Title	**Microbial Food Substitutes for Sustainable Nutrition**
Supervisor	Dr. Marwa Yousry Abdel Monem Mohamed
Students	Hanin Zaben Alanazi Khulud Abdulkarim Althubaiti Sama Mesfer Asiri
Abstract	The global food system faces increasing challenges due to fast population increase, climate change, environmental degradation, and the heightened demand for sustainable protein sources. Traditional agricultural methods are becoming progressively unsustainable due to their excessive consumption of land, energy, and water, underscoring the critical necessity for innovative and resource-efficient food production approaches. Microbial food substitutes, derived from bacteria, yeasts, fungi, and microalgae, have emerged as viable options, providing nutritionally dense, scalable, and environmentally sustainable alternatives to conventional animal- and plant-based proteins. This article provides a thorough examination of microbial food alternatives as viable contributors to sustainable nutrition. It examines essential categories such as single-cell proteins, mycoproteins, microalgae-derived meals, fermentation-based ingredients, and microbial lipids, highlighting their origins, classifications, and functional characteristics. Progress in biotechnology—especially in metabolic engineering, synthetic biology, and precision fermentation—has markedly enhanced product output, nutritional quality, and diversification. The review assesses fermentation processes and substrate usage in relation to the circular bioeconomy, highlighting waste-to-food conversion and resource recovery. The discussion encompasses nutritional composition, safety, regulatory issues, allergenicity, consumer acceptance, and environmental assessments. Life cycle evaluations demonstrate significant decreases in greenhouse gas emissions, water usage, and land utilization relative to traditional agricultural systems. Notwithstanding these benefits, obstacles persist concerning scalability, production expenses, regulatory frameworks, and public perception. Microbial food alternatives present a significant opportunity to enhance global food security by fostering sustainable, healthy, and resilient food systems for future generations.
الملخص باللغة العربية	يواجه النظام الغذائي العالمي تحديات متزايدة نتيجة الارتفاع السريع في عدد السكان، وتغيّر المناخ، وتدهور البيئة، والطلب المتزايد على مصادر بروتين مستدامة. أصبحت الأساليب الزراعية التقليدية أقل قدرة على الاستمرار بسبب استهلاكها المفرط للأراضي والطاقة والمياه، مما يبرز الحاجة الملحّة إلى ابتكار طرق إنتاج غذائي أكثر كفاءة في استخدام الموارد. وقد برزت البدائل الغذائية الميكروبية – المستخلصة من البكتيريا والخمائر والفطريات والطحالب الدقيقة – كخيارات واعدة توفر مصادر غذائية عالية القيمة، وقابلة للتوسع، وصديقة للبيئة مقارنة بمصادر البروتين الحيوانية والنباتية التقليدية.

يقدّم هذا المقال دراسة شاملة للبدائل الغذائية الميكروبية باعتبارها مساهمًا فعّالاً في تحقيق التغذية المستدامة. إذ يستعرض الفئات الرئيسة مثل البروتينات أحادية الخلية، والمايكوبروتين، والأغذية المشتقة من الطحالب الدقيقة، والمكوّنات الناتجة عن عمليات التخمير، والدهون الميكروبية، مع تسليط الضوء على مصادرها وتصنيفاتها وخصائصها الوظيفية. كما أدّت التقدّمات في التكنولوجيا الحيوية—وخاصة الهندسة الأيضية، والبيولوجيا التركيبية، والتخمير الدقيق— إلى تحسين كبير في الإنتاجية والجودة الغذائية وتنوع المنتجات. وتتضمّن المراجعة تقييماً لعمليات التخمير وأنواع الركائز المستخدمة، في سياق تعزيز مفهوم الاقتصاد الحيوي الدائري، مع التركيز على تحويل النفايات إلى غذاء واستعادة الموارد. وتشمل المناقشة التركيب الغذائي، والسلامة، والقضايا التنظيمية، واحتمالية التحسس، وتقبّل المستهلك، إضافة إلى التقييمات البيئية. وتُظهر دراسات دورة الحياة انخفاضًا كبيرًا في انبعاثات الغازات الدفيئة، واستهلاك المياه، واستخدام الأراضي مقارنة بالأنظمة الزراعية التقليدية. وعلى الرغم من هذه الفوائد، ما تزال هناك عقبات تتعلق بقابلية التوسع، وتكاليف الإنتاج، والأطر التنظيمية، وتقبّل المجتمع. ومع ذلك، تُعد البدائل الغذائية الميكروبية فرصة مهمة لتعزيز الأمن الغذائي العالمي من خلال دعم أنظمة غذائية مستدامة وصحية ومرنة للأجيال القادمة.	