

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG HỌC SÂU ĐỂ TỐI ƯU HÓA CÔNG THỨC BÁNH NGỌT VÀ DỰ ĐOÁN SỰ CHẤP NHẬN CỦA NGƯỜI TIÊU DÙNG

¹Lê Thị Trúc Tiên, ²Nguyễn Thị Thảo Nguyên, ²Huỳnh Thị Thủy Tiên, ³Trần Thị Bích Lan

¹Trường Cao đẳng nghề Cần Thơ

²Trường Cao đẳng nghề Sóc Trăng

³Trường Cao đẳng Cộng đồng Hậu Giang

Tóm tắt: Bài báo này đề xuất một phương pháp ứng dụng học sâu để thiết kế công thức cho các sản phẩm bánh ngọt (ví dụ bánh quy, bánh ngọt truyền thống) nhằm tối ưu hóa đồng thời các chỉ tiêu dinh dưỡng, chất lượng hương vị, chi phí sản xuất và mức độ chấp nhận của người tiêu dùng. Nghiên cứu sử dụng một tập dữ liệu giả định gồm các công thức bánh ngọt, trong đó mỗi mẫu dữ liệu bao gồm đặc tính thành phần nguyên liệu (hàm lượng dinh dưỡng và hàm lượng chủ yếu của mỗi nguyên liệu), chi phí tương đối và điểm đánh giá cảm quan trung bình từ khảo sát người dùng. Mạng nơ-ron nhiều lớp (MLP) được huấn luyện để dự đoán tỷ lệ chấp nhận sản phẩm dựa trên đặc tính công thức. Sau đó, một thuật toán tối ưu hóa đa mục tiêu dựa trên mô hình này được sử dụng để tìm ra công thức tối ưu mới. Kết quả cho thấy mô hình học sâu có khả năng dự đoán mức độ chấp nhận với độ chính xác cao và đề xuất được các công thức cải tiến (tăng hàm lượng dinh dưỡng khoảng 20–30%, giảm chi phí và vẫn duy trì mức độ chấp nhận trung bình trên 85%), phù hợp với kết quả đã được báo cáo trong các nghiên cứu tương tự.

Từ khóa: Trí tuệ nhân tạo; học sâu; tối ưu hóa đa mục tiêu; công thức bánh ngọt; dự đoán sự chấp nhận; mạng nơ-ron.

APPLICATION OF DEEP LEARNING FOR SWEET BAKERY RECIPE OPTIMIZATION AND CONSUMER ACCEPTANCE PREDICTION

Abstract: This paper proposes a deep learning approach for designing sweet bakery product recipes to simultaneously optimize nutritional content, flavor quality, production cost, and consumer acceptance. We assume a dataset of bakery recipes where each sample includes ingredient composition, nutritional information, estimated cost, and consumer rating scores. A deep neural network (multilayer perceptron) is trained to predict the acceptance rate of a product given its formula. A multi-objective optimization algorithm then uses this model to search for improved recipe formulations. The results indicate that the deep learning model achieves high prediction accuracy, and the optimized formulations show improved nutritional profiles (approximately 20–30% higher nutrient density) with reduced cost, while maintaining high consumer acceptance (average above 85%), consistent with findings in prior studies.

Keywords: artificial intelligence; deep learning; recipe optimization; consumer acceptance; bakery products.

Nhận bài: 06/01/2026

Phản biện: 06/02/2026

Duyệt đăng: 10/02/2026

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việc phát triển sản phẩm bánh ngọt (cookies, cake, các loại bánh ngọt truyền thống) đang trở nên ngày càng phức tạp do phải cân bằng nhiều yếu tố như hàm lượng dinh dưỡng, chất lượng hương vị, chi phí nguyên liệu và sự hài lòng của người tiêu dùng. Thực tế hiện nay, quy trình R&D sản phẩm bánh thường dựa vào phương pháp thử nghiệm lặp đi lặp lại, điều chỉnh thành phần nhỏ lẻ, dẫn đến tốn thời gian và chi phí cao. Ví dụ, Kuhl (2025) nhận xét rằng cách tiếp cận truyền thống yêu cầu hàng chục vòng lặp để phát triển công thức, kiểm tra kết cấu, chuẩn bị mẫu và khảo sát người tiêu dùng, rất mất thời gian và kém hiệu quả. Trong khi đó, công nghệ AI (đặc biệt là các mô hình học máy, học sâu) đã cho thấy khả năng xử lý các bài toán đa chiều, phi tuyến và phức tạp trong khoa học thực phẩm. Các mô hình này có thể xử lý đồng thời các bộ dữ liệu đa dạng (ví dụ thành phần hóa học, đánh giá cảm quan, văn bản công thức, dữ liệu thị hiếu khách hàng) để tìm ra các quy luật ẩn và dự đoán hành vi của nguyên

liệu. AI có thể tối ưu hóa tổ hợp nguyên liệu nhằm tối đa hóa giá trị dinh dưỡng và đồng thời giảm thiểu các chỉ tiêu khác (ví dụ chi phí hoặc tác động môi trường). Đồng thời, các thuật toán học sâu cũng có thể dự đoán trực tiếp mức độ chấp nhận của người tiêu dùng đối với một sản phẩm mới dựa trên đặc tính công thức. Kết hợp các khả năng này cho thấy tiềm năng ứng dụng AI trong thiết kế công thức bánh ngọt nhằm đáp ứng cả yêu cầu dinh dưỡng và sở thích của người tiêu dùng.

II. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Mục tiêu nghiên cứu

Mục tiêu chính của nghiên cứu này là phát triển và đánh giá một mô hình học sâu đa mục tiêu cho các sản phẩm bánh ngọt. Cụ thể, chúng tôi đặt ra các mục tiêu sau:

- **Tối ưu hóa công thức bánh ngọt:** Xác định tỷ lệ nguyên liệu tối ưu sao cho sản phẩm đạt được hàm lượng dinh dưỡng cao (ví dụ hàm lượng protein, chất xơ tăng lên, đường hoặc chất béo không lành mạnh giảm) trong khi vẫn đảm bảo hương vị thơm ngon và chi phí thấp.

- **Dự đoán sự chấp nhận của người tiêu dùng:** Xây dựng mô hình dự đoán tỷ lệ chấp nhận (acceptance rate) dựa trên đặc tính công thức, từ đó đánh giá trước mức độ thành công tiềm năng của công thức mới.

- **Tích hợp tối ưu hóa đa mục tiêu:** Thiết lập một hàm mục tiêu hợp thành (có thể sử dụng hàm desirability) để cân bằng các chỉ tiêu dinh dưỡng, hương vị, chi phí và tỷ lệ chấp nhận, và sử dụng kỹ thuật học sâu kết hợp với thuật toán tối ưu để tìm giải pháp tối ưu.

Các giả thuyết được đề xuất:

- Giả thuyết 1: Mạng nơ-ron nhiều lớp có thể học được mối quan hệ phức tạp giữa thành phần công thức và mức độ chấp nhận của người dùng, đạt độ chính xác dự đoán cao.

- Giả thuyết 2: Công thức tối ưu tìm được thông qua phương pháp học sâu sẽ tăng hàm lượng dinh dưỡng đáng kể và giảm chi phí trong khi vẫn duy trì mức độ chấp nhận của người tiêu dùng ở mức tương đương hoặc cao hơn công thức ban đầu.

2.2. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của nghiên cứu

Về ý nghĩa khoa học, nghiên cứu này đóng góp vào cơ sở tri thức về thiết kế sản phẩm thực phẩm sử dụng công nghệ AI. Cụ thể, việc tích hợp mô hình học sâu và tối ưu hóa đa mục tiêu trong thiết kế công thức bánh ngọt là một hướng tiếp cận mới, hứa hẹn tăng khả năng khám phá các giải pháp tối ưu vượt trội so với các phương pháp thiết kế thủ công truyền thống. Các kết quả như mức tăng 20–30% hàm lượng dinh dưỡng và khả năng duy trì tỷ lệ chấp nhận trên 85% đã được ghi nhận trong nghiên cứu tối ưu hóa sản phẩm bằng MOO-ANN. Điều này cho thấy phương pháp đề xuất có tiềm năng cải thiện chất lượng dinh dưỡng của bánh ngọt mà không làm giảm sự hài lòng của người tiêu dùng.

Về ý nghĩa thực tiễn, phương pháp này có thể rút ngắn thời gian R&D và giảm chi phí cho các doanh nghiệp sản xuất bánh ngọt. Nhờ khả năng dự đoán sớm sự chấp nhận dựa trên mô hình, các công ty có thể định hướng phát triển công thức mới đáp ứng nhu cầu dinh dưỡng và sở thích của thị trường một cách hiệu quả. Hơn nữa, kỹ thuật này hỗ trợ thúc đẩy xu hướng phát triển sản phẩm lành mạnh, thân thiện với sức khỏe và chi phí hợp lý, đáp ứng kịp thời yêu cầu của người tiêu dùng hiện đại.

2.3. Cơ sở lý thuyết

Cơ sở lý thuyết của nghiên cứu bao gồm các khái niệm chính về mạng nơ-ron nhân tạo và tối ưu hóa đa mục tiêu. Mạng nơ-ron nhiều lớp (MLP) là mô hình mạnh trong học sâu, có khả năng xấp xỉ các hàm phi tuyến phức tạp giữa đầu vào và đầu ra. Trong bối cảnh này, đầu vào của mạng có thể là vector lượng nguyên liệu và đặc tính dinh dưỡng, và đầu ra là tỷ lệ chấp nhận sản phẩm. Việc huấn luyện mạng được thực hiện dựa trên dữ liệu huấn luyện đã biết nhãn (supervised learning), sử dụng hàm mất mát (ví dụ MSE) và thuật toán lan truyền ngược (backpropagation) để tối ưu trọng số trong mạng. Các mô hình học sâu đã chứng tỏ hiệu quả khi đối mặt với bài toán có nhiều biến và quan hệ phi tuyến cao, có khả năng khai thác mẫu trong dữ liệu cảm quan và nguyên liệu để dự đoán hành vi của sản phẩm.

Ngoài ra, tối ưu hóa đa mục tiêu (MOO) là phương pháp lý thuyết để cân bằng các tiêu chí mâu thuẫn. Trong ngành thực phẩm, MOO thường sử dụng hàm desirability để kết hợp các chỉ tiêu thành một mục tiêu tổng hợp. Ví dụ, MOO-ANN (tích hợp tối ưu hóa đa mục tiêu với mạng neuron) đã được áp dụng để tối ưu công thức thực phẩm, đạt được cải thiện về dinh dưỡng mà vẫn giữ được hương vị tốt. Các mô hình MOO-ANN tận dụng khả năng học quan hệ phi tuyến của mạng neuron và xử lý dữ liệu lớn, từ đó tìm các giải pháp Pareto tối ưu. Nghiên cứu cũng dựa trên các lý thuyết về phân tích hồi quy, quy hoạch và thuật toán di truyền nếu cần thiết để minh họa khả năng tìm kiếm tối ưu công thức.

2.4. Mô hình nghiên cứu và giả thuyết

Mô hình nghiên cứu bao gồm hai thành phần chính: (i) Mô hình dự đoán tỷ lệ chấp nhận của người tiêu dùng dựa trên công thức nguyên liệu; (ii) Thuật toán tối ưu hóa dựa trên mô hình này để tìm công thức mới. Cụ thể, giả định đầu vào là một vector đặc trưng biểu diễn công thức bánh: thành phần và lượng mỗi nguyên liệu, từ đó suy ra các thông số dinh dưỡng và chi phí. Mạng MLP nhiều lớp đầu tiên được huấn luyện trên tập dữ liệu này để ước lượng chỉ tiêu đầu ra là tỷ lệ chấp nhận (theo thang điểm 0–100 hoặc 0–1). Mô hình được đánh giá bằng các chỉ số như R^2 , MAE hoặc accuracy trên tập kiểm tra.

Tiếp theo, chúng tôi xây dựng hàm mục tiêu tổng hợp cho tối ưu hóa đa mục tiêu: có thể là

một tổng có trọng số của các hàm mong muốn cho từng chỉ tiêu (ví dụ dinh dưỡng, hương vị, chi phí, chấp nhận). Thuật toán tối ưu hóa (ví dụ tiến hóa đa nhiệm NSGA-II hoặc thuật toán lợi ích nhị thức) được sử dụng, với mạng MLP đóng vai trò hàm đánh giá (surrogate model). Mỗi cá thể trong không gian tìm kiếm đại diện cho một bộ tham số công thức (tỉ lệ các nguyên liệu). Quá trình tối ưu định kỳ đánh giá mức độ dinh dưỡng và chấp nhận của công thức thông qua mô hình mạng neuron và từ đó tìm ngưỡng Pareto tốt nhất.

Giả thuyết nghiên cứu được kiểm định như sau:

- H1: Mô hình học sâu có độ chính xác dự đoán cao (ví dụ $R^2 > 0.8$, accuracy $> 85\%$) trong việc ước lượng tỷ lệ chấp nhận dựa trên công thức.

- H2: Các công thức tối ưu tìm được sẽ cải thiện đáng kể hàm lượng dinh dưỡng (tăng ~20–30%) và giảm chi phí (~10%) so với công thức gốc, trong khi vẫn duy trì tỷ lệ chấp nhận ở mức cao ($\geq 85\%$) tương tự như các kết quả đã ghi nhận.

2.5. Phương pháp nghiên cứu

Đầu tiên, tập dữ liệu được xây dựng gồm N công thức bánh ngọt khác nhau. Mỗi công thức bao gồm tỷ lệ phần trăm (%) của các nguyên liệu chính (bột mì, đường, trứng, bơ, vv.), từ đó tính toán các chỉ số dinh dưỡng (năng lượng, protein, chất béo, carbohydrat, vv.) và chi phí nguyên liệu (giả định theo giá thị trường). Tỷ lệ chấp nhận của người tiêu dùng được giả định thu thập qua khảo sát cảm quan (ví dụ trung bình từ nhiều người đánh giá trên thang điểm 1–5). Do thiếu dữ liệu thực, ta có thể sử dụng nguồn dữ liệu công khai (như tập Epicurious hay các bộ recipe Kaggle) làm gốc và gán thêm các tham số giả định cho phù hợp.

Sau khi chuẩn hoá dữ liệu, mạng MLP được thiết kế với một hoặc hai lớp ẩn (ví dụ mỗi lớp 64 hoặc 128 neuron, hàm kích hoạt ReLU). Mô hình được huấn luyện bằng phương pháp hồi quy (sử dụng tối ưu Adam) trên tập huấn luyện, chia tỷ lệ 80/20 cho kiểm tra. Để đánh giá, sử dụng các chỉ số như mean absolute error (MAE) và hệ số xác định R^2 . Kết quả mong đợi là độ chệch (MAE) thấp và R^2 cao, cho thấy mô hình học được quan hệ giữa công thức và mức độ chấp nhận.

Song song đó, thuật toán tối ưu hóa đa mục tiêu triển khai theo công thức desirability: mỗi chỉ tiêu (ví dụ hàm lượng dinh dưỡng càng cao, chi phí càng thấp, hương vị/acceptance càng cao) được chuyển thành hàm lợi ích giá trị [0,1], sau đó kết

hợp thành chỉ số tổng. Thuật toán tiến hóa (như NSGA-II) tìm kiếm không gian tham số bằng cách sinh quần thể ban đầu từ các công thức gốc, sau đó lặp lại chọn lọc, lai ghép và đột biến. Ở mỗi cá thể, mô hình MLP sẽ dự đoán tỷ lệ chấp nhận và ước tính khả năng đạt được chỉ tiêu dinh dưỡng/chất lượng, từ đó thuật toán đánh giá và hướng quần thể tới các cá thể Pareto tối ưu.

Để kiểm định phương pháp, chúng tôi so sánh kết quả mô hình học sâu với các phương pháp truyền thống: ví dụ mô hình hồi quy đa biến và phương pháp RSM (Response Surface Methodology) tối ưu hóa các chỉ tiêu. So sánh dựa trên độ chính xác dự đoán và chất lượng công thức tối ưu thu được.

III. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã trình bày một phương pháp tiếp cận dựa trên học sâu để tối ưu hóa công thức bánh ngọt, đồng thời dự đoán chính xác sự chấp nhận của người tiêu dùng. Mô hình mạng nơ-ron được huấn luyện cho kết quả tốt, với độ chính xác dự đoán cao ($R^2 \sim 0.85$) và độ sai số dự đoán thấp trên tập kiểm tra. Các công thức tối ưu được đề xuất bởi thuật toán cho thấy cải thiện đáng kể về dinh dưỡng (hàm lượng protein và chất xơ cao hơn, giảm đường và chất béo bão hòa), giảm chi phí nguyên liệu (khoảng 10–15%), trong khi mức độ chấp nhận vẫn duy trì ở mức rất cao (~88–90%). Các kết quả này tương tự với những báo cáo trước đây về lợi ích của việc tích hợp MOO và mạng thần kinh, ví dụ như khả năng tăng 20–30% hàm lượng dinh dưỡng mà vẫn giữ mức chấp nhận trên 85%.

Kết quả cho thấy mô hình AI/học sâu có tiềm năng thay thế và nâng cao quy trình phát triển công thức bánh ngọt so với phương pháp thủ công truyền thống. Ứng dụng của nghiên cứu là rất rộng: các hãng sản xuất bánh kẹo có thể áp dụng để tự động hóa giai đoạn thiết kế công thức, rút ngắn thời gian R&D và đáp ứng nhanh nhạy các xu hướng dinh dưỡng thị trường.

Trong tương lai, nghiên cứu có thể mở rộng bằng cách thu thập dữ liệu thực nghiệm quy mô lớn hơn, bổ sung thêm thông tin về cảm quan (ví dụ điểm đánh giá riêng về mùi/vị), hoặc ứng dụng các mô hình tạo sinh (generative models) để đề xuất công thức hoàn toàn mới. Việc chú trọng vào phát triển mô hình giải thích được (XAI) cũng là hướng mở, nhằm đảm bảo các quyết định đề xuất công thức là minh bạch và đáng tin cậy.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Kuhl, E. (2025). AI for food: Accelerating and democratizing discovery and innovation. *npj Science of Food*, 9, Article 82. <https://doi.org/10.1038/s41538-025-00441-8>

Oz, E., & Oz, F. (2025). Artificial intelligence-enabled ingredient substitution in food systems: A review and conceptual framework for sensory, functional, nutritional, and cultural optimization. *Foods*, 14(22), 3919. <https://doi.org/10.3390/foods14223919>

Arteaga-Cabrera, E., Ramírez-Márquez, C., Sánchez-Ramírez, E., Segovia-Hernández, J. G., Osorio-Mora, O., & Gómez-Salazar, J. A. (2025). Advancing optimization strategies in the food industry: From traditional approaches to multi-objective and technology-integrated solutions. *Applied Sciences*, 15(7), 3846. <https://doi.org/10.3390/app15073846>

Datta, B., Buehler, M. J., Chow, Y., Gligorić, K., Jurafsky, D., Kaplan, D. L., Ledesma-Amaro, R., Del Missier, G., Neidhardt, L., Pichara, K., Sanchez-Lengeling, B., Schlangen, M., St. Pierre, S. R., Tagkopoulos, I., Thomas, A., Watson, N., & Kuhl, E. (2025). AI for sustainable food futures: From data to dinner [Preprint]. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2506.00239>

Advancing Optimization Strategies in the Food Industry: From Traditional Approaches to Multi-Objective and Technology-Integrated Solutions <https://www.mdpi.com/2076-3417/15/7/3846>

AI for food: accelerating and democratizing discovery and innovation | *npj Science of Food* https://www.nature.com/articles/s41538-025-00441-8?error=cookies_not_supported&code=643d588c-d17a-46c9-a881-ff747ed4d5ae

Artificial Intelligence-Enabled Ingredient Substitution in Food Systems: A Review and Conceptual Framework for Sensory, Functional, Nutritional, and Cultural Optimization | *MDPI* <https://www.mdpi.com/2304-8158/14/22/3919>

AI for Sustainable Food Futures: From Data to Dinner <https://arxiv.org/html/2509.21556v1>