



ẢNH HƯỞNG CỦA GIỐNG VÀ MÔI TRƯỜNG ĐẾN TÍNH CHỨC NĂNG CỦA TINH BỘT LÚA MÌ

Nhan Minh Trí¹ và Les Copeland²

¹ Khoa Nông nghiệp và Sinh học Ứng dụng, Trường Đại học Cần Thơ

² Faculty of Agriculture and Environment, University of Sydney, Australia

Thông tin chung:

Ngày nhận: 17/01/2013

Ngày chấp nhận: 20/06/2013

Title:

Genotype and Environmental effects on functional properties of wheat starch

Từ khóa:

Giống, môi trường, tính chất chức năng, hồ hóa, độ nhớt

Keywords:

Genotype, environment, functional properties, gelatinization, viscosity

ABSTRACT

Starch is a macro-constituent of many foods and the major source of energy in the human diet. Functional properties of starch are highly variable due to genotype and environment, resulting in unpredictability of its functional performance in food processing and food quality. Aim of research seeks to fill critical knowledge gaps about how environmental factors during crop growth affect functional properties of wheat starch that are important for food processing and food quality. Starch was isolated from grain harvested from five commercial Australian wheat varieties that were grown in five different climate regions of Australia in the season 2008. Analyses were performed on the isolated starch to examine the extent to which genotype, growth location and season influenced variability of functional properties including: thermal properties (gelatinization temperatures and enthalpy change) and pasting properties. Statistical analysis indicated genotype mainly affected starch viscosities, gelatinization temperature and pasting temperature. Growth location was the major contributor to variance of enthalpy of starch gelatinization and breakdown viscosity. Strong correlations ($p < 0.001$) were indicated between growing conditions (nutrients, rainfall and temperature) and thermal properties and pasting properties of starch.

TÓM TẮT

Tinh bột là thành phần chủ yếu trong nhiều thực phẩm và là nguồn năng lượng chính trong khẩu phần dinh dưỡng của người. Tính chất chức năng của tinh bột thay đổi theo giống và môi trường, đưa đến kết quả là khó dự đoán được quá trình chế biến thực phẩm và chất lượng thực phẩm. Mục tiêu của nghiên cứu là bổ sung kiến thức về sự ảnh hưởng của môi trường đến tính chất chức năng của tinh bột trong quá trình trồng trọt, mà các tính chất này có ảnh hưởng đến quá trình chế biến và chất lượng thực phẩm. Tinh bột được trích ly từ năm giống lúa mì thương mại được trồng ở năm vùng khí hậu khác nhau ở Úc trong mùa vụ năm 2008. Tinh bột được phân tích các tính chất chức năng như nhiệt độ hồ hóa và độ nhớt hồ tinh bột. Kết quả thống kê cho thấy giống ảnh hưởng chủ yếu đến độ nhớt hồ tinh bột, nhiệt độ hồ hóa và nhiệt độ dịch hóa. Địa điểm trồng trọt ảnh hưởng mạnh đến enthalpy hồ hóa và sự giảm độ nhớt. Có mối tương quan chặt chẽ ($p < 0,001$) giữa điều kiện môi trường (thổ dưỡng, lượng mưa và nhiệt độ) với tính chất nhiệt và độ nhớt của tinh bột.

1 GIỚI THIỆU

Nhiệt độ hồ hóa và tính chất dịch hóa của tinh bột có liên quan đến chất lượng và chức năng của các sản phẩm thực phẩm như mì sợi, bánh mì và cookies (Konik *et al.*, 1993; Takahiro *et al.*, 2001; Baik *et al.*, 2003; Guo *et al.*, 2003; Vignaux *et al.*, 2005; Ragaei và Abdel-Aal, 2006; Van Hung *et al.*, 2006). Tuy nhiên, nhiều nghiên cứu cho thấy rằng các tính chất này thay đổi theo giống và môi trường. Ví dụ, độ nhớt và nhiệt độ hồ hóa của tinh bột từ gạo, lúa mì, đậu xanh và khoai tây thay đổi theo giống (Jane *et al.* 1999; Yamamori và Quynh, 2000). Mặt khác, nhiệt độ hồ hóa của tinh bột từ gạo, lúa mì, lúa mạch và khoai tây cũng chịu ảnh hưởng bởi nhiệt độ môi trường trồng trọt (Tester và Karkalas, 2001).

Hiện nay, các nghiên cứu còn ít để đánh giá sự tương tác giữa giống (kiểu gen) và môi trường tác động đến sự thay đổi về tính chất chức năng của tinh bột mì. Chưa có nghiên cứu nào được thực hiện một cách đồng thời về nhiều điều kiện trồng trọt (thổ dưỡng, số ngày không mây, nhiệt độ môi trường và lượng mưa) ảnh hưởng đến tính chất chức năng của tinh bột mì như nhiệt độ hồ hóa, nhiệt độ dịch hóa và độ nhớt. Nghiên cứu này sẽ trình bày về ảnh hưởng của giống và điều kiện trồng trọt đến những tính chất chức năng của tinh bột mì.

2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Nguyên liệu

Năm giống lúa mì thương mại (Catalina, Derrimut, Guardian, Janz và Peake) được trồng ở 5 khu vực khí hậu khác nhau như Beckom (Bec), Delungra (Del), Lockhart (Loc), Merrinee (Mer) và Minyip (Min) trong mùa vụ 2008 do Trung tâm Thử nghiệm Giống quốc gia Úc Châu thực hiện (National Variety Trials, NVT). Các mẫu lúa mì này được chọn để trích ly tinh bột và phân tích các tính chất chức năng của tinh bột.

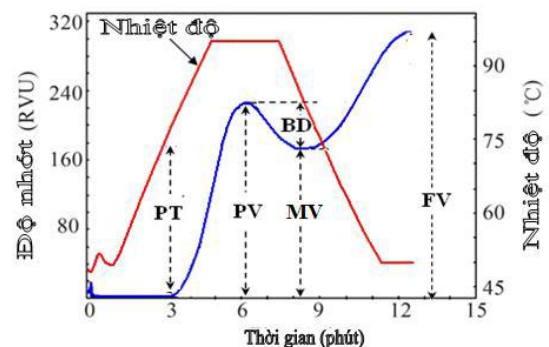
Đặc tính của đất và thời tiết tại các vùng trồng trọt được mô tả trong Bảng 1. Các dữ liệu về đặc tính đất ở bề mặt có độ sâu 0 – 10 cm được cung cấp trên trang web của NVT. Tình trạng dinh dưỡng của đất: nitơ (mg/kg), photpho (mg/kg) và carbon hữu cơ (%) ở phần

đất mặt (0 – 10 cm) trước khi gieo trồng cũng được trình bày trong Bảng 1. Dữ liệu thời tiết được tham khảo trên trang web của Cục Khí Tượng Quốc gia Úc (Bureau of Meteorology). Nhiệt độ trung bình cực đại (Tmax), nhiệt độ trung bình cực tiểu (Tmin), lượng mưa và số ngày nắng trung bình trong tháng được tính trong khoảng 2 giai đoạn trước khi ra hoa và trong giai đoạn phát triển.

2.2 Phương pháp

Nhiệt độ hồ hóa và enthalpy hồ hóa của hỗn hợp tinh bột và nước (tỉ lệ 1: 2) được đo bằng DSC (Differential scanning calorimetry). Chum (pan) chứa hỗn hợp tinh bột được gia nhiệt từ 30 đến 95 °C với tốc độ 10 °C/phút.

Sự thay đổi độ nhớt theo thời gian trong quá trình gia nhiệt tinh bột có sự hiện diện của nước được đo và ghi nhận bởi thiết bị Rapid Visco Analyser RVA-4 (Newport Scientific, Warriewood, Australia). Tinh bột (2,5 g, độ ẩm 10%) được cân vào một hộp nhôm hình trụ cùng với 22,5 mL nước tinh khiết. (Rapid viscosity analyser). Theo phương pháp STD1 (standard method-1), tinh bột được khuấy với tốc độ 960 vòng/phút trong 10 giây đầu tiên, và giữ không đổi ở 160 rpm trong quá trình gia nhiệt từ 50 đến 95 °C trong 3 phút và 42 giây, kế đến được giữ ổn định tại 95 °C trong 2 phút và 30 giây trước khi làm mát đến 50 °C trong 3 phút và 48 giây (Hình 1).



Hình 1: Sự thay đổi độ nhớt trong quá trình gia nhiệt được đo bằng RVA

Trong đó, PT (pasting temperature), nhiệt độ dịch hóa, PV (peak viscosity), độ nhớt cực đại; BD (breakdown), sự giảm độ nhớt (peak viscosity – minimum viscosity); MV (minimum viscosity), độ nhớt cực tiểu; FV (final viscosity), độ nhớt cuối

2.3 Xử lý thống kê

Các số liệu được thu nhận sau khi lặp lại ít nhất 2 lần cho các chỉ tiêu phân tích. Tất cả các số liệu được thống kê theo chương trình Genstat 12.1 (VSN International Ltd). Hệ số tương quan Pearson mô tả mối tương quan giữa các số liệu. Giá trị trung bình bình phương (Mean square) độ sai lệch từ bảng ANOVA (Analysis of Variance) được sử dụng để đánh giá sự thay đổi của các tính chất chức năng theo nhân tố giống và môi trường (Bảng 2). Thành phần phương sai (variance components) là tỉ lệ giữa của tổng bình phương độ sai lệch (sums of squares) và tổng bình phương độ sai lệch toàn phần (total sum of squares). Thành phần phương sai mô tả mức độ ảnh hưởng của giống, địa điểm và sự tương tác của chúng đến sự thay đổi của tính chất chức năng tinh bột.

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Đất ở Merrinee và Minyip của bang Victoria được có độ pH giữa 8,6 và 9,1, trong

khi đó ở Beckom, Lockhart và Delungra đất pH giữa 5 và 6 (Bảng 1).

Bảng 1 cho thấy rằng Tmax cao nhất trong năm 2008 là tại địa điểm Beckom, tiếp theo Merrinee, Lockhart, Minyip và Delungra. Dựa vào giá trị trung bình của tổng lượng mưa hàng tháng cho các địa điểm trong năm 2008, lượng mưa trước khi ra hoa và trong quá trình hạt tăng trưởng tại vùng Delungra có giá trị cao nhất. Lượng mưa trước khi ra hoa và trong quá trình hạt trưởng thành thấp tại địa điểm trồng Merrinee và Minyip. Lượng mưa thấp nhất là khu vực Merrinee trong thời gian trước khi ra hoa và tại khu vực Minyip trong quá trình làm hạt tăng trưởng (Bảng 1).

Số ngày không mây có quan hệ thuận với nhiệt độ Tmax, nghĩa là số ngày không mây (trong giai đoạn hạt phát triển) có giá trị cao nhất tại địa điểm Beckom và thấp nhất tại địa điểm Minyip trong năm 2008. Vì những ngày không mây, thường có nắng nên nhiệt độ cao.

Bảng 1: Đặc điểm đất và thời tiết ở khu vực trồng các mẫu lúa mì

Địa Điểm	Tính chất đất				Ngày không mây		Lượng mưa		Tmax		Tmin	
	N	P	C	pH	bf	gf	bf	gf	bf	gf	bf	gf
Beckom	72,0	18,0	0,6	5,0	9,8	12,0	40,6	34,8	16,9	27,3	5,1	12,7
Delungra	2,7	19,0	1,5	5,2	11,3	7,5	45,3	63,9	17,8	24,5	4,9	12,0
Lockhart	53,0	26,0	0,8	6,0	10,5	14,5	36,3	43,3	15,8	26,1	3,8	10,3
Merrinee	8,0	8,0	0,6	9,1	8,0	9,5	14,7	20,2	17,6	26,7	5,5	11,8
Minyip	30,0	15,0	0,9	8,7	2,3	2,0	21,8	8,9	15,7	25,0	4,7	9,1

Chú thích: N (nitrogen), lượng nitơ trong đất (mg/kg); P (phosphorus), lượng phopho trong đất mg/kg; C (organic carbon), lượng cacbon hữu cơ trong đất (%); bf (before flowering): giai đoạn trước khi ra bông, gf (grain filling), giai đoạn hạt phát triển; Tmax, trung bình của nhiệt độ cao nhất (°C); Tmin (°C), trung bình của nhiệt độ thấp nhất; lượng mưa (mm)

Sự khác nhau về đặc tính của đất và thời tiết ở các khu vực trồng trọt đã gây ảnh hưởng đến hình dạng, kích thước và màu sắc của hạt lúa mì (Hình 2) và tính chất chức năng tinh bột của lúa mì (Hình 3 và 4) đại diện cho các mẫu nghiên cứu.

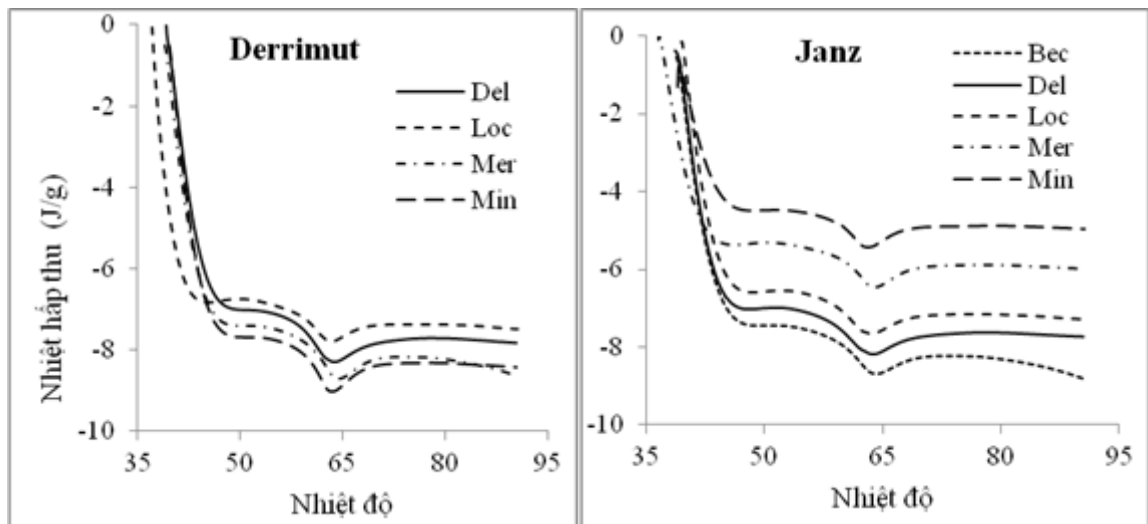
Hình 2 cho thấy rằng các hạt lúa mì có màu nhạt và có đường kính nhỏ khi các giống được trồng và thu hoạch ở địa điểm Lockhart. Ngược lại, các hạt lúa mì no tròn, có đường kính lớn hơn và màu trắng đục hơn khi các

giống được trồng và thu hoạch tại địa điểm Delungra.

Biểu đồ biến thiên nhiệt hấp thu DSC của tinh bột từ giống lúa mì Derrimut và Guardian đại diện cho tinh bột từ các giống thí nghiệm (Hình 3). Kết quả cho thấy rằng tinh bột từ các giống khác nhau được trồng tại địa điểm trồng khác nhau cho kết quả nhiệt hấp thu khác nhau. Ngay cả, cùng giống nhưng trồng ở các địa điểm khác nhau cũng cho kết quả khác nhau về nhiệt hấp thu.



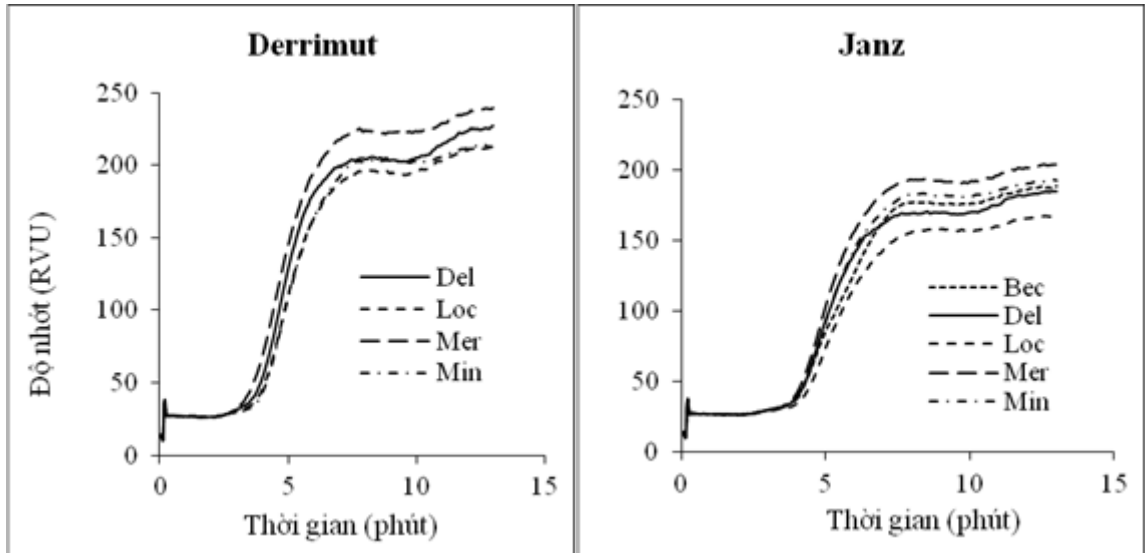
Hình 2: Mẫu lúa mì của giống Derrimut và Janz thu hoạch từ các vùng khác nhau



Hình 3: Nhiệt hấp thụ của tinh bột từ hai giống lúa mì được trồng ở các địa điểm khác nhau

Nhìn chung, nhiệt độ hồ hóa trung bình (Tp) của tinh bột từ giống Janz đều có giá trị cao hơn so với Tp của tinh bột từ giống Derrimut khi cả hai giống được trồng cùng địa điểm. Tinh bột từ cả hai giống Derrimut và Guardian khi cùng trồng cùng địa điểm Merrinee có nhiệt độ hồ hóa trung bình (Tp) lớn nhất so với các địa điểm còn lại.

Sự biến thiên về độ nhớt trong quá trình gia nhiệt tinh bột (9%) trong nước của giống lúa mì Derrimut và Guardian đại diện cho tất cả các giống được chọn nghiên cứu (Hình 4). Hình 4 cho thấy rằng sự thay đổi độ nhớt của tinh bột từ giống khác nhau và khi trồng ở các địa điểm khác nhau thì khác nhau. Tinh bột của cùng một giống nhưng nếu trồng ở các địa điểm khác nhau cũng có độ nhớt khác nhau.



Hình 4: Biến thiên độ nhớt tinh bột của hai giống lúa mì được trồng từ các địa điểm khác nhau

Bảng 2: Trung bình bình phương (Mean square) độ sai lệch của về tính chất nhiệt và độ nhớt tinh bột do tác động của giống, địa điểm trồng và sự tương tác giữa chúng

Nhân tố	To	Tp	Tc	ΔH	PV	BD	FV	PT
G	1,0**	1,5***	1,8**	0,6	12272,4***	4,3	11627,0***	265,6***
L	0,6	1,1***	1,8**	14,2***	1132,3***	162,2***	1564,4***	29,8***
GxL	0,3	0,2*	0,3	0,4	516,7***	14,3	628,1***	8,8***
Sai số	0,2	0,1	0,4	1,1	21,1	11,2	14,2	1,4

Chú thích: G (genotype), giống; L (location), địa điểm; To (onset temperature), nhiệt độ bắt đầu hồ hóa; Tp (peak temperature, nhiệt độ hồ hóa trung bình; Tc (conclusion temperature), nhiệt độ hồ hóa kết thúc; ΔH , enthalpy (J/g); Các giá trị được chỉ định *, **, *** tương ứng với sự khác biệt đáng kể với $p < 0,05$, $0,01$ và $0,001$.

Bảng 2 cho thấy rằng giống ảnh hưởng đáng kể ($p < 0,001$) đến sự thay đổi của nhiệt độ trung bình (Tp), độ nhớt cực đại (PV), độ nhớt cuối (FV) và nhiệt độ dịch hóa (PT). Địa điểm trồng trọt ảnh hưởng mạnh ($p < 0,001$) đến sự thay đổi của Tp, enthalpy (ΔH), PV, sự giảm độ nhớt (BD), FV và PT. Sự tương tác giữa gen (giống) và môi trường trồng trọt (địa điểm) có ảnh hưởng rõ rệt đến sự thay đổi của PV, FV và PT.

Bảng 3 cho thấy rằng phần trăm ảnh hưởng của giống đến sự thay đổi đáng kể Tp, PV, FV và PT là 47,0%, 83,1%, 78,8% và 82,6%, tương ứng. Môi trường trồng trọt (địa điểm) ảnh hưởng 60,0% và 54,1% đối với sự thay đổi của enthalpy và BD. Sự tương tác giữa giống và môi trường chiếm 39,3%, 19,1% 10,5% và 12,8% cho sự thay đổi của To, BD, PV và FV.

Bảng 3: Thành phần phương sai (variance component) độ lệch của tính chất nhiệt và độ nhớt tinh bột do tác động giống, địa điểm trồng trọt và sự tương tác giữa chúng

Nhân tố	To	Tp	Tc	ΔH	PV	BD	FV	PT
Giống (G)	40,1	47,0	41,6	13,2	83,1	11,9	78,8	82,6
Địa điểm (L)	12,6	24,3	33,2	60,0	5,8	54,1	8,0	7,0
GxL	39,3	16,9	13,7	6,6	10,5	19,1	12,8	8,2
Sai số	8,1	11,9	11,6	20,2	0,7	14,9	0,5	2,2

Bảng 4 cho thấy rằng hàm lượng nitơ trong đất có độ tương quan chặt chẽ ($p < 0,001$) và âm (ngược) đối với enthalpy, PV và FV. Nhiệt

độ trung bình tối thiểu (Tmin) có độ tương quan cao ($p < 0,001$) và âm đối với sự giảm độ nhớt (BD). Điều kiện trồng trọt (carbon hữu

ơ, Tmax trước khi ra hoa và Tmin trước khi ra hoa) có hệ số tương quan trung bình ($p < 0,01$) và dương (thuận) với enthalpy (ΔH). Lượng mưa trước khi ra hoa có mối tương quan trung bình ($p < 0,01$) và âm đối với sự giảm độ nhớt (BD). Nhiệt độ trung bình cực đại (Tmax) trong khi hạt phát triển có hệ số tương quan trung bình ($p < 0,01$) và âm với PV và FV.

Nghiên cứu này cho thấy rằng tính chất nhiệt đo bằng DSC chịu ảnh hưởng chủ yếu bởi môi trường (địa điểm trồng trọt), trong khi độ nhớt dịch hóa thay đổi do kiểu gen (giống lúa mì). Tương tự, các kết quả khác của những

người khác (Ng K. Y. *et al.*, 1997) cho thấy rằng tính chất nhiệt DSC của tinh bột ngô chịu ảnh hưởng mạnh bởi môi trường trồng trọt. Tuy nhiên, nhiệt độ DSC của tinh bột gạo chịu ảnh hưởng chủ yếu của kiểu gen (Bao *et al.*, 2007). Trong phần khác của nghiên cứu cho thấy sự ảnh hưởng của giống và môi trường trồng trọt đến tính chất vật lý (kích thước hạt tinh bột) và thành phần hóa học của tinh bột (hàm lượng tinh bột, hàm lượng amylose tổng số, amylose tự do và amylose liên kết với lipid), từ đó ảnh hưởng gián tiếp đến tính chất chức năng của tinh bột (nhiệt độ hồ hóa, enthalpy hồ hóa, độ nhớt và nhiệt độ dịch hóa).

Bảng 4: Hệ số tương quan giữa điều kiện trồng trọt và tính chất chức năng của tinh bột từ lúa mì

Yếu tố	To	Tp	Tc	ΔH	PV	BD	FV	PT
Cấu trúc đất	-0,28	0,10	0,29	0,57**	0,19	-0,25	0,22	-0,12
Nitrogen	0,22	0,02	-0,19	-0,63***	-0,66***	-0,37	-0,68***	0,11
Phosphorous	0,11	0,28	0,13	-0,35	-0,11	-0,05	-0,09	0,13
Carbon hữu cơ	-0,29	0,06	0,23	0,55**	0,37	-0,03	0,40*	-0,07
Số ngày không mây	bf 0,08	0,49*	0,54*	0,09	-0,14	-0,31	-0,11	-0,09
	gf 0,30	0,48*	0,36	-0,40*	-0,29	-0,14	-0,28	0,03
Lượng mưa	bf -0,09	0,23	0,28	0,14	-0,26	-0,52**	-0,24	-0,06
	gf -0,07	0,39	0,49*	0,28	0,03	-0,28	0,06	-0,09
Tmax	bf -0,17	0,13	0,39	0,64**	0,04	-0,34	0,05	-0,24
	gf 0,22	0,10	0,00	-0,43*	-0,54**	-0,25	-0,56**	-0,01
Tmin	bf -0,12	-0,21	0,03	0,54**	-0,10	-0,34	-0,12	-0,23
	gf -0,02	0,21	0,40*	0,37	-0,37	-0,65***	-0,37	-0,23

Chú thích: Hệ số tương quan Pearson cho biết mức ý nghĩa tại $\alpha = 0,05$. Với 23 mẫu, hệ số tương quan tối thiểu ($r = 0,40$) có mức độ ý nghĩa đáng kể với $p = 0,05$. Các giá trị được chỉ định *, **, *** tương ứng với mức độ ý nghĩa đáng kể $p < 0,05, 0,01$ và $0,001$

4 KẾT LUẬN

Nghiên cứu này cho thấy rằng kiểu gen (giống lúa mì) có ảnh hưởng chủ yếu đến nhiệt độ hồ hóa, độ nhớt và nhiệt độ dịch hóa. Môi trường (địa điểm trồng trọt) ảnh hưởng mạnh đến enthalpy hồ hóa và sự giảm độ nhớt. Tính chất của đất (hàm lượng nitơ và carbon hữu cơ) có mối tương quan với enthalpy hồ hóa, độ nhớt cực đại và độ nhớt cuối. Nhiệt độ môi trường (Tmax và Tmin) trước khi ra hoa và trong quá trình hạt phát triển có liên quan với tính chất nhiệt và tính chất dịch hóa của tinh bột từ lúa mì.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Baik, B.-K., Park, C. S., Paszczyńska, B., and Konzak, C. F. 2003. Characteristics of Noodles

and Bread Prepared from Double-Null Partial Waxy Wheat. *Cereal Chemistry* 80(5): 627-633.

2. Bao, J. S., Shen, S. Q. and Xia, Y. W. 2006. Analysis of Genotype \times Environment Interaction Effects for Starch Pasting Viscosity Characteristics in Indica Rice. *Acta Genetica Sinica* 33(11): 1007-1013.

3. Bao, J., Sun, M. and Corke, H. 2007. Analysis of genotypic diversity in starch thermal and retrogradation properties in nonwaxy rice. *Carbohydrate Polymers* 67(2): 174-181.

4. Guo, G., Jackson, D. S., Graybosch, R. A. and Parkhurst, A. M. 2003. Asian Salted Noodle Quality: Impact of Amylose Content Adjustments Using Waxy Wheat Flour1. *Cereal Chemistry* 80(4): 437-445.

5. Jane, J., Chen, Y. Y., Lee, L. F., McPherson, A. E., Wong, K. S., Radosavljevic, M. and Kasemsuwan, T. (1999). Effects of Amylopectin Branch Chain Length and Amylose Content on the Gelatinization and Pasting Properties of Starch1. *Cereal Chemistry* 76(5): 629-637.
6. Konik, C. M., Miskelly, D. M., and Gras, P. W. 1993. Starch Swelling Power, Grain Hardness and Protein: Relationship to Sensory Properties of Japanese Noodles. *Starch - Stärke* 45(4): 139- 144.
7. Ng, K. Y., Pollak, L. M., Duvick, S. A. and White, P. J. 1997. Thermal Properties of Starch from 62 Exotic Maize (*Zea mays* L.) Lines Grown in Two Locations. *Cereal Chemistry* 74(6): 837-841.
8. Ragae, S. Abdel-Aal, and E. S. M. 2006. Pasting properties of starch and protein in selected cereals and quality of their food products. *Food Chemistry* 95(1): 9-18.
9. Takahiro, N., Takuji, T., Shozo, T., and Ikuo, S. 2001. Relationship Between Physicochemical Properties of Starches and White Salted Noodle Quality in Japanese Wheat Flours. *Cereal Chemistry* 78(4): 395-399.
10. Tester, R. F. and Karkalas, J. 2001. The Effects of Environmental Conditions on the Structural Features and Physico-chemical Properties of Starches. *Starch - Stärke*, **53**(10): 513-519.
11. Van Hung, P., Maeda, T. and Morita, N. 2006. Waxy and high-amylose wheat starches and flours characteristics, functionality and application. *Trends in Food Science & Technology* 17(8): 448-456.
12. Vignaux, N., Doehlert, D. C., Elias, E. M., McMullen, M. S., Grant, L. A. and Kianian, S. F. 2005. Quality of Spaghetti Made from Full and Partial Waxy Durum Wheat. *Cereal Chemistry* 82(1): 93-100.
13. Yamamori, M. and Quynh, N. T. (2000). Differential effects of Wx-A1, -B1 and -D1 protein deficiencies on apparent amylose content and starch pasting properties in common wheat. *TAG Theoretical and Applied Genetics* 100(1): 32-38.
Reports of wheat crops grown in NVT <http://nytonline.com.au/reports>, assessed on 15/8/2011.
Climate Data Online in Bureau of Meteorology, <http://www.bom.gov.au/climate/data/?ref=fr>, assessed on 20/8/2011.