

e-ISSN : 3031-0342
Diterima: : 3 September 2025
Disetujui : 14 Desember 2025
Tersedia online di <https://journal.unram.ac.id/index.php/agent>

IMPLEMENTASI SMART LABEL DENGAN INDIKATOR WARNA UNTUK MENGIDENTIFIKASI TINGKAT KEMATANGAN PISANG AMBON (*Musa paradisiaca var. sapientum*)

*Implementation of Smart Label with Color Indicators to Identify the Ripeness Level of Ambon Banana (*Musa paradisiaca var. sapientum*)*

Lilik Juniarti^{1*}, Sukmawaty¹, Ida Ayu Widhiantari¹, Ince Siti Wardatullatifah¹

¹Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri,
Universitas Mataram

Email: lilikjuniarti646@gmail.com

ABSTRACT

*This research aimed to implement a smart label with color indicators to identify the ripeness of Ambon banana (*Musa paradisiaca var. sapientum*). The study used synthetic indicators, Bromophenol Blue (BB) and Methyl Red (MR), applied to Whatman paper no. 01 and 41. The indicators respond to pH changes during banana ripening, allowing clear visual observation of ripeness stages. The results showed that Whatman paper no. 41 produced more stable and intense colors compared to Whatman no. 01. The label color changes correlated with physical and chemical parameters, including weight loss, texture, °Brix, and pH of the fruit. The implementation of smart labels can provide accurate, practical, and low-cost methods for monitoring banana ripeness during storage and distribution.*

Keywords: ambon banana; color indicator; packaging; ripeness; smart label

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan *smart label* dengan indikator warna untuk mengidentifikasi tingkat kematangan pisang Ambon (*Musa paradisiaca var. sapientum*). Indikator sintetis yang digunakan adalah Bromofenol Biru (BB) dan Metil Merah (MR) yang diaplikasikan pada kertas Whatman nomor 01 dan 41. Indikator tersebut merespons perubahan pH yang terjadi selama pematangan pisang sehingga memungkinkan pengamatan visual tingkat kematangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kertas Whatman nomor 41 menghasilkan warna yang lebih stabil dan jelas dibandingkan Whatman nomor 01. Perubahan warna label berkorelasi dengan parameter fisik dan kimia pisang, meliputi susut bobot, tekstur, kadar °Brix, dan pH. Implementasi smart label ini berpotensi menjadi metode yang akurat, praktis, dan ekonomis untuk memantau tingkat kematangan pisang selama penyimpanan dan distribusi.

Kata kunci: indikator warna; kemasan pintas; kematangan; pisang ambon; *smart label*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara tropis penghasil pisang terbesar di dunia. Pisang Ambon (*Musa paradisiaca* var. *sapientum*) menjadi komoditas unggulan karena tekstur lembut, rasa manis, dan aroma khasnya. Namun, permasalahan muncul pada proses identifikasi tingkat kematangan, khususnya pada varietas Ambon lumut yang kulitnya tetap hijau meskipun matang. Identifikasi secara visual menjadi kurang akurat. Oleh karena itu, diperlukan inovasi berupa smart label berbasis indikator warna. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui formulasi larutan indikator terbaik, media kertas optimal, serta efektivitas smart label dalam mendeteksi susut bobot, tekstur, kadar °Brix, dan pH pisang Ambon.

Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Mengetahui larutan yang optimal digunakan untuk mengidentifikasi tingkat kematangan pisang ambon (*Musa paradisiaca* var. *sapientum*).
2. Mengetahui kertas yang optimal digunakan untuk mengidentifikasi kematangan pisang ambon (*Musa paradisiaca* var. *sapientum*).
3. Mengkaji efektifitas penggunaan *smart label* untuk mengidentifikasi susut bobot, tekstur, kadar brix dan pH Pisang Ambon (*Musa paradisiaca* var. *sapientum*).

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi timbangan analitik, colorimeter, texture analyzer, refraktometer, dan pH meter. Bahan penelitian berupa pisang Ambon lumut, larutan bromofenol biru, metil merah, alkohol sebagai pelarut, serta kertas Whatman nomor 01 dan 41.

Metode

Penelitian dilakukan menggunakan rancangan acak lengkap dengan perlakuan kombinasi rasio indikator bromofenol biru dan metil merah serta variasi volume pelarut. Label dibuat dengan mencelupkan kertas Whatman ke dalam larutan indikator, lalu dikeringkan. Pisang disimpan pada suhu ruang dan diamati selama 10 hari.

Parameter Penelitian

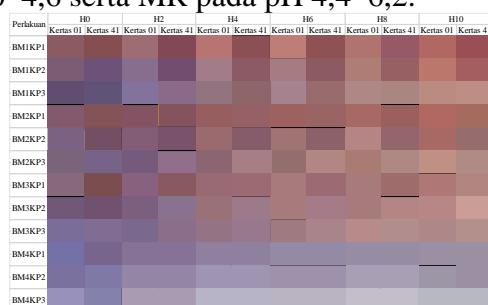
Parameter yang diukur dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Warna label indikator
2. Warna kulit pisang
3. Susut bobot
4. Tekstur
5. Kadar brix
6. pH

HASIL DAN PEMBAHASAN

Warna Label Indikator

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa smart label berbasis indikator warna bromofenol biru (BB) dan metil merah (MR) mampu memberikan respon visual yang jelas terhadap perubahan pH yang terjadi selama pematangan pisang Ambon. Pada awal penyimpanan (H0), warna label cenderung biru–ungu akibat kondisi pH buah yang relatif netral hingga sedikit asam. Seiring waktu, warna label bergeser menjadi hijau–kuning pada fase pertengahan penyimpanan (H4–H6), dan akhirnya merah–oranye pada fase akhir (H8–H10). Pergeseran warna ini sejalan dengan rentang sensitivitas kedua indikator, yaitu BB yang bekerja pada pH 3,0–4,6 serta MR pada pH 4,4–6,2.



Gambar 1. Perubahan Warna Label Indikator Kertas Whathman 01 dan 41

Kombinasi kedua indikator terbukti lebih efektif dibandingkan indikator tunggal karena dapat mencakup rentang perubahan pH pisang Ambon yang cukup lebar selama pematangan. Hal ini mendukung hasil penelitian Wang et al. (2021) yang menyatakan bahwa indikator sintetis dengan rentang pH sempit–sedang akan lebih akurat bila dikombinasikan. Selain itu, transisi warna yang kontras (biru → hijau → kuning → merah) memudahkan pengamatan visual oleh konsumen maupun produsen.

Peran media kertas juga penting. Kertas Whatman nomor 41 dengan porositas lebih besar mampu menyerap lebih banyak larutan indikator, sehingga warna yang dihasilkan lebih pekat dan stabil dibandingkan dengan kertas Whatman nomor 01. Hal ini sejalan dengan Ge et al. (2017) yang menegaskan bahwa perbedaan porositas media berpengaruh pada distribusi larutan indikator serta kestabilan warna label pintar. Dengan demikian, pemilihan kombinasi BB–MR pada kertas Whatman nomor 41 menjadi formulasi yang optimal.

Dengan demikian, pemilihan kombinasi BM1KP3 dengan rasio BM1 (7:1) serta penggunaan pelarut KP3 (100 mL) pada kertas Whatman nomor 41 menjadi formulasi yang paling optimal, karena menghasilkan warna yang stabil, pekat, serta perubahan warna yang jelas sesuai dengan tingkat kematangan pisang Ambon.

Warna Kulit Pisang

Salah satu kendala utama dalam penentuan tingkat kematangan pisang Ambon adalah warna kulit buah yang cenderung tetap hijau meskipun telah matang. Berbeda dengan varietas pisang Cavendish atau Raja yang menunjukkan perubahan kulit dari hijau → kuning → kecokelatan, pisang Ambon lumut tetap mempertahankan warna hijau bahkan saat sudah matang.



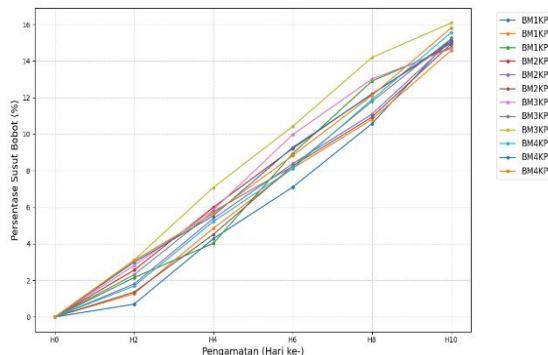
Gambar 2. Perubahan Warna Kulit Pisang pada Kertas Whatman Nomor 01 dan 41

Hasil penelitian dalam gambar 2 menunjukkan bahwa meskipun warna kulit relatif stabil, smart label memberikan indikasi perubahan yang lebih akurat. Pada hari ke-6, label menunjukkan perubahan warna signifikan, meskipun kulit buah masih tampak hijau. Hal ini membuktikan bahwa smart label lebih representatif dalam mendekripsi perubahan internal buah dibandingkan metode visual tradisional.

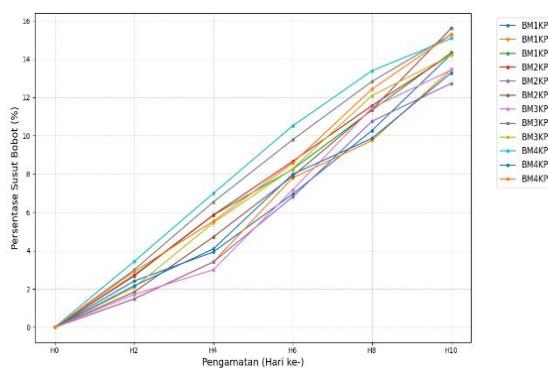
Temuan ini sejalan dengan Indarto & Murinto (2020) yang menyatakan bahwa klasifikasi kematangan berdasarkan warna kulit pisang tidak selalu relevan pada varietas dengan kulit hijau permanen. Oleh karena itu, penerapan smart label memberikan solusi yang lebih tepat, terutama untuk varietas seperti pisang Ambon.

Susut Bobot

Susut bobot merupakan salah satu parameter penting dalam penilaian mutu buah. Selama penyimpanan, pisang Ambon mengalami penurunan bobot secara signifikan, dari H0 hingga H10 tercatat rata-rata susut bobot mencapai lebih dari 15%. Kehilangan bobot ini terutama disebabkan oleh proses transpirasi (kehilangan air) dan respirasi (pemanfaatan cadangan karbohidrat).



Gambar 3. Persentase Susut Bobot Kertas 01 pada Semua Perlakuan



Gambar 4. Persentase Susut Bobot Kertas 41 pada Semua Perlakuan

Grafik susut bobot pada gambar 2 dan 3 menunjukkan pola kenaikan yang konsisten dari hari ke-0 hingga hari ke-10. Pada H0, nilai susut bobot masih 0%, menandakan belum adanya kehilangan massa. Namun setelah H4, laju susut bobot mulai meningkat tajam, dan mencapai puncak antara H6–H10. Hal ini sesuai dengan pernyataan Kader (2002) yang menjelaskan bahwa selama penyimpanan, laju transpirasi buah tropis meningkat pesat jika tidak didukung sistem kemasan yang menjaga kelembapan relatif dan suhu stabil. Sejalan dengan itu, Prakash et al. (2011) menegaskan bahwa faktor waktu merupakan variabel dominan yang menentukan degradasi fisik buah pascapanen.

Dengan melihat pola pada grafik, dapat disimpulkan bahwa fase kritis terjadi pada H6–H10, di mana laju kehilangan bobot semakin cepat dan label indikator juga menunjukkan transisi warna yang jelas ke arah kuning–orange. Hal ini mempertegas peran smart label sebagai indikator visual

yang mampu mencerminkan dinamika fisiologis buah secara nyata, mendukung literatur Ghaani et al. (2016) yang menyatakan bahwa smart packaging dapat meningkatkan sistem pemantauan mutu pangan secara real-time.

Tekstur

Tekstur merupakan salah satu faktor utama yang menentukan daya terima konsumen terhadap buah pisang. Data penelitian menunjukkan penurunan kekerasan buah seiring bertambahnya lama penyimpanan. Pada hari awal, pisang ambon masih keras dengan nilai tekstur tinggi, namun pada hari ke-10 nilai kekerasan manurun drastic akibat pelunakan dinding sel.

Tabel 1. Hasil Rata-Rata Tekstur pada Kertas Whatman 01 dan 41

Perlakuan	Kertas 01	Kertas 41										
BM1KP1	14.752	15.727	7.999	8.682	3.968	3.778	3.149	3.121	2.895	2.043	0.479	0.593
BM1KP2	13.989	16.139	8.751	0.189	3.697	4.471	2.719	2.823	2.246	1.750	0.373	0.578
BM1KP3	16.922	13.984	8.271	8.787	4.476	3.950	3.542	2.994	3.046	2.317	0.488	0.582
BM2KP1	17.324	16.532	8.461	8.992	4.071	4.636	2.780	2.926	2.257	2.362	0.345	0.598
BM2KP2	14.304	16.372	8.049	8.723	3.530	4.705	3.197	2.962	2.316	1.711	0.485	0.416
BM2KP3	14.316	16.531	7.049	0.164	3.224	3.860	3.251	2.904	2.348	2.282	0.492	0.566
BM3KP1	15.322	14.223	8.705	8.761	3.608	4.612	3.271	3.014	3.026	2.265	0.491	0.598
BM3KP2	17.294	13.468	8.788	0.025	3.742	4.118	2.959	3.045	2.749	1.982	0.499	0.546
BM3KP3	13.482	17.313	7.436	8.599	4.073	3.711	3.036	3.038	2.269	2.283	0.319	0.567
BM4KP1	14.304	17.203	7.760	0.068	3.584	4.464	2.791	3.010	2.357	1.932	0.344	0.574
BM4KP2	17.333	16.324	8.127	8.683	4.271	3.747	2.841	3.026	2.400	2.345	0.354	0.589
BM4KP3	14.318	14.266	7.794	9.081	3.604	4.408	3.174	2.992	2.060	2.278	0.454	0.601

Pelunakan tekstur ini erat kaitannya dengan aktivitas enzim pektinase, selulase, dan hemiselulase yang mendegradasi dinding sel, serta konversi pati menjadi gula sederhana yang meningkatkan rasa manis. Temuan ini sesuai dengan pendapat Muchtadi (2011) bahwa pelunakan pada buah klimaterik merupakan akibat langsung dari degradasi polisakarida penyusun dinding sel.

Brix

Nilai °Brix pada pisang Ambon menunjukkan peningkatan yang signifikan seiring bertambahnya lama penyimpanan. Berdasarkan grafik hasil penelitian, pada hari ke-0 (H0) rata-rata kadar °Brix masih rendah, berada di kisaran 14–15 °Brix. Hal ini menunjukkan bahwa pati masih mendominasi komposisi karbohidrat dalam buah, sehingga rasa pisang masih belum terlalu manis.

Tabel 2. Hasil Rata- Rata Brix pada Kertas Whatman 01 dan 41

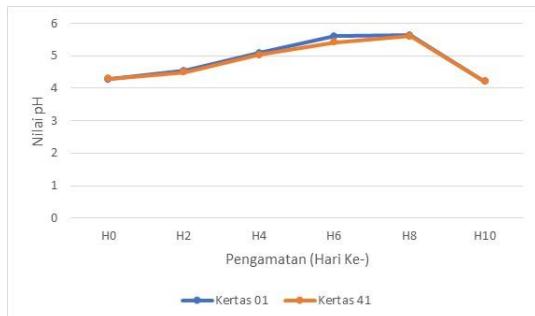
Perlakuan	H0		H2		H4		H6		H8		H10	
	Kertas 01	Kertas 41										
BM1KP1	23,9	24,5	25,2	23,6	23,3	22,8	22,3	21,4	21,0	19,2	19,0	18,1
BM1KP2	23,7	24,2	25,3	25,1	22,8	23,2	20,9	20,3	20,8	20,0	18,4	18,5
BM1KP3	23,9	25,4	23,1	23,1	21,4	23,5	20,1	21,1	19,1	19,6	17,5	17,4
BM2KP1	24,3	23,4	23,0	23,3	21,6	23,6	20,1	21,4	19,0	19,9	17,4	17,7
BM2KP2	25,5	25,4	24,8	23,4	22,6	23,7	20,0	21,2	19,1	18,4	17,4	18,2
BM2KP3	24,1	24,9	24,6	23,6	22,5	22,2	19,2	20,9	18,9	19,3	17,0	17,8
BM3KP1	24,2	25,5	24,7	24,5	22,7	22,9	19,2	20,8	19,1	19,7	17,3	17,7
BM3KP2	24,3	24,6	23,3	23,7	22,1	22,1	20,1	20,6	19,1	18,6	17,6	18,7
BM3KP3	24,4	25,5	24,8	24,5	23,2	22,9	21,2	20,8	19,2	19,7	18,0	17,7
BM4KP1	23,8	24,4	25,8	23,4	23,3	22,4	21,2	20,7	20,1	18,2	18,6	17,5
BM4KP2	25,4	23,3	24,5	25,4	23,4	23,2	20,8	21,0	19,9	19,6	17,7	18,7
BM4KP3	24,6	24,4	24,9	25,0	22,8	23,4	20,4	21,0	19,5	19,2	17,4	17,3

Pada Tabel 2 hasil penelitian kadar brix pada H4–H6, terjadi peningkatan tajam kadar °Brix hingga mencapai 17–19 °Brix. Peningkatan ini menandakan adanya aktivitas enzim amilase yang menghidrolisis pati menjadi gula sederhana, seperti glukosa, fruktosa, dan sukrosa. Menurut Amin et al. (2015), perubahan ini merupakan ciri khas buah klimaterik yang mengalami lonjakan respirasi dan produksi etilen, sehingga mempercepat konversi pati menjadi gula.

Pada fase akhir penyimpanan (H8–H10), kadar °Brix mencapai titik puncak, yaitu sekitar 20–21 °Brix. Nilai ini menandakan buah telah berada pada tingkat kematangan optimal untuk konsumsi. Grafik juga memperlihatkan bahwa peningkatan kadar °Brix cenderung stabil pada fase ini, meskipun ada sedikit variasi antarperlakuan. Fenomena tersebut sesuai dengan laporan Salvador (2007) yang menyebutkan bahwa kandungan gula dalam buah pisang akan mencapai puncak pada fase matang konsumsi sebelum akhirnya menurun akibat degradasi lanjut pada tahap overripening.

Korelasi kuat juga terlihat antara grafik °Brix dan perubahan warna label indikator. Pada saat °Brix mencapai nilai >18, label indikator sudah memperlihatkan transisi warna ke kuning-oranye, yang menjadi tanda visual bagi konsumen bahwa buah sudah manis dan siap dikonsumsi. Dengan demikian, smart label dapat berfungsi sebagai proksi sederhana untuk parameter °Brix yang biasanya membutuhkan instrumen khusus (refraktometer).

pH



Gambar 5. Rata-Rata pH

Grafik perubahan pH pada gambar 5 menunjukkan adanya dinamika yang jelas selama masa penyimpanan pisang Ambon. Pada hari ke-0 (H0), nilai pH berada pada kisaran 4,3–4,4, menandakan kondisi buah masih cukup asam. Seiring bertambahnya lama penyimpanan, nilai pH mengalami peningkatan bertahap. Pada H2, pH naik sedikit menjadi sekitar 4,5; kemudian pada H4 meningkat lagi hingga sekitar 5,0.

Puncak kenaikan pH terjadi pada H6–H8, dengan nilai mencapai 5,4–5,5. Kenaikan pH ini menunjukkan bahwa pada tahap tersebut terjadi degradasi pati menjadi gula sederhana yang menetralkan sebagian asam organik dalam buah. Kondisi ini sesuai dengan karakteristik buah klimaterik yang mengalami lonjakan respirasi dan aktivitas enzimatis pada fase klimakterik.

Namun pada H10, pH mengalami penurunan kembali hingga sekitar 4,2–4,3. Penurunan ini diduga disebabkan oleh akumulasi asam organik sekunder hasil metabolisme lanjut pada tahap overripening. Fenomena ini diperkuat oleh Kader (2002) yang menyebutkan bahwa buah klimaterik cenderung mengalami peningkatan keasaman kembali menjelang fase akhir pematangan karena degradasi jaringan menghasilkan senyawa asam.

Hubungan antara grafik pH dengan label indikator juga sangat jelas. Saat pH meningkat ke kisaran 5,0–5,5 (H4–H8), label indikator menunjukkan transisi warna ke arah hijau-kuning hingga oranye, menandakan kematangan konsumsi. Sedangkan ketika pH turun kembali (H10),

label indikator menunjukkan perubahan warna yang semakin jelas ke arah merah, yang menandakan buah sudah melewati fase matang optimal.

Dengan demikian, grafik pH ini mempertegas bahwa perubahan pH dapat dijadikan dasar ilmiah bagi validasi perubahan warna pada smart label. Indikator kimia yang digunakan (Bromofenol Biru dan Metil Merah) memang bekerja efektif pada rentang pH ini, sehingga perubahan warna label sejalan dengan dinamika fisiologis buah.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Smart label berbasis indikator bromofenol biru (BB) dan metil merah (MR) mampu mendeteksi tingkat kematangan pisang Ambon melalui perubahan warna yang jelas seiring penurunan pH buah. Formulasi terbaik diperoleh pada kombinasi BM1 (7:1) dengan pelarut KP3 (100 mL) pada kertas Whatman nomor 41, karena menghasilkan warna yang stabil, pekat, dan transisi warna yang mudah diamati. Teknologi ini berpotensi diterapkan sebagai smart packaging praktis dan ekonomis dalam pemantauan mutu pisang Ambon.

Saran

Penelitian lanjutan diperlukan untuk menguji stabilitas smart label pada kondisi penyimpanan berbeda dan mengembangkan integrasi dengan teknologi digital untuk pemantauan real-time.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Mataram atas dukungan fasilitas laboratorium yang diberikan selama penelitian ini berlangsung. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing serta seluruh pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga penelitian dan penulisan artikel ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR REFERENSI

- Afifah, N., Susanto, W. H., & Setyadjit. (2020). Karakteristik mutu pisang ambon pada berbagai tingkat kematangan. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 8(2), 45–53.
- Amin, M., Abdullah, A., & Lestari, D. (2015). Pengaruh umur panen terhadap kualitas dan daya simpan pisang ambon. *Jurnal Hortikultura*, 25(3), 201–209.
- Apriliyanti, D., Rahayu, W. P., & Hidayat, N. (2020). Aplikasi smart packaging untuk monitoring kualitas pangan. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 31(1), 59–66.
- Ge, Y., Zhang, Y., & Li, Y. (2017). Effect of paper porosity on stability of pH indicator labels for food packaging. *Food Packaging and Shelf Life*, 14, 62–69.
- Ghaani, M., Cozzolino, C. A., Castelli, G., & Farris, S. (2016). An overview of the intelligent packaging technologies in the food sector. *Trends in Food Science & Technology*, 51, 1–11.
- Indarto, A., & Murinto, M. (2020). Sistem klasifikasi tingkat kematangan pisang menggunakan pengolahan citra digital. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 21(2), 89–97.
- Kader, A. A. (2002). *Postharvest Technology of Horticultural Crops* (3rd ed.). University of California Agriculture and Natural Resources.
- Muchtadi, T. R. (2011). *Ilmu Pengetahuan Bahan Pangan*. Alfabeta.
- Prakash, A., Baskaran, R., & Vadivel, V. (2011). Impact of postharvest handling on quality of fruits. *Journal of Postharvest Biology and Technology*, 59(2), 121–132.

- Rahayu, D., Wibowo, A., & Sari, K. (2022). Stabilitas indikator sintetis dan alami pada label pintar pangan. *Jurnal Teknologi Pangan*, 13(1), 77–85.
- Salvador, A. (2007). Postharvest ripening of bananas: physiological changes and control. *Postharvest Biology and Technology*, 45(2), 163–170.
- Wang, H., Liu, Y., & Sun, X. (2021). Development of pH-sensitive smart indicators for intelligent food packaging. *Food Chemistry*, 337, 127777.