

УДК 631.16:547.965

АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ БЕЛКОВ ВЫСОКОЛИЗИНОВОГО ЯЧМЕНЯ ХАЙПРОЛИ

РАКИПОВ Н. Г., ПЛЕШКОВ Б. П.

(Кафедра агрономической и биологической химии)

В последние годы в различных странах мира начата селекция ячменя на повышение питательной ценности зерна с использованием в качестве генетического источника высоколизиновости и высокобелковости ячменя Хайпроли, выделенного в 1968 г. из мировой коллекции ячменей США шведскими учеными Мюнком, Хагбергом и Карлсоном [5]. По содержанию белков в зерне ячмень Хайпроли вдвое превосходит возделываемые сорта ячменя, а по содержанию в суммарных белках наиболее дефицитной незаменимой аминокислоты — лизина — примерно на 30% [1, 9, 10]. Помимо этого, он характеризуется повышенным содержанием треонина, валина, метионина, изолейцина [9, 13]. Превосходство ячменя Хайпроли по этим признакам оказалось стабильным, что было подтверждено выращиванием его в резко различающихся условиях окружающей среды [7, 9, 14, 15].

Содержание каждой аминокислоты в суммарных белках зерна определяется, как известно, соотношением в них белковых фракций и концентрацией этой аминокислоты в отдельных белковых фракциях [2, 3]. У ячменя Хайпроли достаточно хорошо изучен фракционный состав белков зерна [8, 9, 13, 15]. В то же время в литературе отсутствуют данные об аминокислотном составе отдельных белковых фракций его зерна. Между тем выявление особенностей аминокислотного состава белковых фракций ячменя Хайпроли представляет интерес для установления причин высокого содержания лизина и других незаменимых аминокислот. Поэтому нами проведено сравнительное изучение полного аминокислотного состава белковых фракций ячменя Хайпроли и широко распространенного в производстве сорта Московский 121.

Материал и методы

Зерно ячменя Хайпроли и сорта Московский 121 было получено в 1972 г. в коллекционном питомнике НИИСХ Центральных районов нечерноземной зоны. Почва дерново-подзолистая среднесуглинистая хорошо окультуренная.

Белки каждой фракции извлекали из муки тонкого помола (<0,05 мм), предварительно обезжиренной холодным ацетоном [11], последовательным экстрагированием водой (альбумины), 0,5 М раствором NaCl (глобулины), 70% этиловым спиртом (проламины) и 0,2% раствором NaOH (глютелины) [6]. Полноту извлечения белков проверяли с реактивом Фолина по Лоури [12]. Препараты суммарных белков и белковых фракций получали по методике Плешкова [6].

Белковые препараты и нерастворимый остаток анализировали на аминокислотный состав методом кислотного гидролиза в 6 н. HCl при 110° в течение 22 ч. Гидролиз каждого образца проводили в 3-кратной

повторности, причем на 50 мг белков расходовали 10 мл кислоты. Количественное содержание аминокислот в очищенных гидролизатах определяли на аминокислотном анализаторе Дуррум 500 с ЭВМ и выражали в моль%. Выражение аминокислот в моль% дает возможность сравнивать содержание разных аминокислот в одной и той же белковой фракции и разные белковые фракции по содержанию отдельно взятой аминокислоты. Поправки на потери серусодержащих аминокислот при гидролизе не вводили.

Результаты и их обсуждение

Аминокислотные составы суммарных белков зерна Хайпроли и сорта Московский 121 значительно различались между собой. У Хайпроли более высоким было содержание не только лизина, но и треонина, валина, метионина и фенилаланина (табл. 1), из заменимых аминокислот повышено содержание аспарагиновой кислоты, аргинина, серина и значительно понижено содержание глютаминовой кислоты и пролина.

В альбуминах обеих форм ячменя содержится больше лизина, треонина, валина и метионина, чем в суммарных белках (табл. 2), а изолейцина, лейцина и гистидина примерно столько же, сколько в суммарных белках; несколько повышено содержание аспарагиновой кислоты, глицина, аланина и тирозина. При этом в альбуминах ячменя Хайпроли по сравнению с сортом Московский 121 больше сумма незаменимых аминокислот (разница 2,35 моль%), а содержание лизина выше на 29%, валина, метионина и изолейцина — соответственно на 23, 16 и 10%, несколько ниже содержание глицина и лейцина при одинаковом уровне треонина. Содержание заменимых аминокислот, за исключением аспарагиновой кислоты и пролина, снижено значительно, особенно заметно — тирозина, аргинина, глицина и глютаминовой кислоты.

В глобулинах обеих форм ячменя $\frac{2}{3}$ всех аминокислот составляют заменимые аминокислоты (табл. 3), среди которых преобладают глюта-

Т а б л и ц а 1

Аминокислотный состав суммарных белков зерна ячменя Хайпроли и сорта Московский 121

Аминокислота	Московский 121, моль %	Хайпроли	
		моль %	% к Московскому 121
Незаменимые аминокислоты			
Лизин	2,98±0,03	3,76±0,00	126
Треонин	4,41±0,01	4,86±0,05	110
Валин	5,97±0,07	6,76±0,03	113
Метионин	0,53±0,02	0,68±0,07	128
Изолейцин	4,11±0,01	4,20±0,08	102
Лейцин	7,00±0,01	7,10±0,03	101
Фенилаланин	4,20±0,03	4,41±0,02	105
Гистидин	1,55±0,05	1,49±0,05	96
С у м м а	30,75	33,26	—
Заменимые аминокислоты			
Аспарагиновая	6,62±0,02	7,83±0,03	118
Серин	5,66±0,07	6,11±0,02	108
Глютаминовая	24,90±0,15	21,72±0,03	88
Пролин	11,45±0,02	10,00±0,16	87
Глицин	7,95±0,01	7,90±0,05	99
Аланин	7,04±0,03	7,11±0,12	100
Тирозин	1,50±0,01	1,51±0,01	100
Аргинин	4,11±0,07	4,63±0,01	112
С у м м а	69,23	66,81	—

Таблица 2

Аминокислотный состав альбуминов зерна ячменя Хайпроли и сорта Московский 121

Аминокислота	Московский 121, моль %	Хайпроли	
		моль %	% к Московскому 121
Незаменимые аминокислоты			
Лизин	4,15±0,01	5,35±0,01	129
Треонин	5,20±0,01	5,07±0,01	98
Валин	6,97±0,07	8,59±0,00	123
Метионин	2,15±0,00	2,49±0,00	116
Изолейцин	3,80±0,05	4,17±0,00	110
Лейцин	7,40±0,08	6,95±0,02	94
Фенилаланин	3,63±0,01	3,48±0,00	96
Гистидин	1,47±0,01	1,25±0,00	85
С у м а	37,77	37,32	—
Заменимые аминокислоты			
Аспарагиновая	8,51±0,03	8,40±0,02	99
Серин	5,72±0,03	6,16±0,08	108
Глутаминовая	14,34±0,01	13,26±0,02	93
Пролин	9,90±0,35	10,25±0,14	104
Глицин	9,08±0,04	8,44±0,03	93
Аланин	9,53±0,02	9,20±0,02	96
Тирозин	2,85±0,01	2,25±0,01	79
Аргинин	4,83±0,10	4,42±0,02	91
С у м а	64,76	62,38	—

Таблица 3

Аминокислотный состав глобулинов зерна ячменя Хайпроли и сорта Московский 121

Аминокислота	Московский 121, моль %	Хайпроли	
		моль %	% к Московскому 121
Незаменимые аминокислоты			
Лизин	4,24±0,00	4,20±0,01	99
Треонин	4,61±0,07	4,47±0,03	97
Валин	6,68±0,01	6,76±0,00	101
Метионин	1,24±0,00	1,25±0,02	100
Изолейцин	3,39±0,05	3,37±0,01	99
Лейцин	7,50±0,02	7,28±0,01	97
Фенилаланин	3,93±0,00	4,26±0,01	108
Гистидин	1,86±0,03	2,04±0,00	110
С у м а	33,45	33,76	—
Заменимые аминокислоты			
Аспарагиновая	8,86±0,09	8,20±0,02	93
Серин	6,85±0,45	6,10±0,08	89
Глутаминовая	16,02±0,02	15,61±0,07	98
Пролин	6,15±0,03	8,87±0,02	144
Глицин	10,26±0,03	9,52±0,05	92
Аланин	8,74±0,02	8,39±0,03	96
Тирозин	2,30±0,00	2,32±0,03	101
Аргинин	7,94±0,03	7,24±0,04	91
С у м а	67,12	66,25	—

миновая кислота, глицин, аспарагиновая кислота, аланин и аргинин. Из незаменимых аминокислот значительно содержание лейцина, валина и лизина и очень низкое содержание метионина и гистидина.

Т а б л и ц а 4

Аминокислотный состав проламинов зерна ячменя Хайпроли и сорта Московский 121

Аминокислота	Московский 121, моль %	Хайпроли	
		моль %	% к Московскому 121
Незаменимые аминокислоты			
Лизин	0,63±0,04	0,58±0,02	92
Треонин	3,43±0,15	1,79±0,08	52
Валин	3,67±0,12	2,57±0,07	70
Метионин	0,52±0,02	0,45±0,07	85
Изолейцин	3,52±0,12	3,27±0,05	93
Лейцин	6,71±0,15	5,27±0,00	79
Фенилаланин	5,77±0,09	7,14±0,08	124
Гистидин	0,97±0,03	0,79±0,00	80
С у м м а	25,22	21,86	—
Заменимые аминокислоты			
Аспарагино- вая	2,00±0,06	1,77±0,02	89
Серин	4,51±0,07	3,78±0,05	84
Глютамино- вая	33,56±0,12	36,08±0,15	108
Пролин	23,61±1,33	29,40±1,12	124
Глицин	3,14±0,00	2,10±0,02	67
Аланин	2,96±0,00	2,26±0,01	76
Тирозин	2,31±0,05	1,18±0,01	51
Аргинин	2,54±0,06	2,00±0,00	72
С у м м а	74,63	78,57	—

По сумме всех незаменимых аминокислот и содержанию лизина, треонина, метионина глобулины ячменя Хайпроли и Московского 121 сходны, а содержание фенилаланина и гистидина в первых несколько выше. Заменимые аминокислоты — аспарагиновая кислота, серин, глицин и аргинин — содержатся в глобулинах ячменя Хайпроли в меньшем количестве, пролин — в значительно большем, по содержанию глютаминовой кислоты различия невелики.

Проламины обеих форм ячменя сильно отличаются от альбуминов и глобулинов низким содержанием незаменимых ами-

Т а б л и ц а 5

Аминокислотный состав глютелинов зерна ячменя Хайпроли и сорта Московский 121

Аминокислота	Московский 121, моль %	Хайпроли	
		моль %	% к Московскому 121
Незаменимые аминокислоты			
Лизин	3,28±0,03	3,64±0,00	111
Треонин	4,55±0,01	4,85±0,11	111
Валин	6,00±0,02	6,07±0,11	101
Метионин	0,43±0,02	0,48±0,03	111
Изолейцин	4,08±0,08	4,45±0,09	109
Лейцин	7,86±0,01	8,20±0,00	104
Фенилаланин	4,45±0,07	4,61±0,07	104
Гистидин	2,23±0,00	2,07±0,03	93
С у м м а	32,88	34,37	—
Заменимые аминокислоты			
Аспарагиновая	6,40±0,05	8,41±0,02	131
Серин	6,32±0,03	6,21±0,05	98
Глютаминовая	21,45±0,11	18,60±0,15	87
Пролин	11,07±0,08	8,02±0,045	72
Глицин	8,30±0,00	8,99±0,02	108
Аланин	6,56±0,01	7,86±0,03	119
Тирозин	2,51±0,05	2,26±0,01	90
Аргинин	4,51±0,03	5,37±0,07	121
С у м м а	67,12	65,72	—

Таблица 6

Аминокислотный состав
нерастворимой фракции белков зерна
ячменя Хайпроли и сорта Московский 121

Аминокислота	Московский 121, моль %	Хайпроли	
		моль %	% к Московскому 121
Незаменимые аминокислоты			
Лизин	4,00±0,08	4,28±0,03	107
Треонин	5,03±0,00	5,14±0,03	102
Валин	6,59±0,07	7,59±0,03	115
Метионин	0,71±0,03	0,79±0,04	111
Изолейцин	3,73±0,06	4,03±0,05	108
Лейцин	6,68±0,03	6,52±0,00	97
Фенилаланин	3,20±0,00	3,48±0,01	109
Гистидин	1,77±0,04	1,69±0,02	96
Сумма	31,71	33,52	—
Заменимые аминокислоты			
Аспарагиновая	11,15±0,10	8,79±0,05	78
Серин	6,44±0,01	6,95±0,01	108
Глютаминная	15,44±0,10	16,25±0,07	105
Пролин	8,50±0,16	11,06±0,08	131
Глицин	10,34±0,16	9,34±0,11	91
Аланин	9,71±0,02	8,96±0,03	92
Тирозин	2,20±0,20	1,86±0,00	85
Аргинин	4,53±0,03	4,25±0,01	94
Сумма	68,33	67,46	—

нокислот, на которые приходится только $\frac{1}{4}$ часть всех аминокислот этой фракции (табл. 4). В проламинах очень низок уровень лизина, метионина и гистидина, сильно снижено также содержание глицина, аланина и аспарагиновой кислоты. На глютаминовую кислоту и пролин приходится больше половины содержания всех аминокислот.

В проламинах ячменя Хайпроли как сумма, так и содержание отдельных незаменимых аминокислот, за исключением фенилаланина, значительно ниже, чем у Московского 121, а количество фенилаланина на 24% больше. Кроме того, эта фракция белков Хайпроли отличается от проламинов сорта Московский 121 повышенным содержанием глютаминовой кислоты и пролина и пониженным содержанием остальных заменимых аминокислот.

Во фракции глютелинов обеих форм ячменя содержание заменимых аминокислот в 2 раза выше, чем незаменимых (табл. 5). Из первых в наибольшем количестве содержатся глютаминовая кислота, пролин, глицин, аспарагиновая кислота и аланин, из последних — лейцин, валин, фенилаланин и изолейцин. По аминокислотному составу фракция глютелинов обеих форм ячменя занимает промежуточное положение между глобулинами и проламинами.

В глютелинах ячменя Хайпроли выше, чем у Московского 121, содержание суммы незаменимых аминокислот и отдельных их представителей, в особенности лизина, треонина, метионина и изолейцина. Вместе с тем сильно повышено содержание аргинина и аспарагиновой кислоты и понижен уровень пролина, глютаминовой кислоты, тирозина и гистидина.

Нерастворимый остаток характеризуется высоким содержанием глютаминовой и аспарагиновой кислот, глицина, аланина и низким содержанием метионина и гистидина. Следует отметить повышенное содержание лизина в этой фракции. По аминокислотному составу нерастворимый остаток близок к альбуминам и глобулинам. В нерастворимом остатке ячменя Хайпроли больше содержится лизина, валина, метионина, фенилаланина и изолейцина, чем в этой фракции у сорта Московский 121, а из заменимых аминокислот — глютаминовой кислоты, серина и в особенности пролина. Содержание аргинина, глицина, тирозина и аспарагиновой кислоты значительно снижено.

Заключение

Выявлено, что каждая белковая фракция зерна ячменя характеризуется строго определенным аминокислотным составом.

Альбумины, глютелины и нерастворимый остаток высоколизинового ячменя Хайпроли отличаются от соответствующих фракций сорта Московский 121 повышенным содержанием лизина и большинства остальных незаменимых аминокислот. В проламинах ячменя Хайпроли все незаменимые аминокислоты, за исключением фенилаланина, содержатся в меньшем количестве, чем в проламинах сорта Московский 121. В глобулинах обеих форм ячменя как общее содержание, так и содержание отдельных незаменимых аминокислот примерно одинаковое.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брежнев Д. Д. Коллекция ВИР и резервы увеличения производства растительного белка. «Вестн. с.-х. науки», 1974, № 3, с. 18—29. — 2. Данилова Н. Н., Плешков Б. П. Фракционный состав белков зерна ячменя. «Докл. ТСХА», 1968, вып. 133, с. 233—330. — 3. Имшенецкий Е. И., Сысоев А. Ф. Исследование белковых фракций зерна пленчатого и голозерного ячменя методом хроматографии и электрофореза. «Докл. ВАСХНИЛ», 1971, № 5, с. 9—11. — 4. Манзюк В. Т., Кучумова Л. П., Пархоменко Р. Г., Шкумат В. П. Электрофоретические спектры гордеинов ячменя. «Селекция и семеноводство», 1976, № 5, с. 22—25. — 5. Неттевич Э. Д., Сергеев А. В. Гибридный ячмень (обзор). М., ВИНТИСХ, 1973. — 6. Плешков Б. П. Практикум по биохимии растений. М., «Колос», 1976. — 7. Ракипов Н. Г. Биохимическая характеристика белков зерна высоколизинового ячменя Хайпроли и возделываемых сортов. Автореф. канд. дис. М., 1975. — 8. Ракипов Н. Г. Особенности фракционного состава белков ячменя Хайпроли. «Селекция и семеноводство», 1976, № 5, с. 25. — 9. Ракипов Н. Г., Плешков Б. П., Неттевич Э. Д. Сравнительная биохимическая характеристика белков зерна ячменя Хайпроли и возделываемых сортов. «Изв. ТСХА», 1975, вып. 6, с. 107—112. — 10. Hagberg A., Karlsson K. New Approaches to Breeding for improved plant protein. IAEA, Vienna, 1969, p. 17—21. — 11. Ingversen J., Kõie B. "Phytochemistry", 1973, vol. 12, N 1, p. 73—78. — 12. Lowry O. H. e. a. "J. Biol. Chem.", 1951, vol. 193, p. 265—275. — 13. Munck L. "Hereditas", 1972, N 72, p. 1—128. — 14. Munck L., Gustafsson A., Dormling I. Phytotron analysis of protein and lysine formation in barley. Lecture in Indian Agr. Research Inst., New Delhi, 1971. — 15. Sonntag Ch., Michael G. "Z. Acker- u. Pflanzenbau", 1973, Bd 138, N 2, S. 116—128.

Статья поступила 10 марта 1977 г.