

Растворение пентозанов в связи с процессом разваривания в технике брожения.

При современном состоянии мукомольного дела обычным отбросом этого производства являются отруби. Под рыночным продуктом, так именуемым, встречается в продаже довольно разнообразный материал, не вполне соответствующий тому, что подразумевается под этим названием с точки зрения мукомольного производства. В этом смысле под отрубями понимается смесь разнообразных непоступающих в муку частиц размолотого зерна. Эта смесь при идеальном помоле должна была бы состоять исключительно из оболочек зерна и его зародышевой части, а, вообще говоря, отруби должны были бы получаться только из того, что составляет собственно зерно, как таковое, кроме его крахмалистой части, превращаемой при размоле в муку. В работе, относящейся к изучению химического состава и питательной ценности отдельных морфологических частей пшеничного зерна, А. Girard¹⁾ дает такое имеющее место в среднем количественное соотношение отдельных элементов зерна хорошей пшеницы, идущей на мукомольные мельницы:

Оболочек	14,36%
Зародыш	1,48%
Мучнистая часть	84,31%

Таким образом, на долю отрубей должны были бы отойти около 16% от вещества размалываемого зерна. Однако количество отрубей, получаемых в действительности обычно не отвечает тому соотношению для муки и отрубей, какое определяется строением зерна. Причина этого прежде всего лежит в невозможности достигнуть полного и совершенного разделения отдельных, плотно сросшихся друг с другом, частей зерна, одни из которых должны идти в муку, тогда как другие — в отруби. Благодаря этому при размоле или часть мучнистой массы зерна поступает в отруби, или же наблюдается обратное. Кроме того, имеет значение принятый способ размола, определяемый в значительной мере характером и совершенством оборудования мукомольной мельницы, а также индивидуальными свойствами и особенностями размалываемого зерна. Помимо этого, очень важным моментом оказывается желание выпускать на рынок муку того или другого качества, что в свою очередь стоит в связи с практически установившимися нормами чистоты этого продукта, неодинаково понимаемыми в отдельных странах; наконец на количественное соотношение муки и отрубей, получаемых при размоле, оказывает существенное влияние степень очистки размалываемого зерна. Все указанное объясняет, почему количество отрубей в отдельных случаях бывает неодинаковым и в зависимости от помола может колебаться в широких пределах от 12—15%²⁾ по весу зерна, поднимаясь до 20—25% и даже выше.

Одной из задач отделения отрубей является повышение прочности и увеличение питательной ценности получаемой муки сравнительно с исходным размалываемым зерном. Первое достигается главным образом

¹⁾ Annal de chimie et de physique 6 ser III, 1884 г. 297 стр.

²⁾ Козьмин „Мукомольное производство“ 1912 г. 513 и 566—569 стр.

устранением зародышевой части зерна, второе связано с удалением из муки неусвояемых или трудно усвояемых частей зерна, сосредоточенных преимущественно в его оболочках.

Таким образом, при размоле часть зерна как бы утрачивается и не поступает в конечный продукт. Относительно того, что теряет пшеничное зерно, превращаясь в муку, можно представить себе по данным таблицы I, составленной на основании исследований Girard'a:

ТАБЛИЦА I).

	Содержание в процентах.					
	Воды.	Белков.	Крахма- ла.	Жиры.	Клетчат- ки.	Золы.
Плодовые оболочки . . .	0,5	0,35	—	—	3,5	0,09
Семянные оболочки . . .	0,13	0,18	—	—	0,73	0,06
Клеберный слой	1,02	2,20	—	0,8	4,29	0,48
Зародыш	0,16	0,56	—	0,18	0,45	0,08
Мучнистое ядро	11,26	8,60	62,91	0,79	0,24	0,40
Всего	13,08	11,88	62,91	1,77	9,22	1,12

Числа таблицы I говорят о том, что в частях зерна, отходящих в отруби на ряду с бесполезными для питания человека веществами, как напр., клетчаткой, содержатся также белки и жиры, имеющие высокую питательную ценность для человеческого организма. Они сосредоточиваются главным образом в зародыше и в клеберном слое. Однако, не смотря на это, такие части зерна все же не могут быть направлены в муку. Помимо значительного содержания неусвояемой клетчатки, они содержат еще некоторое количество скоро портящегося жира, а также вещества, легко окисляющиеся и придающие со временем муке темный нежелательный цвет. В виду этого вместе с оболочками зерна в отруби направляется зародыш и клеберный слой; сюда же попадает в большей или в меньшей мере в зависимости от характера помола и часть крахмалистой массы зерна. При повторительном помолу общая масса вещества, отходящая в отруби, обычно разбивается на несколько фракций, очень отличных друг от друга по своему составу, так как части зерна, попавшие в одну из этих фракций, могут отсутствовать в других из них. Смесь такого рода отходящих фракций в самых разнообразных комбинациях идет в продажу под названием отрубей, поэтому питательная ценность последних может быть очень неодинаковой в отдельных случаях. На колебания в составе отрубей очень сильно влияют также случайные примеси их. Такие примеси могут явиться как результат или неполной очистки зерна при приготовлении его к помолу, или же они оказываются следствием случайных загрязнений, имевших место до или во время размолу. Таким образом, попадают в отруби, напр., песок, частицы почвы, мякина, части сорных трав, волокна ткани и многое другое.

Насколько может быть сложен в этом смысле состав продажных отрубей, позволяют судить данные, сообщаемые Петровым²⁾ относительно

¹⁾ Микини „Руководство по хлебопекарному и дрожжевому производству“ 1912 г. 92 стр.

²⁾ Петров В. А. „Отруби. как отброс мукомольного производства“ Извест. Моск. С.-Хоз. Инст. 1912 г. XVIII прилож.

анализа пшеничных отрубей одной из крупных мельниц Урала. Продукт, результаты испытания которого приводятся ниже, был в 1909 году предоставлен лаборатории по общей зоотехнии при Московском Сельско-Хозяйственном Институте. При этом были присланы для испытания отруби как в том виде, в каком они шли в продажу, так и в форме отдельных составляющих эти отруби фракций, разделенных по месту отбора их на мельнице.

О количественном соотношении этих фракций дает представление таблица II, а качественная сторона их рисуется числами таблицы III.

ТАБЛИЦА II¹⁾.

Составляющие фракции.	Их количественное соотношение.	Место получения на мельнице.
1) Полова	6,0%	Отход с обойки и фильтров.
2) Зародыш	0,5%	„ с обойки.
3) Крупные отруби	25,0%	„ с дранных станков.
4) Мелкие отруби	35,0%	„ от низких сортов муки.
5) Пыль белая	10,0%	„ с щеточных машин.
6) „ серая	20,0%	„ с приемной обойки.
7) „ черная	3,0%	„ с обойки.
8) Грязь	0,5%	
Продажные отруби	100,0%	

ТАБЛИЦА III²⁾.

	Вода.	Зола.	Клетчатка.	Сырой жир	Везазот. экстр. веществ.	Протеин.		Белки.	
						Общий азот.	Сырой протеин.	Азот белков.	Чистый белок
Продажные отруби	8,85	4,58	10,26	5,08	49,83	3,43	21,40	3,01	18,81
Полова	9,99	3,82	13,39	7,19	44,45	3,38	21,16	2,98	18,62
Зародыш	7,72	3,68	3,44	10,69	46,82	4,42	27,65	4,34	27,13
Крупные отруби	8,95	6,01	12,56	4,65	51,14	2,67	16,69	2,54	15,87
Мелкие отруби	10,79	5,11	11,94	4,49	50,48	2,75	17,19	2,52	15,75
Белая пыль	10,12	3,62	9,32	5,29	50,65	3,36	21,00	3,27	20,44
Серая пыль	8,18	10,42	13,05	3,81	44,87	3,15	19,69	2,69	16,78
Черная пыль	6,00	35,51	13,08	1,80	31,39	1,96	12,22	1,76	10,97
Грязь	7,59	25,81	21,63	2,09	25,43	2,79	17,45	2,45	15,31

¹⁾ Там же, 49 стр.

²⁾ Изв. Моск. С.-Х. Инст. 1912 г. XVIII прилож. 53 стр.

Судя по приведенным данным, в состав рассматриваемого образца отрубей, идущих в продажу, входят многие совершенно случайные примеси, сильно портящие продукт, понижая его питательную ценность. Уже одна наличность таких примесей, помимо прочих ранее указанных обстоятельств, делает понятной невозможность дать какой-либо общий постоянный состав для рыночного продукта, называемого пшеничными отрубями. Какое разнообразие может быть в составе отрубей, можно представить себе по данным таблицы IV, где анализы Вольфа, Канонникова и Koenig'a являются средними для очень большого числа испытаний различных образцов отрубей.

ТАБЛИЦА IV.

Состав пшеничных отрубей по:	Вода.	Зола.	Сырой жир.	Сырой протеин.	Безазотистых экстр. вещ.	Клетчат-ки.	Углево-дов.
Вольфу ¹⁾	13.1	5.4	3.8	14.0	45.4	17.8	37.6
Канонникову ²⁾ лучшие отруби . .	12.00	4.5	4.9	14.10	—	5.5	59.00
худшие отруби . .	12.50	5.2	3.3	13.50	—	8.5	57.00
Брагину ³⁾ мелкие отруби . .	9.72	5.55	5.11	13.55	—	8.52	26.19
крупные отруби . .	8.62	6.49	4.91	16.42	—	9.85	20.68
Петрову ⁴⁾	8.85	4.58	5.08	21.40	49.83	10.26	
Koenig'у ⁵⁾	11,76	7.15	3.99	16.81	62.85	9.20	35.33

При очень большом разнообразии в составе отрубей все они имеют одну общую отличительную сторону, именно значительное содержание белков. Это обстоятельство вместе с высоким содержанием в них углеводов, жиров и минеральных веществ явилось основанием для взгляда на отруби, как на продукт большой питательной ценности.

Наиболее горячими сторонниками такого воззрения и вместе с тем противниками отделения отрубей из размолотого зерна были Millon⁶⁾ и Liebich⁷⁾.

Последний предложил сохранять в муке главную массу отрубей за исключением 5—6% их. Приготовлявшийся из такой муки хлеб считался одно время особенно питательным.

Однако многочисленные опыты Meier'a⁸⁾, Rubner'a⁹⁾, Бучинского¹⁰⁾ и других исследователей, произведенные над усвояемостью хлеба и сухарей, приготовленных из муки, богатой отрубями, привели к результатам, не подтверждавшим желательность оставления отрубей в муке.

1) Изв. Моск. С.-Х. Инст. 1912 г. XVIII прилож. 51 стр.

2) Канонников „Руководство по химич. исслед. питат. и вкусов. вещ.“ 1891 г. 70 стр.

3) „Тростянецкое Имение Кенига“, 267 стр.

4) Изв. Моск. С.-Х. Инст. 1912 г. XVIII прилож. 53 стр.

5) Koenig, В- II; S- 826.

6) Compt. rend. T. 38, стр. 12.

7) Chemische Briefe, Bd. стр. 169 цитир. по „Руководству хлебопек и дрожжев. про-извод. Микини, 1912 г. 321 стр.

8) Zeitscher f. Biologie, 1871, Bd. VII, стр. 1.

9) Zeitscher. f. Biologie, 1879, Bd. XV, стр. 150.

10) Бучинский. „Материалы для диететики хлеба и сухарей“. 1873 г. Диссерт.

Причины плохой усвояемости вещества отрубей животным организмом были впервые затронуты еще Bischoff'ом¹⁾ на частном случае, относящемся к опытам, имевшим своею целью выяснение причин плохой усвояемости черного хлеба. Причины эти по мнению Bischoff'a обуславливались скоплением значительных количеств масляной и других органических кислот, образующихся в крахмалистой массе отрубей во время пребывания их в кишечнике. Кислоты эти, раздражая своим присутствием стенки кишек, усиливают их перистальтическое движение, благодаря чему пища слишком быстро проходит по пищеварительному тракту, не успевая отдать организму всех своих питательных составных частей.

Бучинский²⁾ объясняет малую усвояемость хлеба или сухарей из муки с отрубями механическим раздражением кишечных стенок грубыми частичками пищи такого рода. Благодаря этому перистальтика кишек увеличивается и содержимое их, оставляя ранее нормального срока организм, не успевает отдать последнему все свои питательные составные части. Таким образом, несовершенство размола отрубей, поддающихся измельчению, значительно труднее мучнистой части зерна, принимается в данном случае одной из главных причин слабой усвояемости отрубей. Следствием этого явилось требование тщательного измельчения отрубей перед их употреблением, без чего яко-бы невозможна полная утилизация их в целях питания. С другой стороны, желая избежать введение в организм бесполезных и даже вредных для него больших количеств клетчатки, стали предлагать новые способы использования отрубей. Для этой цели рекомендовалось отруби настаивать в воде, которая после процеживания и отделения всего того, что вместе с клетчаткой осталось нерастворенным, прибавлялась к тесту приготавливаемого хлеба. Такие способы предлагали³⁾: Herpin, Rollet, Fehling, Artus, Mège-Mouriés, Frapoli, Souvant, Gallavardin и другие. Однако во всех таких способах, имевших целью утилизацию ценных питательных веществ отрубей, а главным образом, их азот содержащие вещества, эта прямая задача достигалась очень мало, так как большинство азотистых веществ, тесно связанных с клетчаткой, при этом оставалось не растворенным и потому не использованным.

Позднейшие многочисленные исследования как химического, так и физиологического характера широко охватили вопрос о питательной ценности отрубей и результатом всех этих исследований является прочно установившийся в настоящее время взгляд на отруби, как на превосходное кормовое средство для домашних животных. При этом оказывается, что коэффициент переваримости отрубей тем выше, чем меньше в них содержание плодовых и зародышевых оболочек. Кроме того установлено, что отруби для перехода в усвояемое состояние требуют более продолжительного воздействия, чем остальные мучнистые части размолотого зерна злаков. В силу этого различные животные относятся очень неодинаково к усвоению отрубей, напр., рогатый скот использует их значительно лучше, чем лошади, организм же человека отруби в большинстве случаев оставляет очень мало переваренными.

Главная ценность отрубей составляют вещества, содержащие азот. Количество последних очень значительно и оно во всяком случае не ниже, чем в зерне, от размола которого получают данные отруби.

¹⁾ „Versuche über Die Ernährung mit Brod“, Zeitschr. f. Biologie. V. V. 1869
Цитир. по „Материалы к вопросу об усвояемости разн. сорт. черн. хлеба“ Н. Попова,
1890 г. 131—132 стр.

²⁾ Н. Попов. „Материалы к вопросу об усвояемости разных сортов черного хлеба“.
1890 г. 139 стр.

³⁾ Микини. „Руков. Хлебопек. и дрож. произ.“ 322 стр.

Между тем стоимость отрубей в большинстве случаев составляет около половины стоимости соответствующего зерна. Указанным объясняется большой спрос на отруби всюду, где этот продукт правильно расценивается со стороны высокого содержания в нем белков.

Русское мукомольное производство ежегодно дает колоссальное количество отрубей, более 140¹⁾ миллионов пудов. Главным потребителем их является сельское хозяйство, доходность которого обеспечивается между прочим наличием дешевых и питательных кормов, к которым относятся также и отруби.

Однако в России отруби часто оцениваются несоответственно низко как по сравнению с другими кормовыми средствами, так и относительно их действительного кормового достоинства, определяемого высоким содержанием в них усвояемых белков.

Благодаря этому Россия ежегодно теряет десятки миллионов пудов отрубей, безвозвратно уходящих за границу. Как быстро увеличивается спрос на русские отруби за пределами России, можно видеть из того, что за 20 лет, начиная с 1890 года, экспорт русских отрубей увеличился в четыре раза, достигнув к 1910 году почти 40²⁾ миллионов пудов, а в 1913 году вывоз уже поднялся до 48.5³⁾ миллионов пудов на сумму 32,6 миллионов рублей, составляя 33,6% от общей годовой производительности отрубей в России.

При таких условиях по данным «Обзора Внешней Торговли России» оказывается что в международной торговле Россия занимает первое место, давая на мировой рынок 42.9% от общего количества поставляемых отрубей.

Ценными составными частями отрубей являются усвояемые белки, углеводы и жиры. Все это составляет около половины от веса отрубей.

Таким образом, при экспорте последних свыше 40 миллионов пудов Россия ежегодно теряет 20—25 миллионов пудов чрезвычайно дорогих для сельского хозяйства кормовых веществ, получая за них около 30 миллионов рублей. Однако этой суммой потеря далеко не возмещается; напр., в статье о питательной ценности отрубей Петров⁴⁾ говорит следующее: «если бы скормливать ежегодно вывозимые за границу отруби своему скоту, то они дали бы неизмеримо больший доход в виде продуктов животноводства, пользующихся хорошим спросом». Не смотря на это в России рост экспорта отрубей неизменно наблюдался из года в год. Этому в значительной мере способствует удешевленные тарифы по 0.1 коп. с пуда и версты, а также отсутствие пошлины на вывозимые отруби. Между тем уходящие из России отруби могли в ней самой найти целесообразное применение и при том не только как кормовое средство, но и как ценное сырье, пригодное для некоторых производств, где требуется дешевый богатый азотом исходный материал. Такого рода случай дает, напр., дрожжевое производство, так как в нем количество и стоимость выпускаемого конечного продукта—дрожжей, определяется главным образом содержанием соответствующих форм азота в исходном материале и стоимостью последнего, а в этом отношении отруби и по своей цене и по богатству азотом вполне удовлетворяют указанным требованиям. В виду этого представляет существенный интерес вопрос о возможности и об условиях использования азота отрубей в дрожжевом производстве.

1) «Отруби в русском мукомольном производстве». Русский мельник. 1915 г. 268 стр.

2) Изв. Москов. С.-Хоз. Инст. 1912 г. XVIII прилож. 44 стр.

3) Русский мельник 1915 г. 268 стр.

4) Извест. Моск. С.-Хоз. Инст. 1912 г. XVIII прилож. Петров «Отруби, как отброс мукомольного производства, питательное достоинство и утилизация их». 45 стр.

Как было указано, пригодность отрубей для дрожжевого производства определяется наличием в них форм соединений азота, способных или непосредственно, или после известной обработки усваиваться дрожжами; практическая же пенность отрубей в этом отношении обуславливается также количеством и качеством их прочих составных частей. Одни из них являются нужными и даже необходимыми для дрожжей, другие же в лучшем случае оказываются бесполезными. К числу последних относятся: клетчатка, значительная доля зольных элементов отрубей и пентозаны. О количестве клетчатки и золы в отрубях дают представления числа таблицы IV. Что касается пентозанов также, как и гемицеллюлозы, то содержание их или совершенно не принималось во внимание, или же оно оставалось скрытым под общей рубрикой углеводов, куда, кроме выделенной клетчатки, конечно, входили также: крахмал, декстрины, моносахара, и гемицеллюлозы.

Все эти соединения принадлежат к одной группе: к углеводам, поэтому с химической точки зрения против такого объединения нельзя ничего возразить, но при оценке отрубей применительно к возможности использования их в дрожжевом производстве такая группировка данных химического анализа отрубей была бы нецелесообразной, так как пентозаны и их производные отличаются от крахмала и продуктов его гидролиза своей малой пригодностью для питания дрожжей и тем, что эти соединения не могут быть использованы дрожжами¹⁾ в целях получения этилового алкоголя. В виду этого определение пентозанов как таковых необходимо для получения более точных данных относительно количества имеющих усвояемых углеводов. Между тем не только при исследовании отрубей, но даже при анализах зерна обычно пентозанов не определяют, а количество содержащегося крахмала в большинстве случаев устанавливается косвенно, вычитанием из 100 суммы чисел, дающих процентное содержание в исследуемом зерне воды, золы, жира, белков и клетчатки.

Таким образом, помимо недопустимого отождествления пентозанов с крахмалом, в основу определения последнего кладется заведомо неправильное положение о том, что сумма всех чисел, дающих обычно определяемые составные части зерна, равна будто бы 100. В действительности указанная сумма значительно менее, что уже давно отмечалось в литературе²⁾. Причина этого явления лежит не только в неточности применяемых методов количественного определения, но также и в том, что растения содержат еще неизученные вещества, которые пока не поддаются учету принятыми способами исследования.

Все такие вещества принято называть «веществами неопределяемыми». К этой же рубрике, как указывает Франкфурт, приходится относить также и те известные уже вещества, которые принятыми способами исследования количественно не учитываются, примером чего могут служить: органические основания, амидо-кислоты, а также гемицеллюлозы, если клетчатка определяется по обще-принятому способу Henneberg'a. Количество неопределяемых веществ при анализах растений иногда достигает, как указывает Франкфурт, 15—20%. В зерновых хлебах количество неопределяемых веществ значительно меньше. Оно не одинаково для различных злаков, напр., во ржи больше, чем в пшенице. Очевидно, что в отрубях неопределяемых веществ должно быть значительно больше, чем в соответствующем зерне, дающем эти отруби.

¹⁾ Czapek „Biochemie der Pflanzen“, I том, 246 стр.

²⁾ Франкфурт „Методы химич. изслед. веществ растит. происхожд.“ 207 стр.

Указанное говорить о том, что при косвенном определении крахмала получается преувеличенное содержание последнего. И это преувеличение будет особенно значительно тогда, когда пентозаны, как таковые, не определяются анализом, в силу чего они логически включаются или в количество неопределяемых веществ, или же вместе с последними относятся к тому, что ошибочно принимается за содержание крахмала.

Исследований относительно содержания пентозанов в зерновых хлебах вообще производилось очень мало и преимущественно относительно ячменя. При этом установлено, что в среднем, считая на сухое вещество ячменя, приходится 8—9%¹⁾ пентозанов.

Если принять содержание пентозанов в ячмене за 100, то по данным Rupp'a²⁾ количество их для ржи выразится цифрой 110, для пшеницы—47, для овса—48 и для гречихи—45.

Эти соотношения видимо относятся к условиям Зап. Европы. Судя по многим анализам, произведенным за период 1908—1915 г. в лаборатории Питательных Веществ Томского Технологического Института, среднее количество пентозанов, считая на сухое вещество, для районов Томской и Тобольской губернии в пшеницах отвечает 8,5%, во ржи 10,8%, при чем в пшеницах наблюдались колебания, значительно большие, чем во ржи.

О содержании пентозанов в отрубях дает представление таблица V, где приведен состав пшеничных отрубей, взятых в 1914—1915 г. с нескольких сибирских мукомольных мельниц Томской и Алтайской губ.

Анализ пшеничных отрубей урожая 1914 года.

ТАБЛИЦА V.

	Влаги.	Крахмал.	Пентозаны.	Клетчатка.	Общ. азота.	Азотн. вещ.	Прот. азота.	Белк. вещ.	Золы.	Жиры.
Отруби мельницы Кухтерина (мелк.)	9.12	35.40	17.47	5.8	2.75	17.18	2.19	13.47	3.48	3.4
Отруби мельницы Кухтерина (крупн.)	8.83	25.94	24.03	8.76	2.41	15.06	2.02	12.63	4.96	3.75
Отруби мельницы Фуксмана (мелк.)	8.48	42.84	17.04	4.01	2.69	16.81	2.19	13.69	3.19	3.52
Отруби мельницы Фуксмана (крупн.)	8.07	32.44	22.05	7.15	2.54	15.88	1.89	11.82	3.92	5.09
Отруби мельницы Родюкова (мелк.)	9.10	39.74	18.10	5.14	2.64	16.5	2.14	13.6	3.20	4.22
Отруби мельницы Горохова (мелкие)	10.39	29.04	19.66	5.47	2.49	15.56	2.13	13.31	3.99	4.58
Отруби мельницы Горохова из Ново-николаевска . .	9.27	36.64	18.40	5.64	2.39	14.94	2.19	13.69	3.59	3.57
Отруби мельницы Сибирский муком.	8.96	38.04	18.65	6.00	2.44	15.25	2.04	12.75	4.00	3.74
Отруби мельницы Алт. Фабр. Пром. К.	9.025	25.24	22.99	9.01	2.44	15.25	2.04	12.75	4.61	4.10
Отруби из Кургана, Тоб. губ. от Смолина	10.19	25.54	23.07	8.38	2.42	15.13	2.00	12.5	4.46	4.25

1) Windisch Wochenschrift' Brauerei? 1901 r., 491 стр.

2) Rupp, „Die Untersuchung Nahrungsmittel, Genussmittel und Gegenständen“, 212 стр.

ТАБЛИЦА V-а.

Разсчитывая на сухое вещество, получим:

	Крахмал	Пентозаны	Клетчатка	Общ. азота	Азот. вещ.	Прот. азота	Белк. вещ.	Жиры	Золы
Отруби мельницы Кухтерина (мелкие) . . .	42.78	21.12	7.01	3.32	20.76	2.65	15.56	4.22	4.22
Отруби мельницы Кухтерина (крупн.) . . .	31.43	29.12	10.62	3.11	19.46	2.46	15.38	4.54	6.01
Отруби мельницы Фуксмана (мелкие)	49.02	19.5	4.6	3.08	19.23	2.39	14.94	4.03	3.65
Отруби мельницы Фуксмана (крупн.)	37.02	25.42	8.24	2.93	18.31	2.18	13.63	5.85	4.52
Отруби мельницы Родюкова (мелкие)	45.37	20.82	5.91	3.22	20.15	2.45	15.31	4.85	3.68
Отруби мельницы Горохова (мелкие)	37.09	25.1	6.98	3.18	19.87	2.72	17.00	5.86	5.1
Отруби мельницы Горохова из Ново-Николаев.	44.25	22.22	6.81	2.88	18.04	2.52	15.75	4.32	4.33
Отруби мельницы Сибирский Мукомол . .	44.4	21.86	7.00	2.85	17.79	2.38	14.88	4.36	4.7
Отруби мельницы Алт. Фабрич. Пром. Колт. .	31.08	28.31	11.09	3.00	18.78	2.51	15.69	5.06	5.67
Отруби из Кургана, Тоб. губ. от Смоленна . . .	31.59	28.54	10.46	3.00	18.71	2.47	15.44	5.26	5.51

Из данных таблицы V, а также из таблицы IV видно, что масса отрубей состоит главным образом из азот содержащих веществ, крахмала, пентозанов, клетчатки и золы.

Очевидно, что эти составные части отрубей далеко неравноценны; одни из них являются важными питательными веществами, тогда как другие в лучшем случае оказываются бесполезными для дрожжей. К первой категории относятся белки, крахмал и часть зольных элементов, ко второй—клетчатки, в значительной мере зола и пентозаны. Впрочем о последних в этом отношении известно мало; Windisch¹⁾ указывает, что при сбраживании пивного сула количество пентозанов почти не изменяется от начала до конца брожения. Присутствием некоторых пентозанов объясняется по мнению С. Lintner'a²⁾ вязкость бродящей среды. Таким свойством обладает, напр., галакто-ксилан, находящийся в ячмене и метаарабан, содержащийся в ячмене и во ржи³⁾. Густота, клейкость и малая подвижность ржаного затора по Ritthausen'у⁴⁾ обусловливается камедью, дающей при гидролизе смесь пентоз, главным образом арабинозу, с небольшим количеством глюкозы.

Очевидная бесполезность и очень высокое содержание пентозанов, достигающее более 20%, ставят для возможности целесообразной переработки отрубей в технике алкогольного брожения свои особенные требования. Эти требования логически вытекают из необходимости устранить из перерабатываемого материала бесполезные его части, что

1) Wochenschr. f. Brauer, 1909 г. 585 стр.

2) Thausing „Die Theorie und Praxis d. Malzbereit. u. Bierfabrik“. 5 Aufl. 190 стр.

3) Lippman „Chemie der Zuckerarten“ I т., 57 стр.

4) Maercker-Delbrück „Spiritusfabrikation“, 8 Aufl. 107 стр.

нужно сделать по возможности во время начальных заводских операций, чтобы не обременять завода непроизводительной работой с бесполезным материалом.

Такого рода задача, хотя не относительно пентозанов, но, напр., по отношению к клетчатке перерабатываемого материала была уже давно решена практикой бродильных производств. Для этого применялась с давних пор разварка перерабатываемого крахмалистого материала под давлением или без него, при чем ценные составные части этого материала переходят в раствор.

Полноте растворения в значительной мере содействуют ближайшие операции, связанные с энзиматической работой солода. В результате клетчатка и другие вещества неперешедшие в раствор, отделяются и выходят из сферы заводской работы, поступая в отброс.

Практика отдельных бродильных производств выработала свои определенные нормы относительно температуры, длительности и прочих условий разваривания. Эти условия, приуроченные к богатому крахмалом материалу, как-то: к зерну, к картофелю и т. п.; учитывали главным образом растворение крахмала и отчасти возможность удаления клетчатки; отношение пентозанов, конечно, при этом совершенно не принималось во внимание, хотя бы по одному тому, что выработывавшие эти методы, совершенно не знали о пентозанах или не предполагали их присутствие в перерабатываемом материале. Когда же с этими соединениями и с их значением несколько познакомились, то опять таки не было основания, в силу присутствия пентозанов в развариваемом материале менять уже выработавшийся способ разварки. Слишком невелико было содержание этих веществ, не имевших к тому же какого-либо заметного отрицательного влияния на основные процессы производства.

Иное положение создается при отрубях. Наибольшая ценность последних лежит в белках, а главная масса их бесполезного балласта состоит из пентозанов содержащихся в количестве более 20%. Сообразно с этим разварку отрубей должно вести, стремясь к растворению максимального количества белков при минимальном растворении пентозанов.

Таким образом, пентозаны и белки— вот те основные моменты, правильно учитывая которые можно выяснить наиболее целесообразные условия разваривания отрубей. В виду этого необходимо подробно разобрать каждый из этих моментов.

Относительно пентозанов в этом смысле известно очень мало. Есть указания только общего характера о том, что пентозаны, содержащиеся в массе междуклеточного вещества клубней картофеля действием пара высокого давления хорошо растворяются¹⁾, при нормальном же давлении в кипящей воде растворение их идет только отчасти. О том, какое имеет значение длительность разварки, как изменяется растворяемость в зависимости от температуры, при которой ведется разварка, и многое другое остается пока очень мало затронутым. Между тем все это имеет очень существенное значение особенно тогда, когда интересуется уже не самая возможность растворения, но количественная сторона результатов этого явления в смысле освобождения от пентозанов.

Для выяснения этой стороны процесса разварки были произведены лабораторные опыты. При этом, исходя из обилия пентозанов во ржи и определенности состава последней, был поставлен ряд опытов, имевших целью проследить условия перехода

¹⁾ Maercker-Delbück „Spiritüsfabrikation“. 8 Aufl. 315 стр.

в раствор пентозанов ржи в зависимости от температуры разваривания, продолжительности варки и от количества воды, взятой в развариваемый материал.

Должно заметить, что в данном случае целью работы не являлось выяснение химизма возможных превращений пентозанов исходного материала. Задача состояла лишь в том, чтобы установить какая часть из имевшихся пентозанов переходит при разваривании в раствор. Сопоразно с этим в дальнейшем под словом „пентозаны“ подразумевается суммарная сумма всех веществ, дающих фурфурол при определенных условиях перегонки их с соляной кислотой.

Для данных опытов была взята рожь Томской губ., Кузнецкого уезда урожая 1908 г. следующего состава:

Воды	—14.12 ⁰ / ₀
Крахмала (опред. по обычно принятому методу с поправкой на пентозаны)	—52.79 ⁰ / ₀
Пентозанов	— 9 00 ⁰ / ₀
Сырой клетчатки	— 2.10 ⁰ / ₀
Белков (N × 6,25)	—11.84 ⁰ / ₀
Жира	— 1.88 ⁰ / ₀
Минеральных веществ	— 1.61 ⁰ / ₀

Разваривание тонко размолотой ржи производилось в автоклаве при чем на каждую отдельную пробу бралось по 3,00 грамма муки. Длительность разваривания измерялась промежутком времени между моментом поднятия давления на высоту, отвечающую требуемой температуре, и моментом окончания нагревания автоклава.

Каждая разваренная проба количественно переносилась в мерную колбу на 200 куб. сент.

По охлаждении и доливания водою до черты содержимое мерной колбы после основательного перемешивания фильтровалось через плотный бумажный сухой фильтр для отделения клетчатки. В 100 куб. сент. фильтрата производилось количественное определение пентозанов по методу Tollens'a и Krüger'a¹⁾ применявшемуся не только в данном, но и во всех последующих случаях, когда приходилось устанавливать содержание пентозанов.

По этому способу, как известно испытуемое вещество перегоняется с соляной кислотой, при чем в дистиллате производится определение фурфурола осаждением его флороглюцином. По весу получающегося флороглюцина соответствующим пересчетом находится искомое количество пентозанов.

В некоторых опытах пентозаны определялись не только в растворе, но также в нерастворившемся остатке разваренной массы, что давало возможность подвести баланс пентозанов во всей пробе. При опытах последовательно изменялись температура разваривания, длительность его и количество воды, взятой в развариваемую массу. В таблице VI приведены числа, дающие количество растворившихся пентозанов, выраженные в процентах от их первоначального содержания в развариваемой ржи, при чем в этой группе опытов на одну весовую часть (3 гр.) ржаной муки бралось 17 весовых частей (50 куб. сант.) воды при 20°С, т. е. были взяты условия Reinke для определения крахмала по способу разваривания.

¹⁾ König „Die Untersúch. d. landwirtschaftl. u. gewerb. wicht. Stoffe“. 1906 г. 243 стр.

ТАБЛИЦА VI.

Давление в атмосферах.	1	2	3	4	5	6	7
Температура в С°.	119.6°	132.8°	142.8°	151.0°	158.0°	164.0°	169.5°
Продолжительность разваривания.							
1 час.	34.7%	39.0%	53.1%	63.7%	72.4%	73.6%	76.7%
3 "	38.2%	49.8%	62.2%	64.2%	74.1%	69.2%	49.2%
5 "	35.8%	62.8%	65.9%	66.9%	76.6%	55.1%	27.0%

Данные таблицы VI говорят о том, что, как повышение температуры, так и увеличение длительности разваривания способствует растворению пентозанов, но температура является здесь значительно более сильным фактором, чем время.

По достижении максимума, отвечающего определенной температуре и длительности разваривания, наблюдается постепенное уменьшение количества пентозанов, имеющих в растворе, что повидимому указывает на их разрушение.

Возможно, что последнее имеет место ранее моментов, отмечаемых таблицей VI, убыль же разваренных пентозанов не сказывается лишь потому, что она возмещается, быть может, даже с избытком, вновь растворяющимися количествами пентозанов исходного материала.

Для того, чтобы выяснить вопрос о разрушении пентозанов с количественной стороны необходимо подсчитать наличность их после опыта как в растворе, так и в твердом остатке разваренной массы. Если сумма окажется меньшей общего содержания этих соединений в исходном материале, то это определенно укажет на разрушение пентозанов во время разваривания, при чем степень разрушения будет определяться величиной убыли.

Результаты соответствующих опытов помещены в ниже приводимой таблице.

ТАБЛИЦА VII.

Давление в атмосферах.	1			3			5			7		
	Растворе.	Дробине.	Потеря или приращение.	Растворе.	Дробине.	Потеря или приращение.	Растворе.	Дробине.	Потеря или приращение.	Растворе.	Дробине.	Потеря или приращение.
Продолжительность разваривания.												
	В п р о ц е н т а х.											
1 час.	34.7	64.1	-1.2	53.1	48.1	+1.2	72.4	26.7	-0.9	76.7	11.7	11.6
3 "	38.2	59.9	-1.9	62.2	36.1	-1.7	74.1	18.8	-7.1	49.2	0.0	-15.8
5 "	35.8	62.0	-2.2	65.9	30.2	-3.9	76.6	7.7	-15.7	27.0	0.0	-73.0

Таблица VII показывает, что разрушение пентозанов имеет место даже при невысоком давлении; с возрастанием же последнего, так же как и с увеличением длительности разваривания разрушение усиливается. Продолжительность нагревания при низком давлении мало отражается на степени разрушения пентозанов.

Сопоставляя количества пентозанов и их последовательные изменения при увеличении температуры разваривания, можно заметить, что абсолютная величина этих потерь является результатом двух взаимно противоположных влияний. Одно из них связано с разрушением пентозанов, другое с их образованием, точнее с образованием фурфурола или его производных, пересчитываемых в данном случае на пентозаны. Новое образование при этом вообще идет значительно слабее разрушения и сказывается вполне отчетливо только при невысоком давлении в три атмосферы, когда разрушительные процессы проявляются еще относительно слабо. Благодаря этому при таких условиях вместо обычной убыли в пентозанах к концу опыта наблюдается их приращение на 1,2%. То же явление сказывается, хотя и не в такой мере, в других случаях тех же опытов, когда с повышением давления потери не возрастают, а убывают.

Возможность приращения количества пентозанов после разваривания при принятом методе количественного определения и подсчета этих химических соединений определенно доказано работой van Ekenstein'a и Blanksm'a¹⁾, показавшей возможность образования аксиметил"-фурфурола из сахарозы и из различных глюкоз, если эти соединения нагревались под давлением трех атмосфер в водном растворе в присутствии очень небольшого количества щавелевой кислоты.

Данные таблицы VI и VII освещают условия растворения пентозанов ржи со стороны температуры и длительности разваривания. Относительно же влияния количеств воды дают указания числа таблицы VIII. Здесь сопоставлены результаты опытов, при которых на одну весовую часть ржи при разварке бралось: 1, 2, 4, 8 или наконец, 17 весовых частей воды; во всем остальном условия этого ряда опытов были тождественны с рассмотренными раньше. Числа таблицы VIII дают количества растворившихся при разваривании пентозанов, выраженные в весовых процентах от общего содержания этих соединений в исходной ржи.

Т А Б Л И Ц А VIII.

Продолж. разваривания:	1 час				3 часа.				
	Давление в атмосферах:								
Количество воды на каждую весовую часть развариваемой ржаной муки:	1	3	6	8	1	3	5	6	8
	1 часть.	14,9%	36,2%	63,0%	30,1%	25,7%	47,4%	50,9%	16,6%
2 "	17,4 "	39,8 "	64,0 "	40,4 "	27,6 "	53,4 "	64,0 "	26,2 "	5,9 "
4 "	18,8 "	48,9 "	73,2 "	59,1 "	29,2 "	59,1 "	65,7 "	50,2 "	13,0 "
8 "	20,0 "	54,6 "	75,8 "	67,9 "	33,6 "	63,6 "	75,1 "	56,8 "	22,6 "
17 "	34,7 "	53,1 "	73,6 "	—	38,2 "	62,2 "	74,1 "	69,2 "	—

¹⁾ Ber Deut. Chem. Ges. 1910 г. 2355 стр.

Из таблицы VII явствует, что увеличение количества воды, взятой при разваривании, способствует переходу пентозанов в раствор, при чем влияние увеличивающихся количеств воды быстро возрастает с поднятием температуры, или что то же, давления разваривания.

Результаты опытов с развариванием ржи говорят, что наименьшее растворение пентозанов имеет место тогда, когда разварка ведется при низшей температуре и при минимальном количестве воды; при таких условиях влияние длительности варки на увеличение количества растворенных пентозанов оказывается очень небольшим. Указанное дает основание предполагать, что освобождение пшеничных отрубей от пентозанов требует аналогичных условий разварки, но для окончательного решения этого вопроса должны быть поставлены специальные опыты непосредственно с пшеничными отрубями и пр. тем в связи с возможностью наибольшего использования белков отрубей в условиях техники алкогольного брожения, напр., в дрожжевом производстве. В виду ограниченности объема настоящего издания освещение указанного вопроса будет иметь место в одном из последующих сообщений автора.