

УДК 547.458.1:641.85:664.404.8

А.І.Українець, д-р техн. наук
О.А.Коваль, канд. техн. наукВИЗНАЧЕННЯ СКЛАДОВОЇ ПОКАЗНИКА ЯКОСТІ
ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ — КОНСИСТЕНЦІЇ

Представлено методику визначення складової показника якості харчових продуктів — консистенцію пенетрацією. Вона проста для практичного використання, базується на аналізі диференціальних рівнянь руху методами символічної комп'ютерної математики.

Ключові слова: якість, консистенція, математичне моделювання, пенетрація.

Якість харчових продуктів — це сукупність властивостей і характеристик продукції, що визначають її придатність до вживання.

Стандартним напрямком визначення якості вважається органолептична оцінка, під час якої встановлюють відповідність основних показників (зовнішній вигляд, колір, запах, смак, консистенція) виробів вимогам стандартів. Простим і широко вживаним є визначення консистенції органолептичним методом. Так для варених ковбас у відповідності з існуючим технологічним регламентом консистенція повинна бути пружня, тверда, некрихка, а для сирокоччених і варено-коччених — тверда. Для сирокоччених пружня або тверда.

Типова 5^{та} бальна оцінка консистенції харчових продуктів передбачає наступну класифікацію [1]

Таблиця 1

Показник	Бальна шкала				
	5	4	3	2	1
Консистенція	Високо бажане	Бажане	Нейтральне	Середньо небажане	Високо небажане

Як видно з таблиці 1 визначення показників консистенції дуже умовні і не можуть бути об'єктивними.

Об'єктивно визначити консистенцію харчових продуктів можливо методами кваліметрії шляхом дослідження реологічних властивостей, які характеризують поведінку системи при деформуванні, вимірюванням параметрів процесів різання, пенетрації, імпульсного деформування та деяких інших.

Під технологічним терміном „консистенція” слід розуміти структурно-механічні властивості продукту за винятком його поверхневих властивостей: поверхневого тертя і адгезії.

Для контролю консистенції харчових продуктів широко використовуються віскозиметри, консистометри, пенетрометри та інші прилади [2,3]. Вони різні за конструкцією і складають основу контрольно-вимірвальних комплексів. Ефективна робота останніх досягається шляхом комплексного використання досконалих вимірвальних датчиків і пристроїв, математичних моделей, що описують процес деформування, проколвання, різання продукту і сучасної комп'ютерної техніки для обробки результатів вимірів. Все це у комплексі дозволяє швидко і якісно обробити результати, визначити їх достовірність.

Прилади контролю структурно-механічних властивостей харчових продуктів поділяють на три групи.

© А.І.Українець, О.А.Коваль, 2008

The penetrational method of the consistency determination has been proposed. The consistency is an important component of the quality coefficient of the food products. The method distinguishes from the others by its simplicity and based on the analysis of the differential equations of the indenter motion using symbolic mathematics methods.

Keywords: quality coefficient, consistence, simulations, penetration.

До першої відносять універсальні. Їх використовують для науково-дослідних цілей. Вони дозволяють визначити комплекс властивостей, з яких обирають характеристику найбільш чутливу до конкретних технологічних умов або поширену на практиці. Ці прилади, в основному, стаціонарні, громіздкі, матеріаломісткі і дорогі. До них можна віднести такі, принцип роботи яких базується на вимірюванні зусиль різання, переміщення, деформування зразків досліджуваного продукту. Зусилля, яке необхідне для цього, від спеціального робочого органа передається на тензобалку, або інший аналогічний за призначенням датчик. У результаті деформування останнього змінюються характеристики сигналів в електронній системі вимірювань, які у подальшому підсилюються і подаються на показуючий чи реєструючий прилад. Він запам'ятовує його і обробляє, використовуючи математичні моделі та комп'ютерні системи обчислення. Кінцевий результат, як правило, отримують в числовому чи графічному вигляді. До універсальних приладів можна віднести досліджувальну систему „Інстрон”, віскозиметричні комплекси на базі капілярних або ротаційних віскозиметрів, структурометри з реєструючою апаратурою і мікро-ЕОМ та інші. Універсальні прилади дають можливість проведення багатofакторного всебічного дослідження [4].

До другої групи відносять персональні вимірвальні прилади. Їх використовують для поетапного контролю стану продукту в умовах виробництва.

Персональні вимірвальні прилади дають можливість експрес-методом контролювати, як правило, одну, найбільш вагомую характеристику на конкретному етапі виробництва. Вони невеликі за розміром, спрощеної конструкції, з автономною системою живлення. В основному це ? персональні вимірвачі.

До третьої групи приладів відносяться стаціонарні безперервнодіючі або автоматичні, призначені для безперервного контролю і регулювання технологічного процесу. Для цього вони у своїй більшості мають оперативний зворотний зв'язок з системою керування, яка обробляє інформацію і впливає на хід технологічного процесу, роботу обладнання.

У процесі контролю, вимірювані параметри, як правило, зводять до однієї загальноприйнятої характеристики, якою може бути граничне напруження зсуву (статичне і динамічне), ефективна, пластична, динамічна в'язкість, модуль пружності, період релаксації та в деяких випадках інші. При дослідженні і моделю-

ванні консистенції харчових дисперсних систем найбільш поширенні емпіричні залежності.

Коли досліджуються пластично-в'язкі матеріали з незруйнованою структурою, широко використовують метод пенетрації. Тоді при застосуванні конічного індентора, граничне напруження зсуву розраховують з рівняння [5]

$$Q_0 = K \frac{m}{h^2}, \text{Па}, \quad (1)$$

де K — константа конуса, яка залежить від кута α при його вершині, Па м²/кг; m — маса конуса за виключенням сили тертя і опору пружини індикатора, якщо це передбачено його конструкцією, кг; h — глибина занурення конуса, м.

Константу конуса розраховують з рівняння

$$K = \frac{g}{\pi} \cos^2(\alpha/2) \text{ctg}(\alpha/2). \quad (2)$$

Для інженерних розрахунків константу конуса для різних кутів приймають α наступною:

α , град	30	40	45	60	90
K	9,4	5,2	4,1	2,1	0,67

Для м'ясних продуктів кращий результат можна отримати, використовуючи для визначення константи конуса рівняння

$$K = 0,687 \text{ctg}^3 \alpha. \quad (3)$$

Коли досліджують пластичні матеріали і h змінюється у межах від 7,5 до 20 мм, рекомендується використовувати залежність [6]

$$K = h \cdot \text{tg}(\alpha/4). \quad (4)$$

В спеціальній літературі, для різних харчових дисперсних систем, коли беруться до уваги процеси зсуву і зминання шарів матеріалу при зануренні конуса, наводиться також рівняння [2, 3]

$$K = 0,52 \text{ctg} \frac{\alpha}{2} \cos \frac{\alpha}{2} / \pi. \quad (5)$$

Якщо відсутній плин і має місце тільки деформація, для конуса з кутом $\alpha = 120^\circ$ і більше

$$K = \text{ctg}^2(\frac{\alpha}{2}). \quad (6)$$

Коли вимірювання проводять в обмеженому об'ємі і біля конуса відбувається зсув матеріалу уздовж його поверхні та пластична деформація шарів матеріалу, для визначення константи конуса рекомендовано [2] використовувати рівняння

$$\frac{1}{K} = \pi \cdot \text{tg}^2 \frac{\alpha}{2} \left[\left(\alpha - 2 \sin \frac{\alpha}{2} + 1 \right) \ln \left[\frac{\sin \frac{\alpha}{2}}{(\sin \frac{\alpha}{2} + 1)} \right] + \left[1 - \text{ctg} \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\alpha}{4} \right) \right] (2 \sin \frac{\alpha}{2} + 1)^2 \times \right. \\ \left. \ln \left[\frac{2 \sin \frac{\alpha}{2}}{(2 \sin \frac{\alpha}{2} - 1)} \right] - \left[\text{ctg} \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\alpha}{4} \right) - \text{ctg} \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\alpha}{4} \right) \right] \text{ctg}^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\alpha}{4} \right) \ln \left[\frac{2}{(\text{ctg} \frac{\alpha}{2} - 1)} \right] - \right. \\ \left. + \text{ctg} \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\alpha}{4} \right) \left[\text{ctg} \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\alpha}{4} \right) - (2 \sin \frac{\alpha}{2} + 1) \right] \right] \quad (7)$$

Для великих кутів конуса $\alpha + 90^\circ$ воно приймає вигляд

$$\frac{1}{K} = \pi \text{tg}^2 \frac{\alpha}{2} \left\{ \left[1 + \alpha - 2 \sin \frac{\alpha}{2} + 1 \right] \ln \left[\frac{\sin \frac{\alpha}{2}}{(\sin \frac{\alpha}{2} - 1)} \right] + \left[1 - \text{ctg} \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\alpha}{4} \right) \right] (2 \sin \frac{\alpha}{2} + 1)^2 \times \right. \\ \left. \times \ln \left[\frac{2 \sin \frac{\alpha}{2}}{(2 \sin \frac{\alpha}{2} - 1)} \right] - \text{ctg} \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\alpha}{4} \right) \left(\frac{3}{2} - 2 \sin \alpha \right) \right\} \quad (8)$$

У випадку, коли зразок знаходиться у кюветі або іншій ємкості, тобто коли рухливість шарів при деформуванні обмежена, для одержання достовірних значень граничної напруги зсуву необхідно враховувати вплив крайового ефекту, який залежить від співвідношення $(\frac{D}{d})$ діаметра ємкості до діаметра основи конуса, зану-

реного в продукт. При $\frac{D}{d} > 5$ вплив крайового ефекту відсутній. При розрахунку константи конуса, якщо $\frac{D}{d} < 5$, необхідно врахувати наступну поправку:

$$\frac{1}{K_1} = 1 + \frac{4 \text{tg} \frac{\alpha}{2}}{D^2}, \quad (9)$$

де K_1 поправка при розрахунку, граничного напруження зсуву.

Для отримання достовірних значень граничного напруження зсуву, незалежного від кута конуса, при $\frac{D}{d} > 5$, також використовують поправку

$$K_2 = \frac{0,83}{1,7} \sin \alpha. \quad (10)$$

При дослідженнях на конічному пенетрометрі дисперсних систем, аналогічних ювбасному фаршу, доцільно враховувати значну похибку, пов'язану зі зміною площі контакту конуса з матеріалом у зв'язку з порушенням однорідності маси під конусом.

Якщо враховувати зміну сили тертя, то треба додати до основного рівняння (1) ще один поправочний коефіцієнт

$$K_3 = \frac{\text{tg}(\frac{\alpha}{2}) \sqrt{9 \text{tg}^2(\frac{\alpha}{2}) + 4}}{3 \text{tg}^2(\frac{\alpha}{2}) + 1}. \quad (11)$$

Врахувавши, виходячи з умов дослідження, всі приведені вище поправочні коефіцієнти, остаточне рівняння для розрахунку граничного напруження зсуву буде мати вигляд

$$Q_0 = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K \frac{m}{h^2}, \text{Па}. \quad (12)$$

У кожному конкретному випадку треба визначати доцільність використання поправок K_1, K_2, K_3 .

Аналіз даних експериментальних досліджень структурно-механічних властивостей різних харчових дисперсних систем на конічному пенетрометрі дозволив провести слідо-чучу класифікацію матеріалів за консистенцією.

Рекомендовану сенсорну оцінку консистенції продукту за величиною граничного напруження зсуву при використанні конічного індентора представлено в табл. 2.

На рис. 1 показана залежність граничного напруження зсуву при різних відношеннях D/d , де D — діаметр ємкості, в якій знаходиться досліджуваний продукт; d — діаметр основи конуса.

З графіка витікає, що існують харчові продукти, для яких відношення D/d практично не впливає на граничне напруження зсуву, і навпаки — продукти, які дуже чутливі до умов проведення досліджень у замкнутому об'ємі.

Аналіз результатів дослідження пенетрацією структурно-механічних властивостей різних за консистенцією харчових дисперсних систем показав, що більшість представлених в літературі математичних моделей носить емпіричний характер. Практично всі

характеристики консистенції продукту знаходять з рівнянь апроксимації або регресії функцій, в які входять коефіцієнти, що характеризують зв'язок граничного напруження зсуву з багатьма конструктивними і технологічними факторами виробничого процесу. Такі функціональні залежності можуть бути використані для конкретних продуктів при заданих умовах дослідження. Отримані результати залежать від багатьох суб'єктивних і об'єктивних причин, які не враховуються при проведенні досліджень. Вони мають погану відтворюваність навіть при використанні однотипних приладів. Вищенаведені недоліки мають місце, перш за все, з причин відсутності обґрунтованої теорії, яка моделює процес пенетрації — занурення індентора в продукт. Виходячи з необхідності теоретичного обґрунтування механізму процесу пенетрації, запропоновано метод побудови математичних моделей на основі диференціальних рівнянь руху індентора різної форми при контакті з досліджуванним продуктом.

Таблиця 2.
Сенсорна оцінка консистенції продукту за величиною напруження зсуву (за результатами аналітичних досліджень)

№	Оцінка консистенції матеріалу	Граничне напруження зсуву, $Q_0 \cdot 10^3$, Па
1	Дуже м'який, не тримає форму, трохи текучий	менше 50
2	Дуже м'який, але не текучий	50...100
3	М'який, макий	100...200
4	Пластичний, легко деформується	200...800
5	В міру твердий, трохи пластичний, здатний до деформування	800...1000
6	Твердий, мало здатний до деформування	1000...1500
7	Дуже твердий	більше 1500

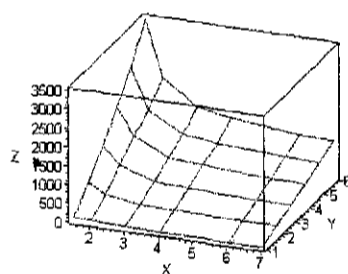


Рис. 1. Вплив відношення $D/d(x)$ на граничне напруження зсуву (z) для модельних матеріалів різної консистенції (y) (за даними аналітичних досліджень).

Коли індентор має форму голки, у момент торкання досліджуваного зразка, в загальному вигляді диференціальне рівняння його руху занурення у продукт буде мати вигляд

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + F_{\text{оп}} + P_{\text{пр}} = P_n, \quad (13)$$

де m — маса індентора, x — напрямок руху, m ; $F_{\text{оп}}$ — сила опору, яка виникає в результаті тертя і адгезії, H ; $P_{\text{пр}}$ — сила проникнення, H ; P_n — сила навантаження індентора, H .

Якщо індентор-голка має малий діаметр і міцність адгезії $F_{\text{ад}}$ визначена при умові тангенційного ковзання, тоді можна вважати

$$F_{\text{оп}} = S_0 F_{\text{ад}}. \quad (14)$$

У залежності від конструкції пенетрометра навантаження індентора може відбуватися різними способами. Найбільш поширені випадки, коли сила навантаження $P_n = \text{const}$ і $P_n = \text{const}$.

$$1. P_n = P_0 = \text{const} \quad \text{і} \quad 2. P_n = P_0 - c_{01} x$$

У випадку 1 маємо індентор, який може постійною силою — своєю вагою тиснути на зразок. Тоді $P_n = mg$. У випадку 2 тиснути на індентор може пружинний або інший за конструкцією пристрій, наприклад, гідравлічний або електромагнітний. Тоді $P_n = \text{const}$.

При заглибленні індентора у зразок, поверхня контакту S_0 змінюється. Для голчатого індентора циліндричної форми

$$S_0 = \pi D_0 x(t), \quad (15)$$

де D_0 — діаметр голки, м.

Для першого випадку, коли $P_n = P_0 = \text{const}$, диференціальне рівняння руху індентора прийме вигляд

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + \pi D_0 x(t) F_{\text{ад}} + P_{\text{пр}} - P_0 = 0. \quad (16)$$

Коли занурення індентора відбувається під дією власної ваги, тоді диференціальне рівняння руху буде

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + \pi D_0 x(t) F_{\text{ад}} + P_{\text{пр}} = mg. \quad (17)$$

Відповідно для 2-го випадку маємо

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + \pi D_0 x(t) F_{\text{ад}} + P_{\text{пр}} = P_0 - c_{01} x(t); \quad (18)$$

Прийнявши початкові умови, коли при $t = 0 \Rightarrow \frac{dx}{dt} = 0$, зробивши присвоєння $\text{сва} := x(0) = 0, D(x(0)) = 0$ маємо розв'язки відповідно: для першого

$$\text{св1} := x(t) = \frac{\cos\left(\frac{\sqrt{F_{\text{ад}} \pi D_0 + C_{01}} t}{\sqrt{\text{massa}_1}}\right) (-P_{\text{пр}} - \text{massa}_1 g) - \frac{-P_{\text{пр}} + \text{massa}_1 g}{F_{\text{ад}} \pi D_0}}{F_{\text{ад}} \pi D_0}, \quad (19)$$

і другого

$$\text{св2} := x(t) = \frac{\cos\left(\frac{\sqrt{F_{\text{ад}} \pi D_0 + C_{01}} t}{\sqrt{\text{massa}_1}}\right) (P_{\text{пр}} - P_0) - \frac{-P_{\text{пр}} + P_0}{F_{\text{ад}} \pi D_0 + C_{01}}}{F_{\text{ад}} \pi D_0 + C_{01}}, \quad (20)$$

Отримані математичні моделі (19)–(20) описують механізм занурення індентора за умови, коли його початкова швидкість дорівнює нулю, тобто індентор торкається поверхні зразка.

Для кожного з продуктів, що досліджують, вимірюючи глибину і тривалість занурення індентора, врахувавши його конструктивні характеристики і знаючи міцність адгезії, встановлюють об'єктивну характеристику — оцінку консистенції за таблицею аналогічно таблиці 2.

Висновки. У роботі представлено методикку визначення складової показника якості харчових продуктів консистенції пенетрацією. Вона проста для практичного використання, базується на вимірюванні тривалості і глибини занурення індентора у продукт. В основу розрахункових моделей покладено диференціальні рівняння руху індентора, аналіз яких виконано методами символічної комп'ютерної математики.

ЛІТЕРАТУРА

1. Методи контролю якості харчової продукції / О.І. Червко, Л.М. Крайнюк, Л.О. Кисилова та інші. — Харків: ХДУХТ, 2005. — 203 с.
2. Косой В.Д., Малышева А.Д., Юдина С.Б. Инженерная реология в производстве колбас. — М.: Колос, 2005. — 264с.

3. *Реометрия* пищевого сырья и продуктов: Справочник / Под. ред. Ю.А. Мачихина. — М.: Агропромиздат, 1990. — 271с.

4. *Реометрия* пищевого сырья и продуктов: Справочник / Под. ред. Ю.А. Мачихина. — М.: Агропромиздат, 1990. — 271с.

5. Карпычев В.А., Косой В.Д., Горбатов А.В. Теоретическое обоснование метода пенетрации. — Мясная индустрия СССР. — 1985, № 12, с.32-34.

6. Баранов А.Ф. Автореф. канд. дис. Исследование структурно-механических свойств (консистенций) мяса говядины. — М.: 1975. — 24с.

Надійшла до редколегії 17.03.07р.

УДК 658.51

І.Д. Гаркуша, асп.
Л.Ю. Маноха, канд.техн.наук

ДОСЛІДЖЕННЯ І ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ СТВОРЕННЯ ЦЕНТРІВ ОБРОБКИ ДАНИХ В ОРГАНІЗАЦІЯХ З РОЗГАЛУЖЕНОЮ ІНФРАСТРУКТУРОЮ

Дано визначення центру обробки даних та виділено основні його складові. Проаналізовано функції, які забезпечуватимуться з впровадженням центру. Досліджено і обґрунтовано доцільності створення ЦОД в організаціях з розгалуженою інфраструктурою, приведено приклад архітектури такого центру.

Ключові слова: Центр обробки даних, інженерна інфраструктура, телекомунікаційна система, технічна архітектура, моніторинг

В організаціях з великою розгалуженою інфраструктурою швидкими темпами росте число серверного та комутаційного обладнання. Консолідація ресурсів і додатків разом зі змінами в серверному парку диктує нові вимоги і підходи до конфігурації інженерних систем. Від нової інфраструктури вимагається мінімізація ризиків внаслідок перебоїв в енергопостачанні, перепадів температури і порушення кліматичних умов, недотримання правил протипожежної безпеки, відключення каналів зв'язку. Поняття технологічних приміщень набуває нових рис, так окреме існування комутаційних та серверних кімнат втрачає будь-який сенс, їм на зміну приходять центри обробки даних (ЦОД).

Центри обробки даних (Data Center) — це комплекс програмних і апаратних компонентів, організаційних процедур і персоналу, що забезпечує автоматизацію діяльності. ЦОД об'єднує велику кількість програмних та апаратних платформ різного типу — серверів, дискових масивів, бібліотек, операційних систем, систем управління навантаження та засобів резервування даних.

Первинна функція ЦОД — це розміщення устаткування для обробки та зберігання інформації, а також допоміжних (інженерних) засобів, що забезпечують його роботу.

На даний час багато підприємств України мають побудовану розгалужену корпоративну мережу, в якій функціонують дуже важливі для роботи підприємств інформаційні системи, проте мало які організації мають єдиний центр управління такою системою. Тому нині виникає потреба створення єдиного центру обробки даних для розміщення вузла ІТ (інформаційних технологій) і системи резервування.

© І.Д. Гаркуша, Л.Ю. Маноха, 2008

Determination of center of the data processing is given and selected basic his constituents. Functions which will be provided with introduction of center are analysed. It is explored and grounded to expedience of the Data Centers creation in organizations with the ramified infrastructure, resulted the example of architecture of such center.

Key words: Data Center, engineering infrastructure, telecommunication system, technical architecture, monitoring

Хоча створення інформаційної системи у кожній організації має свою специфіку, існують загальні підходи до формування як усієї інформаційної системи так і інженерної структури.

Структура ЦОД має враховувати специфіку організації, тому склад та конфігурація апаратних та програмних платформ оптимізується у відповідності з обчислювальним навантаженням. Параметр технічних засобів (потужність, ємність сховищ, пропускна здатність каналів передачі даних) мають дозволити створювати високорівневі технічні рішення. Тому характеристики і задачі конкретних серверів, систем і сховищ зберігання даних, телекомунікаційних каналів та програмного забезпечення вибираються та задаються для реального забезпечення неперервності бізнес-процесів підприємства та мінімізації витрат на їх використання.

Серверні обчислювальні платформи є ядром ЦОД, тому вони повинні забезпечувати віртуалізацію обчислювальних ресурсів та виконання гетерогенного програмного забезпечення.

Другою ключовою складовою ЦОД є системи зберігання даних, до яких також висуваються досить високі вимоги. Це, насамперед, забезпечення цілісності та доступності, а також високий ступінь масштабованості та резервування, що забезпечує збереження даних та відмовостійкість системи.

І, нарешті, надійне функціонування ЦОД неможливе без інфраструктури приміщення.

Інженерна інфраструктура ЦОД повинна відповідати наступним вимогам:

— забезпечувати повну фізичну безпеку обладнання з розміщеною на ньому інформацією (захист від пожежі, води і протипожежної рідини, електромагніт