

オートアナライザーによる低アミロ小麦の 簡易迅速検定法

中 津 智 史*・埜 村 朋 之**・今 井 徹***

(*北海道立中央農業試験場・**ブラン・ルーベ株式会社・***農林水産省食品総合研究所)

1996年4月2日受理

要 旨: 雨害等によりアミロ値が低下した、いわゆる低アミロ小麦を判別するために、 α -アミラーゼ活性測定による簡易迅速な検定法を開発した。 α -アミラーゼ活性測定の基質にはオリゴ糖誘導体を用い、自動分析にはブラン・ルーベ社製のオートアナライザー (AAII 型) の一部を改良して用いた。オートアナライザーを用いることにより、1時間に50点の迅速測定が可能となり、しかも試薬コストの低減が図られた。また、手分析とオートアナライザーによる測定値の間に大きな差は認められなかった。 α -アミラーゼ活性とアミロ値との関係を検討した結果、小麦粉の場合の相関係数は $r=-0.922^{**}$ と最も高く、全粒粉が $r=-0.906^{**}$ であった。一方、乾燥前の生麦を供試した場合、成熟期以前の高水分の試料についてはアミロ値との相関が判然としなかったが、成熟期以降の試料については $r=-0.884^{**}$ の比較的高い相関が得られた。受け入れ施設等におけるアミロ値の仕分けを目的に、次のような生麦の仕分け指標値の設定を試みた。グループ1: 活性300 mU/g未満の小麦の平均粘度は755 B.U.と高く、ほとんどが健全麦であった。グループ2: 活性300 mU/g以上500 mU/g未満の小麦の平均粘度は502 B.U.で、低アミロ小麦から健全麦まで広く分布していた。グループ3: 活性500 mU/g以上の小麦の平均粘度は109 B.U.で、ほとんどすべてが低アミロ小麦であった。また、オートアナライザーによる α -アミラーゼ活性測定は育種における選抜法にも有効と考えられる。

キーワード: アミログラム, α -アミラーゼ活性, オートアナライザー, 小麦, 穂発芽。

A Rapid and Convenient Method for α -Amylase Analysis of Wheat by an Auto-Analyzer and its Application to Estimation of Maximum Amylograph Viscosity: Satoshi NAKATSU, Tomoyuki NOMURA* and Toru IMAI** (*Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, Naganuma-Cho, Hokkaido 069-13, Japan*; **Bran+Luebbe K.K., Shinjuku-ku, Tokyo 160, Japan*; ***National Food Research Institute, Tsukuba-shi, Ibaraki 305, Japan*)

Abstract: In order to estimate the maximum amylograph viscosity of wheat, an automatic method for the measurement of α -amylase activity was developed using a commercial blocked *p*-nitrophenyl maltoheptaoside as a suitable substrate. A Type AAII auto-analyzer (Bran+Luebbe) partially modified can rapidly and conveniently analyze α -amylase activity at almost 50 samples per hour, and can save the cost of reagents as compared to manual analysis. There was no significant difference between α -amylase activity measured by hand and the auto-analyzer. The α -amylase activity in flour correlated well with the maximum amylograph viscosity ($r=-0.922^{**}$). The correlation coefficient between α -amylase activity and maximum amylograph viscosity was slightly lower in ground wheat ($r=-0.906^{**}$). With regard to fresh wheat, there was no apparent relationship in wheat sampled before maturity, but a high correlation ($r=-0.884^{**}$) was exhibited after maturity. To monitor the levels of maximum amylograph viscosity in cargo samples and classify grades, we made tentative criterion for α -amylase activity in fresh wheat. Group 1: most of the wheat with α -amylase activity below 300 mU/g showed a high amylograph viscosity (mean=755 B.U.). Group 2: wheat with α -amylase activity between 300 to 500 mU/g widely ranged from low to high viscosity (mean=502 B.U.). Group 3: most of the wheat with α -amylase activity over 500 mU/g showed unacceptably levels of amylograph viscosity (mean=109 B.U.). Therefore, the auto-analyzer can be utilized to rank wheat quality at receival points, and can also be adapted as a selection method for the development of low α -amylase varieties in wheat breeding.

Key words: α -Amylase activity, Auto-analyzer, Maximum amylograph viscosity, Pre-harvest sprouting, Wheat.

低アミロ小麦とは、アミログラムにより測定された最高粘度（以下アミロ値と略する）が大きく低下した小麦で、めん・パン等への二次加工適性が著しく劣るとされている¹⁾。アミロ値低下の原因は、降雨

を引き金とした穂発芽などにより小麦粒内の α -アミラーゼが高まり、過熱過程ででん粉を分解するためである^{1,13,14)}。

低アミロ小麦が正常な小麦に混入すると、大きく高まった α -アミラーゼにより正常な小麦のでん粉も分解され、全体の粘度を大きく低下させてしまう。したがって、受け入れ段階で正常な小麦と低アミロ小麦を仕分けして、乾燥、流通させることが重要で

* 現在: 北海道立十勝農業試験場, 河西郡芽室町新生南9線2番地, 082.
Present address: Hokkaido Tokachi Agricultural Experiment Station.

ある。このためには低アミロ小麦を簡易迅速に判別する方法が不可欠である^{3,7,11)}。

検査態勢が進んでいるオーストラリア等では受け入れ段階でフォーリングナンバーを測定して仕分けを行って、乾燥、流通させている。この場合、測定対象は乾麦を粉碎した全粒粉である。しかし、北海道のように収穫物の水分が15~35%程度まで変動する場合、あらかじめ試料を乾燥した後に粉碎する必要があるため、乾燥施設への受け入れ段階でのフォーリングナンバーの測定は困難である。したがって、収穫直後の水分分布幅の広い生麦を対象とした低アミロ小麦検定法の開発が求められている。

低アミロ小麦の発生は α -アミラーゼが直接の原因であることから、この酵素活性を測定してアミロ値を推測することが、これまでも検討されてきている^{5,8,12)}。しかし、これらの方法はいずれも全粒粉または小麦粉を対象としており、生麦については検討されていない。また、酵素活性の測定は反応や比色などの操作が煩雑なことから、測定方法の簡便化が望まれている。

さらに、品種育成において低アミロ化しにくい品種を育成する場合、 α -アミラーゼ活性の測定が重要であることが指摘されている^{2,6)}。また、多数の品種・系統を扱うことから、やはり、測定方法の簡易迅速化が望まれている。

以上のことから本研究においては、 α -アミラーゼ活性のオートアナライザーによる簡易迅速測定と、低アミロ小麦の判別への適応を試みた。測定対象は、集荷・乾燥施設での活用を想定して生麦について検討するとともに、品種開発への適用を考慮して小麦粉および全粒粉についても検討した。

材料と方法

1. 供試材料

α -アミラーゼ活性測定の自動化の検討には、平成5年に北海道立中央農業試験場で採取した小麦40点(チホクコムギ、ホロシリコムギ、ホクシン、Lancer, 北系1354)の小麦粉および全粒粉を用いた。全粒粉におけるアミロ値の推定には、平成4~7年に中央農試および道内の現地圃場で採取した試料340点(チホクコムギ、ホロシリコムギ、ホクシン、その他4品種・系統)を用い、小麦粉によるアミロ値の推定にはこの内153点を供試した。生麦によるアミロ値の推定には、平成4, 6, 7年に中央農試において成熟期前後に採取した試料167点(チホクコムギ、ホロシリコムギ、ホクシン、その他13品種・系統)を用いた。

2. 試料の調製

小麦は圃場で穂を採取し、一部は手で脱穀し生麦試料として α -アミラーゼ活性の分析に供した。残りの穂は乾燥した後、機械脱穀し、製粉あるいは粉碎に供した。乾燥は、45°C程度の乾燥機を用いて一次乾燥を行った後、ガラス室で自然乾燥させた。これは、高水分の試料では、乾燥に時間を要すると急激に発芽し、アミロ値が大きく低下する危険性があるためである。

乾麦の粉碎は0.5 mm目のスクリーンをつけた高速遠心粉碎器(Retch社)で調製し、全粒粉とした。製粉は原麦水分を14%に調製した後、小型製粉機(ブラベンダー社製 Quadrumat・Junior)で製粉して、小麦粉を調製した⁹⁾。

3. α -アミラーゼの抽出

酵素の抽出には0.86 MNaCl, 1.8 mM CaCl_2 液を用いた。生麦については子実試料10 gに抽出液

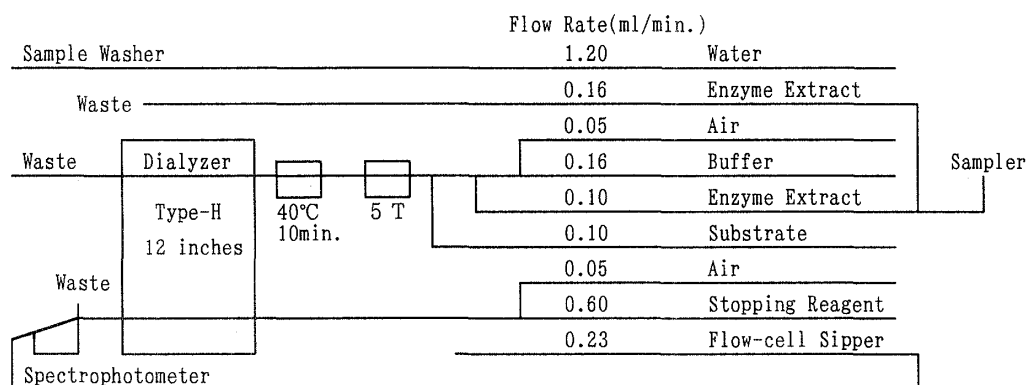


Fig. 1. Flow diagram of auto analyzer (Bran+Luebbe Type AAII).

200 ml を加え、ミキサーで3分間ホモジナイズし、No. 5A (アドバンテック東洋) の濾紙で濾過して抽出液を得た。全粒粉および小麦粉については、試料1 g に抽出液 20 ml を加え、5分間攪拌し、濾過して抽出液を得た。

4. α -アミラーゼ活性の測定

α -アミラーゼ活性はオリゴ糖誘導体 (Blocked p -nitrophenyl maltoheptaoside) を基質とした⁵⁾ 市販の測定キット (Ceralpha Method, Megazyme 社, オーストラリア) を用いて分析した。

手分析は測定キットに付属するマニュアルに従い、キットの試薬を用いて行った。自動分析にはプラン・ルーベ社製のオートアナライザー (AAII 型) を用いたが、反応槽については試薬量を節約するために、微量分析用の TRAACS-800 の反応槽を 40°C・10分反応用に改良して用いた。測定は第1図のフローダイアグラムに従って行った。自動分析に使用する試薬はキットのものを一部改変して用いた。すなわち、基質液は試薬を節約するためとオートアナライザーの測定感度が高いことを考慮して、脱イオン水で規定の3倍に希釈した。停止液および緩衝液には界面活性剤として TritonX-100 を 0.1% 添加した。 α -アミラーゼ活性はキットに同梱された活性既知の試料との吸光度比から算出し、乾物 1 g 当たりの活性 (mU/g) で示した。ただし、同梱された標準試料の活性は経時的に失活する危険性があるので、手分析により活性を再評価する必要がある。

5. アミログラム最高粘度

アミロ値は小麦粉について常法⁹⁾ により測定し、

ブラベンダー・ユニット (B.U.) で表示した。

6. 水分

生麦の水分は 130°C・1時間乾燥法⁹⁾ で測定し、全粒粉および小麦粉の水分は近赤外法により測定した。

結 果

1. α -アミラーゼ活性測定の自動化

手分析の α -アミラーゼ活性の平均値は小麦粉 (40 点) では 107 mU/g, 全粒粉 (40 点) では 232 mU/g であった。オートアナライザーにより測定された小麦粉の α -アミラーゼ活性の平均は 114 mU/g で手分析の結果と大差なく、全粒粉においてもオートアナライザーの活性の平均は 243 mU/g で手分析と大差なかった。小麦粉および全粒粉を合わせた 80 点について、オートアナライザーおよび手分析で測定された α -アミラーゼ活性の関係を第2図に示したが、相関係数は $r=0.975^{**}$ と高く、また $y=x$ とほぼ一致する回帰線が得られた。

手分析の α -アミラーゼ活性とアミロ値との相関は、小麦粉を供試した場合は $r=-0.935^{**}$ と高く、全粒粉を用いた場合も $r=-0.820^{**}$ と比較的高かった。オートアナライザーを用いた場合の相関係数は、小麦粉を供試した場合は $r=-0.956^{**}$, 全粒粉を供試した場合は $r=-0.838^{**}$ で、手分析の場合と同程度の相関が得られた。以上のようにオートアナライザーは手分析とほぼ同等の測定値が得られ、アミロ値との相関も同程度であったことから、手分析に代替可能と結論された。

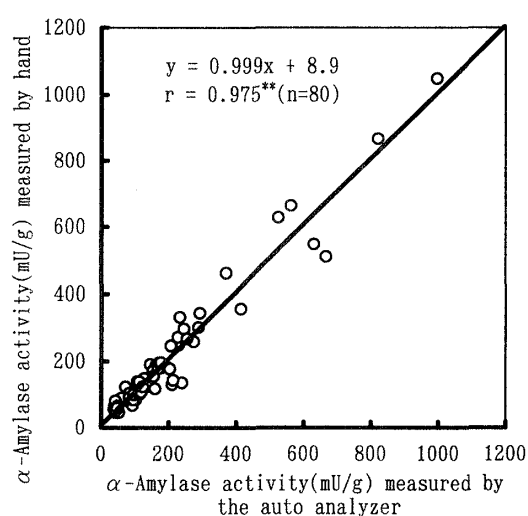


Fig. 2. Relationship between α -amylase activity measured by hand and the auto analyzer.
**: Statistical significance at 1% level.

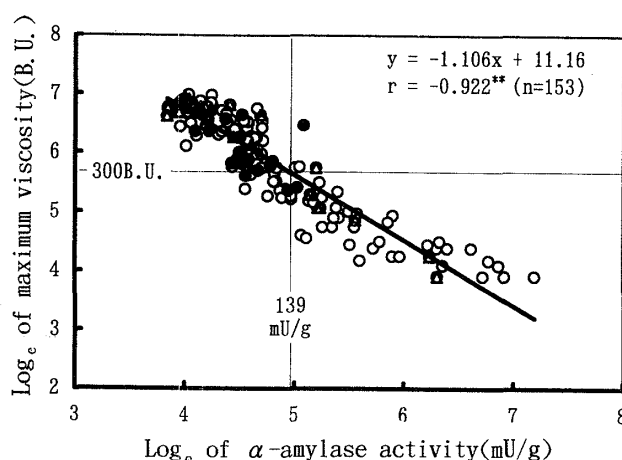


Fig. 3. Relationship between α -amylase activity of flour and maximum viscosity.
○: Chihokukomugi, ●: Horosirikomugi,
△: other lines and vartieies.
**: Statistical significance at 1% level.

2. 小麦粉および全粒粉におけるアミロ値の推定

年次, 地域の異なる試料について, オートアナライザーにより測定した α -アミラーゼ活性とアミロ値との相関を検討した。

小麦粉 (153 点) の α -アミラーゼ活性は平均 173 mU/g, 最小 46 mU/g, 最大 1333 mU/g であった。全粒粉 (340 点) の活性は平均 584 mU/g, 最小 51 mU/g, 最大 19534 mU/g であった。

小麦粉の α -アミラーゼ活性とアミロ値との相関係数は $r = -0.922^{**}$ と高かった (第 3 図)。また, α -アミラーゼ活性からアミロ値を推定する回帰式は, $\log_e \text{粘度} = -1.106 (\log_e \text{活性}) + 11.16$ であった。この式から, 低アミロ小麦の目安とされるアミロ値 300 B.U. に相当する α -アミラーゼ活性は 139 mU/g であった。また, 実用品種で供試点数が多かったチホクコムギとホロシリコムギについて品種間差を検討したが, ホロシリコムギの分布はチホクコムギの分布にほぼ含まれており, 差は判然としなかった。

全粒粉を対象にした場合, 相関係数は小麦粉の場

合よりやや低下するが, $r = -0.906^{**}$ (第 4 図) と高かった。 α -アミラーゼ活性からアミロ値と推定する回帰式は, $\log_e \text{粘度} = -0.925 (\log_e \text{活性}) + 10.95$ であった。この式から, アミロ値 300 B.U. に相当する α -アミラーゼ活性は 290 mU/g であった。品種間差については, 小麦粉の場合と同様に, チホクコムギとホロシリコムギで大きな分布の差は認められなかった。また, 年次間の差についても検討したが, 各年次の分布はほぼ重複しており, 年次間差は判然としなかった。

3. 生麦の低アミロ小麦検定

生麦の子実水分は平均 30.0%, 最小 14.1%, 最大 54.9% で, 成熟期以前の高水分 (約 40% 以上) 小麦から成熟期以降に降雨に遭って低アミロ化した小麦まで含まれていた。 α -アミラーゼ活性は平均 774 mU/g, 最小 102 mU/g, 最大 12074 mU/g であった。

生麦の α -アミラーゼ活性とアミロ値との関係は第 5 図に示したように, 採取時期による違いが認められ, 成熟期後の試料では負の相関が認められたが,

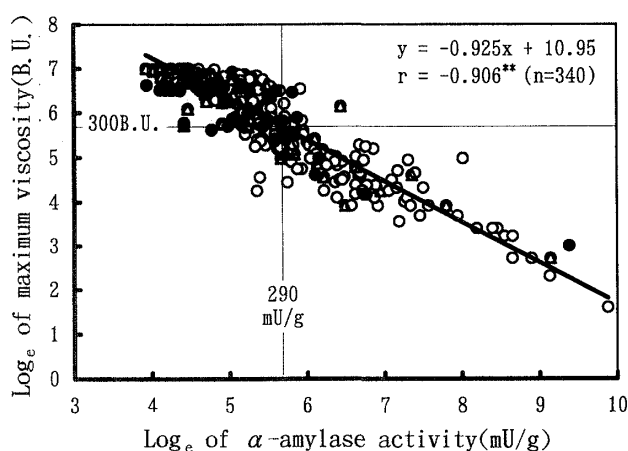


Fig. 4. Relationship between α -amylase activity of ground wheat and maximum viscosity. ○: Chihokukomugi, ●: Horosirikomugi, △: other lines and varieties.

** : Statistical significance at 1% level.

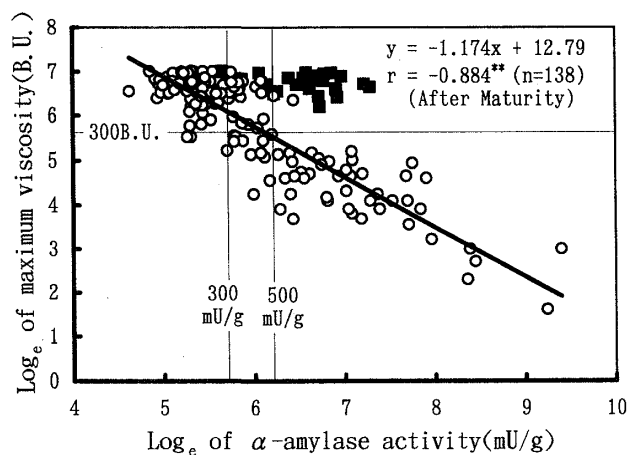


Fig. 5. Relationship between α -amylase activity of fresh wheat and maximum viscosity.

■ : Before maturity, ○ : after maturity.

** : Statistical significance at 1% level.

Table 1. Classification of wheat quality on amylograph maximum viscosity by α -amylase activity in fresh wheat.

Maximum viscosity	Classification by α -amylase activity					
	Below 300 mU/g		300~500 mU/g		Over 500 mU/g	
	n	%	n	%	n	%
Below 300 B.U.	3	2.2	11	7.9	43	30.9
300~600 B.U.	13	9.4	6	4.3	1	0.7
Over 600 B.U.	47	33.8	14	10.1	1	0.7
Mean	755 B.U.		502 B.U.		109 B.U.	

成熟期以前の試料については明らかな傾向が認められなかった。そこで、成熟期以前の試料 29 点を除き、成熟期後の試料について検討した結果、 $r = -0.884^{**}$ ($n = 138$) の比較的高い負の相関が認められた。また、 α -アミラーゼ活性からアミロ値を推測する回帰式は、 $\log_e \text{粘度} = -1.174(\log_e \text{活性}) + 12.79$ であった。この式から、低アミロ小麦の指標とされるアミロ値 300 B.U. に相当する α -アミラーゼ活性は 418 mU/g であった。また、小麦粉や全粒粉の場合と同様に品種間差は判然としなかった。

ところで、受け入れ施設等で、正常小麦への低アミロ小麦の混入を防ぐためには、アミロ値の厳密な推測もさることながら、簡易迅速にアミロ値を区分することが求められている。そこで、アミロ値の仕分けのための生麦の α -アミラーゼ活性指標の設定を試みた。

仕分け指標値はアミロ値 300 B.U. に相当する生麦の活性が 418 mU/g であったことから、活性 300 mU/g 未満を低アミロ小麦の少ない健全域、500 mU/g 以上をほぼ低アミロ小麦と推測できる高活性域、その間を低アミロ小麦の危険性がある中間域とした。これに生麦の測定を当てはめると第 1 表の通りで、活性 300 mU/g 未満の試料のアミロ値の平均は 755 B.U. と高く、低アミロ小麦の混入はごくわずか(混入率 2.2%) であった。中間域のアミロ値の平均は 502 B.U. で、最小 70~最大 1080 まで分布していた。活性 500 mU/g 以上の試料の平均アミロ値は 109 B.U. と低く、ほとんどが低アミロ小麦で、300 B.U. 以上の試料の混入は 1.4% と少なかった。

考 察

α -アミラーゼ活性によるアミロ値の推測はこれまでも検討されてきたが、本研究ではより簡易迅速性を高めるために、オートアナライザーによる自動化を検討した。手分析とオートアナライザーの作業

能率について比較すると、試料から酵素を抽出する操作は手分析もオートアナライザーも同様であるが、その後の操作は大きく異なった。手分析では、基質溶液の分注→プレ・インキュベート→抽出液の添加→インキュベート→反応停止液の添加→比色など操作が煩雑で、所用時間は 1 点当たり約 30 分であった。実際は複数試料を 1 ロットとして並行的に処理するので能率は高まるが、1 時間当たりの処理点数は 10 点程度と推測される。

一方、オートアナライザーを用いた場合、煩雑な操作は省略でき、抽出液をオートアナライザーにセットするだけで約 10 分後には活性がレコーダーに出力され、非常に簡便であった。1 時間当たりの処理能力は 50 点で、多点迅速測定が可能となった。

また、試薬コストについて検討すると、200 点分析できるキットの市販価格が 27,000 円であったことから、手分析の 1 点当たりの試薬コストは 135 円であった。一方、オートアナライザーでは基質液の濃度を 1/3 にしたこともあって、試薬コストが 50 円程度に低減できた。

このように、オートアナライザーは操作が簡便で、多数の試料を迅速に処理でき、しかも試薬コストが節約できることから、受け入れ・乾燥施設における低アミロ小麦の検定や、育種における α -アミラーゼ活性測定に非常に有効と思われる。

本研究では、小麦粉、全粒粉、生麦の三つの試料形態について、 α -アミラーゼ活性によるアミロ値の推定を検討したが、相関係数は小麦粉の場合がもっとも高く、全粒粉がそれに続き、生麦の場合がもっとも低かった。したがって、小麦粉の α -アミラーゼ活性測定はアミロ値の比較的確密な推定に、全粒粉ではアミロ値の大まかな推定に利用できるものとみられた。生麦の場合は、アミロ値の厳密な推定は困難であるが、低アミロ小麦を区分するための検定に適応可能と推察される。

Table 2. Classification of wheat quality on amylograph maximum viscosity by α -amylase activity in flour.

Maximum viscosity	Classification by α -amylase activity					
	Below 70 mU/g		70~100 mU/g		Over 100 mU/g	
	n	%	n	%	n	%
Below 300 B.U.	0	0.0	3	2.0	52	34.0
300~600 B.U.	4	2.6	17	11.1	20	13.1
Over 600 B.U.	34	22.2	18	11.8	5	3.3
Mean	847 B.U.		569 B.U.		234 B.U.	

また、 α -アミラーゼ活性とアミロ値の相関における品種間差について検討したが、チホクコムギとホロシリコムギ間に明瞭な品種間差は認められなかった。しかし、今後普及される新しい品種については、分布からはずれる可能性もあることから、これらについては推定式の適応性を検討する必要がある。また、年次間差も品種間差と同様に判然としなかったが、普遍性の高い推定式を得るためには、さらに他年次への適応性を検討する必要がある。

ところで、小麦粉については既に仕分けのための α -アミラーゼ活性の指標値が提案されている¹²⁾。活性の測定は手分析であったが、①活性 70 mU/g 未満は低アミロ小麦の可能性が低く、②活性 70~100 mU/g は低アミロ小麦の可能性があり、③活性 100 mU/g 以上は低アミロ小麦の可能性が大きいとされている。そこで、この指標値をオートアナライザーによる測定値に当てはめた結果(第2表)、70 mU/g 以下の試料のアミロ値の平均は 847 B.U.で、低アミロ小麦は認められなかった。活性 70~100 mU/g の試料のアミロ値の平均は 569 B.U. とやや低く、低アミロ小麦が若干認められた。活性 100 mU/g 以上の試料のアミロ値の平均は 234 B.U. と低く、低アミロ小麦が多数を占めた。このように、既報で提案された仕分け指標値はオートアナライザーで測定した α -アミラーゼ活性にもほぼ適合していることが確かめられた。

また、本研究で生麦の α -アミラーゼ活性とアミロ値の相関を検討した結果、採取時期による違いが認められた。すなわち、成熟期後の試料では生麦の α -アミラーゼ活性とアミロ値との間に明らかな負の相関が認められたが、成熟期以前の試料では一定の傾向が認められなかった。この原因として、成熟期以前では子実水分が 40%以上と高いため、乾燥過程での酵素の失活程度が大きいことが影響していると推測される¹⁰⁾。また、成熟期以前の α -アミラーゼは主としてグリーン α -アミラーゼに由来し、成熟期後に発現するモルト α -アミラーゼとはアイソザイムが異なるといわれており⁴⁾、これらアイソザイム間で乾燥過程における変性程度が異なる可能性も考えられる。

しかし、本法の受け入れ・乾燥施設等への適応を想定した場合、現状のコンバイン収穫が成熟期以降の子実水分 30%以下を指標としていることから、成熟期以前の高水分試料を対象とする事例は少ないと推測され、実用上問題ないと思われる。

本研究では成熟期以降の生麦を対象とした低アミロ小麦の仕分け指標値を設定したが、これは場内試料を用いた試験から導かれており、未知試料や現地試料への適応性については検討の余地が残されている。現地では様々な環境下で栽培・収穫された小麦が持ち込まれることから、指標値が適合しない場面も予想される。したがって、今後も指標値の妥当性について、検討を進める必要がある。

謝辞: 本研究を遂行するにあたり北海道立中央農業試験場穀物利用料の柳原哲司研究員のご助言、ご協力を頂いた。また、取りまとめに際して、農林水産省農業研究センター米品質評価研究室長松倉 潮博士、北海道立中央農業試験場農産化学部長木村清氏、穀物利用科長大村邦夫博士にご校閲を頂いた。記して謝意を表する。

引用文献

1. 平野寿助 1971. 小麦登熟期の遭雨による品質低下とその機作. 中国農試報 A 20: 27-71.
2. 星野次汪・松倉 潮・小田俊介・平 春枝・福永公平 1988. コムギ品種・系統の穂発芽性と α -アミラーゼ活性の推移及びその相互関係. NARC 研究速報 5: 1-5.
3. Kruger, J.E. and D.W. Hatcher 1992. Comparison of newer methods for the determination of α -amylase activity in wheat or wheat flour. In Walker-Simmons, M.K. and J.L. Ried eds., Proceedings of the Sixth International Symposium on Pre-Harvest Sprouting in Cereals. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Mn, USA. 400-408.
4. Marchylo, B.A., L.J. Lacroix and J.E. Kruger 1980. α -Amylase isoenzymes in Canadian wheat cultivars during kernel growth and maturation. Can. J. Plant Sci. 60: 433-443.
5. McCleary, B.V. and H. Sheehan 1987. Measurement of cereal α -amylase: A new assay procedure. J. Cereal Sci. 6: 237-251.
6. 宮本裕之・中津智史・越智弘明・市川信雄 1993. 秋播小麦の穂発芽抵抗性の検定方法と品種間差. 北農 60: 32-36.
7. 中津智史・市川信雄・平 春枝・齊藤昌義・相馬 暁 1989. 低アミロ小麦の二・三の検定法の比較. 北農 56: 17-33.
8. 中津智史・市川信雄・大村邦男 1993. α -アミラーゼ活性を指標にした低アミロ小麦の検定法. 北農 60: 397-403.
9. 農林水産技術会議事務局 1968. 小麦品質検定方法—小麦育種試験における—. 研究成果 35: 44-46.
10. 農林水産省食糧研究所 1968. 小麦粉の品質と加工. 食糧技術普及シリーズ第6号: 22-27.
11. 食糧庁管理部検査課(アミロ問題懇談会) 1988. 小麦

- のアミロをめぐる諸問題. 1—228.
12. 渡辺 満・松倉 潮・今井 徹 1994. オリゴ糖誘導体を基質とした α -アミラーゼ活性測定による低アミロ小麦の迅速推定法. 日食工誌 41: 927—932.
 13. 安永 隆・丸山順子・上村光男・福永公平 1963. 登熟中の降雨が小麦の加工適性に及ぼす影響 (その 1) 降雨による粒内酵素活性及び二, 三の成分の変化. 日作紀 32: 152—156.
 14. 安永 隆 1963. 小麦粉生地 of 粘弾性からみた日本小麦の特異性に関連する諸要因 (第 3 報) 登熟中の降雨が小麦の加工適性に及ぼす影響 (その 2) 降雨処理による変質についての品種間差異. 日作紀 32: 358—360.
-