

А. И. ОНАРИН, член-корреспондент АН СССР, Н. И. ПРОСКУРЯКОВ
и Л. А. ЦЕЙТЛИН

ФЕРМЕНТАТИВНАЯ ОБРАБОТКА ОТРУБЕЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ПЕРЕВАРИВАЕМОСТИ

Применение муки из цельносмолотого зерна наталкивается на ряд трудностей, обусловленных наличием большого количества отрубей, обладающих низкой перевариваемостью и обычно ухудшающих качество хлеба. В то же время отрубьянистые частицы представляют собой весьма ценный продукт. В отрубях, состоящих преимущественно из алейронового слоя и оболочек зерна, содержится значительное количество белков — даже относительно большее, нежели в самом эндосперме. Особенно важно, что белки отрубей по ценности их аминокислотного состава превосходят белки эндосперма и близки к белкам животного происхождения. Так, по Джонсу и Герсдорфу (1) в глобулиновой фракции из отрубей присутствует до 12% лизина, а в альбуминовой 4,76% триптофана и 4,51% лизина. Содержание гистидина и цистина — также повышенное. Согласно новейшим работам, в частности, Лэйта и Фрея (2), неполноценность белого хлеба объясняется незначительным содержанием в нем именно лизина. Весьма существенно также, что в отрубях концентрируются большие запасы витаминов группы В, включая рибофлавин, никотиновую кислоту, тиамин и др.

Совсем недавно Чик (3) установила, что питательная ценность белков хлеба из белой муки ниже, нежели хлеба из так называемой «национальной пшеничной муки» (85% выхода), а последняя, в свою очередь, уступает в данном отношении цельносмолотой муке.

Нужно отметить, что в связи с мировой войной появилось большое количество работ, посвященных изучению перевариваемости и биологической ценности цельносмолотой муки (4-6).

Использование отрубей в хлебопечении связано с большими затруднениями, поскольку ферменты пищеварительного тракта не в состоянии непосредственно воздействовать на эти белки, ибо они заключены в очень утолщенные клеточные стенки алейронового слоя. Известен целый ряд способов, частью запатентованных, позволяющих «облагораживать» отруби путем раскрытия или разрыхления этих толстых оболочек. Основой таких способов является, главным образом, чисто механическая обработка, иногда применение ферментативного воздействия и их различные комбинации. Используется также простое нагревание сухих отрубей, но, как показано недавно Боргстромом (7), увеличение температуры свыше 100°C понижает их пищевое достоинство.

По предложению Госплана СССР перед Институтом биохимии АН СССР была поставлена задача приготовления хлеба из цельносмолотого зерна возможно большей питательной ценности за счет повышения усвояемости отрубей.

С этой целью в Институте биохимии еще в 1941 г. под руководством А. И. Опарина был разработан способ, заключающийся в раздельной обработке отрубянистой и мучнистой частей зерна и дающий возможность более полного и рационального использования отрубей в хлебопечении. Для этого отруби сначала подвергались завариванию, затем осахариванию и заквашиванию с помощью различных молочнокислых бактерий. Опытные выпечки, произведенные тогда же в лабораторных и производственных условиях, при участии Всесоюзного научно-исследовательского института хлебопекарной промышленности (ст. научн. сотр. Б. Г. Сарычев), показали явные преимущества такой раздельной обработки, что проявлялось как с внешней органолептической стороны, так и в значительном увеличении перевариваемости пепсином азотистых веществ.

Пробные выпечки с добавлением к муке 72% выхода обработанных по вышеуказанному принципу отрубей обнаружили во всех без исключения случаях улучшение качества мякиша, значительный прирост в объемном выходе хлеба (до 20%) и заметное увеличение выхода хлеба по сравнению с контролем, в котором были взяты сухие отруби.

Биохимическая же сущность такой обработки оставалась, однако, невыясненной, так как не было установлено, чем же собственно вызывается подобное изменение.

Целью наших дальнейших работ являлось отыскание таких условий обработки отрубей, которые способствовали бы наибольшей перевариваемости их азотистого комплекса. О степени перевариваемости заключали на основании прироста в воднорастворимом азоте под влиянием кратковременного воздействия пепсина. Биохимическая характеристика применявшихся нами пшеничных отрубей была следующей (в процентах на сухое вещество):

Общий азот	2,63	Монозы + сахара	5,59
Крахмал	21,35	Жир	4,54
Клетчатка	8,93	Зола	5,26
Пентозаны	23,63		

Предварительные стадии заваривания и осахаривания отрубей проводились в нескольких вариантах для выбора тех из них, которые позволяют получить максимальное накопление сахаров и воднорастворимого азота. Во всех случаях сначала производилось заваривание большей части отрубей крутым кипятком для клейстеризации крахмала. После снижения температуры до 65°С добавлялись оставшиеся отруби в количестве 15%, и смесь выдерживалась в течение 2 часов при той же температуре. При этом содержание остаточного крахмала снижалось до 6% от первоначального и соответственно возрастало количество мальтозоподобных углеводов и декстринов, в то время как воднорастворимый азот составлял лишь 24,7% от общего азота.

Следующий вариант сводился к предварительному настаиванию отрубей с препаратом папаина, взятым в количестве 0,05% от веса отрубей, в течение 3 часов при 40°С. После этого производилась инактивация ферментов нагреванием при 80—90°, и затем аналогичное осахаривание с тем же, как и ранее, количеством отрубей. В данном опыте наблюдался довольно значительный прирост в воднорастворимом азоте, примерно на 17% более, чем в предыдущем варианте. Углеводный комплекс изменялся почти так же, как и в первом варианте. Таким образом, эти последние опыты показали возможность значительно увеличить воднорастворимую фракцию азота за счет одного лишь протеолиза.

В третьем варианте подготовки отрубей был применен препарат «грибного солода», представляющий собой высушенный и измельченный мицелий *Aspergillus oryzae* 3-дневного возраста, взятый вместе с отрубной средой, служившей для его культивирования. Отрубные заторы приготавливались следующим путем. После обычного заваривания отрубей и остуживания до 55° С к смеси прибавлялся грибной солод в количестве 5% (от веса отрубей), и осахаривание проводилось в одном случае — 2 часа, а в другом — 22 часа.

Характеристика углеводной фракции отрубных заторов, осахаренных грибным солодом, свидетельствует о наличии очень глубоко прошедшего процесса осахаривания (табл. 1).

Таблица 1

	Монозы	Сахароза	Мальтозо- подобные саха- ра и декстрины
	в процентах на сухое вещество		
При 2-часовом осахаривании	14,9	2,8	31,3
При 22-часовом осахаривании	20,1	2,8	34,4

Такое большое увеличение моноз и углеводов типа мальтозы и декстринов является, вероятно, следствием того, что ферменты *Aspergillus oryzae* затрагивают помимо крахмала гемицеллюлозы и пентозаны клеточных стенок, что может способствовать выходу белковых веществ, заключенных в трудно проницаемых клетках алейронового слоя.

Опыты по установлению прироста в воднорастворимом азоте при применении грибного солода подтвердили это предположение. Опыты проводились при двух температурных оптимумах: сначала, после обычной клейстеризации, отрубной затор охлаждался до 50° и при этой оптимальной для действия протеаз температуре выдерживался в течение 2 часов, и затем — при 55—57° для наилучшего осахаривания. При указанных условиях содержание воднорастворимого азота оказалось равным 48,6% от общего азота. Таким образом, было установлено, что последний вариант являлся наиболее эффективным, поскольку одновременно наблюдалось как исключительно высокое осахаривание, так и интенсивный протеолиз, что весьма существенно для последующей операции заквашивания.

Для заквашивания употреблялись 2-суточные культуры *Vac. Delbrückii* в количестве 10% от веса заторов. Заквашивание велось 19—20 часов при 50°, после чего учитывались изменения в содержании воднорастворимой азотистой фракции. Одновременно ставился контроль на воднорастворимый азот в заторе немедленно при добавлении культуры, т. е. без стадии заквашивания.

Во всех случаях в результате этой операции наблюдался сравнительно небольшой прирост воднорастворимого азота, около 6—7% от общего азота. На основании опытов с заквашиванием можно предполагать, что применение молочнокислых бактерий способствует в известной мере накоплению воднорастворимого азота.

Конечной целью работы было установить, как вышеупомянутые способы обработки будут влиять на перевариваемость отрубей пепсином. Такие опыты были проведены как непосредственно на отрубях, так и на хлебе, выпеченном с добавлением обработанных отрубей. Концентрация пепсина и соляной кислоты составляла во

всех опытных смесях 0,2%, переваривание длилось 3 часа при 38—40°. Параллельно ставились два контроля: в заторах с инактивированным пепсином и с раствором инактивированного пепсина вместе с бактериальной культурой. Результаты опытов по перевариванию обработанных отрубей пепсином представлены в табл. 2, везде за вычетом соответствующих контролей.

Таблица 2
Влияние предварительной обработки на перевариваемость отрубей пепсином по приросту воднорастворимого азота

Воднорастворимый азот	Заваренные и самоосахаренные отруби		Заваренные и осахаренные грибным солодом отруби	
	без заквашивания	с заквашиванием	без заквашивания	с заквашиванием
В мг азота на 100 мл фильтрата	56,64	71,22	89,8	94,3
В процентах от общего азота . .	43,70	54,10	68,3	71,4

Приведенные данные показывают, что ферментативная обработка грибным солодом по сравнению с самоосахариванием давала значительно более высокое переваривание. Такой сильный прирост воднорастворимого азота в данном случае следует отнести как за счет непосредственно самих протеаз *Aspergillus oryzae*, так и за счет ферментов, по всей вероятности, типа гемицеллюлаз или даже цитаз, затрагивающих утолщенные клеточные оболочки и создающих лучшие условия для воздействия на белки отрубей пищеварительных ферментов и, в частности, пепсина.

Опыты по дальнейшему применению подобных способов обработки отрубей при выпечке хлеба продолжаются Опытной станцией Первого московского треста хлебопекарной промышленности Главхлеба на различных сортах муки.

Таким образом, применение разработанного нами отдельного использования в хлебопечении отрубянистой и мучнистой частей зерна гарантирует, помимо экономического эффекта и улучшения важнейших качественных показателей, также и повышение перевариваемости обычно мало усваиваемых отрубянистых частей, что открывает перспективы улучшения качества хлеба из цельнозернового зерна или из муки высоких выходов.

Кафедра биохимии растений
Московского государственного университета
им. М. В. Ломоносова

Поступило
24 III 1944

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ B. Jones and C. Gersdorff, J. Biol. Chem., **64**, 241 (1925). ² B. Light and Ch. Frey, Cereal chemistry, **20**, 645 (1943). ³ C. Chick, Lancet, **242**, 405 (1942). ⁴ J. Murlin, M. Marshall and C. Kochakian, J. nutrition, **22**, 573 (1941). ⁵ R. Sealock, D. Basinski and J. Murlin, J. nutrition, **22**, 589 (1941). ⁶ H. Rostorfer, C. Kochakian and J. Murlin, J. nutrition, **26**, 123 (1943). ⁷ C. Borgström, Acta Physiol. Scand., **2**, I (1941).