

УДК 620.172.21:635.21.24

ВПЛИВ ШВИДКОСТІ ДЕФОРМАЦІЇ НА ПРУЖНІ ВЛАСТИВОСТІ ОВОЧІВ

Шеїна А. В., аспірант*

*Донецький національний університет економіки і торгівлі імені
Михайла Туган-Барановського*

Тел. (062)304-50-46

Анотація - у статті наведено результати експериментальних досліджень впливу швидкості деформації на модуль пружності овочевої сировини. Зроблено висновки за результатами дослідних даних.

Ключові слова - модуль пружності, в'язкопружні властивості, овочі, модель Максвелла, швидкість деформації.

Постановка проблеми. При переробці овочевої сировини за допомогою технологічного устаткування (сортування, калібрування, миття, транспортування) продукція піддається різним навантаженням, багато з яких є побічними при виконанні технологічного процесу. У такому випадку важливу роль грають такі реологічні властивості матеріалу, як міцність при руйнуванні, твердість, крихкість, зовнішнє тертя, адгезія та інші. Таким чином, знання реологічних констант і кінетики деформації сировини, що обробляється, має зумовлююче значення для отримання якісного продукту.

Під дією зовнішнього навантаження у харчових матеріалах виникають деформації і напруги, які є мірою сил внутрішньої взаємодії між елементами тіла. Кінетика деформації складних харчових матеріалів (дисперсні системи) істотно змінюється при збільшенні навантаження. Дисперсна система поводить себе як тверде тіло і пружно деформується за умови, що напруження, котрі виникають при вантаженні зразка продукту, не перевищують межу плинності. Якщо напруга, діюча на систему, перевищує межу плинності, то починається пластична течія матеріалу.

Аналіз останніх досліджень. Для деяких технологічних процесів, здійснюваних при переробці овочевої сировини, відмічена залежність зусиль, додаваних для виконання технологічної операції, від швидкості дії на харчовий матеріал. Проте, в технічній літературі відсутня систематизована інформація про вплив швидкості

© Шеїна А. В., аспірант

*Науковий керівник – д.т.н., професор Заплетніков І. М.

вантаження на реологічні характеристики і, зокрема, пружні властивості овочевої сировини.

Мета статті - вивчення впливу швидкості деформації на пружні властивості овочів при одноосьовому стисненні між двома плоскопаралельними пластинами.

Основна частина. Реологічна поведінка твердовидних в'язкопружних матеріалів, до яких, згідно класифікації П. А. Ребиндера, відноситься досліджувана нами овочева сировина, описується моделлю Максвелла. Механічний варіант тіла Максвелла являє собою послідовно сполучені елементи Гука і Ньютона, відповідно до рис. 1. Тіло Максвелла поводить себе як пружне або в'язке залежно від відношення часу релаксації матеріалу до тривалості експерименту. Отже, якщо під дією миттєвого зусилля пружина розтягується, а потім відразу навантаження знімається, поршень не встигає рухатися і система поводить себе як пружне тіло. Однак, з іншого боку, якщо підтримувати розтягування пружини постійним, вона поступово релаксує, переміщуючи поршень вгору, і система поводить себе як ньютонівська рідина [1].

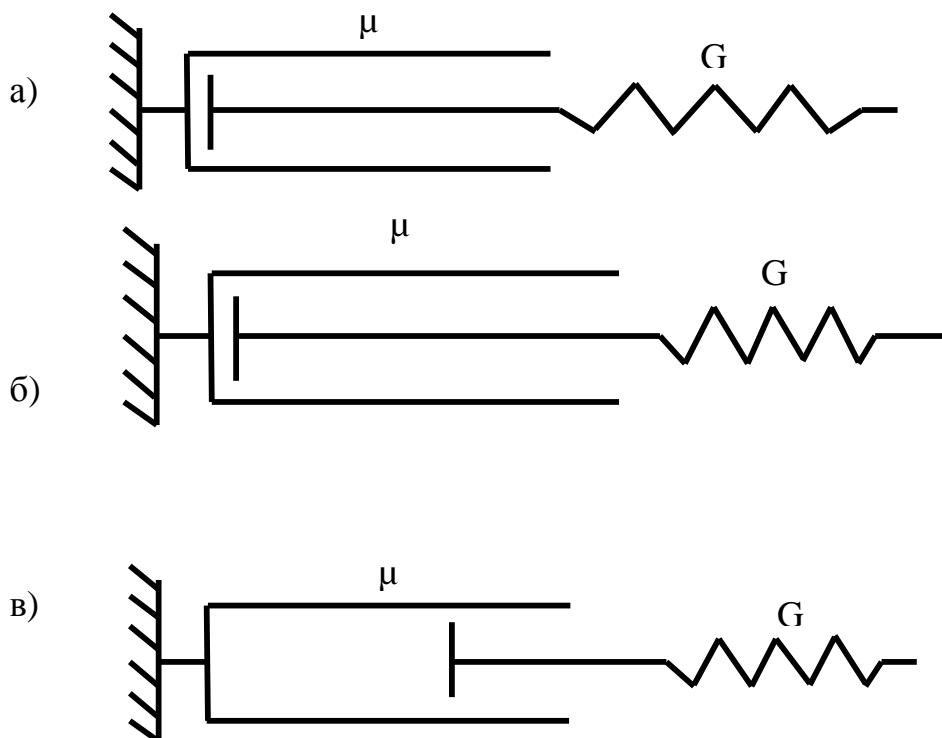


Рис. 1. Модель тіла Максвелла:

а) стан спокою; б) навантаження; в) релаксація напруги.

На рис. 2 приведені реограми навантаження для деяких видів овочів, що доводять приналежність овочевої сировини до

в'язкопружних матеріалів. Крива кінетики деформації при навантаженні умовно розділяється на дві зони: зона навантаження і зона розвантаження. Період навантаження характеризується зростанням напруги в продукті з часом. При знятті навантаження у деякий момент часу t має місце пружний наслідок. Пружні властивості матеріалу відновлюються повністю на протязі деякого періоду часу, який називається періодом релаксації напруги, за умови, що напруга стиснення не перевищує межі плинності, або відновлюються частково, при перевищенні межі плинності навантаженням, що додається, внаслідок чого в матеріалі розвиваються безповоротні деформації.

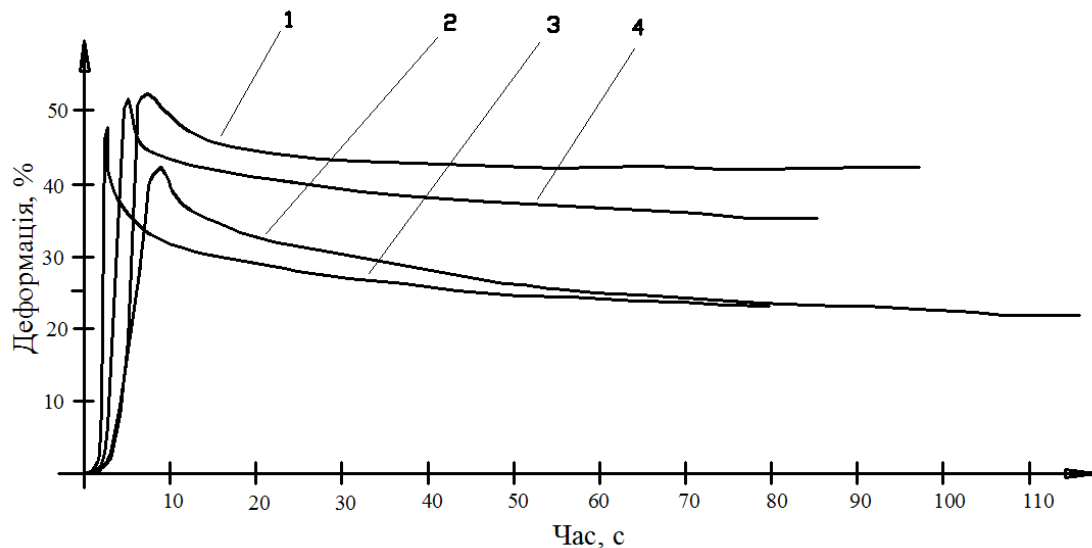


Рис. 2. Реограми навантаження овочів при одноосьовому стисненні:

1 - картопля, 2 - морква, 3 - кабачок, 4 – баклажан.

Реологічні константи матеріалів визначаються шляхом обробки кривих кінетики деформації при навантаженні і розвантаженні для різної напруги [2].

Реологічне рівняння Максвелла має вигляд [3, 5]

$$\frac{1}{E}\dot{\sigma} + \frac{1}{\eta}\sigma = \dot{\epsilon}, \quad (1)$$

де E - модуль пружності,

η - в'язкість,

σ - напруга,

$\dot{\epsilon}$ - швидкість деформації,

$\dot{\sigma}$ - швидкість навантаження.

Модуль пружності і в'язкість є реологічними величинами, що описують відношення між напругою σ і деформацією ε для рослинних в'язкопружних матеріалів у діапазоні малих деформацій.

Модуль пружності - це коефіцієнт пропорційності між напругою (тиском) і відносною деформацією [4].

Для матеріалів з нелінійною залежністю напруги від деформації, до яких відносяться овочі, згідно з графічними залежностями, представленими на рис. 2, розрізняють три види модуля пружності: локальний, середній і січний [3].

Оскільки в рамках цього дослідження нас цікавлять пружні властивості продукту до досягнення межі міцності, то доцільно припустити, що найточніше відображувати стан матеріалу у вказаний момент часу буде саме локальний модуль пружності.

У приведенному рівнянні (1) $\dot{\sigma}$ і $\dot{\varepsilon}$ означають похідні за часом, відповідно, напруги і деформації, тобто $\dot{\sigma} = \frac{d\sigma}{dt}$ і $\dot{\varepsilon} = \frac{d\varepsilon}{dt}$.

Рівняння (1) можна переписати у вигляді

$$\dot{\sigma} + \frac{E}{\eta}\sigma = \dot{E}\varepsilon. \quad (2)$$

Для аналізу впливу швидкості деформації на модуль пружності E диференціюємо рівняння (2) по відношенню до E і $\dot{\varepsilon}$. Отримуємо

$$\frac{1}{\eta}\sigma dE = \dot{\varepsilon}dE + EdE, \quad (3)$$

де dE означає диференційний модуль пружності, а $d\dot{\varepsilon}$ є диференційною швидкістю деформації.

Таким чином, з урахуванням (1) отримуємо наступне рівняння

$$\frac{dE}{d\dot{\varepsilon}} = \frac{-\dot{\sigma}}{\left(\dot{\varepsilon} - \frac{\sigma}{\eta}\right)^2}. \quad (4)$$

У зоні навантаження (рис. 2) напруга збільшується з часом, тобто $\dot{\sigma} > 0$ і, згідно з рівнянням (4) можна стверджувати, що $\frac{dE}{d\dot{\varepsilon}} < 0$.

Це означає, що із зростанням швидкості деформації модуль пружності зменшуватиметься. Так само можна відмітити, що при $\dot{\sigma} > 0$

нерівність $\left(\dot{\varepsilon} - \frac{\sigma}{\eta} \right) > 0$, що означає, згідно з формулою (4), що вплив швидкості деформації на модуль пружності знижується із збільшенням показника швидкості. Тобто, чим вище швидкість деформації, тим менший вплив вона чинитиме на величину модуля пружності.

Проведені дослідження дають можливість підтвердити теорію і стверджувати, що із збільшенням швидкості деформації значення модуля пружності досліджуваної сировини знижується. На рисунку 3 приведені графічні залежності модуля пружності деяких овочів від швидкості деформації при стискуванні зразка на 20%.

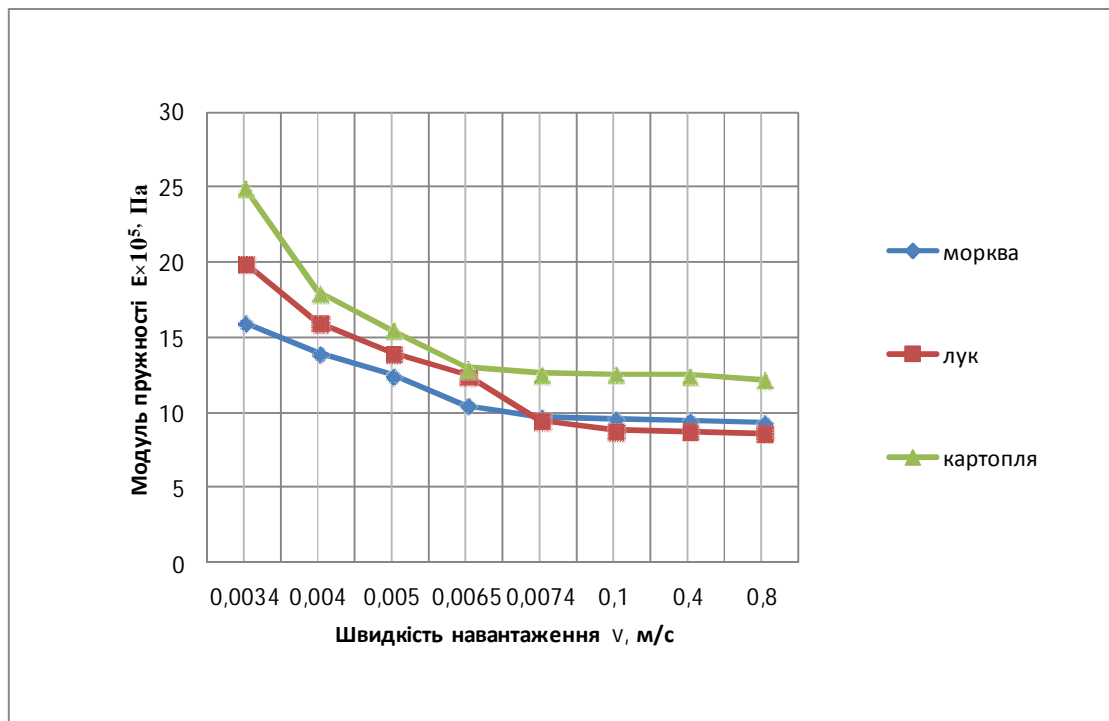


Рис. 3. Залежність модуля пружності від швидкості деформації.

Аналізуючи графіки, відмітимо, що при малих швидкостях модуль пружності більшою мірою залежить від швидкості деформації і його значення плавно знижується в інтервалі від 0,003 до 0,1 м/с. При збільшенні швидкості деформації зразка понад 0,1 м/с модуль пружності мало залежить від її чисельного значення і практично не змінюється. Залежність модуля пружності від швидкості деформації описується степенним законом.

Висновки. Досліджувана овочева сировина є дисперсною системою з твердовидною структурою та має в'язкопружні властивості. Реологічна поведінка м'якоті овочів з високою мірою точності описується механічною моделлю Максвелла, що доведено аналізом реограм навантаження в умовах одноосового стиснення.

Пружні властивості м'якоті овочів залежать від швидкості деформації зразків продукту, при цьому збільшення показника швидкості призводить до зниження модуля пружності. Теоретично і експериментально доведено, що найбільший вплив на пружні властивості м'якоті овочів швидкість деформації чинить при низьких показниках. Зі збільшенням швидкості пружні властивості проявляються слабкіше і все менше від неї залежать.

Перспективою подальших досліджень є комплексний аналіз впливу швидкості руху робочих органів технологічного устаткування на фрикційні і пружні властивості сировини, що переробляється.

Література:

1. Основы реологии пищевых продуктов: учеб. пособие / М.Ж. Еркебаев, Т.К. Кулажанов, Е.Б. Медведков,- Алматы, 2006. - 298с
2. Реометрия пищевого сырья и продуктов: Справочник/ Ю, А. Мачихин. – М.: Агропромиздат. – 1990. – 271 с.
3. Мачихин Ю. А. Инженерная реология пищевых материалов / Ю. А. Мачихин, С. А.Мачихин. – М.: Легкая и пищевая пром-ть. – 1981.-216 с.
4. Резник Н.Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов / Н.Е. Резник . М.: Машиностроение, 1975. - 311 с.
5. Rheological methods in food process engineering. James F.Steffe. –Michigan State University, USA.: Freeman Press. – 1996. - 412 с.

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ДЕФОРМАЦИИ НА УПРУГИЕ СВОЙСТВА ОВОЩЕЙ

Шейна А. В.

Аннотация – в статье приведены результаты экспериментальных исследований влияния скорости деформации на модуль упругости овощного сырья. По результатам исследований сделаны выводы.

ELASTICITY OF VEGETABLES PULP AT DIFFERENT SPEED OF DEFORMATION

A. Sheyina

Summary

The results of experimental researches of influence of speed of deformation on the modules of elasticity of vegetable pulp are resulted in the article. Conclusions are done as a result of experimental information.