

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗАВАРОК І ХМЕЛЬОВИХ ЗАКВАСОК

Юрчак В.Г., д-р техн. наук, професор, Рак В.П., аспірант, Ковалевська Є.І., канд. хім. наук, доцент,
Яйко М.О., магістрант

Національний університет харчових технологій, м. Київ
Львівський державний коледж харчової і переробної промисловості НУХТ

Досліджено реологічні властивості заварок, приготовлених за співвідношення борошна і хмелевого відвару 1:2 та 1:3, і хмелевих заквасок з їх використанням.

Reologichni properties of brewing are investigated for correlation of flour and hop-water 1:2 and 1:3, and leaven with their use.

Ключові слова: хмелевий відвар, заварка, хмелева закваска, реологічні властивості.

Суть технології хліба на хмелевих заквасках полягає в тому, що мікрофлора заквасок розвивається на борошняному поживному середовищі, яким є гірка заварка, приготовлена із борошна і хмелевого відвару [1-3].

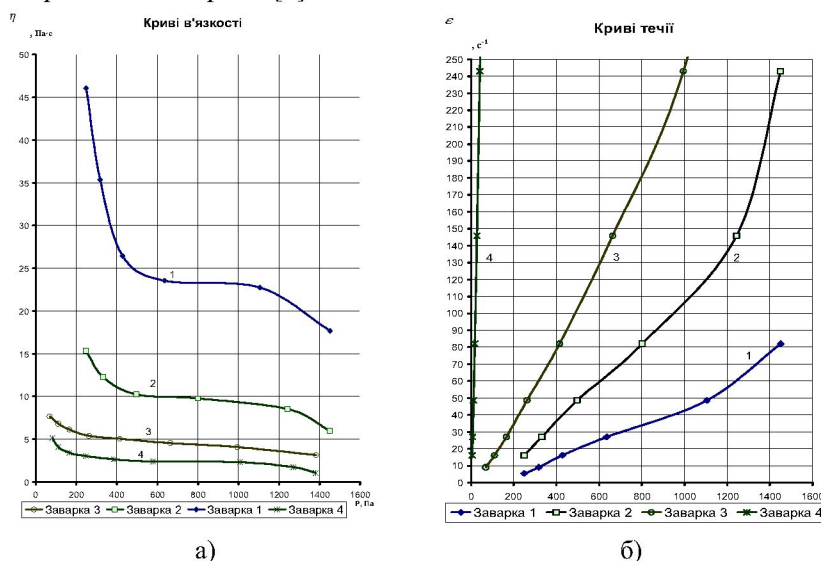
Найбільш вагомими факторами, які впливають на реологічні властивості заварок та заквасок, є масова частка вологи в них, кількість борошна, що вноситься із заварками.

Для вибору обладнання для приготування заварок і заквасок, забезпечення можливості їх транспортування по трубопроводах важливо знати реологічні властивості цих напівфабрикатів. Практичний досвід свідчить, що заварки, приготовлені за співвідношення борошна і води 1:2, є досить густими для перекачування насосами. Проте у фундаментальних працях [4-6], присвячених вивченню реологічних властивостей борошняних напівфабрикатів, дослідженню структурно-механічних властивостей заквасок, приготовлених на заварках, не приділялась увага.

У цій роботі визначали реологічні характеристики заварок, приготовлених за співвідношення борошна і хмелевого відвару 1:2 та 1:3, і хмелевих заквасок, підживлених цими заварками. Реологічні характеристики заварок досліджували зразу після заварювання та після одної години оцукрення. Закваски підживлювались заварками, які містили 6 % та 12 % борошна у завареному вигляді, вміст борошна у всіх зразках закваски становив 12 % від маси його в тісті. Масова частка вологи у хмелевих заквасках становила 78 %. Реологічні характеристики заквасок визначали зразу після підживлення та після 3 год бродіння.

ня. Вивчення реологічних характеристик напівфабрикатів здійснювали на приладі «Реотест-2». За отриманими графіками визначали такі структурно-механічні показники: динамічну в'язкість незруйнованої структури (η_0 , Па·с), динамічну в'язкість зруйнованої структури (η_m , Па·с), величину аномалії в'язкості ($\eta_0 - \eta_m$, Па·с), характер утвореної системи, ($P_{к1}$, Па), динамічну межу здатності системи до течії ($P_{к2}$, Па), міцність утвореного структурного каркаса (P_m , Па), міцність структурних зв'язків ($P_{к1}/P_{к2}$, Па), діапазон напружень ($P_m/P_{к1}$, Па). За даними вимірювань будували криві в'язкості залежно від напруження зсуву та криві течії (залежність швидкості деформації від напруги). Отримані дані для заварок наведені на рис. 1 та в табл. 1, для заварок – на рис. 2 та 3 і в табл. 2 відповідно.

За характером реологічних кривих в'язкості і течії можна зробити висновок, що досліджувані системи належать до коагуляційних структур. Коагуляційні структури утворюються у разі взаємодії частинок дисперсної фази безпосередньо або через тонкі прошарки рідкого дисперсійного середовища. Для коагуляційних структур характерні низька міцність, висока пластичність, здатність до високоеластичних деформацій, яскраво виражена тиксотропія [7].



1 – приготовлених за співвідношення Б:ХВ 1:2, після заварювання; 2 – те саме, після оцукрення;
3 – приготовлених за співвідношення Б:ХВ 1:3, після заварювання; 4 – те саме, після оцукрення

Рис. 1 – Криві в'язкості (а) та криві течії (б) заварок:

Таблиця 1 – Реологічні характеристики заварок

Номер кривої на графіку рис.1	Напівфабрикат	Динамічна в'язкість незруйнованої структури, η_0 , Па·с	Динамічна в'язкість зруйнованої структури, η_m , Па·с	Аномалія в'язкості, $\eta_0 - \eta_m$, Па·с	Характер утвореної системи, $P_{к1}$, Па	Динамічна межа здатності системи до течії, $P_{к2}$, Па	Міцність структурного каркаса, P_m , Па	Міцність структурних зв'язків, $P_{к1}/P_{к2}$, Па	Діапазон напружень, $P_m/P_{к1}$, Па
	Заварка після заварювання за співвідношення Б:ХВ 1:2	46,1	17,7	28,4	150,0	670	1190	0,2	7,9
	Оцукрена заварка за співвідно- шення Б:ХВ 1:2	15,4	6,0	9,4	110,0	1025	1320	0,1	12,0
	Заварка після заварювання за співвідношення Б:ХВ 1:3	7,7	3,2	4,5	20,0	300	875	0,1	43,7
	Оцукрена заварка за співвідно- шення Б:ХВ 1:3	5,1	1,1	4,1	0	20	27	0	0

З рис. 1 і табл. 1 видно, що динамічна в'язкість незруйнованої структури заварок при співвідношенні Б:ХВ 1:2 становить 46,1 Па·с і вона є вищою, ніж для заварок зі співвідношенням Б:ХВ 1:3, у 6,5 разу (7,7 Па·с). Після 1 год оцукрення в'язкість зменшується в обох заварках і становить відповідно 15,4 та 5,1 Па·с, але є вищою для заварки зі співвідношенням Б:ХВ 1:2 у 3 рази.

Аналогічні залежності спостерігаються для показника динамічної в'язкості зруйнованої структури.

Аномалія в'язкості, яка характеризує міцність утвореної в системі надмолекулярної структури, показує, що у заварці при співвідношенні Б:ХВ 1:2 структура є найміцнішою, а у заварки при співвідношенні Б:ХВ 1:3 спостерігаємо послаблення структури. Після оцукрення міцність структури зменшується, але для заварок зі співвідношенням Б:ХВ 1:2 вона є міцнішою у 2 рази порівняно із заварками зі співвідношенням Б:ХВ 1:3.

Динамічна межа здатності системи до течії в оцукреній заварці за співвідношення Б:ХВ 1:2 є найвищою – 1025 Па, а в оцукреній заварці за співвідношення Б:ХВ 1:3 спостерігається суттєве її зниження і вона становить 20 Па.

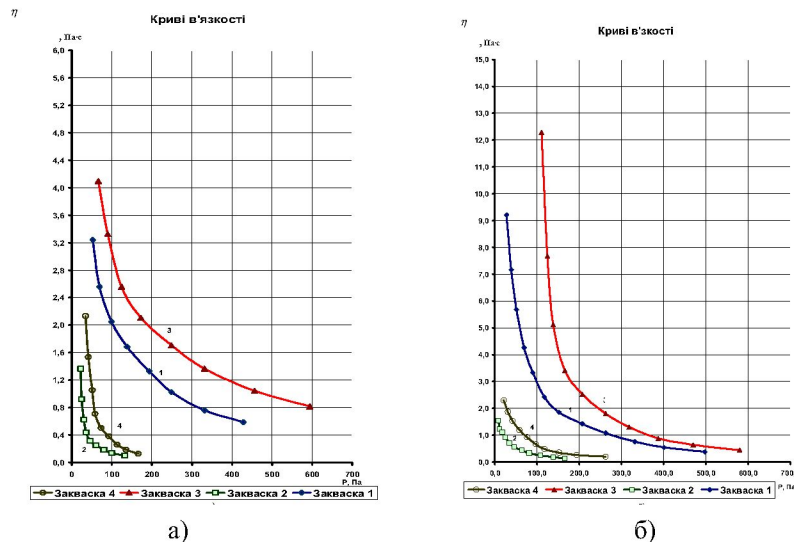
Про характер утвореної системи ($P_{\text{д}}$) можна сказати, що обидві заварки після заварювання мають властивості структурованого тіла. Оцукрена заварка, приготовлена при співвідношенні Б:ХВ 1:2, також є структурованим тілом, і лише заварка, приготовлена при співвідношенні Б:ХВ 1:3, після однієї години оцукрення набуває властивостей рідкоподібного структурованого тіла. Міцність утвореного структурного каркаса зростає під час оцукрення заварки за співвідношення Б:ХВ 1:2 і суттєво послаблюється в оцукреній заварці за співвідношення Б:ХВ 1:3.

Таким чином, проведені дослідження реологічних характеристик заварок показали, що найвищу в'язкість має заварка, приготовлена за співвідношення Б:ХВ 1:2. У процесі оцукрення в'язкість заварок зменшується, але співвідношення в'язкостей залишається тим самим.

Як свідчать отримані дані, внесення у закваску із заваркою 12 % борошна у завареному вигляді призводить до зростання динамічної в'язкості незруйнованої структури закваски в порівнянні з заквасками, які містять 6 % борошна у завареному вигляді за будь-якого співвідношення Б:ХВ, що є досить логічним. Аналогічні залежності спостерігаються для динамічної в'язкості зруйнованої структури.

Закваски, що готувалися з використанням заварок за співвідношення Б:ХВ 1:3, мали дещо вищі показники динамічної в'язкості як зруйнованої, так і незруйнованої структури, порівняно із заквасками, що готувалися з використанням заварок за співвідношення Б:ХВ 1:2. Як показано вище, динамічна в'язкість самих заварок вища за співвідношення Б:ХВ 1:2.

Таке протиріччя легко пояснити, якщо врахувати, що під час приготування заварок за співвідношення Б:ХВ 1:3 більша кількість води бере участь у клейстеризації крохмалю борошна, отже, зв'язується осмотично, ніж у заварках за співвідношення Б:ХВ 1:2. В останньому випадку більша кількість води, яка вноситься у закваску, не бере участі у клейстеризації крохмалю борошна і не є зв'язаною.



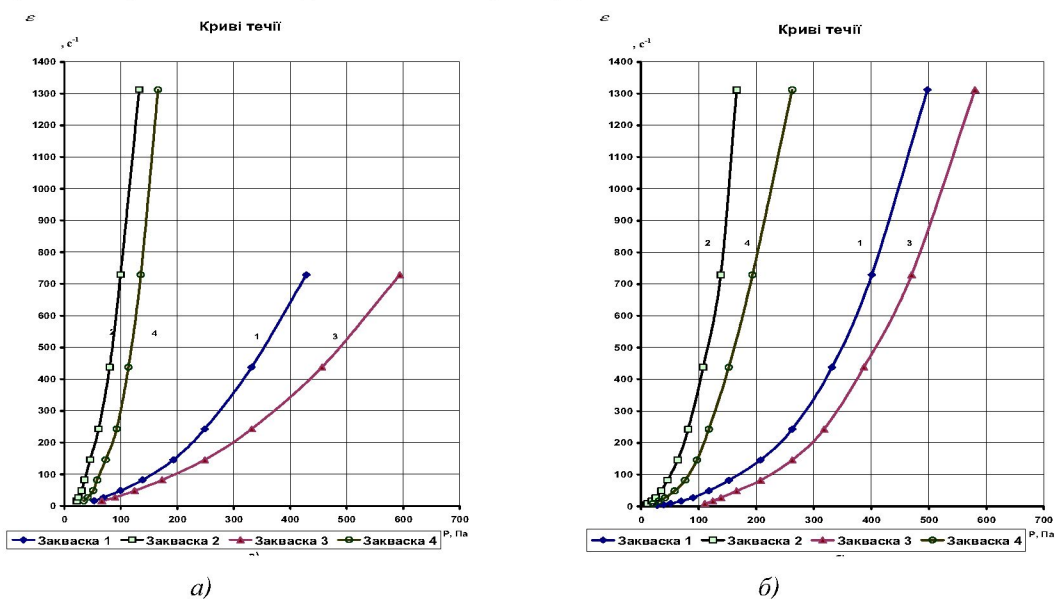
Приготовлені закваски: а) зразу після підживлення; б) після бродіння

Рис. 2 – Криві в'язкості заквасок, що містять: 1 – 12 % завареного борошна за співвідношення борошна Б : ХВ у заварці 1:2; 2 – 6 % завареного борошна за співвідношення Б : ХВ у заварці 1:2; 3 – 12 % завареного борошна за співвідношення Б:ХВ у заварці 1:3; 4 – 6 % завареного борошна за співвідношення Б:ХВ у заварці 1:3.

Аномалія в'язкості також свідчить, що закваски, які містять 12 % завареного борошна, мають міцнішу структуру, якщо під час їх приготування використовують заварку за співвідношення Б:ХВ 1:3. Закваски, що містять 6 % завареного борошна, мають меншу міцність структури порівняно із заквасками, які містять 12 % борошна у завареному вигляді, але і в цьому разі міцність структури заквасок є вищою, як що використовуються заварки за співвідношення Б:ХВ 1:3.

Динамічна межа здатності системи до течії у закваски, що містить 12 % завареного борошна за співвідношення Б:ХВ у заварці 1:3, є найвищою – 254 Па, а в закваски, що містить 6 % завареного борошна за співвідношення Б:ХВ у заварці 1:2 – найнижчою і становить 60 Па.

Найшвидше течія починається в заквасці, що містить 6 % завареного борошна за співвідношення Б:ХВ у заварці 1:2, і становить 90 Па. Значно вища межа течії спостерігається у заквасці, що містить 12 % завареного борошна за співвідношення Б:ХВ у заварці 1:3 – 460 Па.



Приготовлені закваски: а) зразу після підживлення; б) після бродіння

Рис.3 – Криві течії заквасок, що містять: 1 – 12 % завареного борошна за співвідношення Б : ХВ у заварці 1:2; 2 – 6 % завареного борошна за співвідношення Б : ХВ у заварці 1:2; 3 – 12 % завареного борошна за співвідношення Б : ХВ у заварці 1:3; 4 – 6 % завареного борошна за співвідношення Б : ХВ у заварці 1:3.

Виброджені закваски, що приготовлені з використанням заварки за співвідношення Б:ХВ 1:2, мають меншу в'язкість, ніж закваски з використанням заварок за співвідношення Б:ХВ 1:3, як і у випадку зі щойно підживленою закваскою. Це є наслідком того, що за співвідношення Б:ХВ 1:3 у заварках вода зв'язується крохмалем під час заварювання борошна, в той час, як при приготуванні закваски з використанням більш густих заварок, у закваски вноситься ще деяка кількість води, яка не знаходиться у зв'язаному стані.

Аномалія в'язкості показує, що у вибродженій закваски, яка містить 12 % завареного борошна за співвідношення Б:ХВ у заварці 1:3, структура є міцнішою в порівнянні з підживленою закваскою і становить 11,8 Па·с.

У вибродженій закваски, що містить 6 % завареного борошна за співвідношення Б:ХВ у заварці 1:2, суттєвих змін не спостерігається. Про характер утвореної системи можна сказати, що закваски, які містять 12 % завареного борошна за співвідношення Б:ХВ у заварці 1:2, 1:3, а також закваски, що містять 6 % завареного борошна за співвідношення Б:ХВ 1:3 належать до структурованого твердоподібного тіла. Закваски, що містять 6 % завареного борошна зі співвідношенням Б:ХВ у заварці 1:2, є рідкоподібним структурованим тілом. Найміцніший структурний каркас у вибродженій закваски, що містить 12 % завареного борошна за співвідношення Б:ХВ у заварці 1:3 – 470 Па.

В'язкість заквасок, що містять 12 % борошна у завареному вигляді і приготовлені з використанням заварок за співвідношення Б:ХВ 1:3, є найвищою як зразу після підживлення, так і після бродіння та становить відповідно 4,1 і 12,3 Па·с. У процесі бродіння в'язкість цих заквасок збільшується майже в три рази. В'язкість заквасок, що містять 6 % борошна у завареному вигляді, також зростає у процесі бродіння, але незначно.

Порівняння реологічних характеристик хмєлових заквасок показало, що використання рідших заварок (співвідношення Б:ХВ 1:3) для їх приготування та збільшення в них кількості борошна, яке вноситься у завареному вигляді, призводить до зростання в'язкості заквасок і межі здатності системи до течії порівняно із заквасками, що містять густіші заварки. Очевидно, це пояснюється внесенням із заварками більшої кількості води у зв'язаному стані. В процесі бродіння в'язкість заквасок, що містять 12 % борошна, збільшується.

Таблиця 2 – Реологічні характеристики хмєлових заквасок

Номер кривої на рис. 2, 3	Назва напівфабрикату	Динамічна в'язкість незруйнованої структури, η_0 , Па·с	Динамічна в'язкість зруйнованої структури, η_m , Па·с	Аномалія в'язкості, $\eta_0 - \eta_m$, Па·с	Характер утвореної системи, $P_{к1}$, Па	Динамічна межа здатності системи до течії, $P_{к2}$, Па	Міцність структурного каркаса, P_m , Па	Міцність структурних зв'язків, $P_{к1}/P_{к2}$, Па	Діапазон напружень, $P_m/P_{к1}$, Па
Закваски після підживлення									
	Закваска, що містить 12 % завареного борошна за співвідношення Б:ХВ у заварці 1:2	3,2	0,6	2,7	21,0	190	335	0,1	16,0
	Закваска, що містить 6 % завареного борошна за співвідношення Б:ХВ у заварці 1:2	1,4	0,1	1,3	10,0	60	90	0,2	9,0
	Закваска, що містить 12 % завареного борошна за співвідношення Б:ХВ у заварці 1:3	4,1	0,8	3,3	40,0	254	460	0,2	11,5
	Закваска, що містить 6 % завареного борошна за співвідношення Б:ХВ у заварці 1:3	2,1	0,1	2,0	20,0	100	135	0,2	6,8
Виброджені закваски									
	Закваска, що містить 12 % завареного борошна за співвідношення Б:ХВ у заварці 1:2	9,2	0,4	8,8	25,0	283	392	0,1	15,7
	Закваска, що містить 6 % завареного борошна за співвідношення Б:ХВ у заварці 1:2	1,5	0,1	1,4	0	110	143	0	0
	Закваска, що містить 12 % завареного борошна за співвідношення Б:ХВ у заварці 1:3	12,3	0,4	11,8	100,0	335	470	0,3	3,4
	Закваска, що містить 6 % завареного борошна за співвідношення Б:ХВ у заварці 1:3	2,3	0,2	2,1	11,5	110	180	0,1	9,6

Висновки

Дослідивши реологічні властивості заварок і хмєлових заквасок, при підборі обладнання для їх приготування та транспортування потрібно враховувати, що:

— динамічна в'язкість незруйнованої структури заварок, приготовлених за співвідношення борошна і хмєлового відвару 1:2, вища, ніж заварок, приготовлених за співвідношення Б:ХВ 1:3, і становить порівняно 46,1 Па·с та 7,7 Па·с після заварювання, 15,4 Па·с та 5,1 Па·с після 1 год оцукрення;

— заварки, приготовлені за співвідношення Б:ХВ 1:2, 1:3 відразу після заварювання, та заварки оцукрені, приготовлені за співвідношення 1:2, мають властивості структурованого тіла, а оцукрені заварки, приготовлені за співвідношення Б:ХВ 1:3, набувають властивостей рідкоподібного структурованого тіла;

— закваски, приготовлені з використанням заварок, які містять 12 % борошна у завареному вигляді, приготовлені за співвідношення борошна і хмєлового відвару 1:3, мають більшу в'язкість, яка становить відповідно 4,4 Па·с після приготування і 12,3 Па·с після 3 год бродіння, ніж закваски, приготовлені за співвідношення Б:ХВ 1:2, в'язкість яких становить відповідно 3,2 Па·с та 9,2 Па·с;

— закваски, які містять 12 % борошна у завареному стані та приготовлені за співвідношення борошна і хмєлового відвару 1:2, 1:3, і закваски, що містять 6 % борошна у завареному стані за співвідношення Б:ХВ 1:3, належать до структурованого твердоподібного тіла. Лише закваски з використанням заварки, яка містить 6 % завареного борошна і приготовлена за співвідношення Б:ХВ 1:2, належать до рідкоподібного структурованого тіла, очевидно, завдяки збільшенню в них кількості зв'язаної води.

Література

1. Ауэрман Л. Я. Технология хлебопекарного производства / Л. Я. Ауэрман. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 416 с.
2. Дробот В.І. Технологія хлібопекарського виробництва. Підручник для уч. проф. техн. навч. закл. / В.І. Дробот. – К.: Техніка, 2006. – 408 с.
3. Островский А.И. Жидкие пекарские дрожжи / А.И. Островский. – М.: Пищепромиздат, 1955. – 172 с.
4. Мачихин Ю.А. Инженерная реология пищевых материалов / Ю.А. Мачихин, С.А. Мачихин. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 216 с.
5. Николаев Б.А. Структурно-механические свойства мучного теста / Б.А. Николаев. – М.: Пищевая промышленность, 1976. – 246 с.
6. Реометрия пищевого сырья и продуктов. Справочник / Под ред. Ю.А Мачихина. – М.: Агропромиздат, 1990. – 271 с.
7. Колоїдна хімія. Підручник / Л.С. Воловик, Є.І. Ковалевська, В.В. Манк та ін.; за ред. д. т. н., проф. В.В. Манка. – К.: НУХТ, 2011. – 247 с.