

## **Лекція № 4**

# **ПОЛІСАХАРИДИ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ І ЇХ ВЛАСТИВОСТІ**

### **План**

- 1. Характеристика і властивості крохмалів.**
- 2. Інші полісахариди харчових продуктів.**
- 3. Клітинні стінки, зміна в ході технологічного процесу.**

## **ПОЛІСАХАРИДИ КЛАСИФІКУЮТЬ ЗА ТАКИМИ ОЗНАКАМИ.**

### ***За моносахаридним складом:***

- *Гомополісахариди*, побудовані з одного моносахариду (глікоген, крохмаль, клітковина, хітин);
- *Гетерополісахариди*, що складаються із залишків різних моносахаридів (пектин, гепарин).

### ***За характером поліглікозидного ланцюга:***

- Лінійні (амілоза);
- Розгалужені (амілопектин).

### ***За джерелами виділення:***

- Тваринні - зооглікани;
- Рослинні - фітоглікани;
- Мікробні.

### ***Залежно від біологічної функції:***

- Резервні (крохмаль, глікоген);
- Структурні (клітковина, пектин та ін.).

# В просторі ланцюги амілози згорнуті в спіраль

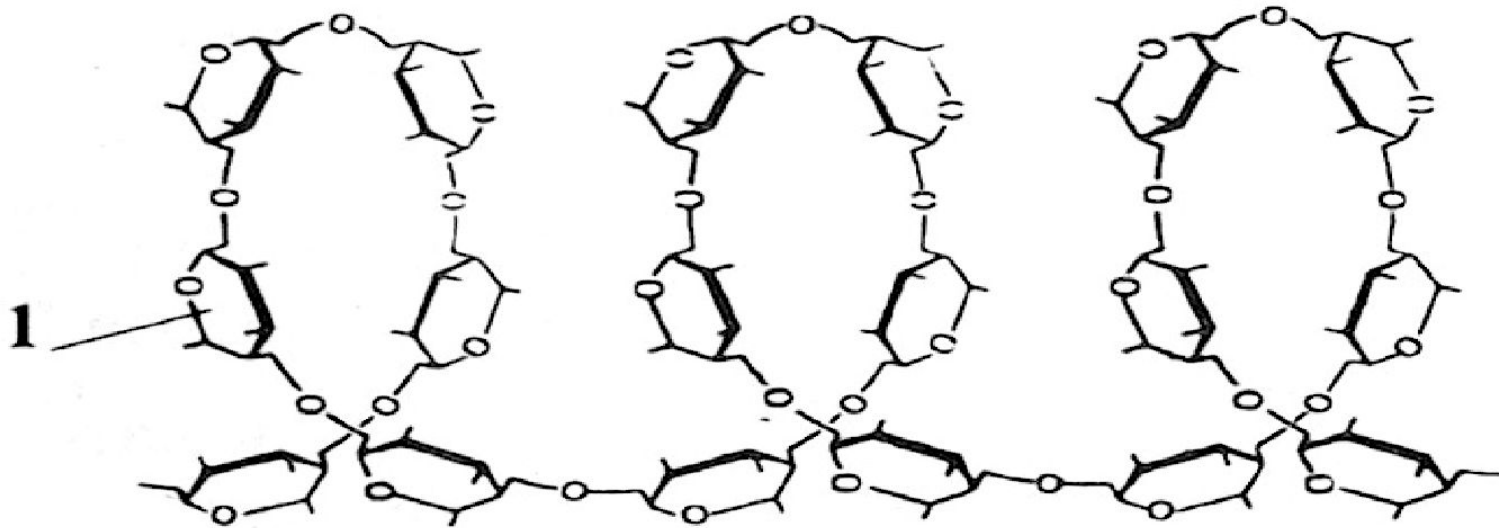
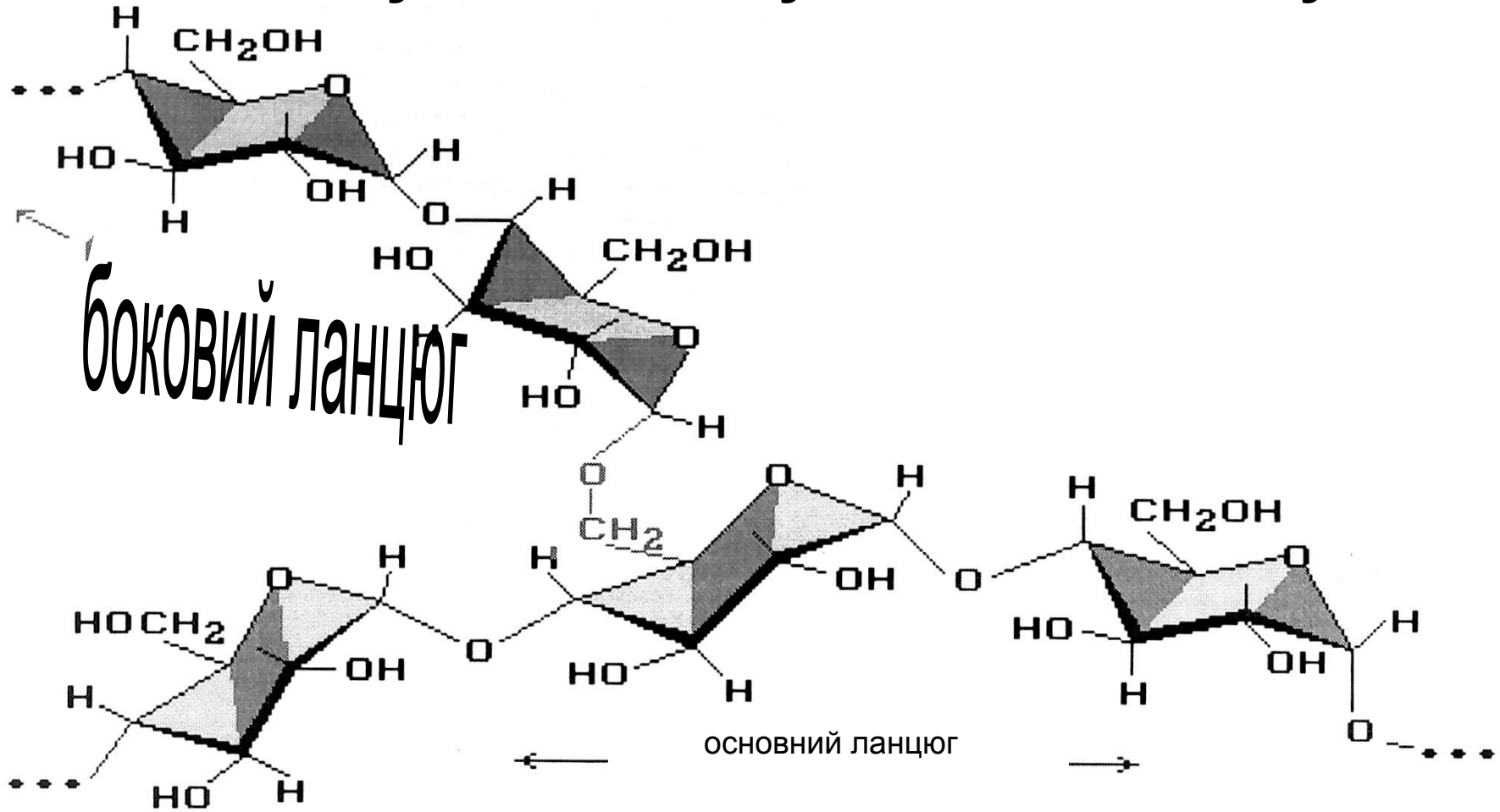


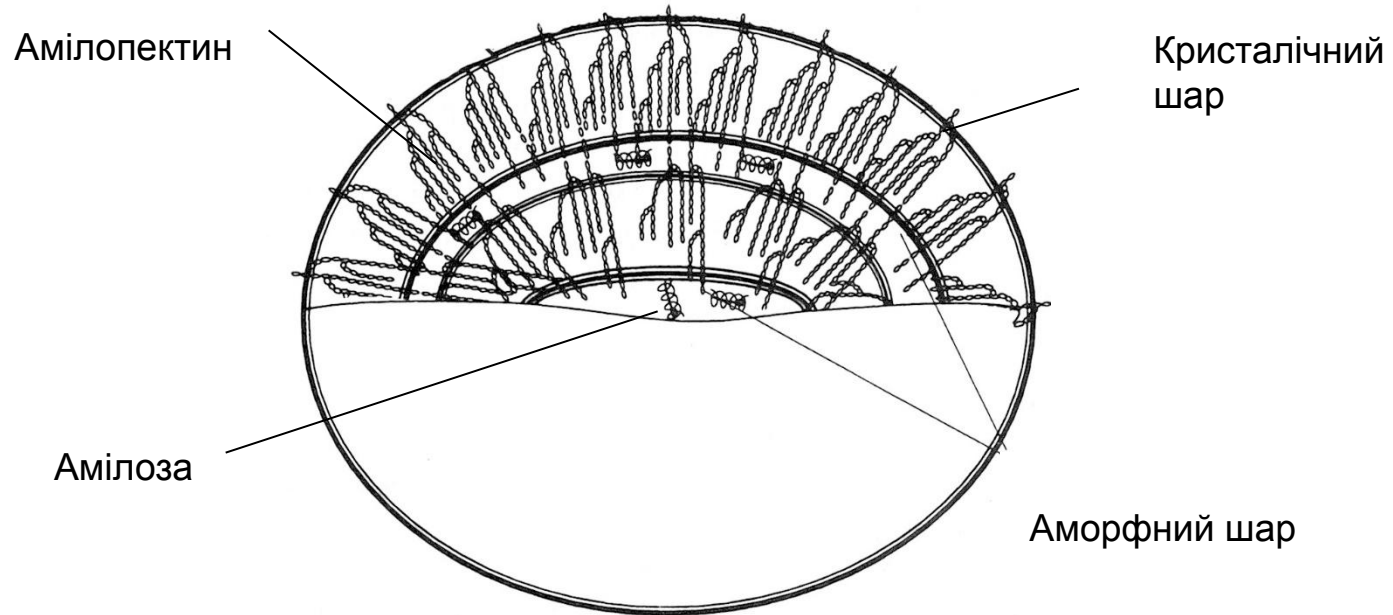
Рис. 4.1 – Одинарна спіраль, утворена глюкозними залишками амілози в просторі: 1 – молекула амілози

# Будова молекули амілопектину



**Співвідношення амілози та амілопектину в крохмалі різних крохмаленосіїв**

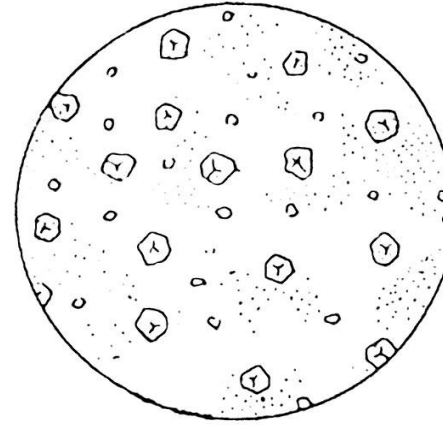
<b>Вид крохмаленосія</b>	<b>Амілоза, %</b>	<b>Амілопектин, %</b>
Картопля	23	77
Пшениця	20	80
Рис	15...35	65...85
Кукурудза воскоподібна	0	100
Сорго	25	75
Овес	26	74
Горох	66	34
Банани	17	83
Яблука (плоди)	100	0



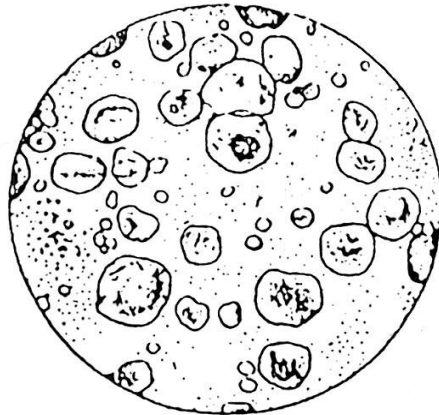
## Модель утворення зерна крохмалю



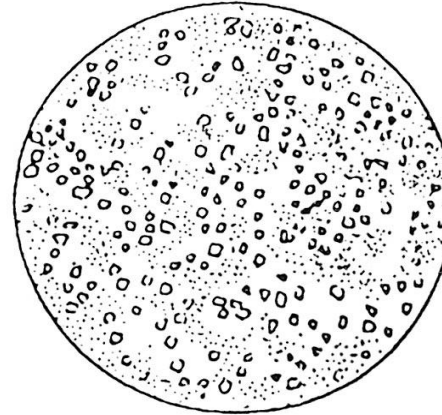
1



2



3



4

**Будова зерен крохмалю під мікроскопом (x 80):**

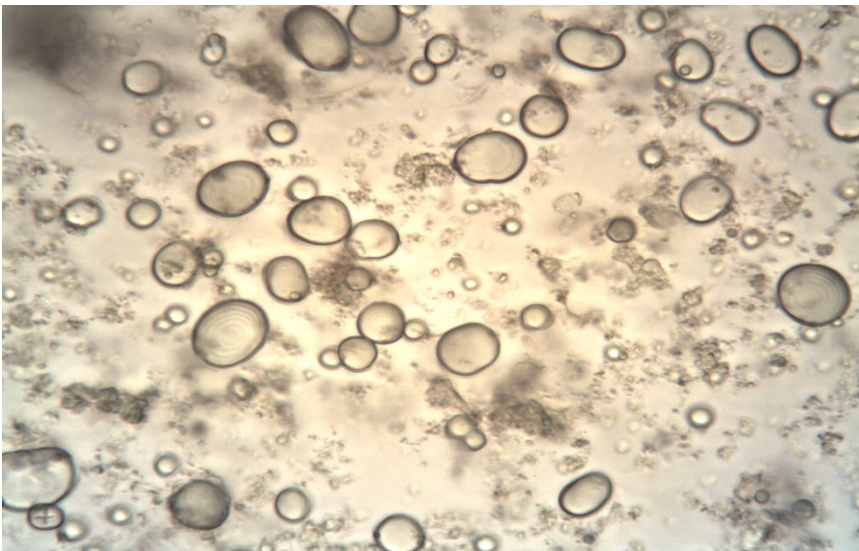
**1 – картопляного; 2 – кукурудзяного;**

**3 – пшеничного; 4 – рисового**

## Вигляд зерен звичайного мозкового гороху і нового гібриду мозкового гороху



## Вигляд крохмальних гранул гороху звичайного і нового гібриду



а) вигляд звичайного горохового крохмалю



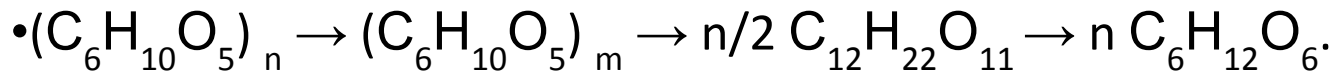
б) вигляд високоамілозного горохового крохмалю



## Властивості крохмалю

**1. Водоутримуюча здатність крохмалю.** Нативний крохмаль практично не розчинний у холодній воді, але через гідрофільність поглинає до 30% вологи до власної маси, незначно збільшуючись в об'ємі.

**•2. Гідроліз крохмалю.** Під час нагрівання з водою в кислому середовищі крохмаль підлягає гідролізу за схемою:



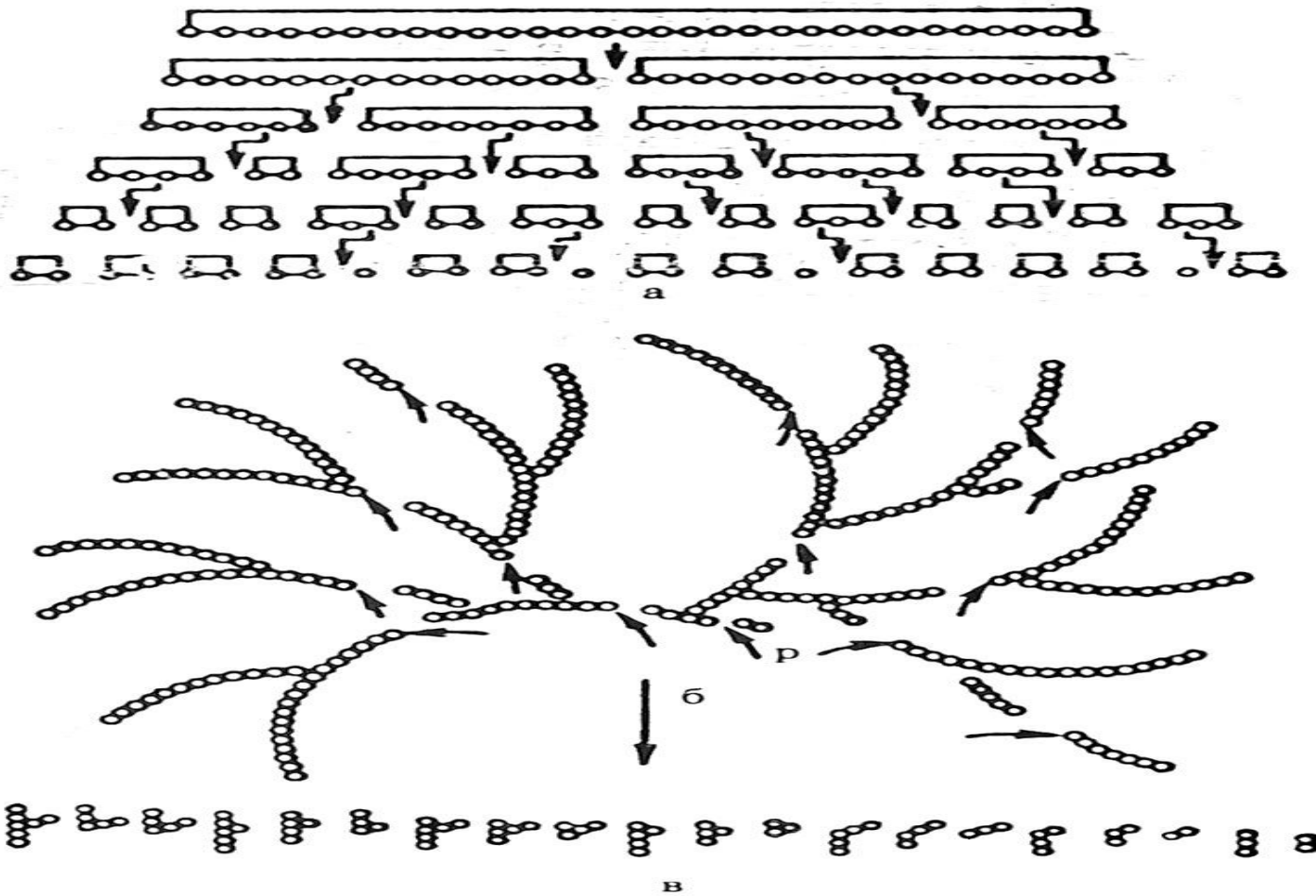
•Крохмаль      Декстрини      Мальтоза      D-глюкоза

Розщеплення крохмалю під дією ферментів має назву амілолізу.

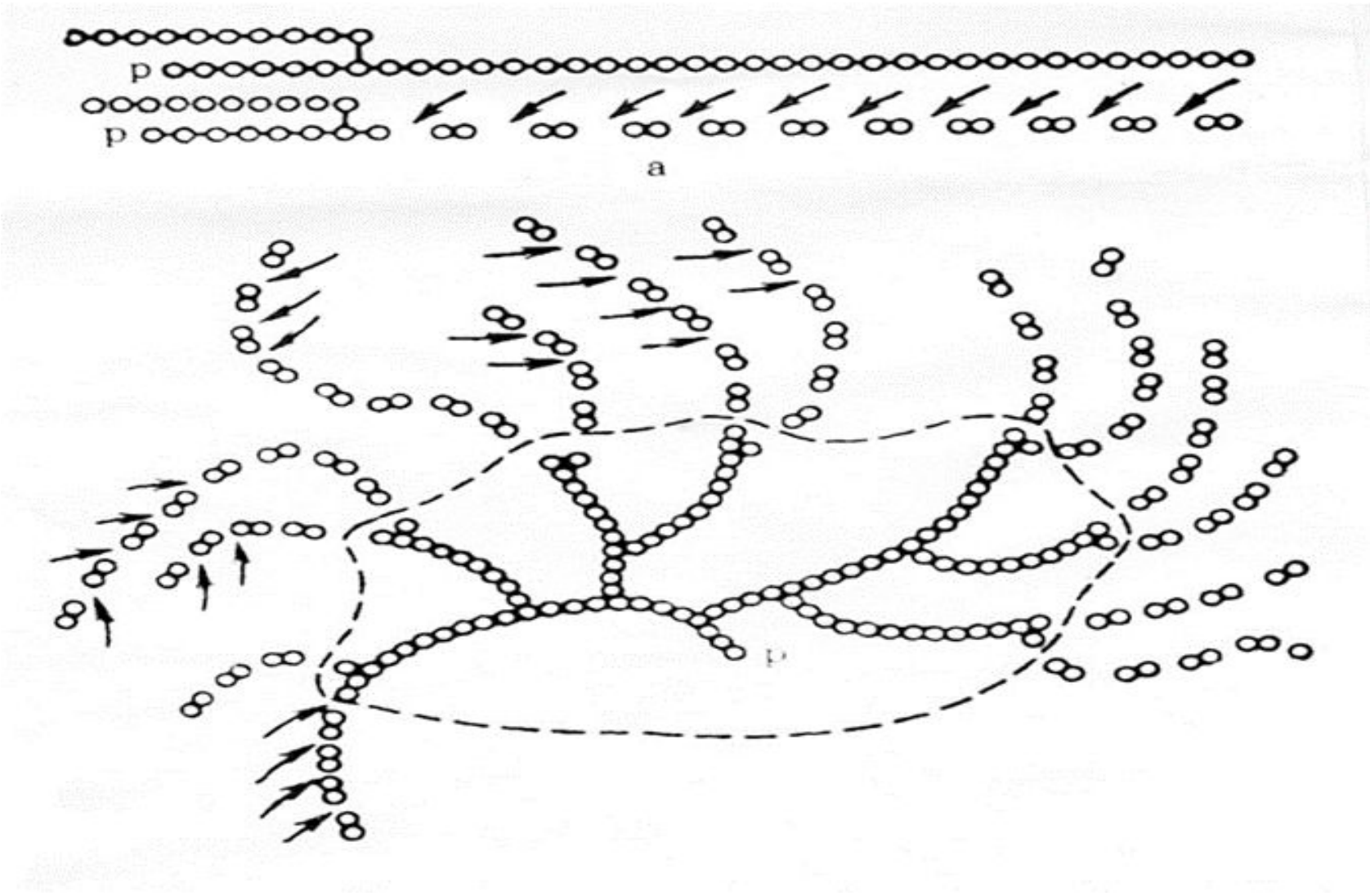
•***α-амілаза*** каталізує розрив крохмалю з утворенням низькомолекулярних розгалужених олігосахаридів, невеликої кількості глюкози і мальтози.

•***β-амілаза*** каталізує розрив крохмалю з утворенням мальтози.

# СХЕМА ДІЇ $\alpha$ -АМІЛАЗИ НА АМІЛОЗУ ТА АМІЛОПЕКТИН



# Схема дії $\beta$ -амілаз на амілозу та амілопектин



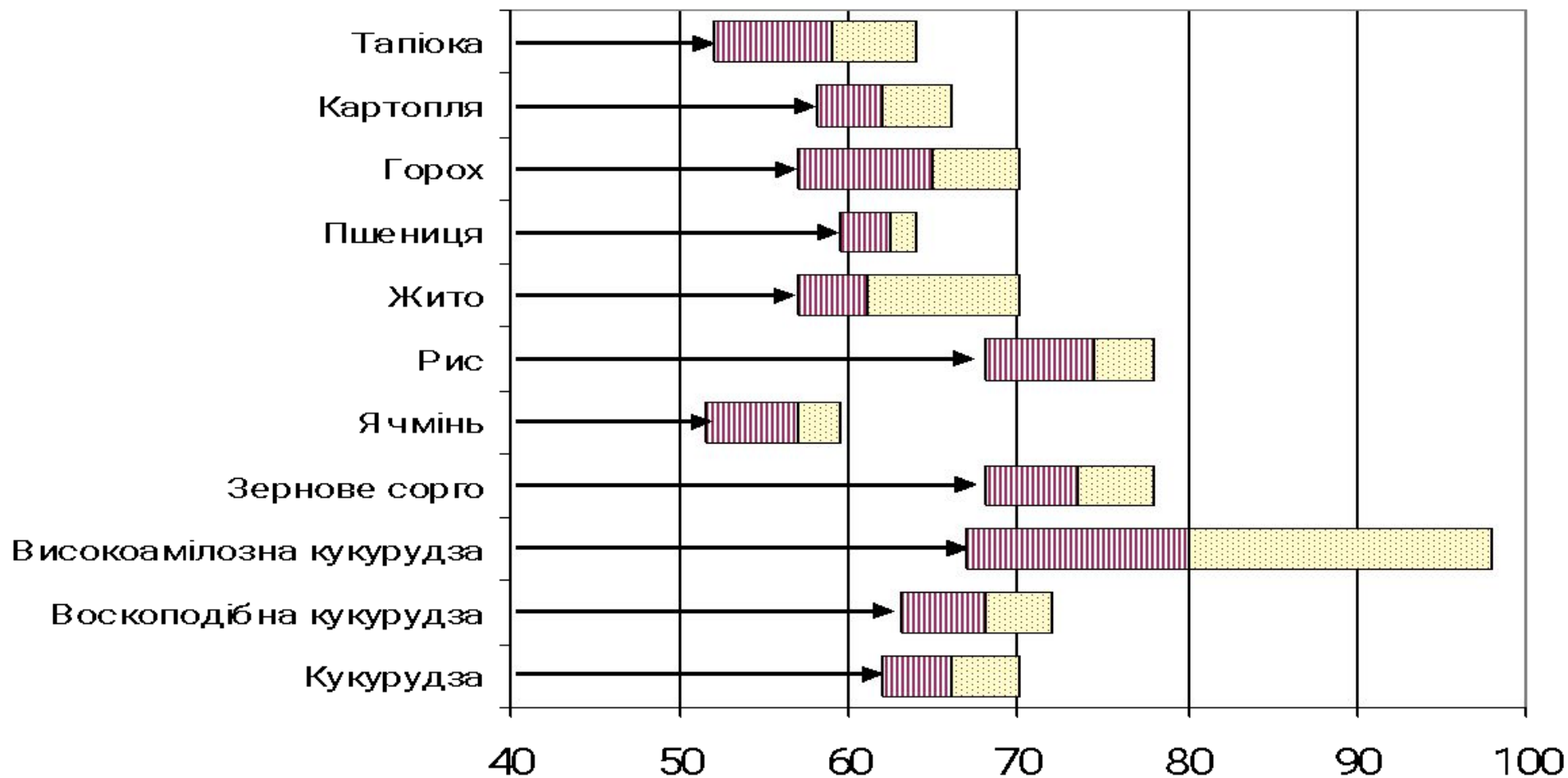
# Види декстринів, що утворюються під час гідролізу крохмалю

Декстрини	Молекулярна маса	Колір з йодом	Розчинність	Спосіб осадження
Аміло-декстрини	10 000	Фіолетово-синій	У 25% спирті	40% спиртом
Еритро-декстрини	6 000	Червоно-бурий	У 55% спирті	65% спиртом
Ахро-декстрини	3 000	Не забарвлюються	У 70% спирті	Гарячим спиртовим розчином
Мальто-декстрини	від 700 і нижча	Не забарвлюються	—	—

**3. Піроліз крохмалю.** У результаті термічної обробки сухого крохмалю протікають складні перетворення, які представлені рядом хімічних реакцій.

**4. Клейстеризація крохмалю.** Під час нагрівання крохмалю у воді відбувається утворення **клейстеру** – дисперсія набряклих крохмальних зерен у воді та розчинених фракцій амілози та амілопектину.

- Збільшення концентрації **сахарози** сприяє уповільненню протікання клейстеризації крохмалю.
- **Хлорид натрію** навіть у незначних концентраціях знижує в'язкість крохмального клейстеру.
- Більша частина **поверхнево-активних речовин** підвищує температуру досягнення максимальної в'язкості, проте ці речовини стабілізують клейстер під час зберігання.
- **Білки** є або натуральними супутниками крохмалю в природних системах, або їх додають у вигляді молока та яєць. Вони виказують стабілізуючий вплив на крохмальні клейстери.
- **Кількість води** в системі також впливає на процес клейстеризації крохмалю. Для повної клейстеризації крохмальних зерен потрібне співвідношення крохмаль:вода – 1:10.



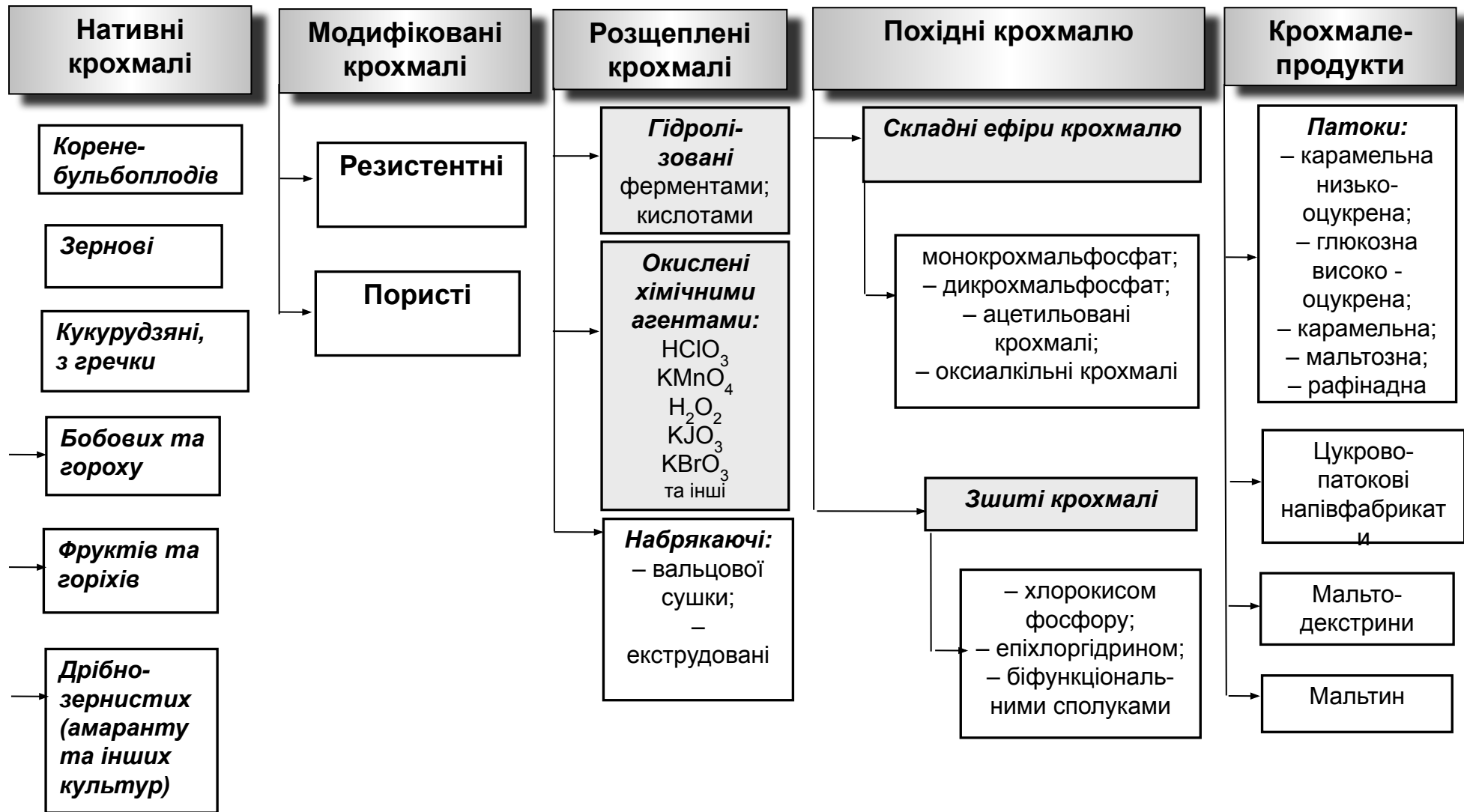
**Рисунок 2.24 – Інтервали температури клейстеризації різних видів крохмалів:**

**початок    середнє значення    закінчення**

## **Властивості крохмалевих клейстерів.**

- 1. Прозорість клейстерів.*
- 2. Драглеутворююча здатність клейстерів.*
- 3. Наявність присмаку “сирого зерна” в клейстерах.*
- 4. Плівкоутворююча здатність клейстерів.*
- 5. Ретроградація клейстерів.*

# Класифікація крохмалів та крохмалепродуктів





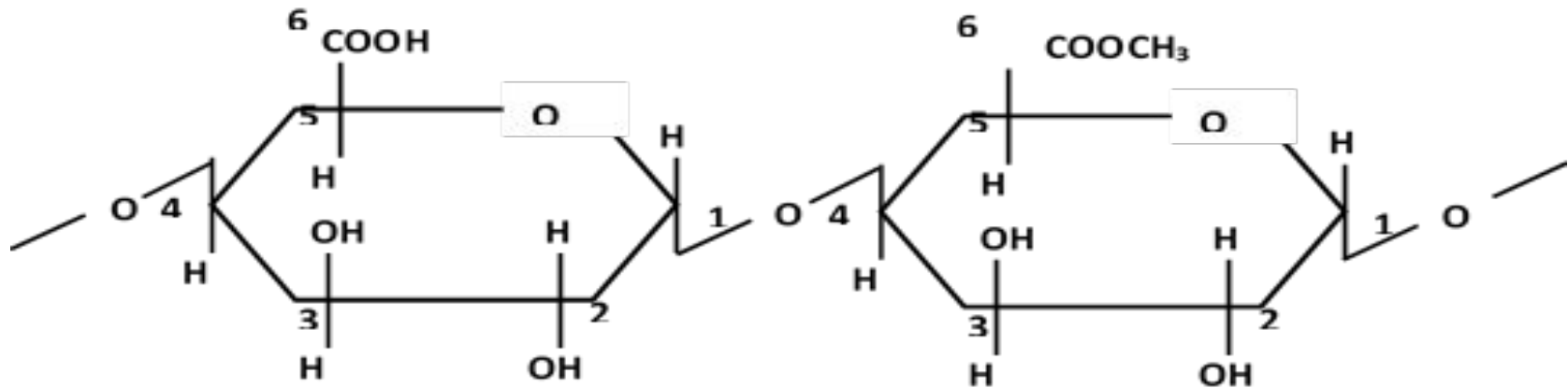
№ з/п	Вид модифікованого крохмалю	Вид модифікації	Властивості	Спектр використання
1.	Резистентні крохмалі	За високотемпературної технологічної обробки крохмалів зернових культур.	Відрізняються низьким ступенем атакованості ферментами травлення та нижчим ступенем засвоюваності в організмі людини. Вони виявляють властивості речовин-пробіотиків, знижуючи ризик низки захворювань.	В технології східних солодошів (наприклад, лукумів збивних) для підвищення стабільності піни і збільшення в'язкості розчину, що збивається.
2.	Пористі крохмалі	Крохмаль, що диспергований у водних системах за відповідних умов заморожування та відтавання, піддається необоротним перетворенням: утворюється нерозчинний у воді пористий крохмаль.	Характеризується високою всмоктуючою здатністю і структурою, яка подібна до структури випеченого хліба.	В низці технологій випічних продуктів.
3.	Розщеплені крохмалі	Одержують термічною або механічною обробкою, дією кислот, окислювачів, солей, амілаз, використанням опромінення, ультразвуку, γ-променів, бомбардуванням електронами. При цьому молекули крохмалю піддаються деструкції, що призводить до зменшення молекулярної маси, появи нових внутрішньо- і міжмолекулярних зв'язків.	Для розщеплених крохмалів характерні підвищена стабільність властивостей під час зберігання, <b>низька в'язкість, більша прозорість клейстерів.</b>	<b>Широкий спектр кулінарної продукції і харчових продуктів.</b>

3.1.	<p><i><b>Гідролізовані крохмалі</b></i></p> <p>Для гідролізу використовують соляну або сірчану кислоти, гідролітичні ферменти. Розщеплення полісахаридних ланцюгів під дією соляної або сірчаної кислот відбувається по <math>\alpha</math>-1,4-зв'язках під час нагрівання суспензії крохмалю нижче його температури клейстеризації. <b>При цьому молекули амілопектину стають менш розгалуженими.</b></p>	<p>За зовнішнім виглядом зерна цього крохмалю не відрізняються від зерен нативного, але їх кристалічність є більш вираженою. Утворюються більш прозорі клейстери, які мають низьку в'язкість при високому вмісті сухих речовин. Гарячі клейстери, навіть концентровані, є рідкими, а під час охолодження твердішають, утворюючи еластичні драглі.</p>	<p>Гідролізований крохмаль використовують як сировину під час виготовлення желе для оздоблення тістечок та тортів.</p>
3.2.	<p><i><b>Окислені крохмалі</b></i></p> <p>Їх виробляють під дією на зерна крохмалю гіпохлоритів, перманганатів, перекисів, йодної кислоти, її солі, броматів та інших сполук. Окислення відбувається в присутності певної кількості води за різних значень рН і температури, яка не викликає клейстеризації.</p>	<p>Залежно від витрат реагенту змінюється ступінь окислення крохмалю:      Кукурудзяний слабо окислений – 75 °С      Кукурудзяний середнього ступеня окислення – 60 °С      Кукурудзяний високого ступеня окислення – 59 °С.</p>	<p>Як желюючий компонент для виготовлення оздоблювальних напівфабрикатів під час виготовлення кондитерських виробів, а також під час виробництва булочної продукції для надання еластичності м'якушці та запобігання черствінню.</p>
3.3.	<p><i><b>Набрякаючі крохмалі</b></i></p> <p>Готуються шляхом попередньої клейстеризації водної суспензії крохмалю і подальшого висушування клейстеру в тонкому шарі на парових барабанних <b>вальцювих сушилах.</b></p>	<p>Зміна властивостей після такої обробки відбувається в основному внаслідок двох процесів: деструкції гідратованих молекул полісахаридів крохмалю під дією механічних зусиль і перебудови структури (реасоціації) крохмалю в результаті дегідратації тонкої</p>	<p>Набрякаючі крохмалі використовують для виготовлення начинки для пирогів, як загущувач та стабілізатор під час виробництва тортів та тістечок.</p>

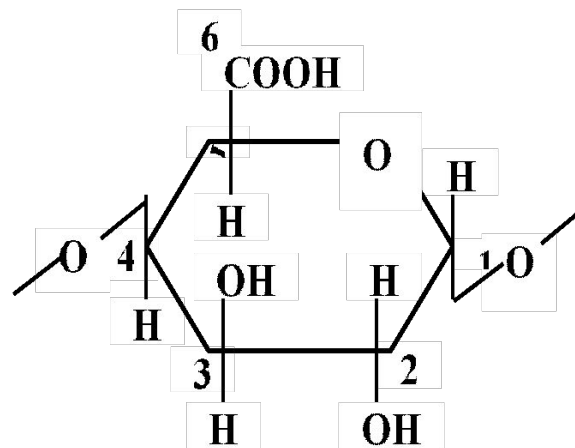
4.	Похідні крохмалю	<p>одержують під час взаємодії реакційноздатних груп крохмальних полісахаридів (кінцевих редукуючих, спиртових при C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> та C<sub>6</sub>) з відповідними хімічними реагентами.</p> <p>Здатність цих груп вступати в реакції заміщення з різними органічними і неорганічними сполуками використовують для виробництва низки модифікованих крохмалів, що мають назву «зшитих» або поперечнозв'язаних, через уведення між двох поряд розташованих полісахаридних ланцюгів поперечного зв'язку або містка.</p>	<p>За рахунок зміни хімічної структури помітно підвищуються такі властивості клейстеризованих продуктів, як в'язкість, стабільність, плівкоутворююча здатність, стійкість до ретроградації, механічного та теплового впливу.</p>
4.1.	<i>Монокрохмальфосфати</i>	<p>це ефіри, в яких одна гідроксильна група глюкозного залишку етерифікована однією з кислотних груп залишку фосфорної кислоти та її солей.</p> <p>Монокрохмальфосфати готують нагріванням крохмалю з водорозчинними фосфатами, солями орто-, піро- або метафосфорної кислоти. За способом</p>	<p>Монокрохмальфосфати утворюють стабільні клейстери з підвищеною прозорістю, стійкістю до заморожування, відтавання. Вони мають максимальну в'язкість за температури 65°C. Після досягнення максимуму в'язкість клейстеру різко падає.</p> <p>Для виготовлення борошняних кондитерських виробів, зокрема бісквітного напівфабрикату, печива, вафельного напівфабрикату; для стабілізації та загущення масляних кремів, а також виготовлення інших напівфабрикатів, які зберігаються в охолодженому та замороженому станах.</p>

4.2.	Дикрормальфосфат и	це ефіри, в яких відбулась взаємодія гідроксидів глюкозних залишків різних ланцюгів з двома кислотними групами фосфорної кислоти та її солей. Для їх виготовлення використовують триметафосфат натрію, хлорокис фосфору, п'ятихлористий фосфор або тіохлорид фосфору.	Дикрормальфосфати утворюють стабільні клейстери, стійкі до нагрівання, механічного впливу та дії кислот. Клейстери відрізняються низькою прозорістю і нетягучою, короткокрапельною консистенцією. Клейстери цих крохмалів мають максимальну в'язкість за температури 75°C, яка у разі охолодження сильно зростає.	Підвищують якість оздоблювальних напівфабрикатів, надають блискучої поверхні випеченим виробам.
4.3.	Ацетильовані крохмалі.	Для приготування цих видів ефірів крохмалів використовують льодяну оцтову кислоту, оцтовий ангідрид та інші реагенти. Під час їх виготовлення відбувається не лише утворення складного ефіру, але й деструктивне розщеплення крохмалю.	Температура клейстеризації клейстерів нижча, а в'язкість вища, ніж вихідної сировини. Зберігають свої властивості за низьких значень рН, високих температур, за механічної дії, заморожування та відтавання, перемішування.	Використовують під час виготовлення випечених виробів.
4.4.	Оксиалкільовані крохмалі.	Оксиетил- і оксипропілкрохмалі. Етерифікації піддають крохмаль за температури, нижчої точки його клейстеризації, використовуючи окис етилену або окис пропілену. Реакцію проводять у лужному	Уведення в крохмаль оксиалкільних груп навіть за умови низького ступеня заміщення знижує температуру клейстеризації крохмалю, збільшує швидкість набрякання і диспергування зерен під час нагрівання, підвищує прозорість клейстеру, знижує його драглеутворюючу здатність і підвищує стійкість	Для приготування начинок, загущування кремів, поліпшення консистенції випечених виробів.

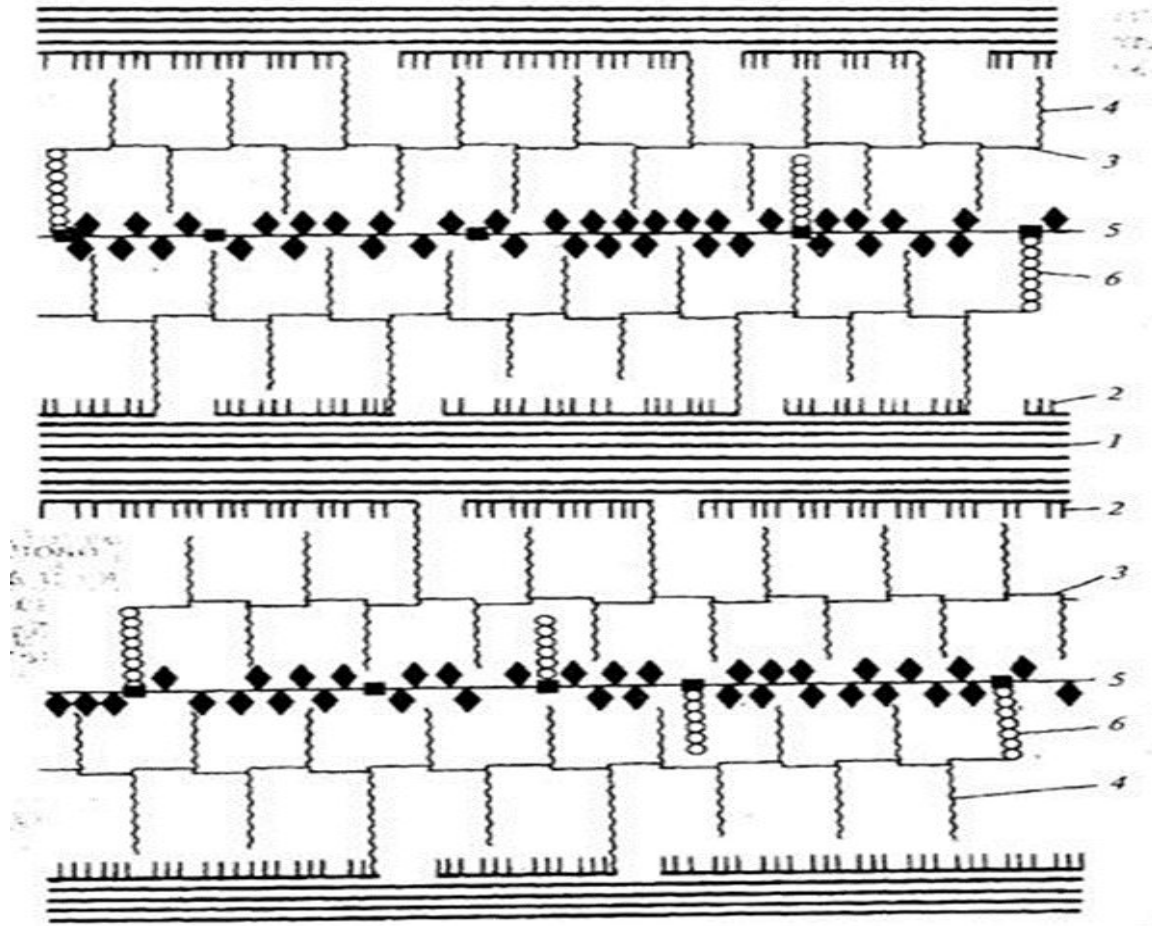
Фрагмент структурної формули пектинової кислоти



Фрагмент структурної формули пектової кислоти



# Структура первинної клітинної стінки (по Альберсхейму)



1 – мікрофібрила целюлози; 2 – ксилоглюкан; 3 – головні рамногалактуронові ланцюги пектинових речовин; 4 – бокові галактанові ланцюги пектинових речовин; 5 – структурний білок з арабінозними тетрасахаридами; 6 – арабіногалактан.

Деструкція протопектину обумовлена:

- розпадом водневих зв'язків та послабленням гідрофобної взаємодії між етерифікованими залишками галактуронової кислоти;
- руйнуванням хелатних зв'язків за участі іонів  $\text{Ca}^{2+}$  та  $\text{Mg}^{2+}$  між неетерифікованими залишками галактуронової кислоти в ланцюгах рамногалактуронану.