

С.А. Курта<sup>1</sup>, О.М. Хацевич<sup>1</sup>, М.Р. Цап<sup>1</sup>, Д. Андрушова<sup>2</sup>,  
Т.М. Громовий<sup>3</sup>, Н.В. Бойко<sup>4</sup>

## Біополімерні наноструктурні композиції на основі карамелізованого меду

<sup>1</sup>ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника», Івано-Франківськ, Україна, [kca2014@ukr.net](mailto:kca2014@ukr.net)

<sup>2</sup>Тренчанський університет імені Олександра Дубчака, Словачія, [darina.ondrusova@fpt.tnuni.sk](mailto:darina.ondrusova@fpt.tnuni.sk);

<sup>3</sup>Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка Національної академії наук України, Київ, Україна, [grot@ukr.net](mailto:grot@ukr.net);

<sup>4</sup>Ужгородський національний університет, Ужгород, Україна, [nadiya.boyko@gmail.com](mailto:nadiya.boyko@gmail.com)

Вивчено хімічні властивості меду, воску, прополісу до та після процесу карамелізації меду. Вперше досліджено реакції, що відбуваються при карамелізації меду та інших продуктів бджільництва, вивчено біохімічні властивості отриманих речовин. Виявлено посилення біологічної активності композиції при термохімічній обробці меду в присутності спеціально підібраних каталізаторів. Досліджені ІЧ спектри, вологість, в'язкість, розміри та розподіл за розмірами наночастинок, елементний склад, вміст оксиметилфурфуролу, діастазне число карамелізованого меду. Виявлена різниця між розмірами наночастинок натурального та карамелізованого меду, а саме: значно менші (1,5 - 2,0 рази) розміри частинок карамелізованого меду зумовлюють його біохімічну активність. На основі вивчених властивостей та отриманих результатів з карамелізованого меду, воску і прополісу створена жувальна гумка з біологічно-активними компонентами для профілактики і лікування захворювань тканин пародонту (гінгівіту, пародонтиту і пародонтозу). Проведені клінічні дослідження із застосуванням жувальної гумки на основі меду, воску і прополісу для лікування ротової порожнини підтвердили позитивний ефект у 72 % пацієнтів.

**Keywords:** мед, віск, прополіс, карамелізація, біохімічні властивості, жувальна гумка, профілактика, гінгівіт, пародонтит, пародонтоз, лікування.

*Стаття постулила до редакції 11.08.2019; прийнята до друку 15.12.2019.*

### Вступ

Продукти бджільництва – це винятковий продукт харчування, чудові ліки, хороший косметичний засіб. Завдяки своїм антисептичним властивостям у медицині широко використовується бджолиний мед, який має здатність зупиняти ріст хвороботворних мікроорганізмів, допомагає при лікуванні виразок і ран, захворювань внутрішніх органів, очей, шкіри, сприяє зниженню артеріального тиску, лікуванню неврозів, безсоння. Мед є частиною традиційної медицини у багатьох культурах, хоча найширше використовується як підсолоджувач. Він містить щонайменше 180 компонентів і є в основному розчин перенасичений цукрами, фруктозою ( $\geq 38\%$ ) і

глюкозою ( $\geq 31\%$ ), вміст вологи становить близько 17,7 - 21 %, загальна кислотність - 0,08 % (рН = 3,4 - 4,3) та зола - 0,18 %. Крім того, в меді є велика кількість інших компонентів, включаючи фенольні кислоти і флавоноїди, ферменти глюкозооксидази та каталази, аскорбінові кислоти, каротиноїди, органічні кислоти, амінокислоти, білки та  $\alpha$ -токоферол.

Бджолиний віск - продукт воскових залоз бджіл, утворюється при вживанні квіткового пилку, перги і меду. З воскових пластинок бджоли будують стільники у вулику. Віск містить 200 - 300 компонентів, а саме складні ефіри, вільні жирні кислоти, насичені вуглеводні, мінеральні барвники й ароматичні речовини, а саме: ефіри цериноївої кислоти - 76,0 % ефіри холестерина 1,0 %. красящие

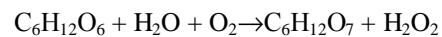
0,3%. лактони 0,6 %. вільний спирт 1,25 %. вільні церинові к-ти 13,5 %, вуглеводи 10,5 - 13,5 %. Чистий віск легше води, температура плавлення 62 – 69 °С щільність 0,96 г/см<sup>3</sup>. він не розчиняється у воді, але добре розчинний в бензині, хлороформі, ефірі й киплячому спирті.[1] Хімічний склад воску хімічний склад має схожість з жирами і оліями, але значно багатший і різноманітніший. На даний час бджолиний віск вже відомий у стоматології, його застосовують для очищення порожнини рота і зміцнення ясен.

Прополіс – це унікальна природна субстанція, що володіє біологічними властивостями антибіотиків, яку неможливо синтезувати штучно, смак його гіркий, злегка пекучий. При температурі 20-40оС щільний менше 20°С — твердий. Вміст воску в прополісі менш 28%, показник окиснюваности 22%, йодное число менш 35. Бджоли в процесі своєї життєдіяльності, як ніхто інший, потребують потужних противірусних і бактерицидних ліків. Бджоли використовують прополіс як антисептичний засіб для обробки внутрішньої поверхні вулика і муміфікації тих гризунів та комах, які потрапили всередину. До складу прополісу входять: природні смоли (40 – 55 %), бджолиний віск та жирні кислоти (20 - 35 %), ароматичні олії (близько 10 %), пилок (близько 5 %) та інші компоненти. На даний час експериментально доведено, що прополіс володіє широким спектром фармакологічної активності. Найпоширеніше використання на даний момент прополісу в стоматології: 2 - 4 % спиртові екстракти прополісу ефективні при лікуванні грибкових захворювань ротової порожнини, наривів на яснах і в комплексній терапії пародонтитів, гінгівітів. Завдяки місцевій анестезуючій дії, прополіс можна використовувати як знеболювальний засіб при підвищеній чутливості зуба.

Бджолиний пилок (обніжжя) містить наступні мінеральні речовини в мг/100гр: аскорбінова кислота - 1,4-205,2 мг/100 гр., фосфор 50 - 610 мг/100 гр., вітамін В (тіамін) 0,4-1,5 мг/100 гр, калій 130 -1140 мг/100гр, рибофлавін 0,54 - 1,9 мг/100гр, кальцій 30-1180 мг/100гр, В5 - нікотинова кислота 4,8 - 21,0 мг/100гр, магній 60 - 380 мг/100г, В6(пиридоксин) 0,5 - 0,9 мг/100гр, натрій 28 -44мг/100гр, фолієвая кислота 0,1 - 0,68 мг/100гр, мідь 0,6-1,57 мг/100гр, Н(біотин) 0- 0,25мг/100гр, залізо 0.2-4,2 мг/100гр, пантотенова кислота 0,32-5,0 мг/100гр, Е (α-токоферол) 0,3 - 170, вода 3 - 4 %, відновлені цукри 20 - 40 % ,не відновлені цукри 0 -20%, жири 1-20%, білки 11 - 35 %, амінокислоти 10 -45%, антибіотики + вітаміни 5,75 - 10,8 мкг/г , рибофлавін 16,3 - 19,2 мкг/г, пиридоксин 0 - 9 мкг/г. Основні активні компоненти бджолиного пилку — це похідні фенольних кислот і поліфенольні сполуки, в основному флавоноїди та глікозиди. Найбільш відомою дією фітостеринів є здатність знижувати рівень холестерину в крові за рахунок перешкоджання його абсорбції в кишечнику. Пилок підтримує імунну систему: сприяє підвищенню вмісту вітамінів, мінералів та фітохімічних речовин. Крім того, може діяти як вакцина та нормалізувати підвищення температури,

регулювати обмін речовин в організмі, проявляти антимікробну, антиоксидантну та протизапальну дію. Підтримує гігієну порожнини рота та видаляє неприємний запах з рота [1].

Вперше було визнано антибактеріальну властивість меду ще у 1892 році і встановлено, що для цього концентрація меду повинна становити від 1,8 % до 10,8 % (об/од). Отже природний мід необхідно розвести не менше як в дев'ять разів [2]. Важливі фактори, які впливають на антибактеріальну ефективність меду такі:-гігроскопічні властивості: на основі цього ефекту високі осмотичні властивості, для витягування води з бактеріальних клітини, чим зумовлена можливість викликання їх загибелі. Мед, як інші насичені цукрові сиропи та цукрові пасти, має властивчсть достатню для пригнічення росту мікробів. Ннизьке рН: мед має досить кисле середовища, рН становить від 3,2 до 4,5, що є достатнім для гальмування багатьох збудників. Оптимальне значення рН для їх розвитку зазвичай 7,2 - 7,4. Пероксид гідрогену: основна антибактеріальна активність в меді пов'язана з гідроген пероксидом, що ферментативно продукується в меді. Фермент глюкозооксидази декретується з гіпофарингіальної залози бджоли в нектар та сприяє утворенню меду з нектару. Утворюється гідроген пероксид та глюконова кислота за реакцією окислювального гідролізу глюкози:



Саме ці речовини сприяють консервуванню меду. Утворений гідроген пероксид може бути ефективним як стерилізуючий засіб лише протягом дозрівання меду. Мед повноцінний має незначну кількість гідроген пероксиду, оскільки ця речовина є нестійкою за наявності іонів перехідного металу та аскорбінової кислоти в меді, що каталізують її розпад до кисню і води. Практична неактивність ферменту у «визрілому» меді, зумовлює утворенням гідроген пероксиду лише тоді, коли мед розведений.. При розведенні меду активність збільшується (коефіцієнт від 2500 до 50 000), що дає антисептичне "повільне вивільнення" на рівні, який є антибактеріальним, але не пошкоджує тканини [3].

Отже, вивчення властивостей бджолиних продуктів та їх зміни з розмірами частинок макромолекул цукрів та полісахаридів, що відбуваються при карамелізації меду є досить актуальною проблемою, як для хімії так і для інших наук.

## I. Експериментальна частина

Авторами запропонована та проведена низькотемпературна карамелізація меду [4]. Вивчено властивості карамелізованого меду та порівняно його склад, структуру, використовуючи вимірювання ІЧ спектрів із звичайним необробленим медом на приладі FTIR spektrometer Nicolet і S50; ThermoScien'fic. Отримані результати наведені нижче на рисунку 1.

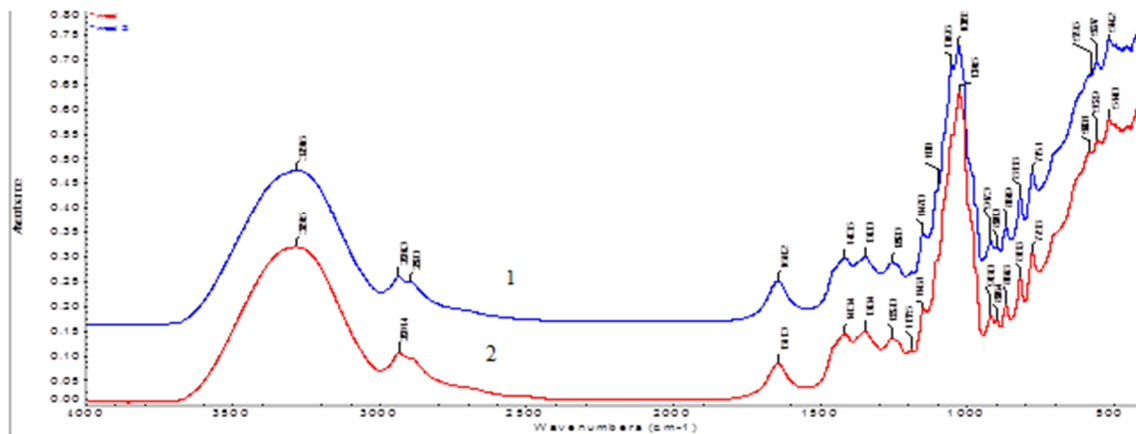


Рис. 1. ІЧ спектри меду: 1-червона крива – звичайний мед, 2-синя крива - карамелізований мед.

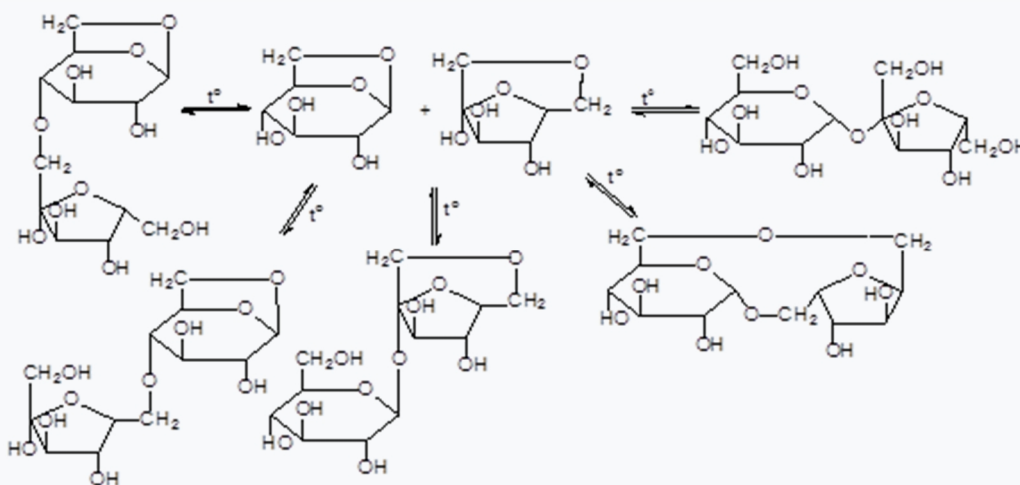


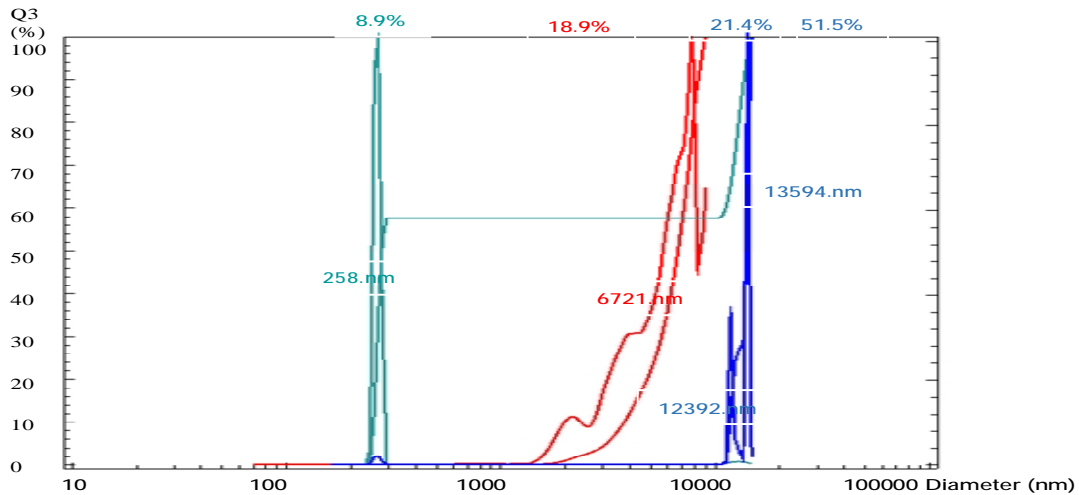
Рис. 2. Реакції та можливі продукти циклоутворення і конденсації – карамелізації цукрів.

Порівняння ІЧ спектрів звичайного (червона крива) і карамелізованого меду (синя крива) після низькотемпературної ізотермічної обробки, дають можливість стверджувати, що значної різниці в хімічному складі продуктів майже нема, за винятком деяких областей ІЧ спектру (1600-500  $\text{cm}^{-1}$ ). Це можна пояснити появою у структурі карамелізованого меду надмолекулярних змін, а саме сконденсованих, карамелізованих моно-, ди- та полісахаридів у циклічні моноцукри, при яких хімічна будова майже не змінюється, а змінюється молекулярна маса та ступінь полімеризації, поліконденсації цукрів. При цьому можуть відбуватися внутрішньомолекулярні та міжмолекулярні циклоутворення цукрів. Наступне нагрівання призводить до конденсації цукрів та їх утворених ангідридів. У результаті довшого нагрівання та карамелізації формується система конденсованих (забарвлених) сполук, серед яких виділяють карамелан ( $\text{C}_{12}\text{H}_{18}\text{O}_9$ ), карамелен ( $\text{C}_{36}\text{H}_{50}\text{O}_{15}$ ) [5].

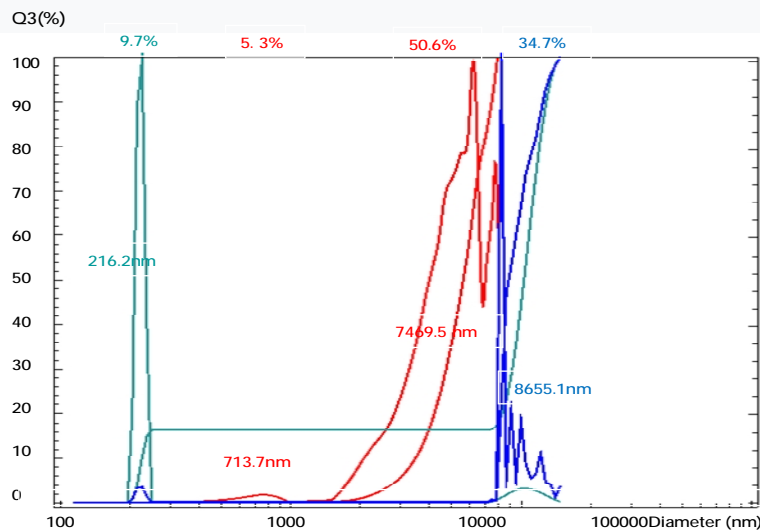
Для детального вивчення надмолекулярної структури карамелізованого меду, та порівняння його із структурою звичайного меду, був використаний метод визначення розміру, та розподіл за розмірами наночастинок макромолекул олігомерних сполук

меду, в тому числі полісахаридів, на автоматичному аналізаторі за розсіюванням світла мікрочастинками. Розміри і розподіл наночастинок в статичному та динамічному станах визначали методом розсіювання лазером (400 – 700 nm) частинок у водних розчинах, дисперсіях, емульсіях та твердих прозорих речовинах, розмірами від 0,3 нм до 100000 нм (10 мкм), (Аналізатор розміру частинок Nano DS від CILAS - це інноваційний оптичний прилад, що дозволяє вимірювати розмір наночастинок, не потребуючи заміни оптики або калібрування приладу). В результаті було отримано ряд кривих розподілу частинок, які зображені на рис. 2. З отриманих даних (див. рис. 3) можна припустити, що природний бджолиний мед має 4 види макромолекул, які відрізняється за значно більшими (в 1,5-2,0 рази) розмірами наночастинок, в порівнянні з карамелізованим медом (рис.3). Найбільший вміст - 51,5 % частинок з середнім діаметром 13594 нм (1,359 мкм) (синя крива рис. 3).

Потім йдуть менші за розмірами наночастинок (синя крива рис. 3) - 21,4 % - 12392 нм (1,239 мкм) і ще менші частинки цукрів меду (червона крива рис. 3) 18,9 % - 6721 нм (0,672 мкм), та найменші наночастинок ду(зелена крива рис.3) - 8,9 % - 258 нм.



**Рис. 3.** Розподіл макромолекул природного меду за їх розміром, в динамічних і статичних умовах вимірювання діаметру (нм) на приладі Nano DS від CILAS.



**Рис. 4.** Розподіл розміру наночастинок за діаметром макромолекул карамелізованого меду в динамічних і статичних умовах.

За отриманими результатами для карамелізованого меду (див. рис. 4) можна зробити висновок, що він теж має 4 види макромолекул, які відрізняються за значно меншими розмірами наночастинок, в порівнянні зі звичайним медом (рис.3). Найбільший вміст-50,6 % припадає на частинки з середнім діаметром 7469,5 нм (0,746 мкм) (червона крива рис. 4.), 34,7 % - припадає на більші за розмірами наночастинок 8655,1 нм (0,865 мкм) (синя крива рис. 4) і менші (216,2 нм) - 9,7 % (зелена крива рис.4).

Як видно з наведеного розподілу наночастинок ( див. рис. 3, 4), у карамелізованому меді з'являється новий пік в області менших розмірів наночастинок - 713,7 нм, кількість яких складає 5,3 % та ще менший вміст карамелізованих цукрів розміром 216,2 нм - 9,7 %. Загальний вміст наночастинок карамелізованого меду (рис. 4.), які мають розмір більше 1000 нм складає

85 %, що значно менше, ніж у природному меді - 92 % (рис. 3).

На підставі експериментальних даних побудовано діаграму середніх значень кривих розподілу наночастинок звичайного та карамелізованого меду (рис. 5.), за якою можна зробити висновок, що при карамелізації меду відбуваються два типи реакцій. З однієї сторони проходить деполімеризація полісахаридів зі зменшенням розміру частинок, що підтверджується синіми діаграмами на рис. 5, які мають менші значення у трьох діапазонах. Тільки в діапазоні 6721-7469,2 нм спостерігається невелике (на 748 нм) збільшення розміру макромолекул карамелізованого меду, що можна пояснити реакцією полімеризації і поліконденсації моно- і дисахаридів (схема реакцій, рис. 2).

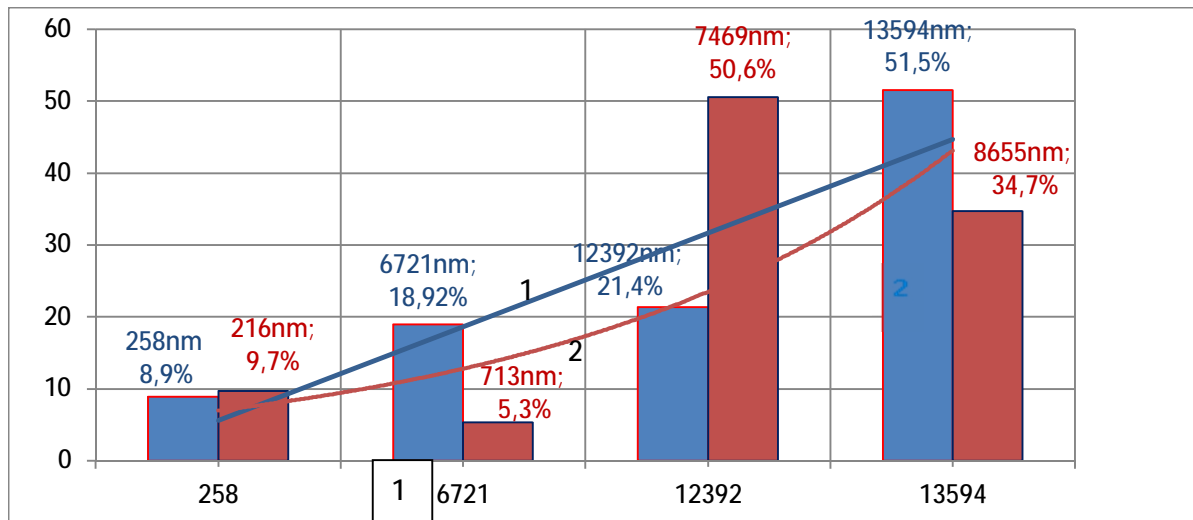


Рис. 5. Гістограми порівняльного розподілу розміру наночастинок звичайного (1-синя крива) та карамелізованого меду( 2-червона крива).

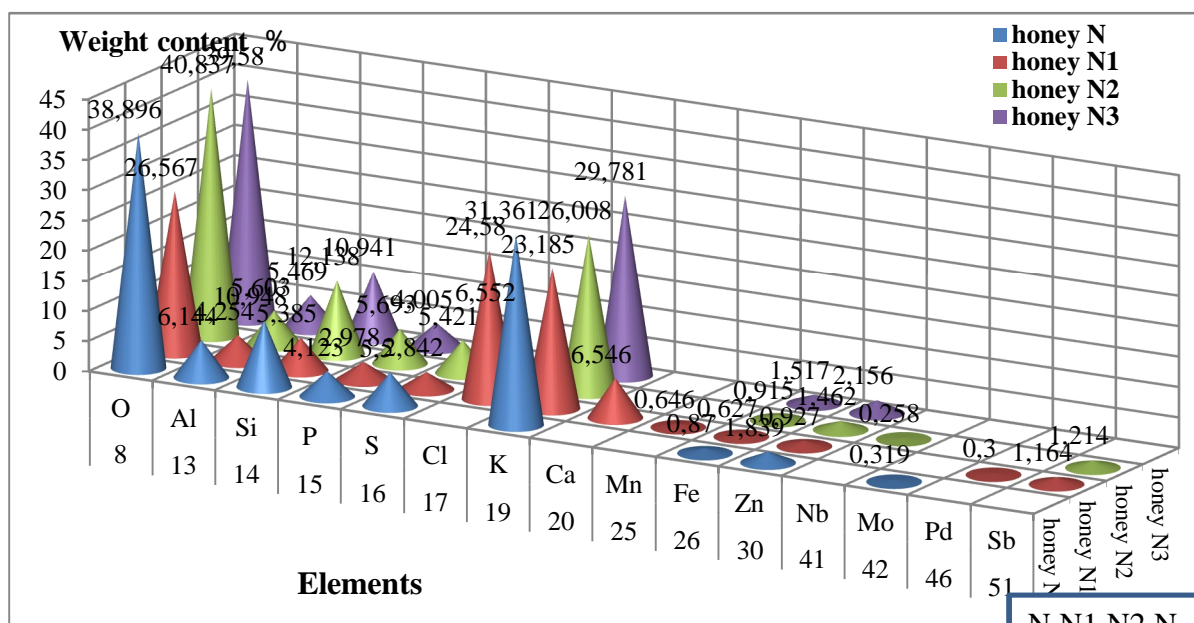


Рис. 6. Результати рентген-Х-флуоресцентного аналізу елементного складу натурального N та карамелізованого меду: N1, N2, N3. (EDX-7000 energydispersive x-rayfluorescencespektrometer, Shimadzu Na-U, vakuum).

Вище наведені результати показують, що на вміст частинок діаметром більше 13594 нм в природному меді припадає 54,5 %, (рис. 4 червона крива), а для карамелізованого меду діаметр частинок приблизно в 2 рази менший (7469 нм) і вміст їх не перевищує 50,6 % (рис. 4 синя крива). Отже, при карамелізації меду зменшуються розміри наночастинок меду в 1,5-2,0 рази до 258-8655 нм, які, на нашу думку, і проявляють біологічну активність в стоматології.

За результатами рентгено-Х-флуоресцентного аналізу наведені гістограми складу елементів (див. рис. 6) та їх оксидів (див. рис. 7) у натуральному (N)

та карамелізованому меді (N1, N2, N3). Отримані результати підтверджують висунуту нами гіпотезу, що при низькотемпературній каталітичній карамелізації меду, його елементний склад майже не змінюється, але при цьому змінюється надмолекулярна будова та структура макромолекул (ди- і полісахаридів) меду.

Із гістограм приведених на рис. 6 видно, що в усіх зразках натурального та карамелізованого меду найбільший вміст таких елементів як: Оксигену (26-40 %), Силіцію (5-12 %), Калію (23-31 %), Алюмінію (4-6 %) та Фосфору (3-6 %). І вміст цих елементів (крім Fe) змінюється при карамелізації несуттєво.

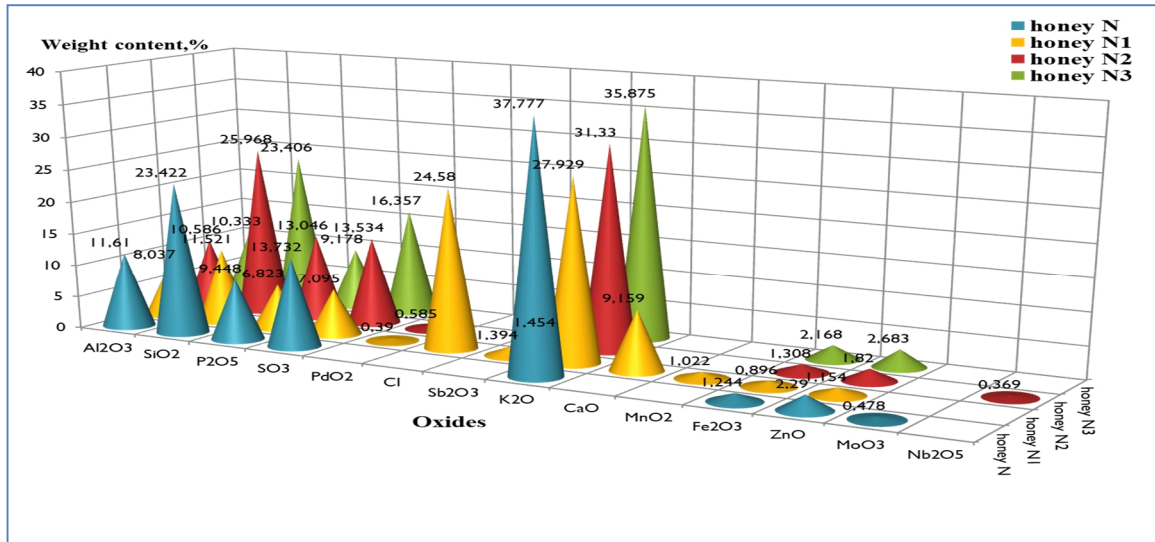


Рис.7. Результати рентгено-Х-флуоресцентного аналізу вмісту оксидів у зразках натурального N, та карамелізованого меду: N1, N2, N3. (EDX-7000 Shimadzu Na-U rozsah, vákuum).

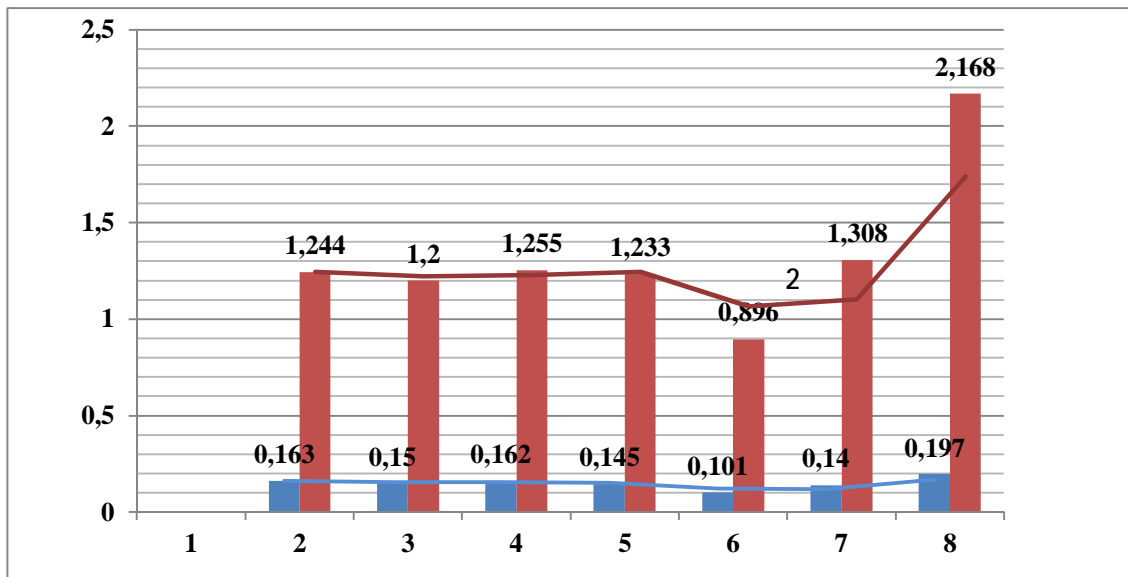


Рис. 8. Гістограми порівняння вмісту Fe (1 - синя гістограма), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (2 - червона гістограма) природного і карамелізованого меду (люмінісцентним рентгеновським та хімічним аналізом).

На рис. 7 наведена гістограми вмісту оксидів, що присутні у натуральному і карамелізованому меді. З гістограм можна зробити висновок, що у всіх зразках меду в значній кількості присутні такі оксиди: SiO<sub>2</sub>-11-26 %, K<sub>2</sub>O-27-37 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>- 4-6 % та P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-6-13 %. Треба відмітити, що вміст оксидів більшості елементів змінюється при карамелізації несуттєво, за винятком оксидів: SO<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, та ZnO, вміст яких зростає, порівняно з їх вмістом у природному меді (N).

Хімічними та фізико-хімічними методами було проаналізовано вміст чистого Fe, та загального вмісту оксидів (FeO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) у складі природного та карамелізованого меду, результати подані на гістограмі, рис. 8.

Як видно з рис. 8 вміст сполук Феруму після карамелізації спочатку спадає з 1,244 %, а потім

зростає приблизно в 2 рази до 2,168 %. Це може бути зв'язано з дією Fe-вмісного каталізатора на процес карамелізації меду [4].

Нами було проведено аналіз меду, на вміст небажаного гідроксиметилфурфуролу і достатнього значення діастазного числа, як основних показників якості та біологічної активності меду до і після карамелізації (рис. 9).

Як видно з наведених гістограм (рис. 9) цих показників, при низькотемпературній ізотермічній карамелізації меду вміст гідроксиметилфурфуролу зростає з 5 до 21,5, але не перевищує допустимі значення його до 25 мг/кг згідно ДСТУ 4497:2005 на мед натуральний (рис. 9, голуба крива). Але при повторній термообробці (карамелізації), його вміст зростає до 26 і 43 мг/кг, що перевищує допустимі значення ДСТУ (10 - 25 мг/кг). При цьому величина

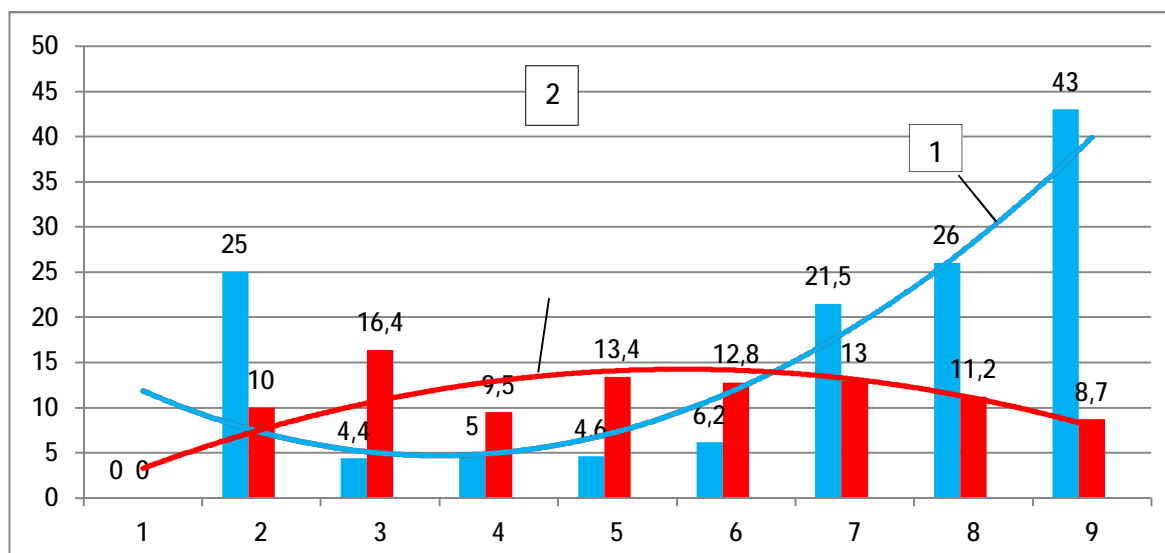


Рис. 9. Гістограми вмісту оксиметилфурфуролу (1 - синя гістограма) та діастазного числа (2 - червона гістограма) природного та карамелізованого меду.



Рис. 10. (1,2). Пилко у натуральному меді - 1, (D-частинки пилку = 0,05 - 0,1 мм) і карамелізованому меді - 2, (D-частинки пилку=0,01-0,01 мм), (термообробка при T = 60-75°C., τ = 45-90 сек. + каталізатор), мікроскоп МБС-20 (x56 раз).

діастазного числа в одиницях Готе частково зменшується з 10-16 од. Гота по ДСТУ до 8,7-13 після термохімічної обробки - карамелізації (зразки п.1.2.3. на рис. 9 червоні гістограми). Це підтверджує, що мед можна піддавати низькотемпературній термохімічній обробці, але при цьому не можна допускати перегрів меду більше ніж 75°C на протязі 15-20 хв.

Питання, пов'язані з кристалізацією меду, його густиною, дуже цікавлять і виробників, і споживачів. Первинними центрами кристалізації в меді є мікроскопічні кристали глюкози, зерна пилку, забрусу. Чим більше їх, тим швидше йде процес, а чим менші розміри центрів, тим дрібніші утворюються кристали. Структура такого закристалізованого меду виходить ніжнішою. Перемішування значно прискорює процес, тому що сприяє утворенню нових центрів кристалізації. Зменшення кількості пилку призводить до зменшення кристалізації, це можна досягти спеціальною термообробкою меду. Розмір частинок пилку при цьому змінюється з 0,1 мм до 0,01 мм рис. 10 (1,2).

Зразки 10 % розчинів різних сортів меду піддали аналізу на вміст кисню. За отриманими даними видно, що вміст розчиненого кисню у 10 % водних розчинах різних сортів меду зменшується після низькотемпературної обробки, але в карамелізованому меді вміст кисню (0,37 мг/л) більший ніж у природному, та менший ніж у сотовому (1,22 мг/л).

Результати досліджень розмірів частинок пилка, який міститься в усіх сотах меду, показали, що після низькотемпературної хімічної обробки (кармелізації) розміри частинок пилка зменшуються в 5-10 разів, порівняно з діаметром пилка у натуральному, необробленому меді (див. рис. 10).

## Висновок

Запропонована технологія карамелізації меду із застосуванням методу низькотемпературного термохімічного нагрівання. Реакції карамелізації меду та інших продуктів бджільництва вивчені вперше. Досліджено також біохімічні властивості

отриманих продуктів та здатність до перетворення біологічно активних сполук меду під час термохімічного процесу за наявності каталізаторів. Досліджено ІЧ-спектри та елементний склад (рентгенофлуоресцентного аналізу) натурального та карамелізованого меду, які майже однакові. Визначено діаметр макромолекул та розподіл розмірів наночастинок для карамелізованого меду. Наночастинки карамелізованого меду в 1,5-2,0 рази менші від натурального меду, саме цим обумовлена їх біохімічна активність. Проаналізовано вміст гідроксиметилфурфуролу та діастазну кількість карамелізованого меду, які відповідають Державному стандарту України. Клінічні дослідження, проведені в Університетській стоматологічній клініці Ужгородського національного університету,

підтвердили високу (72 %) ефективність жувальної гумки «Медівник» на основі карамелізованого меду, воску та прополісу для профілактики та симптоматичного лікування стоматологічних захворювань.

**Курта С.А.** - д.т.н., професор кафедри хімії;  
**Хацевич О.М.** - к.т.н., доцент кафедри хімії;  
**Цап М.Р.** - магістрант кафедри хімії;  
**Андрушова Д.** - декан факультету промислової технології в м. Пухів;  
**Громовий Т.Ю.** - к.х.н., ст.н.сп. лабораторії мас-спектрометрії поверхні наносистем;  
**Бойко Н.В.** – д.б.н., професор кафедри мікробіології, імунології та вірусології НДНЦ молекулярної мікробіології та імунології слизових оболонок.

- [1] Посібник з апітерапії (лікування бджолою отрутою, медом, прополісом, квітковим пишком і іншими продуктами бджільництва) ([https://apiterapia.dovidnyk.info/index.php/posibnikzapiterapiyi/213-himichnij\\_sklad\\_vosku](https://apiterapia.dovidnyk.info/index.php/posibnikzapiterapiyi/213-himichnij_sklad_vosku)).
- [2] A. Ahuja, V. Ahuja, Honey Journal of Advanced Dental Research I(1), 81 (2010).
- [3] W. Więckiewicz, M. Miernik, M. Więckiewicz, and T. Morawiec, Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine 8, (2013) (<http://dx.doi.org/10.1155/2013/351062>).
- [4] M. Viuda-Martos, Y. Ruiz-Navajas, J. Fernandez-Lopez, J.A. Perez-Alvarez, Journal of food science 73(9), 117 (2008).
- [5] О.Г. Мегедь, В.П. Поліщук, Бджільництво (Київ, "Вища школа", 1987).
- [6] M.R. Tsap, S.A. Kurta, O.M. Khatsevich, Chewing gum based on natural honey, wax and bee-glue for the prevention and treatment of periodontal diseases. International XXVII International Conference on the Physics and Technology of Thin Films and Nanosystems ICPTTFN, (Ivano-Frankivsk, 2019). P.70.
- [7] O. Struminska, S. Kurta, L. Shevchuk, S. Ivanyshyn, Chemistry and Chemical Technology 1(8), 81 (2014).

S.A. Kurta<sup>1</sup>, O.M. Khatsevich<sup>1</sup>, M.R. Tsap<sup>1</sup>, D. Ondrušová<sup>2</sup>, T.M. Gromovy<sup>3</sup>,  
N.V. Boyko<sup>4</sup>

## Biopolimeric Nano Structural Compositions Based on Caramelized Honey

<sup>1</sup>Vasyl Stefanyk Precarpathian National University, Ivano-Frankivsk, Ukraine, [kca2014@ukr.net](mailto:kca2014@ukr.net)

<sup>2</sup>Trench University of Oleksandr Dubcak, Slovakia, [darina.ondrusova@fpt.tnuni.sk](mailto:darina.ondrusova@fpt.tnuni.sk)

<sup>3</sup>Surface Institute of Surface Chemistry OO Chuka National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 02000, Ukraine, [grot@ukr.net](mailto:grot@ukr.net)

<sup>4</sup>Uzhgorod National University, Uzhgorod, 88000, Ukraine, [nadiya.boyko@gmail.com](mailto:nadiya.boyko@gmail.com)

The article deals with chemical properties of honey as well as wax and beeglue before and after the process of caramelization. The research has been done to study chemical reactions of caramelization of honey and other bee products; the biochemical properties of the obtained substances have been investigated as well. It has been revealed that biological activity of the compound after thermochemical heating of honey in the presence of special catalysts was discovered. Infrared spectra, moisture, viscosity, size and distribution of nanoparticles, elemental composition, oxymethylfurfural content, diastase number of caramelized honey have been investigated. The difference between the sizes of nanoparticles of raw and caramelized honey has been revealed, namely caramelized honey (1.5-2.0 times) of smaller size encourages their biochemical activity. On the basis of the results obtained from caramelized honey, wax and beeglue as well as their properties, the chewing gum with biologically active components for the prevention and treatment of periodontal tissue diseases (gingivitis, periodontitis and periodontal disease) was invented. Clinical studies on chewing gum with honey, wax, and beeglue have confirmed that it provides health benefits among 72 % of patients.

**Keywords:** honey, wax, beeglue, caramelization, biochemical properties, chewing gum, prophylaxis, gingivitis, periodontitis, periodontal disease, treatment.