

# ВТРАТИ ЕНЕРГІЇ — НАЙМЕНШІ

**Б**ільшість технологічних процесів теплової чи холодної обробки харчових продуктів закінчується при досягненні певної температури їх готовності. Це стосується випікання хліба, варіння ковбас, пастеризації молока, охолодження продуктів після їх збирання, процесів заморожування тощо. Лише в деяких випадках треба витримувати цю температуру певний час, щоб гарантувати стерильність продукту або його кінцеву вологість (упарювання, сушіння). Уточнення поняття кінцевої температури та розробка нових способів її визначення дають змогу скоротити час термотехнологічної обробки продуктів та зменшити витрати енергії.

Після термічної обробки різниця температур у різних точках капілярнопористих та колоїдних продуктів може сягати кількох десятків кельвінів, наприклад, при заморожуванні м'яса (див. рис.). Ліві графіки тут показують зміну температури з часом для різних точок продукту — ізобати, праві — ізохрони — розподіл температур за товщиною продукту в різні періоди. Отож при заморожуванні до мінус 35°C у центрі зразка температура на його поверхні сягає майже мінус 55°C.

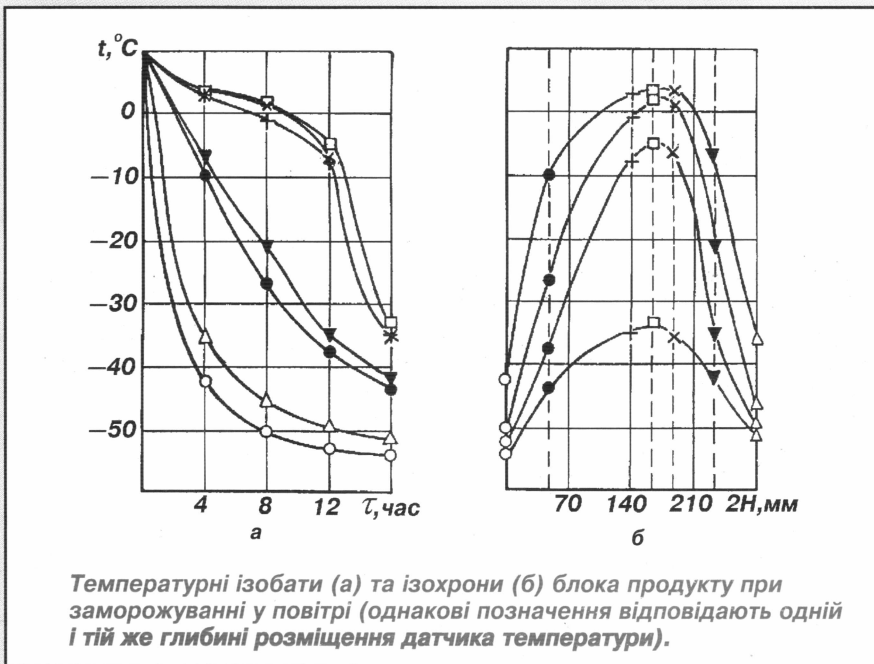
Щоб зменшити перевитрати енергії на ведення процесу, готовність продукту на практиці визначають не за температурою в його центральних прошарках, а за середньою об'ємною температурою продукту. Як правило, під цим терміном для плоских зразків мають на увазі напівсуму температур у центрі та на поверхні продукту. Але з графіків ізохрон бачимо, що розподіл температур за товщиною продукту далекий від лінійного. Крім того, розташування теплового центра може суттєво відрізнятися від геометричного внаслідок несиметричності відведення (підведення) теплоти з поверхонь продукту в даному випадку це близько 30 мм, наприклад, при варінні ковбас у батонах діаметром 80 мм — на 5—8 мм). Зрозуміло, що за таких умов температура в геометричному центрі перестає бути визначальною.

Досягти закінчення процесу охолодження або заморожування при температурі, яка виключала б теплообмін продукту з довкіллям в

умовах його зберігання або транспортування з найменшими витратами енергії можна за допомогою середньої ентальпійної температури. Зручність використання такої температури для контролю ступеня готовності продукту полягає ще й у тому, що її можна визначити без відшукування фактичного теплового центра, без будь-яких збурень продукту під час обробки. Таку можливість дає використання **тепломірів — малоінерційних малогабаритних датчиків густини теплового потоку через поверхню тепло-**

інших підприємств молочної і м'ясної промисловості, тепломір може бути використаний ще і як засіб автоматизації апарата.

Інформацію про кінетику чи динаміку теплових потоків можна використовувати також у випадках, коли за технологією потрібно тримати продукт певний час за певної температури, наприклад, при стерилізації консервів. Так, під час реконструкції автоклавного відділення консервного заводу, завдяки отриманій за допомогою тепломірів інформації, вдалося майже на 27% скоротити три-



*Температурні ізобати (а) та ізохрони (б) блока продукту при заморожуванні у повітрі (однакові позначення відповідають одній і тій же глибині розміщення датчика температури).*

обміну. Ці датчики розроблені в нашому університеті.

До поверхні продукту, в будь-якому місці, притискається платівка датчика, що видає на вторинний прилад інформацію про кінетику теплових потоків до чи від продукту. Інтегрування цього сигналу можна здійснювати, наприклад, з використанням електронного пристрою. Значення ефективної теплоємності продуктів табульовані.

Якщо теплота підводиться або відводиться через тверду стінку, тобто у будь-яких апаратах контактного типу, тепломір можна розташувати у цій стінці нарівні з теплообмінною поверхнею. При цьому, як показали випробування на Уманському консервному заводі та ряді

валів обробки консервів, а отже, підвищити продуктивність та зменшити енергоємність відділення. Ця інформація придатна також при налагодці апаратів термічної обробки продуктів. При капітальному ремонті шести однотипних хлібопекарських печей порівнювали динамічні криві для кожної з них, і в зонах недостатнього чи надлишкового підведення теплоти проводили відповідні ремонтні роботи. Внаслідок цього знизилася загальна витрата енергії та підвищилася якість хліба. За результатами теплотермічного дослідження плиточних швидкозаморозильних апаратів вдалося вирівняти теплові навантаження на окремі плити апарата та на 15% підвищити його видатність.