

**Л.Ю. АРСЕНЬЕВА, В.С. ЗАРУБИНА,
В.Н. КОНОНЧУК, А.А. КАЛИНИЧЕНКО**

Национальный университет пищевых технологий, г. Киев

ВЛИЯНИЕ ПОВЫШЕННОГО ДАВЛЕНИЯ НА ОСНОВНЫЕ ПРОЦЕССЫ СОЗРЕВАНИЯ ДРОЖЖЕВОГО ТЕСТА

Исследовано протекание биохимических процессов в тесте после воздействия повышенного давления и в условиях повышенного содержания углекислого газа в среде брожения. Установлено, что под воздействием давления уменьшается накопление сахаров в тесте, замедляется их сбраживание дрожжами, снижается активность амилолитических ферментов. Однако повышается активность протеолитических ферментов и наблюдается интенсификация процесса пептизации высокомолекулярных белков.

It was investigated the course of biochemical processes in the dough at higher pressure and higher carbon dioxide content in the medium of ripening. It was determined that under the influence of pressure the accumulation of sugars in dough decreases, their fermentation by yeast slows down, the activity of amylases reduces. However, the activity of proteinase increases and the intensification of the process of high-molecular proteins peptization is observed.

Сухарные изделия пользуются широким спросом у населения, однако традиционная схема их производства весьма громоздка, поскольку включает оборудование для брожения опары и теста, формирования и расстойки сухарных плит. С целью сокращения количества технологического оборудования в Национальном университете пищевых технологий предложена новая, экономически эффективная машинно-аппаратурная схема производства сухарных изделий (рис. 1) с использованием процесса экструзии [1]. В новую схему производства внедрен бродильно-формующий агрегат (экструдер) [2], объединяющий брожение и все операции разделки теста, в т.ч. расстойку.

По новой технологии, тесто сначала созревает 30 мин в бункере бродильно-формующего агрегата для снятия напряжений после замеса и активизации жизнедеятельности дрожжевых клеток. Далее тесто подается в герметически закрытую камеру экструдера, где продолжается его созревание в условиях повышенного давления 0,2 МПа, которое создается компрессором. Среда созревания содержит повышенное количество углекислого газа, который выделяется в процессе брожения. Далее с помощью формирующих матриц методом холодной экструзии происходит разделка тестовых заготовок сразу на под печи с последующей выпечкой без операции расстойки.

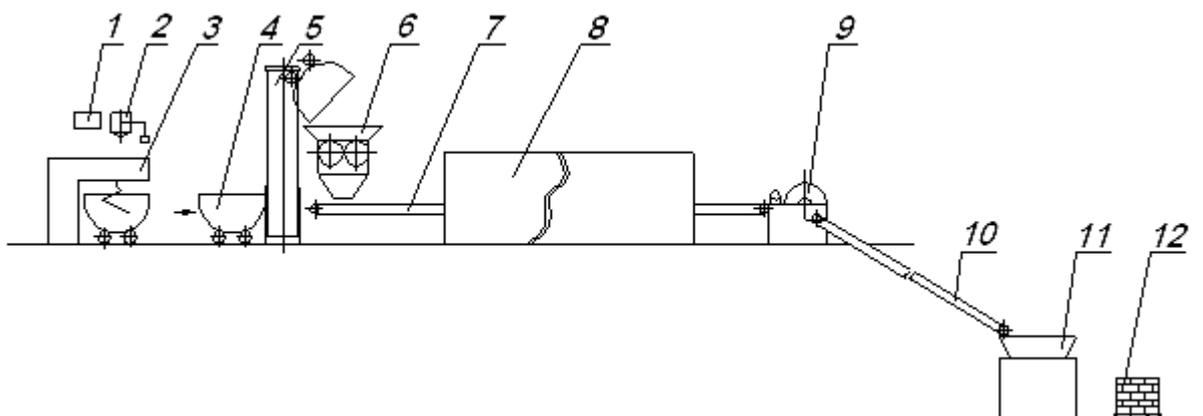


Рис. 1. Аппаратурно-технологическая схема производства сухарных изделий с использованием бродильно-формующего агрегата: 1 - дозатор жидких компонентов, 2 - дозатор муки, 3 - тестомесильная машина, 4 - дежа для созревания теста, 5 - дежепрокидыватель, 6 - бродильно-формующий агрегат, 7 - под печи, 8 - печь, 9 - режущая машина, 10 - транспортер для охлаждения сухарей, 11 - упаковочный автомат, 12 - коробки с готовой продукцией.

На рис. 2 проиллюстрирован процесс выпрессовывания тестовых заготовок из экструдера. На выходе из бродильно-формующего агрегата наблюдается разрыхление тестовых заготовок за счет перепада давления [3].

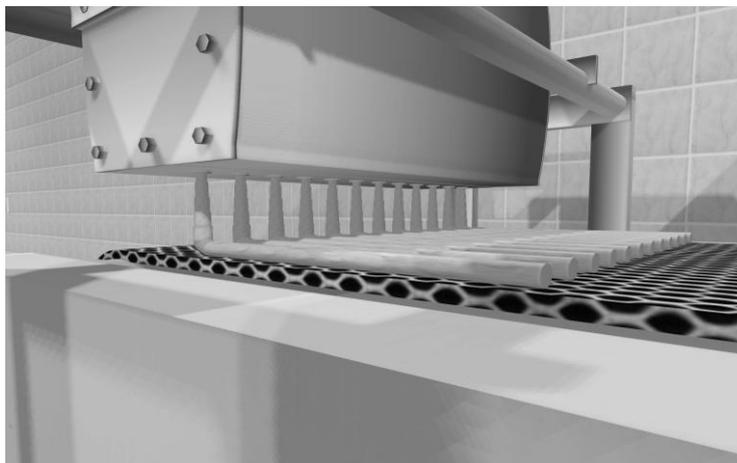


Рис. 2. Процесс выпрессовывания тестовых жгутов из бродильно-формующего агрегата

Целью разработки является усовершенствование технологии сухарных изделий с помощью внедрения бродильно-формующего агрегата. Для этого необходимо исследовать влияние повышенного давления и повышенного содержания углекислого газа в среде брожения на протекание основных процессов в тесте, в частности, на ход биохимических процессов.

Тесто замешивали безопасным способом с массовой долей влаги 42...43 % из пшеничной муки, дрожжей, соли и воды.

Протекание биохимических процессов в тесте характеризовали по накоплению редуцирующих сахаров, водорастворимых белковых веществ,

в т.ч. свободных аминокислот, активности амилолитических и протеолитических ферментов.

Для изучения влияния повышенного давления и повышенного содержания углекислого газа в среде брожения на углеводно-амилазный комплекс теста исследовали динамику сахаров в тесте по интенсивности накопления и сбраживания мальтозы (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

**Массовая доля редуцирующих сахаров в тесте в пересчете на мальтозу,
% к массе СВ теста**

Продолжительность брожения, ч	Условия брожения теста	
	в обычных условиях без давления (контроль)	в условиях повышенного давления и повышенного содержания CO ₂ в среде брожения (в экструдере)
Без дрожжей		
0	1,99	1,99
1,5	2,85	2,66
3,0	2,97	2,83
Накоплено	0,98	0,84
С дрожжами		
0	2,29	2,29
1,5	1,71	2,10
3,0	0,24	0,96
Сброжено	2,05	1,33

Установлено, что накопление сахаров в тесте, которое созревало в камере бродильно-формуемого агрегата, снижается на 14...15 % по сравнению с контрольным тестом. Процесс сбраживания дрожжами сахаров теста, созревшего под давлением, также проходит на 35...36 % менее интенсивно. То есть интенсивность процесса гидролиза высокомолекулярных углеводов в тесте в условиях повышенного давления снижается, по сравнению с контролем. Это может быть следствием снижения активности амилолитических ферментов муки. Именно поэтому возникла необходимость исследовать активность амилаз муки после воздействия повышенного давления.

Для этого из муки готовили экстракт α -амилазы, часть которого взаимодействовала с 1,5 %-м клейстеризованным раствором крахмала в термостате при температуре 45 °С и атмосферном давлении, а другая - при той же температуре под воздействием повышенного давления (0,2 МПа). Исследуя активность β -амилазы, готовили ее глицериновую вытяжку из пшеничной муки и подвергали ее взаимодействию с 5 %-м клейстеризованным раствором крахмала при температуре 40 °С в условиях повышенного давления и без воздействия давления. Йодометрическим методом определяли количество мальтозы, образовавшейся в результате взаимодействия фермента и субстрата, выражали его в процентах к массе крахмала.

По содержанию образовавшейся мальтозы судили об активность α - и β -амилазы (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

**Активность амилолитических ферментов муки,
% мальтозы к массе крахмала**

Амилазы	Условия взаимодействия фермента и субстрата	
	без давления (контроль)	под давлением (в экструдере)
α -амилаза		
– через 2 часа	36,8	16,8
– через 3 часа	43,2	17,6
β -амилаза		
– через 1 час	15,3	10,1

Исследования показали, что в условиях повышенного давления образовывается на 54...59 % меньше мальтозы, по сравнению с контролем. Таким образом, активность α -амилазы в результате действия повышенного давления снижается. Также снижается активность β -амилазы на 34...35 %.

Для изучения влияния повышенного давления и повышенного содержания углекислого газа в среде брожения на белково-протеиназный комплекс теста определяли содержание общего белка теста, суммарного водорастворимого белка, а также содержание свободных аминокислот (табл. 3). Определение фракционного состава белковых веществ проводили в тесте через 30 и 180 мин его созревания при температуре 30 °С.

Т а б л и ц а 3

Содержание отдельных фракций азотсодержащих соединений теста

Фракция	Тесто бродило	
	в обычных условиях без давления (контроль)	в условиях повышенного давления и повышенного содержания CO ₂ в среде брожения (в экструдере)
Общий азот, % СВ		
нач.	3,06	3,06
кон.	2,95	2,98
изменение	-0,11	-0,08
Водорастворимый азот, % СВ		
нач.	0,102	0,102
кон.	0,095	0,121
изменение	-0,007	+0,019
Азот свободных аминокислот, мг/100 г теста		
нач.	36,4	36,4
кон.	73,5	80,5
изменение	+37,1	+44,1

Исследования показали: через 3 ч брожения количество водорастворимого белка в тесте, созревавшем под давлением, на 27...28 % больше, чем в контрольном тесте, которое дозревало в условиях атмосферного давления. Также под влиянием повышенного давления и повышенного содержания углекислого газа в среде брожения увеличивается на 9...10 % количество свободных аминокислот.

Такие изменения в составе белковых веществ теста можно объяснить интенсификацией процесса протеолиза высокомолекулярных белков теста в условиях повышенного давления, что может быть следствием активизации протеолитических ферментов. Возможно также, что структура белковых молекул изменяется таким образом, что доступность ее гидролизу возрастает.

Для определения влияния повышенного давления на активность протеолитических ферментов проводили такой модельный опыт. Из пшеничной муки извлекали экстракт протеолитических ферментов, на который действовали повышенным давлением в течение 2-х и 3-х часов при комнатной температуре. Полученные вытяжки подвергали взаимодействию с 10 %-м раствором яичного белка в течение 48 ч при температуре 37 °С. Далее определяли количество аминного азота (табл. 4).

Т а б л и ц а 4

Активность протеолитических ферментов муки, мг/100 г белка

Показатель	Условия реакции		
	без давления (контроль)	под давлением в течении	
		2 ч	3 ч
Количество азота свободных аминокислот	1225	1260	1383

По результатам исследований выявлено, что чем больше продолжительность действия повышенного давления на протеолитические ферменты, тем их активность выше.

Таким образом, использование бродильно-формующего агрегата позволяет значительно упростить технологическую линию производства сухарных изделий за счет совмещения в одном агрегате всех операций обработки теста. Установлено, что накопление сахаров в тесте, созревающем под давлением, уменьшается на 14...15 %, а сбраживания сахаров замедляется на 35...36 %. Под влиянием повышенного давления и в условиях повышенного содержания углекислого газа в среде брожения снижается активность α -амилазы на 54...59 % и активность β -амилазы на 34...35 %. Действие повышенного давления и повышенного содержания углекислого газа в среде брожения способствует активизации протеолитических ферментов и, как следствие, увеличению количества водорастворимого азота на 27...28 %, в т.ч. свободных аминокислот - на 9...10 %. Это обуславливает

необходимость уменьшения продолжительности созревания теста в камере бродильно-формуемого агрегата.

Литература

1. Патент на полезную модель № 24301, Способ производства сухарей / Теличкун В.И., Теличкун Ю.С., Губеня А.А. Заявлено 13.02.2007, опублик. 25.06.2007, бюл. № 8.

2. Патент на изобретение 59060А, МПК А21 СВ / 00, Бродильно-формуемый агрегат / Теличкун В.И., Сандул Е.А., Черета В.В. Заявлено 11.12.2002, опублик. 15.08.2003, бюл. № 8.

3. *Теличкун Ю.С.* Усовершенствование процесса экструдирования дрожжевого теста с целью создания высокоэффективного оборудования: автореферат диссертации на соискание уч. степени канд. техн. наук / Ю.С. Теличкун. – К.:НУПТ, 2011. – 23 с.