

10. ВИКОРИСТАННЯ «ЕЛЕКТРОННОГО НОСУ» ІЗ ШТУЧНИМИ НЕЙРОННИМИ МЕРЕЖАМИ В АНАЛІЗІ КОВБАСНИХ ВИРОБІВ

**Л.Ю Арсеньєва, В.М. Пасічний,
Я.М. Пушкарьова, А.О. Калініченко**

Національний університет харчових технологій

«Електронний ніс» – це аналізатор парів на основі матриці різноманітних сенсорів, що імітують роботу органу нюху людини. Мультисенсорна система включає три рівня: рецепторний (сенсори), обмінний та інтерпретаційний (алгоритми обробки багатовимірних даних).

Мета дослідження: оцінити можливість класифікації зразків ковбасних виробів із різним рецептурним складом штучними нейронними мережами із різною архітектурою за кінетичним параметром сорбції летких речовин варених ковбасних виробів на покриттях сенсорів «електронного носу», в тому числі під час зберігання.

Досліджували зміни складу рівноважної газової фази об'ємом 3 см³ над модельними зразками варених ковбас в статичному режимі при (20±1)°C протягом їх життєвого циклу (від виробництва до мікробіологічного псування) на аналізаторі газів «МАГ-8» з методологією «електронний ніс» з метою ідентифікації проб на будь-якому етапі реалізації продукції.

Як основну аналітичну інформацію «електронного носа» застосовували площі під хроночастотограмами кожного сенсора (S_i, Гц*с) за 60 с вимірювання з кроком 1 с. Матриця «електронного носу» складалася із семи сенсорів з покриттями: поліетиленгліколь себацінат, поліетиленгліколь адипінат, дициклогексан-18-

краун-6, тритон X-100, поліетиленгліколь 2000, полідиетиленгліколь сукцинат, полівінілпіролідон.

Масив даних з 35 зразків варених ковбасних виробів був поділений на 5 класів (груп) залежно від вмісту соєвого ізоляту: 1 клас – зразки вареної ковбаси «Лікарської» в. с., 2 клас – зразки вареної ковбаси з 10% заміни м'ясної сировини на гідратований соєвий ізолят, 3 клас – зразки із 20% соєвого ізоляту, 4 клас – зразки із 30% соєвого ізоляту, 5 клас – зразки із 100% соєвого ізоляту. Віднесення зразку до певного класу дає змогу робити висновок про ідентифікацію зразків та визначати можливу фальсифікацію варених ковбасних виробів соєвими продуктами.

Вивчали ефективність роботи трьох двошарових алгоритмів штучних нейронних мереж «з навчанням»: імовірнісної (Probabilistic Neural Network, PNN), каскадної (Cascade Neural Network, CNN), «класичної» мережі прямого поширення сигналу та зворотнім поширенням помилки (Feed Forward Neural Network, FFNN). Для алгоритмів штучних нейронних мереж визначили оптимальні методи навчання, комбінацію функцій активації та число прихованих нейронів.

Масив даних випадковим чином поділяли на навчальну та тестову вибірки з метою встановлення оптимального об'єму навчальної вибірки. Під оптимальним об'ємом навчальної вибірки розуміють таке число зразків, яке забезпечує 100% навчання нейронної мережі і найвищу надійність класифікації зразків тестової вибірки. Оптимальний об'єм навчальної вибірки для параметра S_i складав 83%, тестової вибірки – 17%. Масив даних випадковим чином поділяли тричі для отримання статистично надійних даних.

Таблиця

Параметри штучної нейронної мережі та значення надійності ідентифікації ковбасних виробів

Нейронна мережа	Архітектура мережі (вхідні-приховані-вихідні нейрони, функції активації для прихованого/вихідного шарів)	Надійність класифікації, %
PNN	7-29-5, відхилення функції = 0,5	94
FFNN	7-14-5, гіперболічний тангенс/лінійна	61
CNN	7-12-5, гіперболічний тангенс/гіперболічний тангенс	56
	7-15-5, гіперболічний тангенс/лінійна	56

За параметром S_i «електронного носу» імовірнісна нейронна мережа (PNN) показала коректне навчання алгоритмів класифікації та правильне (надійність 94 %) віднесення до відповідних класів зразків тестової вибірки в порівнянні з FFNN та CNN.