil Chemistry.
- Shukla, A., Yadav, D., Mishra, U. K., Dipake, S., & Mishra, R. (2023). Revolutionizing plant virus detection: A review on molecular breakthroughs and their implications. *International Journal of Plant & Soil Science*.
- Shukla, R. M., Nazir, N. B., Pandey, Y., & Dadhich, S. M. (2024). *Influence of protected cultivation structures on vegetable crops*. Journal of Agriculture and Ecology Research International.
- Silva, R. F., Martins, C. R., & Duarte, A. L. (2024). Light-driven plasticity in leaf anatomy and function: Implications for controlled-environment agriculture. *Agronomy*, 14(1), 144.
- Singh, B., & Tomar, B. (2015). *Vegetable seed production under protected and open field conditions in India: A review*. Indian Journal of Agricultural Sciences.
- Singh, G. (1999). *Plant systematics: An integrated approach*.
- Singh, R. K., & Maurya, B. R. (2023). Conventional plant breeding: Methodologies and their role in developing improved crop varieties. *Agricultural Reviews*, 44(1), 72–80.

- Sinha, D., Sharma, D., & Singh, A. K. (2020). Breeding for abiotic stress tolerance in vegetables: Challenges and prospects. *Vegetable Science*, 47(2), 125–132.
- Smith, T. J., Hess, S. Y., Angeles-Agdeppa, I., Goyena, E. A., Gelli, A., & Olney, D. K. (2024). Diets, fruit and vegetable intake, and nutritional status in the Philippines: A scoping review. *Maternal & Child Nutrition*.
- Solanki, R., Nandre, B., Vadodaria, J., Pawar, Y., & Bhadauria, H. (2018). *Performance of different leafy vegetables with respect to open field and net house on growth, yield and quality*. *International Journal of Chemical Studies*, 6, 2055–2058.
- Spherical Insights. (2023). *Leafy Greens Market Size, Share & Trends – Global Forecast 2023–2033*.
- Srivastava, P. K., & Sit, N. (2024). *A review on fruit and vegetable processing using traditional and novel methods. Future Postharvest and Food*.
- Stanikowski, P., Michalak-Majewska, M., Jabłońska-Ryś, E., Gustaw, W., & Gruszecki, R. (2021). Influence of sous-vide thermal treatment, boiling, and steaming on the colour, texture and content of bioactive compounds in root vegetables. *Ukrainian Food Journal*
- Takahashi, D., Uemura, M., & Kawamura, Y. (2018). *Freezing tolerance of plant cells: From the aspect of plasma membrane and microdomain*. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 1081, 61–79
- Tan, W., Li, N., & Huang, J. (2025). Anatomical basis of leaf texture: A review of lignification and cell wall modification in postharvest vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 134, 51–61.

- Tanor, E. B., Ntlatlapa, T., & Magama, S. (2020). Assessment of the nutritional value of selected wild leafy vegetables.
- Taskin, E., Misci, C., Bandini, F., Fiorini, A., Pacini, N., Obiero, C., Sila, D., Tabaglio, V., & Puglisi, E. (2021). *Smallholder farmers' practices and African indigenous vegetables affect soil microbial biodiversity and enzyme activities in Lake Naivasha Basin, Kenya. Biology, 10.*
- Thakur, O. (2022). *Recent advances of plant growth regulators in vegetable production: A review.*
- Tian, S., Brecht, J., Rathinasabapathi, B., & Zhao, X. (2023). Influence of soil and nutrient management practices on crop productivity and quality in high tunnel organic leafy green production. HortScience.
- Tripathi, A., Maurya, S., Pandey, K. K., & Behera, T. K. (2024). *Global scenario of vegetable fungal diseases.* Vegetable Science.
- Trivedi, S., Srivastava, M., Ratan, V., Mishra, A., Dixit, S., Pandey, S., & Harshita. (2020). *Evaluation of microbial consortia on systemic resistance against chickpea wilt.* Bangladesh Journal of Botany, 49, 653–661.
- Azizi, M. M. F., Mardhiah, N. H., & Lau, H. Y. (2022). Current and emerging molecular technologies for the diagnosis of plant diseases – An overview. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences.*
- Tromp, S. O., Rijgersberg, H., & Franz, E. (2010). Quantitative microbial risk assessment for *E. coli* O157:H7, *Salmonella*, and *L. monocytogenes* in leafy greens: a modeling approach. *Journal of Food Protection, 73*(10), 1830–1840.
- Truschi, S., Marini, L., Cacciari, I., et al. (2024). Relationship between *Salmonella enterica* attachment and leaf surface features in baby-leaf salads. *Journal of the Science of Food and Agriculture.*

- Turan, M., Yıldırım, E., Kitir, N., Unek, C., Nikerel, E., Ozdemir, B., Gûnes, A., & Mokhtari, N. E. P. (2017). *Beneficial role of plant growth-promoting bacteria in vegetable production under abiotic stress*. Teo, V., Dhandapani, S., Ang Jie, R., Philip, V. S., Teo Ju Teng, M., Zhang, S., ... & Dinish, U. S. (2024). Early detection of N, P, K deficiency in Choy Sum using hyperspectral imaging-based spatial spectral feature mining. *Frontiers in Photonics*.
- Umeohia, U., & Olapade, A. (2024). *Physiological processes affecting postharvest quality of fresh fruits and vegetables*. *Asian Food Science Journal*.
- UPOV. (2019). Explanatory Notes on the Distinctness, Uniformity and Stability Requirements under the UPOV Convention. International Union for the Protection of New Varieties of Plants.
- Upreti, K. K., & Sharma, M. (2021). *Role of plant growth regulators in abiotic stress tolerance*. *Environmental Stress Physiology of Plants and Crop Productivity*.
- Vakblad Voedingsindustrie. (2018). *World Vegetable Map – More Than Just a Local Affair*. Retrieved from
- Van Treuren, R., & van Hintum, T. J. L. (2021). Next-generation genebanking: Plant genetic resources management and utilization in the sequencing era. *Plant Biotechnology Reports*, 15, 515–528.
- Vanlauwe, B., Coyne, D., & Six, J. (2019). Integrated soil fertility management: Operational definition and consequences for implementation and dissemination. *Outlook on Agriculture*, 48(1), 9–17.
- Varshney, R. K., Roorkiwal, M., & Sorrells, M. E. (2021). Genomic-assisted breeding for crop improvement: Status and opportunities in the genomics era. *Annual Review of Plant Biology*, 72, 629–660.

- Vegdahl, A., Baldwin, W., & Schaffner, D. (2023). Growth models for *Salmonella*, *E. coli* O157:H7, and *L. monocytogenes* in leafy greens transportation. *Food Microbiology*, 115, 104338.
- Verma, S., Upadhyay, A., Kumari, M., Kumar, A., Kumar, A., Kumar, S., Sunny, & Tandle, S. S. (2024). *Role of plant growth regulators in improving vegetable crop productivity: A review*. Journal of Scientific Research and Reports.
- Vuković, S., Šunjka, D., Žunić, A., & Bošković, D. (2020). *Plant protection products in root vegetable*.
- Wang, R., Liao, X., Yu, W., Li, S., Zhan, Z., & Liang, J. (2017). Updating the main vegetable fertilization index system for southern China. *Journal of Plant Nutrition*, 40, 2571–2586.
- Wang, S., Liu, H., & Li, Z. (2019). Functional roles of palisade and spongy mesophyll layers in photosynthesis and gas diffusion. *Plant Cell Reports*, 38(2), 213–222.
- Wang, X., Lin, T., & Zhu, Z. (2021). Recent advances in marker-assisted backcrossing and its applications in leafy vegetable breeding. *Frontiers in Genetics*, 12, 734981.
- Wang, Y. (2024). Improving photosynthetic efficiency in fluctuating light to enhance yield of C3 and C4 crops. *Crop and Environment*.
- Wang, Y., Li, X., & Zhang, B. (2021). Postharvest biology and shelf-life improvement in leafy vegetables. *Food and Bioprocess Technology*, 14, 902–914.
- Wei, Z. (2016). Genetic diversity and evolution in *Lactuca* L. (Asteraceae) : from phylogeny to molecular breeding
- Wei, Z., Chen, F., Ding, H., Liu, W., Yang, B., Geng, J., Chen, S., & Guo, S. (2023). Comparative analysis of six chloroplast genomes in *Chenopodium* and its related genera (Amaranthaceae). *Genes*, 14(12).

- Wu, X., Huang, H., Childs, H., Wu, Y., Yu, L., & Pehrsson, P. (2021). *Glucosinolates in Brassica Vegetables: Characterization and Factors That Influence Distribution, Content, and Intake. Annual Review of Food Science and Technology.*
- Xu, H., Guo, Y., Xia, M., Yu, J., Chi, X., Han, Y., Li, X., & Zhang, F. (2024). An updated phylogeny and adaptive evolution within Amaranthaceae s.l. inferred from multiple phylogenomic datasets. *Ecology and Evolution*, 14, e70013. <https://doi.org/10.1002/ece3.70013>
- Yadav, R., Tomar, B. S., Pachauri, N., & Jain, V. (2018). Studies of nutritional properties and antioxidant potential in green leafy vegetables.
- Yadav, S., & Mishra, A. (2020). Ectopic expression of C4 photosynthetic pathway genes improves carbon assimilation and alleviates stress tolerance for future climate change. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 26, 195–209.
- Yadav, S., & Singh, P. (2024). Utilization of underutilized green leafy vegetables in the development of value-added products. *International Journal of Nutrition and Lifestyle.*
- Zelazny, E., & Vert, G. (2014). *Update on nutrient transporters: Root transporters on the move.*
- Zhang, F., & Chen, X. (2020). Innovative management programme reduces environmental impacts in Chinese vegetable production. *Nature Food*, 2, 47 - 53.
- Zhang, H., Lang, Z., & Zhu, J. K. (2020). Conventional breeding: Still a critical method for improving crops. *Nature Plants*, 6, 571–572.
- Zhang, Y., Huang, W., Zhang, C., et al. (2023). Variation in health-promoting compounds in leafy vegetables. *Molecules*, 28.

- Zhang, Y., Qi, Y., & Liang, Y. (2022). Genomic prediction models and their applications in vegetable crop improvement: A review. *Theoretical and Applied Genetics*, 135, 3833–3850.
- Zhang, Y.-P., & Zhang, Y.-S. (2006). Effects of nitrogen forms on nitrate and oxalate accumulation in edible parts of spinach. *Plant Nutrition and Fertilizing Science*.
- Zhou, L., Ullah, F., Zou, J., & Zeng, X. (2025). *Molecular and physiological responses of plants that enhance cold tolerance*. *International Journal of Molecular Sciences*.
- Zhu, B., Liang, Z., Zang, Y., Zhu, Z., & Yang, J. (2022). *Diversity of glucosinolates among common Brassicaceae vegetables in China*. *Horticultural Plant Journal*.
- Zhu, H., & Kim, J. (2012). *Target-oriented dissemination of Beauveria bassiana conidia by the predators, Harmonia axyridis and Chrysoperla carnea, for biocontrol of Myzus persicae*. *Biocontrol Science and Technology*, 22, 393–406.
- Zhu, X., & Marcelis, L. F. M. (2023). *Vertical farming for crop production*. *Modern Agriculture*.
- Zoué, L., Oulai, P., Zoro, A., & Niamké, S. (2018). Tropical leafy vegetables as valuable sources of carotenoids and phenolics. *International Journal of Biochemistry Research & Review*.
Link

GLOSARIUM

1-Metilsiklopropena (1-MCP): Inhibitor aksi etilen yang mengikat reseptor etilen, mencegah penuaan dan gangguan fisiologis seperti russet spotting pada sayuran daun.

Aeroponik: Teknik hidroponik mutakhir di mana akar tanaman digantung dan disemprot dengan kabut nutrisi, memungkinkan aerasi maksimal dan efisiensi sumber daya.

Akuaponik: Sistem pertanian terpadu yang menggabungkan budidaya ikan (akuakultur) dengan hidroponik, di mana limbah ikan diubah oleh bakteri menjadi nutrisi tanaman, dan tanaman menyaring air untuk dikembalikan ke kolam ikan.

Ambang Batas Ekonomi (ABE)/Economic Threshold (ET): Tingkat populasi hama atau kerusakan yang menyebabkan kerugian ekonomi, memicu tindakan pengendalian dalam Pengendalian Hama Terpadu (IPM).

Ambang Tindakan (AT)/Action Threshold: Tingkat populasi hama atau kerusakan yang ditetapkan sedikit di bawah ABE untuk memicu intervensi pengendalian guna mencegah kerugian ekonomi.

Atmosfer Termodifikasi (MAP): Teknik pengemasan yang mengatur kadar oksigen dan karbon dioksida untuk memperlambat respirasi, penuaan, dan pembusukan pada sayuran daun selama penyimpanan.

Bercak Daun Bakteri: Penyakit yang disebabkan oleh bakteri seperti *Pseudomonas syringae* atau *Xanthomonas*

campestris pv. *vitians*, menyebabkan lesi nekrotik dengan lingkaran klorotik, mengurangi fotosintesis dan daya jual.

Beta-Karoten: Karotenoid yang berfungsi sebagai provitamin A, diubah menjadi Vitamin A dalam tubuh untuk mendukung penglihatan, kekebalan tubuh, dan pertumbuhan sel.

Bioavailabilitas: Tingkat penyerapan nutrisi, seperti mineral, oleh tubuh, yang dapat dipengaruhi oleh senyawa seperti oksalat dan fitat pada sayuran daun.

Biofilm: Lapisan mikroorganisme, seperti *Listeria monocytogenes*, yang melekat pada permukaan pengolahan, sulit dihilangkan, dan meningkatkan risiko kontaminasi silang pada sayuran daun.

Biofortifikasi: Strategi pemuliaan tanaman atau praktik agronomi untuk meningkatkan kandungan dan ketersediaan hayati mikronutrien, seperti Vitamin A atau zat besi, pada sayuran daun.

Busuk Lunak: Penyakit bakteri oleh *Pectobacterium* atau *Dickeya*, menyebabkan maserasi jaringan yang cepat, terutama pascapanen atau setelah cedera.

Cedera Dingin (Chilling Injury/CI): Kerusakan fisiologis pada sayuran daun tropis atau subtropis, seperti kemangi atau bayam Malabar, akibat penyimpanan di bawah suhu ambang kritis ($<10-12^{\circ}\text{C}$), ditandai dengan lubang permukaan, jaringan basah, perubahan warna, dan peningkatan kerentanan terhadap pembusukan.

Crop Wild Relatives (CWR): Spesies liar yang berkerabat dekat dengan tanaman budidaya, menyediakan variasi genetik untuk ketahanan terhadap penyakit, kekeringan, dan salinitas.

Deep Water Culture (DWC): Metode hidroponik di mana akar tanaman direndam dalam larutan nutrisi dengan aerasi konstan untuk menjaga kadar oksigen terlarut.

Defisit Tekanan Uap (VPD): Selisih antara tekanan uap air jenuh dan tekanan uap aktual di lingkungan, memengaruhi laju transpirasi sayuran daun; VPD tinggi meningkatkan kehilangan air.

Degradasi Klorofil: Pemecahan pigmen hijau selama pengolahan termal atau pengeringan, menyebabkan hilangnya warna hijau dan perubahan menjadi warna kecokelatan atau keabu-abuan.

Degradasi Klorofil: Proses enzimatik pasca-panen yang menyebabkan menguning pada sayuran daun akibat pemecahan klorofil menjadi katabolit tidak berwarna, dipengaruhi oleh suhu, etilen, dan tekanan fisik.

Dehidrasi Osmotik: Pra-perlakuan pengeringan dengan merendam sayuran daun dalam larutan pekat (gula atau garam) untuk menghilangkan air secara osmotik, meningkatkan tekstur dan efisiensi energi.

Ekstraksi Berbantuan Enzim (EAE): Teknik ekstraksi menggunakan enzim seperti selulase untuk memecah dinding sel, meningkatkan pelepasan senyawa bioaktif dari sayuran daun.

Ekstraksi Berbantuan Microwave (MAE): Metode ekstraksi menggunakan energi microwave untuk pemanasan cepat, mempercepat pelepasan senyawa bioaktif dari sayuran daun.

Ekstraksi Berbantuan Ultrasound (UAE): Teknik ekstraksi yang memanfaatkan kavitasasi akustik untuk merusak dinding sel, meningkatkan efisiensi ekstraksi senyawa dari sayuran daun.

Ekstraksi dengan Fluida Superkritis (SFE): Metode ekstraksi menggunakan CO₂ superkritis untuk mengisolasi senyawa non-polar seperti karotenoid dari sayuran daun, menghasilkan ekstrak bebas pelarut.

Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA): Teknik molekuler untuk mendeteksi protein patogen menggunakan antibodi, efektif untuk virus dan bakteri.

Erosi Genetik: Hilangnya keragaman genetik akibat homogenisasi pasar, perubahan praktik pertanian, atau hilangnya habitat, mengancam sumber daya genetik sayuran daun.

Fermentasi Asam Laktat: Proses pengawetan menggunakan bakteri asam laktat untuk menghasilkan asam laktat, menurunkan pH, mengawetkan sayuran daun, dan meningkatkan rasa serta nutrisi.

Fertigasi: Teknik pengiriman nutrisi melalui sistem irigasi, meningkatkan efisiensi penggunaan nutrisi pada budidaya sayuran daun.

Fotosintesis C3: Jalur fotosintesis pada sebagian besar sayuran daun (misalnya, selada, bayam) yang menghasilkan senyawa tiga karbon, namun rentan terhadap fotorespirasi pada suhu tinggi.

Fotosintesis C4: Jalur fotosintesis pada sayuran daun seperti amaranth, yang lebih efisien di bawah kondisi panas dan cerah karena mengurangi fotorespirasi.

Glukosinolat (GSL): Metabolit sekunder mengandung sulfur pada tanaman Brassicaceae, seperti kale dan arugula, yang menghasilkan senyawa bioaktif seperti isotiosianat dengan efek kemopreventif.

Glukosinolat: Senyawa mengandung sulfur pada tanaman Brassicaceae, menghasilkan zat bioaktif seperti sulforaphane yang terkait dengan pencegahan kanker.

HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point): Sistem preventif untuk mengidentifikasi dan mengendalikan bahaya biologis, kimiawi, dan fisik pada produksi sayuran daun, memastikan keamanan pangan.

Hibridisasi: Teknik pemuliaan dengan persilangan terkontrol untuk menggabungkan sifat unggul, digunakan untuk meningkatkan hasil, ketahanan, dan kualitas nutrisi sayuran daun.

Integrated Disease Management (IDM): Pendekatan terpadu untuk mengelola penyakit tanaman dengan menggabungkan ketahanan inang, praktik budaya, pengendalian biologis, dan penggunaan fungisida berisiko rendah.

Isotiosianat (ITC): Senyawa bioaktif yang dihasilkan dari glukosinolat oleh enzim mirosinase, memiliki sifat antioksidan, anti-inflamasi, dan kemopreventif, terutama pada sayuran Brassica.

Kehilangan dan Pemborosan Pangan (FLW): Kerugian sayuran daun akibat kerusakan, pemangkasan, atau standar kosmetik, terjadi dari produksi hingga konsumsi, berdampak pada ekonomi dan lingkungan.

Kemasan Atmosfer Termodifikasi (MAP): Teknik pengemasan yang mengatur kadar oksigen (O₂ rendah, 1-5%) dan karbon dioksida (CO₂ sedang, 5-10%) untuk memperlambat respirasi, penuaan, dan pertumbuhan mikroba pada sayuran daun.

Ketersediaan Hayati: Fraksi nutrisi dari sayuran daun yang diserap dan dimanfaatkan tubuh, dipengaruhi oleh matriks makanan, antinutrisi, dan pengolahan.

Ketertelusuran: Kemampuan melacak perjalanan sayuran daun dari pertanian hingga konsumen melalui data tercatat, mendukung keamanan pangan dan transparansi.

Klorosis: Kondisi daun menguning akibat kekurangan nutrisi, seperti nitrogen, yang menurunkan produktivitas dan kualitas sayuran daun.

Landraces: Varietas tradisional sayuran daun yang dikembangkan petani, beradaptasi dengan kondisi lokal dan memiliki keragaman genetik yang unik.

Lapisan Edible: Lapisan tipis berbahan food-grade (polisakarida, protein, atau lipid) yang diaplikasikan pada sayuran daun untuk mengurangi transpirasi, memodifikasi konsentrasi gas, menekan respirasi, dan membawa bahan antimikroba atau antioksidan.

Lettuce Drop: Penyakit akibat *Sclerotinia sclerotiorum* atau *S. minor*, menyebabkan pembusukan lunak dan keruntuhan tanaman, terutama pada selada.

Lilin Epikutikular: Lapisan lilin pada permukaan daun yang meningkatkan sifat hidrofobik, memperpanjang umur simpan, dan mengurangi perlekatan patogen.

Marker-Assisted Selection (MAS): Teknik pemuliaan molekuler yang menggunakan penanda DNA untuk memilih sifat unggul, seperti ketahanan penyakit, tanpa menunggu ekspresi fenotipik.

Modified Atmosphere Packaging (MAP): Teknik pengemasan yang mengatur komposisi gas untuk memperpanjang umur simpan sayuran daun yang mudah rusak.

Nutrient Film Technique (NFT): Metode hidroponik yang menggunakan aliran tipis larutan nutrisi untuk menyediakan nutrisi dan aerasi ke akar tanaman.

Patogen Tanaman: Mikroorganisme seperti jamur (*Fusarium oxysporum*), oomycetes (*Peronospora farinosa*), atau bakteri yang menyebabkan penyakit pada tanaman.

Pembekuan Cepat Individu (IQF): Teknik pembekuan menggunakan ranjang terfluidisasi untuk membekukan sayuran daun secara individual, mencegah penggumpalan dan menjaga kualitas.

Pembekuan Kriogenik: Metode pembekuan cepat menggunakan nitrogen cair atau karbon dioksida, menghasilkan kristal es kecil untuk menjaga tekstur dan kualitas sayuran daun.

Pemodelan Kinetik: Pendekatan matematis untuk memprediksi laju penurunan kualitas sayuran daun, seperti warna atau tekstur, berdasarkan suhu dan komposisi atmosfer, sering menggunakan persamaan Arrhenius.

Pemrosesan Tekanan Tinggi (HPP): Teknik non-termal menggunakan tekanan tinggi (300-600 MPa) untuk menonaktifkan mikroba pada jus sayuran daun, mempertahankan nutrisi dan sensorik.

Pendinginan Hidro: Metode pra-pendinginan menggunakan air dingin untuk menghilangkan panas lapangan dari sayuran daun, efektif tetapi memerlukan sanitasi air untuk mencegah kontaminasi patogen.

Pendinginan Udara Paksa (FAC): Teknik pra-pendinginan yang menggunakan aliran udara dingin untuk mendinginkan sayuran daun dalam wadah berventilasi, lebih lambat dibandingkan pendinginan hidro tetapi praktis.

Pendinginan Vakum: Metode pra-pendinginan cepat untuk sayuran daun dengan rasio luas permukaan tinggi, seperti selada, menggunakan penguapan air untuk menurunkan suhu, tetapi menyebabkan kehilangan berat.

Pengelolaan Kesuburan Tanah Terpadu (ISFM): Pendekatan yang menggabungkan input organik dan anorganik untuk mengelderly memaksimalkan produktivitas tanah sekaligus menjaga lingkungan.

Pengendalian Biologis: Penggunaan musuh alami, seperti predator, parasitoid, atau patogen, untuk menekan populasi hama atau penyakit secara berkelanjutan.

Pengendalian Hama Terpadu (IPM): Strategi berbasis ekosistem yang mengintegrasikan metode biologis, budaya, fisik, dan kimiawi untuk mengelola hama dengan meminimalkan dampak lingkungan.

Penuaan Pascapanen: Proses endogen yang ditandai dengan penurunan fungsi metabolisme dan integritas struktural, seperti layu dan menguning, dipengaruhi oleh suhu, kelembapan, dan etilen.

Penyimpanan Atmosfer Terkendali (CA): Metode penyimpanan yang secara aktif mengontrol kadar oksigen, karbon dioksida, dan nitrogen untuk memperpanjang umur simpan sayuran daun, cocok untuk penyimpanan jangka panjang.

Penyimpanan Dingin: Penyimpanan sayuran daun pada suhu rendah (0-1°C) dan kelembapan relatif tinggi (95-100%) untuk memperlambat respirasi dan memperpanjang umur simpan.

Pertanian Lingkungan Terkendali (CEA): Sistem produksi pertanian yang mengontrol parameter lingkungan seperti cahaya, suhu, kelembapan, CO₂, dan nutrisi untuk optimasi pertumbuhan tanaman.

Pertanian Organik: Sistem produksi holistik yang meningkatkan kesehatan tanah dan keanekaragaman hayati, menghindari input sintetis seperti pestisida dan pupuk kimia.

Pertanian Presisi (PA): Pendekatan berbasis teknologi yang menyesuaikan input seperti pupuk, air, dan pestisida sesuai kebutuhan spesifik zona lahan untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan.

Pertanian Vertikal: Metode bercocok tanam dengan lapisan tanaman bertingkat di lingkungan terkendali, menggunakan sistem seperti hidroponik atau aeroponik.

Pesticide Residue (Residu Pestisida): Sisa pestisida pada sayuran daun dari aplikasi pertanian, diatur oleh Batas Maksimum Residu (MRL) untuk memastikan keamanan konsumen.

Polymerase Chain Reaction (PCR): Teknik molekuler untuk mendeteksi DNA atau RNA patogen, seperti virus atau jamur, dengan sensitivitas tinggi.

Preparat Biodinamik: Campuran pupuk kandang, herbal, atau mineral yang digunakan dalam pertanian biodinamik untuk meningkatkan vitalitas tanah dan tanaman.

Pulsed Electric Fields (PEF): Teknologi non-termal menggunakan pulsa listrik untuk menonaktifkan mikroba melalui elektroporasi, cocok untuk jus sayuran daun dengan kehilangan kualitas minimal.

Rantai Dingin: Sistem logistik berpendingin untuk menjaga suhu rendah (0-1°C) dari panen hingga konsumen, penting untuk mencegah pembusukan sayuran daun.

Respirasi Anaerobik: Kondisi akibat kadar oksigen terlalu rendah (<1%) dalam MAP, menyebabkan fermentasi, bau tidak sedap, dan penurunan kualitas sayuran daun.

Ribulosa-1,5-bisfosfat Karboksilase/Oksigenase (RuBisCO): Protein utama dalam sayuran daun hijau, menyumbang sebagian besar kandungan protein, terlibat dalam fotosintesis.

Russet Spotting: Gangguan fisiologis pasca-panen pada selada, ditandai dengan bintik cokelat akibat paparan etilen, melibatkan sintesis fenolik dan oksidasi enzimatis.

Seleksi Genomik (GS): Teknik pemuliaan yang memprediksi nilai pemuliaan menggunakan data SNP seluruh genom, efektif untuk sifat poligenik seperti hasil dan nutrisi.

Sklerotia: Struktur jamur yang persisten di tanah, seperti pada *Sclerotinia* spp., yang menyulitkan eradikasi penyakit.

Stres Luka: Respons fisiologis dan biokimia akibat pemotongan sayuran daun, menyebabkan peningkatan respirasi, produksi etilen, pencoklatan enzimatis, dan kerusakan membran, mempercepat penurunan kualitas.

Teknologi Laju Variabel (VRT): Teknologi dalam pertanian presisi yang menyesuaikan dosis input seperti pupuk atau pestisida berdasarkan data sensor dan peta resepsi.

Tipburn: Gangguan fisiologis ditandai dengan nekrosis pinggiran daun akibat kekurangan kalsium, umum pada selada dan kubis, diperparah oleh kelembapan tinggi atau ketidakseimbangan nutrisi.

Transmisi Uap Air (WVTR): Laju perpindahan uap air melalui film kemasan, penting dalam desain MAP untuk mencegah akumulasi kelembapan dan menjaga kualitas sayuran daun.

Tungau Predator: Tungau seperti *Phytoseiulus persimilis* yang mengendalikan hama seperti tungau laba-laba atau thrips dalam budidaya terlindung.

Valorisasi Limbah: Proses mengubah limbah sayuran daun, seperti sisa pemangkasan, menjadi produk bernilai, seperti senyawa bioaktif, pakan ternak, atau biogas.

Water Use Efficiency (WUE): Rasio biomassa yang dihasilkan per unit air yang digunakan, ditingkatkan melalui irigasi tetes dan penjadwalan irigasi yang optimal.

INDEKS

adaptasi, 10, 11, 26, 32, 33, 34, 40, 51, 53
Aeroponik, 5, 67, 69
agen kimia, 109
agronomi, 9, 33, 34, 36, 39, 40, 83, 84
air, 12, 13, 19, 20, 25, 28, 29, 30, 37, 39, 40, 42, 43, 44, 49, 51, 52, 53, 56, 59, 65, 67, 69, 71, 72, 73, 74, 77, 78, 79, 80, 82, 84, 86, 87, 91, 92, 96, 98, 100, 102, 103, 104, 106, 107, 108, 109, 111, 112, 114, 115, 117, 118, 119, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 143, 164
Amaranthaceae, 9, 22, 23, 25, 26, 30, 83, 150, 153, 162, 175
anatomi, 28, 30, 31, 47
antioksidan, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 26, 48, 51, 52, 81, 82, 83, 88, 108, 109, 120, 123
Asam absisat, 54, 56
Asam oksalat, 90
Asteraceae, 9, 22, 24, 25, 30, 83, 152, 175
Auksin, 54, 55
bahaya kimiawi, 125
bayam, 9, 10, 11, 13, 17, 22, 23, 25, 26, 30, 31, 32, 35, 36, 39, 44, 46, 47, 49, 51, 52, 53, 54, 59, 68, 69, 80, 81, 82, 83, 87, 89, 90, 100, 101, 104, 106, 119, 120, 126
Bayam, 14, 16, 22, 30, 33, 54, 59, 90
benih, 12, 33, 45, 46, 64, 70, 74, 78, 95
Bercak Russet, 100
berkelanjutan, 12, 17, 20, 21, 33, 34, 35, 37, 38, 40, 42, 43, 45, 50, 52, 55, 58, 59, 61, 62, 63, 64, 68, 72, 75, 77, 78, 79, 91, 103, 115
bioaktif, 31, 82, 86, 89, 119, 120, 123

biodinamik, 76
biofortifikasi, 36, 82
biokimia, 9, 31, 33, 47, 51, 83, 84, 112, 123
biologis, 11, 14, 47, 60, 61, 62, 63, 65, 106, 110, 127, 128
biomassa, 35, 40, 41, 43, 44, 47, 48, 65, 77, 78
Bioteknologi, 36, 37
botani, 9
Brassicaceae, 9, 22, 24, 25, 31, 82, 83, 153, 175
Cahaya, 3, 4, 15, 48, 73, 74
Carl Linnaeus, 22
CCP, 128, 129
Cedera beku, 53
Cedera dingin, 53
Cekaman dingin, 53
Chenopodiaceae, 9, 23, 25, 150
daun, 3, 4, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 86, 87, 89, 90, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 126
Degradasi klorofil, 99
dibudidayakan, 9, 10
dimakan, 9, 10, 25, 27, 28, 126
distribusi, 12, 19, 29, 47, 50, 66, 95, 103, 105, 107, 110, 115
diversifikasi, 10, 75, 175
Diversifikasi, 12
DNA, 13, 23, 36, 37, 38, 64, 81, 88
DWC, 68, 69, 163, 177

efisiensi, 12, 21, 29, 30, 34, 36, 37, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 56, 63, 65, 67, 69, 74, 75, 77, 78, 79, 101, 104, 163, 164, 173

ekonomi, 9, 11, 12, 19, 20, 22, 41, 58, 60, 63, 65, 66, 74, 75, 78, 79, 118, 174

ELISA, 64

energi, 16, 41, 45, 47, 72, 73, 74, 75, 78, 79, 80, 86, 98, 113, 117, 118, 120

esensial, 12, 13, 16, 18, 41, 47, 49, 67, 80, 81, 82, 108

Etilen, 6, 54, 56, 98, 113

famili, 9, 22, 24, 26

fenotipik, 34, 35, 36

Fermentasi, 6, 121, 122, 123

feromon, 60, 61

filogenetik, 9, 23, 24

fisiologi, 10, 29, 31, 48, 49, 53, 75

fitohormon, 54

fitokimia, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 22, 34, 82, 83, 84, 86, 88, 89, 92, 94, 95, 119, 120, 123

Flavonoid, 83

fotosintesis, 26, 29, 30, 31, 47, 48, 49, 51, 52, 53, 56, 59, 65, 72, 74, 75

Fotosintesis, 4, 47

fungsi, 29, 35, 37, 89, 109, 113, 119, 121

GAP, 20, 114, 126, 127, 128, 129, 132, 138, 181

genetik, 3, 10, 15, 16, 23, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 45, 46, 51, 75, 83, 91, 95

genotipe, 14, 15, 25, 51, 83

Genotipe, 3, 15, 83, 95

GHP, 20, 127, 128, 129, 181

Giberelin, 54, 55

Glukosinolat, 82, 89

gulma, 39, 40, 46, 60, 61, 65, 76, 104
HACCP, 114, 128, 129, 181
hama, 20, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 40, 44, 45, 58, 60, 61, 62, 63, 66, 76, 77, 82, 125, 129, 130
hayati, 12, 22, 31, 32, 58, 61, 64, 66, 75, 76, 79, 82, 86, 87, 92, 126
hidroponik, 21, 67, 68, 69, 71, 72, 74, 79, 95, 163, 164
hormonal, 51, 54, 55
hortikultura, 10, 12, 75, 173
iklim, 18, 20, 26, 30, 31, 33, 34, 35, 37, 40, 44, 45, 49, 52, 58, 72, 74, 75, 106
Indeks kematangan, 101
industri, 12, 22, 111, 115, 117, 119, 120, 126, 128
Infeksi laten, 66
inovasi, 12, 37, 38, 75
intensif, 32, 34, 40, 41, 42, 58, 76, 78, 101
kale, 9, 39, 46, 47, 48, 51, 80, 81, 82, 83, 84, 89, 106, 119, 120, 138
kalori, 16, 17, 80, 81, 86
Karbohidrat, 47, 80
Karotenoid, 14, 82, 89
keamanan pangan, 12, 13, 129
keberlanjutan, 10, 12, 21, 32, 42, 43, 44, 45, 46, 61, 63, 75, 77, 78, 79, 95
kelembapan, 3, 15, 39, 43, 44, 45, 46, 49, 50, 61, 62, 65, 74, 77, 78, 80, 96, 98, 99, 100, 102, 104, 106, 107, 112, 114, 116, 117, 119
Kemasan Atmosfer Termodifikasi, 6, 107
kesegaran, 13, 30, 35, 93, 111
kinetika enzim, 48
komunikasi, 175
konservasi, 22, 24, 32, 33, 34, 39, 40, 61, 62
konsumen, 10, 13, 20, 21, 27, 30, 31, 35, 38, 45, 57, 66, 72, 74, 76, 77, 78, 79, 92, 93, 94, 95, 97, 104, 110, 111, 115, 125

konsumsi, 9, 10, 18, 19, 80, 82, 86, 88, 89, 90, 111, 115, 118, 119, 120

kontaminasi, 20, 28, 58, 66, 68, 69, 78, 101, 102, 104, 111, 113, 114, 115, 124, 125, 127, 128

Kontaminasi, 19, 20, 114, 124, 125

kualitas, 12, 13, 16, 18, 19, 20, 21, 28, 30, 34, 35, 36, 37, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 51, 52, 53, 55, 56, 58, 59, 61, 66, 74, 83, 84, 86, 92, 93, 94, 95, 96, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 122, 123, 124, 127, 128, 164

kubis, 9, 11, 16, 22, 25, 27, 35, 58, 100, 121, 122

kuliner, 9, 10, 25, 27, 29, 30, 32

kultivar, 14, 25, 30, 31, 32, 34, 35, 36, 37, 51, 52, 55, 61, 64, 82, 83, 91, 94, 95, 100, 106, 126

lahan, 12, 18, 33, 34, 39, 40, 42, 46, 52, 72, 73, 77, 78, 125, 127

Lapisan edible, 108

LCA, 79, 177

limbah, 67, 69, 75, 78, 110, 116, 130

lingkungan, 12, 14, 15, 16, 17, 20, 21, 25, 26, 29, 30, 31, 32, 37, 40, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 51, 54, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 71, 73, 74, 75, 77, 78, 79, 82, 83, 84, 88, 89, 95, 99, 106, 107, 113, 114, 115, 120, 121, 124, 125, 126, 127, 128, 130, 165, 173

Lipid, 81, 178

logistik, 12, 20

makanan fungsional, 89

Makronutrien, 3, 5, 13, 80

manajemen, 12, 13, 47, 49, 54, 55, 59, 68, 69, 74, 75, 76, 77, 78, 83, 84, 86, 97, 98, 110, 115, 116, 124, 127, 129

Manajemen, 4, 13, 41, 42, 71, 75, 78, 84, 96, 98, 100, 128, 129, 174

Masa simpan, 115, 116

metabolik, 49, 88, 106

Metrik sosial, 79
mikroba, 20, 28, 29, 39, 40, 42, 50, 63, 76, 80, 96, 99, 101, 102, 104, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 121, 124, 125, 127, 128, 129, 130, 164
mikrobiologis, 92, 94, 113, 114, 115
Mikronutrien, 3, 5, 13, 17, 18, 81
mineral, 10, 13, 14, 16, 18, 29, 32, 37, 49, 65, 67, 70, 76, 81, 84, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 94, 119, 121, 122, 130, 159, 161
Model prediktif, 110
molekuler, 23, 33, 34, 36, 51, 54, 64, 94
morfologi, 9, 23, 27, 28, 30, 31, 33, 34, 48, 95
NFT, 67, 163, 177
non-GMO, 36
nutraseutikal, 119
nutrisi, 3, 10, 12, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 24, 25, 29, 30, 31, 32, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 43, 46, 47, 49, 50, 51, 55, 61, 67, 68, 69, 70, 74, 75, 76, 77, 78, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 89, 92, 93, 94, 95, 96, 100, 104, 109, 112, 113, 114, 117, 118, 119, 121, 122, 123, 163, 164
organik, 12, 19, 39, 40, 41, 42, 54, 61, 75, 76, 77, 78, 79, 84, 92, 93, 95, 98, 108, 109, 111, 120, 126, 130
panelis, 94
pangan, 9, 10, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 26, 28, 30, 31, 32, 33, 35, 37, 38, 40, 45, 66, 75, 79, 80, 83, 89, 92, 94, 109, 110, 115, 116, 121, 127, 128, 129, 130, 175
parasitoid, 60, 61, 62, 63
pasar, 10, 11, 12, 13, 20, 21, 27, 32, 35, 38, 41, 44, 45, 46, 55, 56, 60, 72, 74, 79, 92, 95, 101, 103
pascapanen, 3, 12, 13, 14, 15, 19, 20, 21, 27, 28, 29, 30, 31, 35, 37, 53, 56, 59, 66, 83, 84, 92, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 106, 109, 127, 129

patogen, 19, 21, 28, 29, 35, 45, 46, 58, 59, 60, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 69, 82, 94, 103, 108, 111, 114, 115, 124, 125, 127, 129, 163

Pemanenan mekanis, 101

Pembekuan, 6, 118, 119, 122

pembusukan, 13, 59, 66, 92, 96, 98, 99, 103, 106, 108, 122, 124

pemotongan, 96, 98, 111, 112, 113, 116, 125

pemuliaan, 20, 22, 23, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 51, 54, 64, 82, 83, 89, 91, 93

Pencucian, 111, 116

pendinginan, 49, 56, 96, 98, 102, 103, 106, 114, 124, 128

Pendinginan hidro, 102

Pendinginan udara paksa, 102

pengelolaan, 175

pengemasan, 12, 13, 19, 21, 27, 28, 56, 96, 98, 103, 104, 107, 110, 111, 113, 114, 125, 127, 128

Pengemasan, 6, 103, 104, 112, 115, 119

pengeringan, 103, 112, 114, 117, 118, 119, 122, 123

pengolahan, 10, 24, 27, 28, 31, 39, 40, 76, 77, 84, 87, 90, 113, 114, 115, 116, 118, 119, 120, 122, 123, 127, 128, 130, 173

Pengolahan minimal, 111, 112

penyedap, 9

pertanian, 10, 12, 21, 22, 32, 33, 34, 35, 38, 40, 41, 42, 45, 46, 54, 55, 61, 63, 69, 71, 72, 73, 74, 76, 77, 78, 79, 114, 124, 125, 126, 127, 128, 164, 165, 173

Pertanian Presisi, 5, 77

pertanian vertikal, 12, 21, 72, 73, 79, 164

pestisida, 12, 20, 35, 44, 45, 58, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 72, 74, 75, 76, 78, 79, 92, 94, 125, 127, 129

pestisida sintetis, 20, 58, 65, 75, 126

PHT, 58, 60, 61, 62, 64, 66, 126

plasma nutfah, 24, 34, 35

pola makan, 12, 14, 16, 17, 18, 19, 21, 24, 26, 86, 89

populasi, 10, 12, 36, 60, 62, 63, 82, 86, 94, 111, 130
Pra-pendinginan, 102
predator, 60, 61, 62, 63
Predator arthropoda, 62, 63
preferensi, 10, 24, 31, 32, 94, 95
presisi, 12, 36, 42, 43, 44, 61, 63, 67, 69, 70, 77, 101, 112, 164
produksi, 3, 10, 12, 15, 21, 39, 40, 41, 43, 44, 49, 51, 58, 59, 61, 63,
64, 65, 67, 71, 72, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 83, 88, 89, 90, 95, 96, 98,
101, 102, 112, 113, 114, 124, 125, 127, 128, 129
produktivitas, 26, 29, 34, 35, 39, 40, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 51,
52, 55, 58, 66, 73, 77, 79, 164, 165
Pupuk sintetis, 42
QDA, 94, 95
rantai nilai, 12
rasa, 9, 13, 24, 25, 30, 31, 32, 35, 36, 52, 80, 82, 86, 92, 93, 94, 95,
96, 97, 101, 108, 115, 117, 118, 119, 121, 123
regulasi, 13, 36, 37, 38, 41, 56, 81, 89, 90, 108, 109, 115, 120
ritel, 12, 19, 110, 115
rumah kaca, 12, 44, 45, 62, 63, 65, 68, 69, 78
sanitasi, 20, 59, 61, 65, 68, 76, 102, 104, 109, 111, 112, 115, 116,
128, 129, 130
sawi hijau, 9
sawi putih, 9, 24, 25
sayuran, 3, 4, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23,
24, 25, 26, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43,
44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62,
63, 64, 65, 66, 67, 71, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 86, 87,
88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103,
104, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117,
118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130

selada, 9, 10, 11, 22, 24, 25, 27, 30, 31, 32, 35, 36, 39, 46, 47, 48, 49,
51, 52, 53, 54, 59, 67, 68, 69, 71, 73, 80, 81, 82, 83, 90, 95, 98, 100,
101, 103, 106, 107, 109, 112, 113, 126

Sensor, 43, 77, 177, 181

sensorik, 20, 30, 92, 93, 94, 95, 97, 101, 108, 109, 110, 111, 117, 120,
121, 122, 123

serat, 13, 18, 26, 80, 86, 89, 92, 94, 96, 101, 119, 122

Sistem geoposisi, 77

Sitokinin, 54, 56

Skala hedonik, 94

spesies, 9, 10, 11, 14, 18, 22, 23, 24, 26, 30, 31, 32, 34, 39, 51, 52, 54,
58, 71, 72, 82, 83, 88, 95, 100, 106, 107, 126

SSOP, 115, 129

standar, 10, 12, 13, 34, 76, 79, 93, 94, 103, 104, 115, 116, 125, 127,
129

stres abiotik, 35, 36, 37, 51, 54, 56

Stres dingin, 52

Stres panas, 52

suhu, 13, 14, 15, 19, 20, 30, 34, 35, 40, 43, 44, 46, 47, 48, 49, 50, 51,
52, 53, 54, 62, 68, 74, 84, 96, 98, 99, 100, 103, 106, 107, 109, 110,
111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 122, 123, 124,
127, 128, 129

suplemen, 89

taksonomi, 9, 10, 11, 22, 23, 26

tanaman, 3, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 22, 23, 24, 29, 30, 31, 32, 34, 35,
36, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54,
55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73,
74, 75, 76, 77, 78, 82, 83, 84, 87, 90, 95, 98, 99, 101, 103, 112,
113, 115, 121, 124, 125, 126, 130, 164

Teknologi, 4, 6, 21, 38, 42, 44, 45, 46, 64, 77, 78, 107, 118, 119, 121,
173, 174

tekstur, 9, 19, 27, 28, 29, 30, 31, 35, 42, 52, 80, 92, 93, 94, 95, 96, 97,
98, 99, 108, 110, 112, 113, 115, 117, 118, 119, 121, 122
tradisional, 9, 12, 18, 32, 39, 43, 61, 120
Transpirasi, 6, 98
trikoma, 28
TTI, 110
umur simpan, 13, 20, 21, 28, 56, 66, 98, 99, 101, 103, 104, 106, 107,
108, 109, 110, 111, 112, 113, 116
vegetatif, 34, 41, 42, 51, 55, 96
Virus enterik,, 124
vitamin, 10, 13, 14, 16, 18, 19, 25, 26, 31, 32, 35, 81, 83, 84, 86, 87,
88, 89, 92, 94, 110, 117, 119, 120, 121, 122, 161

BIBLIOGRAFI PENULIS



Prof. Dr. Sc.Agr. Ir. H. La Karimuna, M.Sc. lahir tanggal 27 September 1963, 62 tahun silam dari keluarga sederhana di Desa Kasaka, sekitar 60 km dari kota Raha, merupakan anak ke tujuh dari delapan bersaudara dari pasangan orang tua tercinta kebanggaan keluarga besar, yakni ayahanda La Fenta (Alm) dan Ibunda Wa Ari (Almarhumah).

Penulis mengikuti pendidikan SD tahun 1974 di SDN Kasaka Desa Kolasa, Kosundano. Tahun 1977 lulus dari SMP Muhammadiyah Raha, dan tahun 1981 lulus dari SMA Neg. 278 Raha (saat ini SMAN 1 Raha), Kabupaten Muna. Penulis melanjutkan studi sarjana (Ir.) diperoleh pada Program Studi Agronomi, Jurusan Budidaya Pertanian, Universitas Halu Oleo, Kendari Tahun 1986. Penulis melanjutkan studi Magister S2 atas biaya GTZ dari Pemerintah Jerman dan memperoleh gelar Master of Science (M.Sc.) pada program Studi Environmental Risk Assessment for Tropical Ecosystems, di University of Chiang Mai, Thailand, tahun 1995. Sejak Oktober 1996, penulis melanjutkan studi doktoral S3 atas biaya Asian Development Bank (ADB) dan gelar Doktor (Dr.Sc.Agr.) diraih bulan Juni 2000 di Institute of Agronomy in the Tropic and Subtropic, University of Goettingen, Germany. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif berorganisasi dan lembaga kemahasiswaan intra dan ekstra kurikuler, sehingga berkesempatan untuk mengikuti pertemuan mahasiswa baik lokal, nasional maupun internasional.

Penulis diangkat menjadi dosen pada Fakultas Pertanian Universitas Halu Oleo tahun 1987 dan senantiasa menjaga komitmen dan disiplin tinggi dalam melaksanakan Tridharma Perguruan Tinggi dan pengembangan diri. Penulis terkenal dengan sosok sebagai figur sederhana, pekerja keras, disiplin dan memiliki hobi olah raga dan seni. Tanggal 19 November 1987, menikah dengan Dra. Siti Sarfiah dan dikaruniai empat anak, yakni Siti Rabbani Karimuna, SKM, M.PH. (37 tahun, menikah, 5 anak cucu), Siti Rahmah Karimuna, SP, M.Si. (34 tahun, menikah, 3 anak cucu), dr. Siti Aisyah Karimuna, S.Ked. (27 tahun, menikah, 1 anak cucu) dan La Ahmad Yusuf Karimuna (21 tahun, single). Kesuksesan dalam pendidikan dan karir tidak lepas dari dorongan, ketabahan, kesabaran dan doa dari istri tercinta dan anak-anak penulis beserta keluarga dan semua pihak, namun takdir berkehendak lain, keluarga yang telah dibina selama 30 tahun akhirnya kandas dan bercerai tanggal 24 Mei 2017. Penulis menikah lagi dengan Zuliana Sari, S.Pt pada tanggal 8 Juni 2017, dan tetap aktif melanjutkan tugas tridharma perguruan tinggi sebagai dosen pada Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian di Universitas Halu Oleo Kendari, dan saat yang bersamaan memperoleh amanah sebagai Rektor Universitas Lakidende Unaaha periode 2024-2028 yang dilantik oleh Ketua Yayasan Lakidende Razak Porosi tanggal 18 April 2024.

Penulis telah menghasilkan berbagai karya ilmiah yang dipublikasikan baik dalam jurnal ilmiah nasional, nasional terakreditasi maupun dalam jurnal internasional dan jurnal internasional bereputasi terindeks scopus. Beberapa karya ilmiah internasional telah dipresentasikan di berbagai negara di luar negeri seperti Thailand, Filipina, Singapore, Vietnam, Malaysia, Korea Selatan, China, Perancis, Belanda, Inggris, Swiss, dan Jerman. Penulis giat melaksanakan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat atas biaya dan kerja sama dengan DP2M DIKTI, maupun penelitian dan pengabdian kerjasama dengan Instansi Pemerintah

di daerah, nasional dan Internasional. Melalui SK Menteri Pendidikan Nasional No.: 34426/A2.7/KP/ 2004, Tanggal 23 September 2004, Penulis ditetapkan sebagai Guru Besar pada Bidang Agronomi Fakultas Pertanian Universitas Halu Oleo, pada usia 40 tahun, Guru Besar Termuda dan ke 7 di Universitas Halu Oleo, Kendari.

Penulis telah menyusun beberapa bahan kuliah dan penuntun praktikum baik dalam bentuk Diktat, Modul, Bahan Ajar, Buku Referensi maupun monograf. Syukur Alhamdulillah, atas dukungan dan bantuan petunjuk Bapak Prof. Dr. Muhammad Zamrun F., S.Si, M.Si., M.Sc. Rektor Universitas Halu Oleo, yang tak henti-hentinya mengingatkan tugas dan tanggung jawab sebagai Guru Besar yang memiliki tugas tambahan serta kewajiban khusus Professor dalam memberikan motivasi, karena Penulis diberi kesempatan untuk menyusun buku penting yang dibutuhkan masyarakat ilmiah, seperti mahasiswa, dosen dan praktisi untuk memahami dan mengamalkan ilmu pengetahuan dan teknologi yang berkaitan dengan upaya manusia untuk memperoleh hasil pertanian dalam bentuk jumlah dan kualitas memadai yang berwawasan lingkungan, Buku referensi ini merupakan kumpulan informasi berharga dari berbagai bahan acuan untuk mengungkap rahasia alam dalam pengembangan komoditas tanaman hortikultura pada era kemajuan teknologi maju dan canggih secara berkelanjutan.



DR. Rustan Ari, STP., M.Si. dosen pada program studi teknologi hasil pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Sulawesi Tenggara. Lahir di Bone Sulawesi Selatan 17 Agustus 1967 dari ayah Peru (Purnawirawan TNI AD) serta Ibu Sunarti (Almarhumah). Merupakan anak ketiga dari empat bersaudara. Penulis Lulus SMA 1 Raha tahun 1986,

Kuliah di Fakultas Teknologi Pertanian Unsultra dan lulus tahun 1994. Melanjutkan studi program magister di prodi TIP IPB dan lulus tahun 2003. Tahun 2010 diterima di program Doktor pada prodi TIP IPB dan lulus tahun 2015. Pengabdian Internal selama berkarier sebagai dosen mendapat Amanah menjabat kepala pusat studi pertanian dan pedesaan, kepala pusat studi kajian lingkungan hidup, Kepala LPPM, Pengelola jurnal sultra sains, Spada fateta sebagai embrio spada universitas, Dekan Fakultas Teknologi Pertanian. Kegiatan eksternal kampus sebagai Konsultan penjamin mutu pembangunan SMK se Sultra serta Berkolaborasi Pemda Bombana dan Politeknik Negeri Ujung Pandang pada Rintisan program studi diluar domisili menjadi Akademi Komunitas. Dalam proses pengajaran, penelitian dan pengabdian kepada masyarakat fokus pada teknologi pengolahan hasil perkebunan, Pengolahan hasil perikanan serta hortikultura serta agropreneur. Buku yang telah dihasilkan antara lain Pedoman penulisan Proposal Penelitian dan Skripsi, Analisis Produktivitas dan efisiensi usaha tani padi gogo, Tingkatkan Hasil Pertanian dengan efisiensi. Pengetahuan bahan agroindustri, Penanganan dan Pengolahan Produk Hortikultura



DR. Fahrizal, MP. lahir di Soppeng-Sulawesi Selatan, 8 Agustus 1969. Pendidikan dasar dan Menengah diselesaikan di kota kelahirannya. Pendidikan Tinggi ditempuh dari Program Studi Pendidikan Teknik Mesin FPTK IKIP Ujung Pandang. Setelah menyelesaikan program sarjana tahun 1993, melanjutkan ke Program Studi

Mekanisasi Pertanian Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada Yogyakarta [1997-2000]. Gelar Doktor diperoleh dari Sekolah Pascasarjana IPB pada Program Studi Teknologi Industri Pertanian [2010-2015]. Penulis ditempatkan sebagai Tenaga Pengajar (Dosen) pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin FKIP Undana sejak 1 Maret 1994 melalui jalur Ex Penerima Tunjangan Ikatan Dinas Ditjen Dikti Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Selain tugas utama mengajar, penulis juga aktif melakukan kegiatan penelitian dan pengabdian masyarakat yang relevan dengan bidang keahliannya yaitu Sistem Produksi. Sejumlah kegiatan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat pernah dilakukan, seperti IPTEKDA LIPI, Program Life Skills PLS DEPDiknas, dan Program Kemitraan Masyarakat dan sejumlah kegiatan penelitian yang didanai oleh Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi. Buku yang berjudul PERENCANAAN (PERANCANGAN) DAN PENGUKURAN KINERJA MESIN PENIRIS MINYAK (SPINNER) merupakan buku kelima. Sebelumnya pada tahun yang sama penulis juga menulis buku berjudul PERENCANAAN DAN PENGUKURAN KINERJA MESIN PENGIRIS UBI KAYU.



Dr. Kalis Amartani, S.Si., M.P. lahir di Kendari 28 Mei 1984 pendidikan S1 di Universitas Halu Oleo jurusan kimia tahun 2018, menyelesaikan pendidikan S2 di Universitas Halu Oleo bidang Agronomi tahun 2015 dan pendidikan S3 di Universitas Halu Oleo dalam bidang Agronomi tahun 2024. Saat ini bekerja sebagai dosen tetap pada

Fakultas Pertanian Universitas Lakidende Unaaha sejak tahun 2010 sampai sekarang dan mengapuh mata kuliah Kimia Dasar, Biologi Umum, Agroklimatologi, Teknik Budidaya Tanaman, Statistik dan Multiple Cropping. Penulis aktif dalam kegiatan penelitian dan pengabdian masyarakat baik yang kolaboratif maupun mandiri. Beberapa buku kolaborasi yang dihasilkan antara lain Fisiologi Tumbuhan dan Agroklimatologi.



Rasidin Utha SE., MSi. Lahir di Kendari 27 Juni 1968 anak ke 5 Dari 7 bersaudara. Orang tua Bapak Lautha dan Ibu Nurhayati. Pendidikan SD Teladan tamat tahun 1980, SMP 1 Kendari 1983, SMA Mandonga Kendari 1986, Sarjana Ekonomi pada UMI Makassar tahun 1994 serta Magister ekonomi pada Universitas Haluoleo Kendari tahun 2014. Selama

pengabdian menjadi dosen pada Fakultas Ekonomi Universitas Sulawesi Tenggara, Mengajar pada mata kuliah Pengantar Manajemen, Pengantar Bisnis, Riset Keuangan, Manajemen Keuangan dan Pemasaran Internasional, serta diamanahkan menjadi ketua program studi Manajemen pada Fakultas ekonomi dan Bisnis. Dalam melaksanakan tridharma perguruan tinggi terkhusus pada dharma pengabdian kepada masyarakat, telah berkontribusi pada pendampingan kelompok panguyuban didesa Gandarum Kabupaten Pekalongan Jawa Tengah, Fasilitator pada proyek Sulawesi Agriculture Area Development Project (SAADP), Konsultan pendamping program pengembangan kecamatan (PPK) di Kabupaten Buton. Kontribusi pada bidang penelitian yakni implementasi kebijakan pengelolaan hutan bakau di kabupaten Kendari, Jaringan komunikasi keluarga berencana (KB) di Sulawesi Tenggara, Tingkat partisipasi Masyarakat pesisir dalam pengelolaan sampai di Kota Kendari, Dampak pemberian kompensasi untuk meningkatkan motivasi kepuasan pelayanan dan kinerja kepala desa di Kabupaten Konawe, Strategi penumbuhan kemitraan dan penguatan kelembagaan petani dalam mendukung ketahanan pangan di kabupaten Konawe serta kajian diversifikasi usaha tani yang diadakan oleh Lembaga penelitian dan pengembangan propinsi Sulawesi Tenggara. Pada tahun 2019- 2014 mendapatkan Amanah dari Rakyat Kota Kendari menjadi Anggota Legeslatif.