

Comparison of Fermentation Using MA 11 and EM4 on the Physicochemical Characteristics of Rice Straw

Yogi Ardiyanto¹ & Sri Sukaryani^{1*}

¹Program Studi Peternakan Fakultas Pertanian, Universitas Veteran Bangun Nusantara, Jalan Letjen Sudjono Humardani, Jawa Tengah 57521 Indonesia;

Article History

Received : October 28th, 2025

Revised : November 11th, 2025

Accepted : November 14th, 2025

*Corresponding Author: **Sri Sukaryani**, Program Studi Peternakan Fakultas Pertanian, Universitas Veteran Bangun Nusantara, Jalan Letjen Sudjono Humardani, Jawa Tengah 57521 Indonesia;
Email: srisukaryani@gmail.com

Abstract: This research was conducted to evaluate the impact of using MA-11 and EM4 fermentation agents on the physical and chemical properties of rice straw silage. The experiment used a Completely Randomized Design (CRD) with three treatments and three replications: P0 (without fermentation), P1 (fermented with 3% MA-11), and P2 (fermented with 3% EM4). Observed variables included physical characteristics (color, aroma, and texture) and chemical composition (dry matter, ash, and pH). The results showed that fermentation using MA-11 and EM4 improved both the physical and chemical quality of rice straw silage. Physically, the fermented treatments produced a fresher aroma, brownish-yellow color, and softer texture compared to the control. Chemically, dry matter content increased from 81.65% (P0) to 84.74% (P1) and 85.60% (P2). Ash content increased significantly ($P < 0.01$), with the highest value found in MA-11 treatment (13.35%), while pH decreased significantly from 6.00 (P0) to 4.00 (P1) and 3.75 (P2). It can be concluded that fermentation of rice straw using MA-11 and EM4 enhances the physical and chemical characteristics of silage. The MA-11 treatment provided the highest ash content, while EM4 produced a softer texture and fresher aroma. Both inoculants are recommended as effective biotechnological treatments for improving the nutritional quality of rice straw as livestock feed.

Keywords: Rice straw, EM4, Fermentation, MA-11.

Pendahuluan

Salah satu langkah strategis terpenting dalam mengatasi masalah ketahanan pangan di skala nasional dan global adalah meningkatkan produktivitas ternak. Ketersediaan pakan berkualitas tinggi, baik dari segi volume maupun nilai gizi, merupakan salah satu faktor penting yang perlu dipertimbangkan. Topik nutrisi hewan masih terus berkembang sebagai subbidang ilmu peternakan, terutama dalam upaya meningkatkan efektivitas pemanfaatan sumber daya yang tersedia.

Pemanfaatan bahan pakan pengganti merupakan salah satu inovasi yang digemari. Dengan mempertimbangkan semua hal, metode peternakan berkelanjutan mendorong pemanfaatan sumber daya regional, seperti

limbah pertanian, sebagai solusi atas keterbatasan pasokan pakan konvensional. Selain itu, dengan memanfaatkan produk limbah yang seharusnya terbuang sia-sia, pakan alternatif dapat mendukung ekonomi sirkular (Zeroual *et al.*, 2017). Ketahanan peternak diuji secara langsung oleh berkurangnya pasokan pakan akibat kekeringan berkepanjangan. Ternak menyediakan nutrisi, energi, dan stabilitas keuangan bagi petani kecil dan petani tak bertanah, menjadikannya lebih dari sekadar aset ekonomi (Asghar *et al.*, 2025).

Kondisi ini memaksa mereka untuk mencari sumber pakan alternatif guna mempertahankan produktivitas ternak. Ketika sumber pakan tradisional menipis, fermentasi jerami merupakan cara baru untuk meningkatkan ketersediaan dan nilai gizi pakan. Peternakan

sangat bergantung pada pakan berkualitas (Hanifawati *et al.*, 2018). 60% hingga 70% produktivitas ternak berasal dari pakan. Ransum dan pakan ternak digunakan untuk mendukung produksi dan kebutuhan hidup dasar. Untuk perkembangan dan hasil yang optimal, nutrisi harus tersedia dalam jumlah dan proporsi yang tepat. Jerami padi adalah limbah pertanian utama di Indonesia, dihasilkan dalam jumlah besar setiap musim panen. Meskipun limbah ini memiliki potensi besar sebagai pakan ternak, seringkali limbah ini dibuang begitu saja atau dibakar. Masalah utamanya adalah ruminansia, seperti sapi atau kambing, kesulitan mencerna jerami padi karena kandungan serat kasarnya yang tinggi (Setiarto, 2016).

Fermentasi adalah proses biologis yang menggunakan mikroba untuk memecah partikel kompleks menjadi partikel yang lebih sederhana dan meningkatkan daya cerna (Wulandari *et al.*, 2017; Anisah *et al.*, 2021). Fermentasi biologis menjadi cara efektif untuk mengolah jerami menjadi pakan berkualitas. Proses ini menggunakan mikroorganisme untuk memecah dinding sel tanaman, meningkatkan kadar protein, dan mengurangi lignin yang menghambat pencernaan sehingga jerami akan mudah dicerna oleh ternak (Aman *et al.*, 2022).

Campuran MA11 (mikroba pengurai lokal) dan EM4 (Effective Microorganisms) dipilih karena sinerginya: EM4 menyediakan bakteri asam laktat dan ragi untuk fermentasi anaerob (Ponidi & Rizaly, 2023), sementara MA11 menambahkan enzim untuk degradasi serat. Faktor-faktor ini dapat membuat jerami lebih terjangkau, lebih padat nutrisi, mampu menguraikan rantai organik dengan cepat, memulihkan kelonggaran dan kesehatan tanah, dan ramah lingkungan (Herlika & Mual, 2020). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan MA-11 dan EM4 dalam fermentasi terhadap sifat karakteristik dan kandungan kimia jerami padi

Bahan dan Metode

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Pertanian, Universitas Veteran Bangun Nusantara Sukoharjo dan berlangsung selama 7 hari pada bulan Juli 2025.

Alat dan bahan

Bahan penelitian ini adalah : jerami padi, MA-11, EM-4 dan aquades. Alat penelitian meliputi timbangan digital, plastik, tali tist, blander, oven, nampan, petridis, kertas lakmus, furnace.

Metode penelitian

Desain penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 3 macam perlakuan dan 4 kali ulangan sehingga menghasilkan 12 unit percobaan. Perlakuan tersebut adalah : P0 : 100g jerami padi tanpa fermentasi; P1 : 100g jerami padi + 3% MA-11; P2 : 100g jerami padi + 3% EM4. Difermentasi selama 7 hari.

Variabel Yang Diamati

Variabel meliputi kadar BK, kadar ABU, nilai Ph, warna, aroma, dan tekstur.

Analisis Data

Data dianalisis secara statistik menggunakan analisis ragam *Analysis of Variance* (ANOVA), berdasarkan Garsperz. Jika perlakuan ada yang berpengaruh nyata maka selanjutnya dilakukan Uji Duncan. Analisis menggunakan SPSS versi 16 for Windows. (Jamaluddin *et al.*, 2024).

Prosedur Penelitian

Langkah pertama adalah menyiapkan semua bahan yang akan difermentasi, menimbang jerami padi sebanyak 100 gram per sampel, dengan penambahan sebanyak 3% MA-11 per sampel (pada perlakuan P1) dan EM4 sebanyak 3% per sampel (pada perlakuan P2). Langkah kedua, semua bahan dicampur secara merata dan ditambahkan aquades sebanyak 30% agar mencapai kelembaban yang diinginkan. Kemudian per sampel dimasukkan plastik fermentasi dan dipadatkan sampai kedap udara kemudian plastik diikat.

Langkah ketiga, sampel dalam plastik selanjutnya difermentasi selama 7 hari. Setelah difermentasi selesai, sampel dibuka dan dilakukan pengamatan organoleptik meliputi pengamatan warna, aroma, tekstur, kadar BK, kadar ABU, dan nilai pH setelah itu dikeringkan kedalam mesin oven. Langkah keempat, sampel yang sudah kering kemudian dihaluskan dengan cara diblender, berikutnya sampel yang sudah

halus siap diukur kadar airnya. Langkah terakhir, setiap sampel dimasukkan kedalam mesin furnace dengan suhu 550°C untuk mengetahui kadar ABU.

Hasil dan Pembahasan

Kadar bahan kering jerami

Data penelitian Kadar Bahan Kering (BK) jerami padi yang difermentasi menggunakan MA-11 dan EM4 dapat dilihat pada Tabel 1. Fermentasi jerami padi menggunakan bioaktivator MA-11 dan EM4 mampu meningkatkan kadar bahan kering dibandingkan kontrol tanpa fermentasi (Tabel 1). Rata-rata kadar BK pada P0 sebesar 81,65%, meningkat menjadi 84,74% pada P1 (MA-11) dan 85,60% pada P2 (EM4).

Tabel 1. Kadar Bahan Kering Jerami Padi Terfermentasi MA-11 dan M4

Ulangan	Perlakuan		
	P0	P1	P2
1	82,73	83,20	84,80
2	81,90	85,38	91,20
3	81,00	84,44	83,20
4	81,00	85,93	83,20
Rerata	81,65	84,74	85,60

Keterangan : superskrip tidak terdapat perbedaan yang nyata ($P>0,05$).

Secara statistik peningkatan tersebut tidak berbeda nyata ($P>0,05$), namun secara biologis menunjukkan adanya perbaikan kualitas jerami akibat aktivitas mikroba selama fermentasi. Mikroorganisme dalam MA-11 dan EM4 membantu proses degradasi lignoselulosa dan mengurangi kadar air, sehingga fraksi kering meningkat. Temuan ini sejalan dengan (Kuncoro & Fathul, 2015) serta (Santi, 2018) yang melaporkan bahwa fermentasi bahan berserat mampu menurunkan kadar air dan meningkatkan kestabilan bahan selama penyimpanan.

Fermentasi juga diduga meningkatkan kandungan protein relatif akibat berkurangnya komponen serat kasar dan lignin yang sulit dicerna (Purnamaningsih *et al.*, 2017). Dengan demikian, meskipun peningkatan kadar bahan kering tidak signifikan secara statistik, hasil ini memperlihatkan potensi nyata fermentasi dalam memperpanjang masa simpan dan meningkatkan efisiensi pengolahan pakan jerami padi.

Kadar abu jerami

Data penelitian kadar abu jerami padi yang difermentasi menggunakan MA-11 dan EM4 dapat dilihat pada Tabel 2. Fermentasi jerami padi dengan inokulan memberikan pengaruh sangat nyata terhadap kadar abu ($P<0,01$). Perlakuan P1 (MA-11) menghasilkan kadar abu tertinggi yaitu 13,35%, diikuti P2 (EM4) sebesar 12,84%, sedangkan kontrol (P0) hanya 10,17%. Kadar abu yang lebih tinggi pada perlakuan fermentasi menunjukkan bahwa proses biokonversi oleh mikroba meningkatkan ketersediaan mineral anorganik hasil degradasi bahan organik.

Tabel 2. Kadar Abu Jerami Padi Terfermentasi MA-11 dan M4

Ulangan	Perlakuan		
	P0	P1	P2
1	10,92	12,48	12,73
2	10,32	13,32	13,68
3	9,72	13,68	12,48
4	9,72	13,92	12,48
Rerata	10,17 ^a	13,35 ^b	12,84 ^b

Keterangan : superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan sangat nyata ($P<0,01$).

Mikroba seperti *Bacillus* sp. dan *Lactobacillus* sp, dalam MA-11 berperan dalam pemecahan senyawa kompleks yang melepaskan unsur makro dan mikro mineral (Sunardi *et al.*, 2023). Hasil ini sejalan dengan (Widiarso *et al.*, 2023) menemukan fermentasi jerami padi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* mampu meningkatkan kandungan abu hingga 25% akibat meningkatnya aktivitas enzim selulase dan lignase. Ketersediaan mineral penting, termasuk kalsium, magnesium, dan kalium, yang dibutuhkan sapi untuk metabolisme tubuh, berkorelasi secara fungsional dengan peningkatan kadar abu (Aman dkk., 2022). Oleh karena itu, MA-11 dapat disarankan sebagai inokulan potensial untuk meningkatkan kandungan mineral jerami padi karena perlakuan fermentasi menggunakan MA-11 menunjukkan efisiensi penguraian yang lebih unggul dibandingkan EM4.

Nilai pH

Data nilai pH jerami padi yang difermentasi menggunakan MA-11 dan EM4 dapat dilihat pada Tabel 3. Nilai pH jerami padi

mengalami penurunan signifikan setelah fermentasi. Perlakuan tanpa fermentasi (P0) memiliki pH rata-rata 6,00, sedangkan fermentasi dengan MA-11 (P1) dan EM4 (P2) masing-masing menurun menjadi 4,00 dan 3,75 ($P < 0,01$). Penurunan pH ini menandakan bahwa proses fermentasi berjalan efektif. Mikroorganisme dalam kedua inokulan menghasilkan asam organik, terutama asam laktat, yang menyebabkan kondisi bahan menjadi asam dan stabil. Sesuai dengan studi (Marhamah *et al.*, 2019) menyebutkan pH rendah menunjukkan aktivitas fermentatif yang baik dan mencegah pertumbuhan mikroba pembusuk.

Tabel 3. Nilai pH Jerami Padi terfermentasi MA-11 dan M4

Ulangan	Perlakuan		
	P0	P1	P2
1	6	4	4
2	6	4	3
3	6	4	4
4	6	4	4
Rerata	6,00 ^a	4,00 ^b	3,75 ^b

Keterangan : superskip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ($P < 0,01$).

EM4, yang mengandung campuran bakteri asam laktat dan ragi, menghasilkan pH terendah karena produksi asam laktat yang tinggi. Kondisi ini mendukung pembentukan silase yang lebih awet dan aromatik. Menurut (Rahayu *et al.*, 2019), kondisi pH sekitar 3,5–4,5 merupakan indikator keberhasilan fermentasi karena menunjukkan dominasi mikroba laktat terhadap mikroba patogen. Oleh karena itu, baik MA-11 maupun EM4 efektif menurunkan pH bahan dan menghasilkan silase jerami dengan stabilitas tinggi, namun EM4 memiliki aktivitas fermentatif sedikit lebih kuat.

Hasil Karakteristik Fisik Jerami Padi Terfermentasi MA-11 dan EM4

Hasil penelitian (Candrasari *et al.*, 2019), perubahan warna disebabkan oleh penguraian bahan organik, yang selanjutnya memicu reaksi pencoklatan atau proses Maillard. Kondisi ini sesuai dengan fermentasi jerami yang mengalami penghancuran enzimatis atau aktivitas mikroba, sehingga struktur dan serat jerami masih utuh sehingga terasa keras dan berserat. Aroma merupakan salah satu metrik yang digunakan

untuk menilai kualitas fisik karena dapat menunjukkan variasi dari bahan aslinya (Kurniawan *et al.*, 2015).

Tabel 4. Secara deskriptif hasil pengamatan karakteristik fisik menunjukkan perbedaan jelas antara kontrol (tanpa fermentasi / P0) dengan P1 dan P2

Perlakuan	Aroma	Warna	Tekstur
P0 Kontrol Tanpa Fermentasi	Bau Jerami Agak Apek	Kuning Pucat	Serat Kaku Kasar
P1 Ma-11 (3%)	Asam Segar (Mirip Tape Singkong)	Kuning Kecoklatan	Lebih Lunak Serat Mudah Diremas/ Lembek
P2 Em4 (3%)	Bau Khas Segar Fermentasi Sedikit Bau Molase	Kuning Kecoklatan	Lembut Mudah Terurai

Warnanya berubah menjadi kuning kecokelatan, teksturnya menjadi lebih lunak dengan serat yang mudah diremas atau lunak, dan P1 memiliki aroma segar dan asam yang mengingatkan pada tape singkong. Hal ini sesuai dengan temuan Ismi *et al.*, (2017), yang menyatakan bahwa jenis pengikat, jumlah serat, dan kehalusan bahan baku memengaruhi tekstur pakan. Perubahan ini menunjukkan bahwa bakteri starter sedang bekerja, memecah sebagian jerami dan dinding sel untuk menghasilkan produk sampingan yang melunakkan jaringan dan mengubah aroma. Warna merupakan cara paling sederhana dan cepat untuk menyampaikan persepsi suatu produk (Wulandari *et al.*, 2017).

P2 memiliki aroma fermentasi segar yang unik dengan sedikit aroma molase, berwarna kuning kecokelatan, dan teksturnya paling lembut mudah terurai dan cepat hancur. Hasil penelitian (Christi *et al.*, 2018), konsentrat yang difermentasi menghasilkan warna yang sangat gelap, sedangkan konsentrat yang tidak difermentasi menghasilkan warna yang lebih terang. Hal ini menunjukkan bagaimana campuran mikroorganisme dalam EM4 (kultur campuran efektif) bekerja lebih keras untuk memecah substrat, yang menghasilkan tekstur

yang lebih lunak dan profil aroma yang lebih bervariasi (aroma fermentasi/komponen molase).

Dibandingkan dengan kontrol, penambahan 3% bioaktivator MA-11 dan EM4 meningkatkan sifat organoleptiknya. EM4 memiliki efek pelunakan yang lebih kuat dan aroma fermentasi molase yang lebih manis, sementara MA-11 cenderung menghasilkan aroma asam/tape yang khas dan tekstur yang lebih lembut dibandingkan kontrol. Aktivitas enzim yang dapat memecah ikatan dalam bahan pakan inilah yang menyebabkan jerami berubah tekstur menjadi sangat halus (Anisah *et al.*, 2021).

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa fermentasi jerami padi menggunakan bioaktivator MA-11 dan EM4 mampu meningkatkan kualitas fisik dan kimia jerami padi sebagai pakan ternak.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan kontribusi dalam penyusunan penelitian ini.

Referensi

- Aman, L., Sio, S., & Bira, G. F. (2022). Pengaruh penggunaan mikroorganisme lokal (MOL) cairan rumen sapi pada level inokulum yang berbeda terhadap nilai kandungan serat jerami padi terfermentasi. *JAS*, 7(2), 19–22.
- Anisah, S. N., Chuzaemi, S., & IPU, M. (2021). Kualitas fisik dan kimia jerami jagung yang difermentasi dengan *Trichoderma harzianum*. *Jurnal Nutrisi Ternak Tropis*, 4(2), 93–102.
- Asghar, S., Rehman, H. K. U., Mateen, A., Iqbal, Z., Imran, M., & Saleem, M. (2025). Assessing Feed and Water Shortages for Livestock during Flood Emergency: Challenges and the Way Forward. *ASSAJ*, 4(02), 1100–1111.
- Candrasari, D. P., Fitria, R., & Hindratinigrum, N. (2019). Pengaruh Perlakuan Amoniasi Fermentasi (AMOFER) Terhadap Kualitas

Fisik Janggel Jagung: Effect of the treatment of ammoniated fermentation on the physical quality of Janggel maize. *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Peternakan*, 22(2), 117–123.

- Christi, R. F., Rochana, A., & Hernaman, I. (2018). Kualitas fisik dan palatabilitas konsentrat fermentasi dalam ransum kambing perah peranakan etawa. *Jurnal Ilmu Ternak Universitas Padjadjaran*, 18(2), 121–125.
- Hanifawati, T., Suryantini, A., & Mulyo, J. H. (2018). Jurnal Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian. *Jurnal Sosial Ekonomi Dan Kebijakan Pertanian*, 7(1), 30–36.
- Herlika, S. R., & Mual, C. D. (2020). Pengaruh Formula Pupuk Organik Padat Berbasis *Microbacter Alfaafa-11* (MA-11) terhadap Pertumbuhan Kandungan Selulosa, Hemiselulosa Dan Lignin Silase Berbahan Dasar Rumput Gajah (*Pennisetum Purpureum*), Dengan Penambahan Ampas Tahu Sebagai Pakan Ruminansia Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.) di Kampung Prafi Mulya Distrik Prafi Kabupaten Manokwari. *Prosiding Seminar Nasional Pembangunan Dan Pendidikan Vokasi Pertanian*, 1(1), 204–213.
- ISMI, R. S., Pujaningsih, R. I., & Sumarsih, S. (2017). Pengaruh penambahan level molases terhadap kualitas fisik dan organoleptik pellet pakan kambing periode penggemukan. Fakultas Peternakan Dan Pertanian Undip.
- Jamaluddin, N. F., Novieta, I. D., & Irmayani, I. (2024). *Journal Gallus Gallus*, 2(2), 52–60.
- Kuncoro, D. C., & Fathul, F. (2015). Pengaruh penambahan berbagai starter pada silase ransum berbasis limbah pertanian terhadap protein kasar, bahan kering, bahan organik, dan kadar abu. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu*, 3(4).
- Kurniawan, D., Erwanto, E., & Fathul, F. (2015). Pengaruh penambahan berbagai starter pada pembuatan silase terhadap kualitas fisik dan pH silase ransum berbasis limbah pertanian. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu*, 3(4), 191–195.
- Marhamah, S. U., Akbarillah, T., & Hidayat, H. (2019). Kualitas nutrisi pakan konsentrat

- fermentasi berbasis bahan limbah ampas tahu dan ampas kelapa dengan komposisi yang berbeda serta tingkat akseptabilitas pada ternak kambing. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia*, 14(2), 145–153.
- Ponidi, P., & Rizaly, A. (2023). Pengembangan Mikroba Em4 Untuk Fermentasi Pupuk Organik Di Desa Carang Wulung Wonosalam. *Jurnal Kreativitas Dan Inovasi (Jurnal Kreanova)*, 3(2), 76–80.
- Purnamaningsih, H., Indarjulianto, S., & Nururrozi, A. (2017). Potensi jerami sebagai pakan ternak ruminansia. *Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan*, 27(1), 40–62.
- Rahayu, N. A., Cahyanto, M. N., & Indrati, R. (2019). Pola perubahan protein koro benguk (*Mucuna pruriens*) selama fermentasi tempe menggunakan inokulum Raprima. *Agritech*, 39(2), 128–135.
- Santi, S. (2018). Kadar protein kasar dan serat kasar jagung kuning giling pada difermentasi dengan EM-4 pada level yang berbeda. *AGROVITAL: Jurnal Ilmu Pertanian*, 3(2), 84–86.
- Setiarto, R. H. B. (2016). Prospek dan potensi pemanfaatan lignoselulosa jerami padi menjadi kompos, silase dan biogas melalui fermentasi mikroba. *Jurnal Selulosa*, 3(2), 51–66.
- Sunardi, S., Seftian, W., & Daryatmo, J. (2023). Pengaruh Penambahan *Trichoderma* sp dan Lama Fermentasi Terhadap pH, Sifat Fisik dan Kandungan Nutrisi Jerami Kacang Tanah Fermentasi. *Jurnal Penelitian Peternakan Terpadu*, 5(2), 159–171.
- Widiarso, B. P., Khoirunnisa, K., & Perdinan, A. P. (2023). Pengaruh Fermentasi Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* Terhadap Kualitas Fisik Potential Hydrogen (pH) Dan Kandungan Nutrien Jerami Padi. *Jurnal Penelitian Peternakan Terpadu*, 5(1), 51–60.
- Wulandari, C. A., Hersoelistyorini, W., & Nurhidajah, N. (2017). Pembuatan Tepung Gadung (*Dioscorea Hispidia* Dennst) Melalui Proses Perendaman Menggunakan Ekstrak Kubis Fermentasi. *Prosiding Seminar Nasional & Internasional*, 1(1).
- Wulandari, S., Subagja, H., & Mutmainnah, S. (2017). Pemanfaatan tumpi jagung fermentasi pada penggemukan domba jantan ekor gemuk. *Jurnal Ilmiah Inovasi*, 17(3).
- Zeroual, A., Assani, A. A., & Meddi, M. (2017). Combined analysis of temperature and rainfall variability as they relate to climate indices in Northern Algeria over the 1972–2013 period. *Hydrology Research*, 48(2), 584–595.