

З. Ф. ФАЛУНИНА и И. А. ПОПАДИЧ

ТЕРМОСТАБИЛЬНОСТЬ АМИЛАЗ В ПРОГРЕВАЮЩЕМСЯ ПШЕНИЧНОМ ТЕСТЕ

(Представлено академиком А. И. Опариным 19 II 1951)

За последние годы рядом советских исследователей⁽¹⁻⁴⁾ были получены достаточно исчерпывающие сведения о теплофизических и коллоидных процессах, происходящих в хлебе при его выпечке. Однако биохимические процессы, протекающие при выпечке хлеба, изучены еще недостаточно. Так например, до настоящего времени предполагают, что в прогреваемом куске теста β -амилаза инактивируется при достижении тестом температуры в 70° , а α -амилаза — при 85° .

Указанные температуры инактивации амилаз в прогреваемом тесте получены из определений термоустойчивости амилаз в условиях водных вытяжек. Однако тесто представляет собой более сложную, чем водная вытяжка, коллоидную систему, с высоким содержанием углеводов и белков, о защитных свойствах которых при температурной инактивации амилаз известно из работ^(5, 7). Кроме того, условия прогрева водных вытяжек ферментов при определении температур их инактивации (прогрев в течение 15 мин. при заданной температуре) не соответствуют условиям прогрева теста, в котором температура непрерывно изменяется.

В прогреваемом тесте при повышенных температурах происходят глубокие биохимические изменения, резко влияющие на качество выпекаемого хлеба. Эти изменения в большой степени зависят от активности и продолжительности действия ферментов и, в частности, амилаз в прогреваемом тесте. Поэтому уточнение вопроса о действии амилаз в отдельных точках прогреваемого теста представляет несомненный интерес для технологии хлебопечения.

В нашей работе мы сделали попытку определения температур инактивации амилаз в условиях прогреваемого теста.

Работа производилась с безопарным тестом из пшеничной муки 1-го сорта нормального качества (Д. А. муки равнялась 202 единицам Рамзей). Проверка муки по декстринирующей способности и по методу Вайсмана показала отсутствие в ней активной α -амилазы.

Тесто готовилось по рецептуре: муки 100 г, воды 56 мл, дрожжей 2 г, соли 1,5 г. Продолжительность брожения теста 3 часа 30 мин. при температуре $30-32^\circ$ (с двумя перебивками).

В случае опытов с α -амилазой в тесто в качестве источника этого фермента взамен 10% муки добавлялся просеянный пшеничный солод 6-дневного рашения (Д. А. смеси равнялась 408 единицам Рамзей).

Прогрев теста производился в электрошкафу, снабженном терморегулятором, в стеклянном бюксе с двумя отверстиями в крышке

(для термометра и для выхода пара). Общая продолжительность прогрева 15-граммовых навесок теста была 40 мин. Процесс прогрева в бюксах мы стремились вести так, чтобы приблизить температурные кривые прогрева к кривым для центральных слоев куска теста в процессе выпечки (см. рис. 1).

Разница между конечной температурой в центре навески теста и температурой электрошкафа была равна 5°. Разница температур между

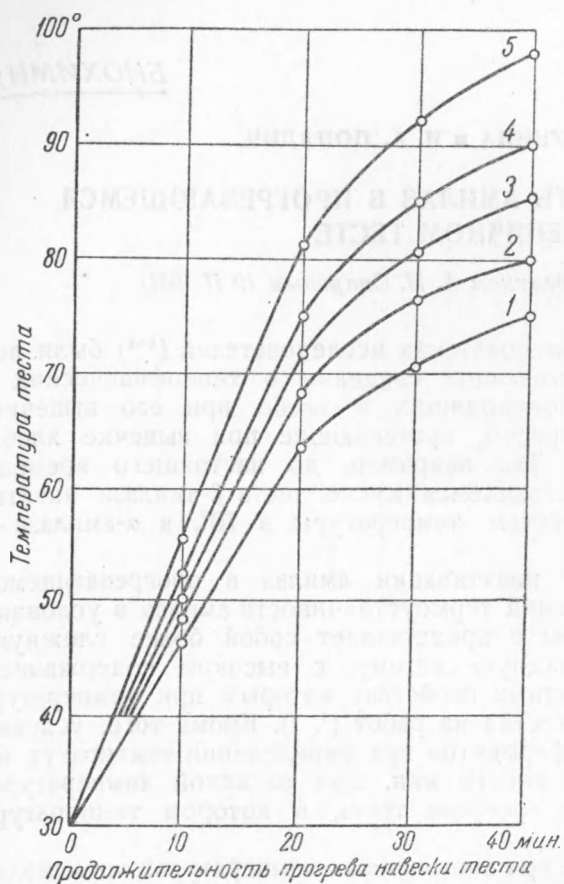


Рис. 1. Динамика прогрева навески теста (15 г) при различных температурах электрошкафа: 1—80°, 2—85°, 3—90°, 4—95°, 5—103°

внешним и внутренним слоем теста сначала равнялась 5°, затем, на 20 й минуте прогрева достигала 1° и до конца прогрева не превышала этой величины.

Определение активности фермента как для α -амилазы, так и для β -амилазы в основном производилось по сахарофицирующей способности следующим образом*.

Прогретое до намеченной температуры тесто тщательно перемешивалось, и брались 2 навески по 5 г каждая. Одна навеска растиралась в ступке с реактивом Барнштейна с добавлением 25 мл 4% растворимого крахмала и 20 мл воды и служила контролем. Другая навеска растиралась с 25 мл 4% растворимого крахмала и 50 мл воды. Тщательно растертые навески количественно переносились в колбы емкостью на 100 мл и ставились на 30 мин. в водяную баню при 50°. После гидролиза в колбу с не-

инактивированным ферментом вносился реактив Барнштейна. Обе колбы затем охлаждались, доводились до метки и содержимое их фильтровалось. В фильтрате определялся сахар по Бертрану и по разности между неинактивированной и контрольной вытяжками определялась активность фермента. Результаты наблюдений по изменению активности α -амилазы в прогревающемся пшеничном тесте даны в табл. 1.

Полученные данные показали, что α -амилаза в куске теста полностью не инактивируется даже при достижении тестом температуры 95—98°, хотя длительность воздействия высоких температур при проведении опыта была достаточно продолжительной (например, прогрев теста от 85 до 98° продолжался 18 мин., см. рис. 1).

Так как из теплофизического исследования процесса выпечки хлеба (1) известно, что температура любого слоя мякиша во время

* В отдельных случаях определялась декстринирующая способность α -амилазы путем прямого определения декстринов в получаемых указанным способом вытяжках.

Таблица 1

| | Температура середины теста в ° | | | | |
|---|--------------------------------|----|----|----|-----|
| | 80 | 85 | 90 | 95 | 98 |
| Активность α -амилазы в тесте (в мг мальтозы на 1 г сух. вещ. теста) . . | 36 | 24 | 16 | 10 | 6,5 |

pH теста 5,9; кислотность 2,9°.

выпечки не превышает 100°, приближаясь к 100° в центральной части хлеба лишь к концу выпечки, то полученные нами данные заставили нас сделать предположение о сохранении активности α -амилазы в центральных слоях мякиша готового хлеба. Проведенные опыты подтвердили это предположение и показали, что при выпечке пшеничного хлеба α -амилаза может сохранить свою активность в практически ощутимых размерах.

Тесто готовилось по рецептуре: муки пшеничной 1-го сорта 270 г, солода 30 г, воды 180 мл, дрожжей 2%, соли 1,5%. pH теста 5,9, продолжительность выпечки 25 мин. Результаты определений: кислотность хлеба 2,20°, влажность хлеба 40,1%. Активность α -амилазы в центре мякиша оказалась: по сахарофицирующей способности равной 66 мг мальтозы на 1 г сух. вещества хлеба, по декстринирующей способности, равной 174 мг декстрина на 1 г сух. вещества хлеба.

Для хлебопекарной промышленности важен уже сам по себе факт способности α -амилазы сохранять свою активность до конца выпечки хлеба. Не меньший интерес представляет вопрос, проявляется ли активность α -амилазы при относительно высоких температурах прогревающегося теста, когда в нем происходит резкое изменение коллоидно-физических свойств белка и крахмала. Для этой цели были поставлены опыты по изучению изменений, происходящих при воздействии α -амилазы в куске теста-хлеба в интервале температур 70—90°. Полученные данные приведены в табл. 2.

Полученные данные показывают, что за счет сохранившейся активности α -амилазы в прогревающемся куске теста-хлеба происходят заметные биохимические изменения даже в интервале относительно высоких температур. Так например, при прогреве теста-хлеба от 80 до 90° количество декстринов возросло на 31% от их содержания при 80°.

Опыты по определению температуры полной инактивации β -амилазы в условиях прогревающегося теста также показали интересные результаты (см. табл. 3).

Цифры, приведенные в табл. 3, показывают, что β -амилаза инактивируется при относительно высокой температуре (83—85°).

Чтобы выяснить, насколько проявляет свою сохранившуюся активность β -амилаза при относительно высоких температурах теста, были

Таблица 2

| Температура в ° | Продолжит. прогрета в мин. | Кол-во декстринов в % к сух. вещ. |
|-----------------|----------------------------|-----------------------------------|
| До 70 | 13 | 8,1 |
| До 80 | 20 | 13,2 |
| До 90 | 37 | 17,3 |

Таблица 3

| | Температура прогрева в ° | | | | | | |
|---|--------------------------|-----|------|----|------|----|----|
| | Тесто на прогрето (30°) | 65 | 70 | 75 | 80 | 83 | 85 |
| Активность β-амилазы в тесте (в мг мальтозы на 1 г сух. вещ. теста) | 212 | 105 | 80,6 | 66 | 17,5 | 4 | 0 |

поставлены опыты по исследованию накопления сахара в тесте при его прогреве от 60 до 80° (см. табл. 4).

Таблица 4

| Температура в ° | Продолжит. прогрева в мин. | Кол-во сахара в % к сух. вещ. |
|-----------------|----------------------------|-------------------------------|
| До 60 | 15 | 6,83 |
| До 70 | 20 | 7,33 |
| До 80 | 35 | 8,17 |

Данные табл. 4 показывают, что β-амилаза не только сохраняет свою активность, но и продуцирует сахара в тесте даже в интервале температур от 70 до 80°.

Таким образом, на основании проведенных опытов можно считать установленным, что в пшеничном тесте при его прогреве амилотические ферменты полностью инактивируются при значительно более высоких температурах, чем те, которые до сего времени были известны на основании определения их в условиях водных растворов. Так, температура полной

инактивации β-амилазы в пшеничном тесте лежит в пределах 82—84°. Что же касается α-амилазы, то этот фермент, как мы установили, сохраняет свою активность в практически заметных пределах даже в готовом пшеничном хлебе, т. е. после прогрева последнего до 97—98°.

За ценные советы по данной работе приносим глубокую благодарность проф. А. И. Островскому.

Московский технологический институт
пищевой промышленности

Поступило
10 II 1951

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Л. Я. Ауэрман, А. В. Лыков и А. С. Гинзбург, Процессы выпечки хлеба, 1948. ² А. Г. Кульман, Коллоиды в хлебопечении, 1940. ³ В. И. Назаров, Исследование в области клейстеризации крахмала, Диссертация, 1940. ⁴ В. А. Николаев и Н. П. Шultz, Тр. ВНИИХП, в. 6 (1933). ⁵ Л. Я. Ауэрман, Технология хлебопечения, 1948, стр. 283. ⁶ А. И. Опарин и А. Л. Курсанов, Biochem. Zs., 256, 190 (1932). ⁷ А. И. Опарин и С. Манская, *ibid.*, 260, 170 (1933).