

KHẢO SÁT VÀ SO SÁNH HÀM LƯỢNG PETOSAN TRONG MỘT SỐ LOẠI HẠT NGŨ CỐC Ở VIỆT NAM

Nguyễn Văn Lâm^{1*}, Lại Thị Ngọc Hà¹, Nguyễn Hương Thủy¹, Nguyễn Thị Thu Hoài², Phạm Thị Bình²

¹*Bộ môn Hoá sinh - CNSHTP, khoa Công nghệ Thực phẩm, Trường Đại học Nông nghiệp Hà Nội*

²*Lớp BQCBK54, khoa Công nghệ Thực phẩm, Trường Đại học Nông nghiệp Hà Nội*

Email*: nvlamcntp@hua.edu.vn

Ngày gửi bài: 29.05.2012

Ngày chấp nhận: 28.07.2012

TÓM TẮT

Pentosan là polysaccharide vừa đóng vai trò như là một chất xơ đồng thời có chức năng như một prebiotic. Pentosan có vai trò làm giảm nguy cơ ung thư đại tràng, thúc đẩy khả năng hấp thụ các chất khoáng và tăng cường đáp ứng miễn dịch. Trong nghiên cứu này, hạt của 10 giống lúa, 10 giống ngô và 13 giống cao lương được tiến hành phân tích hàm lượng pentosan tổng số và pentosan hoà tan. Kết quả cho thấy, hàm lượng pentosan tổng số và pentosan hoà tan trong 3 loại hạt là khác nhau, trong đó hàm lượng pentosan của ngô là cao nhất. Hàm lượng pentosan cũng khác nhau giữa các giống của cùng một loại hạt. Hàm lượng pentosan tổng số của các giống lúa dao động từ 0,54 đến 1,65% (% chất khô), trong khi ở cao lương dao động từ 0,36 đến 2,33%. Đối với ngô, hàm lượng pentosan tổng số dao động từ 2,81 đến 4,17%. Hàm lượng pentosan hoà tan tương đối thấp so với hàm lượng pentosan tổng số, ở gạo từ 0,01 đến 0,02%, cao lương 0,01 đến 0,03% và ở ngô 0,02 đến 0,1%.

Từ khoá: Arabinoxylan, cao lương, lúa, ngô, pentosan.

Determination and Comparison of Pentosan Content from Several Cereal Grain in Vietnam

ABSTRACT

Pentosans are polysaccharides which exhibit both dietary fibre and prebiotic properties. Consumption of pentosan prevents the growth of colon cancer, promotes absorption of minerals and enhances immune system. In this study, the grain of 10 rice, 10 maize and 13 sorghum cultivars were selected to analyse pentosan concentration. The results showed that total and water-soluble pentosan content varied among these cereals, among these maize grains contain highest concentration. Wide variation in pentosan concentration was also found within each grain group. Total and water-soluble pentosan content ranged from 0.54 to 1.65% and 0.01 to 0.02%, for rice cultivars; 0.36 to 2.33% and 0.01 to 0.03%, for sorghum cultivars; 2.81 to 4.17% and 0.02 to 0.1%, for maize cultivars, respectively.

Keywords: Arabinoxylans, maize, pentosans, rice, sorghum.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Pentosan là carbohydrate được xem như là một prebiotic và còn có đặc điểm của một chất xơ. Vì vậy, chúng có vai trò quan trọng đối với sức khoẻ con người (Ferguson, 1999; Grootaert & cs., 2007; Saulnier & cs., 2007). Hợp chất này không được hấp thụ ở ruột non nhưng khi đến ruột già chúng được lên men chọn lọc nhờ những vi khuẩn có ích trong đường ruột (Roberfroid, 2005). Quá trình lên men nhờ các vi khuẩn

Bifidobacteria sinh ra các acid béo mạch ngắn có lợi cho con người như làm giảm nguy cơ mắc bệnh ung thư ruột kết (Jacobsen & cs., 2006), cải thiện sự hấp thụ các chất khoáng như magiê, canxi và sắt (Roberfroid, 1999; Scholz-Ahrens & cs., 2001), và có tác dụng tốt đối với người mắc bệnh tiểu đường (Ayman & cs., 2006; Rumessen và Gudmand-Hoyer, 1998). Ngoài ra, pentosan còn kích thích và tăng cường hệ miễn dịch (Cholujova & cs., 2009; Ghoneum & cs., 2008).

Pentosan được cấu tạo bởi một mạch chính gồm các gốc đường β -D-xylopyranose liên kết với nhau qua liên kết (1 \rightarrow 4) và các mạch nhánh chủ yếu là đường α -L-arabinofuranose (Saulnier & cs., 2007). Ngoài ra, trong thành phần cấu tạo của pentosan còn có các acid ferulic và dạng dimme của acid này liên kết với đường arabinose (Schooneveld-Bergmans & cs., 1999) và chúng có vai trò như là cầu nối giữa các polymer ở trong thành tế bào (de O. Buanafina, 2009). Dựa vào độ hoà tan, pentosan được phân thành hai nhóm: pentosan hoà tan trong nước và pentosan không hoà tan trong nước (Li & cs., 2009). Pentosan hoà tan chỉ chiếm một phần nhỏ so với pentosan không hoà tan nhưng được nghiên cứu nhiều hơn.

Petosan đã được sản xuất thành những sản phẩm thương mại như MGN-3 (Ghoneum & cs., 2008). Đây là sản phẩm được chiết xuất từ cám gạo và được thuỷ phân một phần thành các oligosaccharide bởi các enzyme (Ghoneum và Gollapudi, 2003). Ngoài ra, pentosan có thể được cơ thể thu nhận trực tiếp từ những nguồn thực phẩm đặc biệt là từ các hạt ngũ cốc như lúa mì, lúa mạch, lúa nước, ngô và cao lương (Izydorczyk và Biliaderis, 1995; Niño-Medina & cs., 2009). Lúa nước, ngô và cao lương là những cây lương thực quan trọng của Việt Nam cũng như nhiều nước khác trên thế giới, vì vậy tìm ra nguồn thực phẩm giàu pentosan hoặc nâng cao chất lượng của những hạt ngũ cốc này có ý nghĩa rất quan trọng đối với sức khoẻ con người. Trong nghiên cứu này chúng tôi tiến hành khảo sát và so sánh hàm lượng petosan của một số hạt ngũ cốc phổ biến ở Việt Nam gồm lúa nước, ngô và cao lương.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Vật liệu

Các mẫu hạt lúa và cao lương được thu tại Trung tâm JICA, Khoa Nông học, Trường Đại học Nông nghiệp Hà Nội.

Mẫu lúa gồm các giống: G2 (chịu mặn), G3 (chịu mặn), G4 (chịu mặn), G5 (chịu mặn), G7 (chịu mặn), TN3 (giống chịu hạn), Hương Việt 3, Swana- Sub1 (giống chịu ngập), U17 (chịu úng), IR64-Sub1 (chịu ngập) được trồng ở Việt Nam.

Mẫu cao lương bao gồm các giống: 8985, 8973 (29a), 8940 (41b), 8974 (37), 19 (21a), S22 (9b), S22 (9a), 8980 (33b), 12437 (51a), S34 (T2010), S27 (116), S2 (T2010).

Mẫu ngô được thu tại Viện Nghiên cứu Ngô gồm các giống: LCH9, LVN10, LVN61, LVN99 và LVN885; thu tại Công ty Bioseed Việt Nam gồm các giống: Bioseed B21 và Bioseed B9698; và thu tại một số địa phương: LVN9, BM69 và NK4300.

2.2. Chuẩn bị mẫu

Mẫu hạt lúa và hạt cao lương sau khi thu về được bóc vỏ trấu. Sau đó cả ba loại hạt gạo, ngô và cao lương được nghiền nhỏ bằng máy nghiền Panasonic MX-795N. Các mẫu bột này sau đó được sấy khô ở 70°C trong 24 h trước khi tiến hành phân tích.

2.3. Phương pháp xác định hàm lượng pentosan

Pentosan được xác định bằng phương pháp so màu của Douglas (1981).

Nguyên lý

Phương pháp này dựa trên phản ứng đặc trưng giữa furfural được chuyển hóa từ pentoses và phloroglucinol cho ra phức hợp màu furfural/phloroglucinol, phức hợp màu có độ hấp thụ cao nhất ở bước sóng 552nm và độ hấp thụ thấp ở bước sóng 510nm. Tuy nhiên, phức hợp hydroxyl-methyl-furfural/phloroglucinol được tạo ra từ hexose có độ hấp thụ giống nhau ở cả hai bước sóng 552nm và 510nm, vì thế lượng pentoses có thể được xác định dựa trên sự hấp thụ khác nhau giữa hai bước sóng 552nm và 510nm (Rouau và Surget, 1994).

Chuẩn bị dung dịch phản ứng

Dung dịch phloroglucinol 20%: Hoà tan 10g phloroglucinol trong 50ml dung dịch ethanol 99%.

Dung dịch glucose 1,75%: Hoà tan 1,75g glucose trong 100ml nước cất.

Pha dung dịch phản ứng gồm: 110ml acid acetic 99,5%; 2ml acid hydrochloric 37%; 5ml Phloroglucinol 20% w/v trong ethanol; 1ml glucose 1,75% w/v.

Xây dựng đường chuẩn

Pha dung dịch chuẩn gốc D-xylose 1mg/ml: Hoà tan 100 mg đường xylose bằng nước cất và lên thể tích đến 100ml.

Chuẩn bị các điểm chuẩn: Đầu tiên dung dịch D-xylose 0,1 mg/ml được chuẩn bị bằng cách hút 5ml dung dịch D-xylose gốc và pha loãng bằng nước cất đến 50ml. Sau đó các điểm chuẩn có chứa lượng D-xylose là 0; 0,05; 0,1; 0,15 và 0,2 mg được chuẩn bị như trong bảng 1.

Bảng 1. Các điểm chuẩn D-xylose

Điểm chuẩn (mg xylose)	0	0,05	0,1	0,15	0,2
V _{Xylose 0.1 mg/ml} (ml)	0	0,5	1	1,5	2
V _{nước cất} (ml)	2	1,5	1	0,5	0

Sau khi chuẩn bị xong các điểm chuẩn, thêm vào mỗi ống 10ml dung dịch phản ứng đã pha, lắc đều trước khi cho vào bể ổn nhiệt ở 100°C trong 25 phút, cứ 10 phút thì lắc ống nghiệm một lần. Sau đó làm mát và đo độ hấp thụ quang tại bước sóng 552nm và 510nm.

Xác định hàm lượng pentosan tổng số

Cân 5 mg mẫu cho vào ống nghiệm thủy tinh có nắp. Thêm vào 2ml nước cất, lắc đều sau đó cho thêm 10ml dung dịch phản ứng đã chuẩn bị. Đặt ống nghiệm trong bể ổn nhiệt (100°C) trong thời gian 25 phút, làm nguội và đo độ hấp thụ ở bước sóng 552nm và 510nm. Thí nghiệm

được lặp lại 3 lần. Mỗi thí nghiệm đều có dung dịch chuẩn đi kèm.

Xác định hàm lượng pentosan hoà tan

Cân 0,5g mẫu trong ống falcon 15ml, thêm vào 4ml nước cất. Dùng máy vortex lắc đều trong thời gian 30 phút. Sau đó tiến hành ly tâm với tốc độ 6000 vòng/phút trong thời gian 15 phút. Thu lấy dịch trong dùng cho thí nghiệm xác định hàm lượng pentosan hoà tan.

Hút 1ml dịch chiết sang ống nghiệm thủy tinh có nắp, thêm vào 1ml nước cất. Sau đó, thêm vào 10ml dung dịch phản ứng. Đặt ống nghiệm vào bể ổn nhiệt (100°C) trong thời gian 25 phút. Làm nguội và đo độ hấp thụ quang ở bước sóng 552nm và 510nm. Thí nghiệm được lặp lại 3 lần. Mỗi thí nghiệm đều có dung dịch chuẩn đi kèm.

Tính hàm lượng pentosan

Hàm lượng pentosan được tính dựa trên sự chênh lệch giữa độ hấp thụ quang của dung dịch phức màu tại bước sóng 552nm và 510nm.

2.4. Xử lý thống kê

Các giá trị trung bình được so sánh bằng ANOVA trong phần mềm SPSS 16.0.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Sự biến đổi hàm lượng pentosan trong hạt của các giống lúa

Bảng 2. Hàm lượng pentosan trong hạt của các giống lúa

STT	Giống lúa	Pentosan tổng số (%)	Pentosan hoà tan (%)
1	G2 (giống chịu mặn)	0,54 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,0000 ^a
2	G7 (giống chịu mặn)	0,56 ± 0,06 ^a	0,01 ± 0,0012 ^b
3	U17 (giống chịu úng)	0,59 ± 0,02 ^a	0,01 ± 0,0005 ^b
4	G5 (giống chịu mặn)	0,65 ± 0,03 ^{ab}	0,01 ± 0,0003 ^b
5	IR64-Sub1 (giống chịu ngập)	0,81 ± 0,02 ^b	0,02 ± 0,0009 ^c
6	G4 (giống chịu mặn)	0,84 ± 0,03 ^b	0,01 ± 0,0009 ^b
7	Swana-Sub1 (giống chịu ngập)	0,84 ± 0,02 ^b	0,01 ± 0,0010 ^b
8	G3 (giống chịu mặn)	0,91 ± 0,06 ^{bc}	0,00 ± 0,0000 ^a
9	TN3 (giống chịu hạn)	1,06 ± 0,02 ^c	0,02 ± 0,0005 ^c
10	Hương Việt 3	1,65 ± 0,08 ^d	0,01 ± 0,0005 ^b

Ghi chú: Các giá trị trung bình trong cùng một cột có chữ cái khác nhau thì kết quả khác nhau có ý nghĩa thống kê (P<0,05).

Kết quả cho thấy hàm lượng pentosan tổng số và pentosan hoà tan của hạt lúa biến đổi trong các giống thí nghiệm. Hàm lượng pentosan tổng số dao động từ 0,54 đến 1,65% (% chất khô), trong khi hàm lượng pentosan hoà tan dao động từ 0,00 đến 0,02% (Bảng 2).

Kết quả ở Bảng 2 cho thấy hàm lượng pentosan hoà tan chỉ chiếm một tỉ phần rất nhỏ so với hàm lượng pentosan không hoà tan. Lượng pentosan hoà tan trong nước rất ít là do phân tử pentosan là thành phần của thành tế bào, chúng có liên kết với nhau nhờ cầu nối ferulic acid và liên kết với các phân tử khác (Saulnier & cs., 2007). Những nghiên cứu trên hạt lúa mì và một số loại hạt ngũ cốc khác cũng cho thấy hàm lượng pentosan hoà tan chỉ chiếm một phần rất nhỏ so với pentosan không hoà tan (Li & cs., 2009; Vinkx và Delcour, 1996).

Sự khác nhau về hàm lượng pentosan giữa các giống lúa có thể là do đặc điểm di truyền. Kết quả cho thấy hàm lượng pentosan tổng số cao nhất trong hạt của hai giống lúa Hương Việt 3 (1,65%) và TN3 (1,06%). Hai giống lúa này đều là những giống có tính chống chịu hạn cao. Những kết quả nghiên cứu gần đây cho thấy khả năng chống chịu hạn có liên quan tới sự tích lũy một số carbohydrate như raffinose, galactoinol và fructan (Valliyodan và Nguyen, 2006). Đặc biệt fructan là một polysaccharide có vai trò quan trọng đối với tính chịu hạn của thực vật.

Từ hình 2 có thể thấy hàm lượng pentosan hoà tan không có sự khác nhau đáng kể giữa các giống lúa. Tuy nhiên giống chịu hạn TN3 có hàm lượng pentosan hoà tan cao nhất (0,02%).

3.2. Sự biến đổi hàm lượng pentosan trong hạt của các giống ngô

Hàm lượng pentosan cũng khác nhau giữa 10 giống ngô nghiên cứu (Bảng 3). Hàm lượng pentosan tổng số trên các giống ngô dao động trong khoảng 2,81 - 4,17% và hàm lượng pentosan hoà tan dao động từ 0,02 đến 0,1%. Kết quả cũng cho thấy hàm lượng pentosan hoà tan của hạt ngô chỉ chiếm một phần nhỏ so với pentosan không hoà tan.

Hai giống ngô có hàm lượng pentosan tổng số cao nhất là MB69 (4,16%) và B21 (4,17%). Hàm lượng pentosan hoà tan của hai giống ngô này cũng cao nhất, đều là 0,1%. Điều đặc biệt, hai giống ngô này cũng là những giống có khả năng chống chịu hạn rất cao.

Hàm lượng pentosan hoà tan giữa các giống ngô có sự khác biệt lớn hơn so với ở lúa. Sự khác nhau về hàm lượng pentosan hoà tan giữa các giống ngô có thể liên quan đến tỷ lệ arabinose/xylose, giống ngô nào có hàm lượng pentosan hoà tan lớn hơn thì có tỷ lệ arabinose/xylose thấp hơn. Mức độ phân nhánh của các phân tử pentosan liên quan đến khả năng hòa tan của các pentosan. Pentosan không

Bảng 3. Hàm lượng pentosans của các giống ngô

STT	Giống ngô	Pentosan tổng số (%)	Pentosan hoà tan (%)
1	LVN885	2,81 ± 0,04 ^a	0,02 ± 0,006 ^a
2	NK4300	2,90 ± 0,04 ^a	0,06 ± 0,000 ^b
3	LVN10	3,23 ± 0,10 ^b	0,06 ± 0,006 ^{bc}
4	LVN61	3,26 ± 0,05 ^{bc}	0,05 ± 0,006 ^b
5	LVN99	3,30 ± 0,08 ^{bc}	0,07 ± 0,000 ^b
6	LCH9	3,32 ± 0,01 ^{bc}	0,07 ± 0,010 ^{cb}
7	B9698	3,43 ± 0,09 ^c	0,08 ± 0,010 ^{cd}
8	LVN9	3,65 ± 0,04 ^d	0,09 ± 0,000 ^{de}
9	MB69	4,16 ± 0,05 ^e	0,10 ± 0,000 ^e
10	B21	4,17 ± 0,04 ^e	0,10 ± 0,006 ^e

Ghi chú: Các giá trị trung bình trong cùng một cột có chữ cái khác nhau thì kết quả khác nhau có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$).

Bảng 4. Hàm lượng pentosan của các giống cao lương

STT	Giống cao lương	Pentosan tổng số (%)	Pentosan hòa tan (%)
1	S22(9b)	0,36 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,0000 ^a
2	S2(T2010)	0,80 ± 0,03 ^b	0,00 ± 0,0000 ^a
3	8980	1,43 ± 0,03 ^c	0,01 ± 0,0010 ^b
4	S34(T2010)	1,45 ± 0,05 ^c	0,01 ± 0,0011 ^b
5	8985	1,50 ± 0,02 ^{cd}	0,01 ± 0,0010 ^b
6	8980(33b)	1,51 ± 0,04 ^{cd}	0,01 ± 0,0006 ^b
7	12437(51a)	1,56 ± 0,07 ^{de}	0,01 ± 0,0011 ^b
8	S27(116)	1,56 ± 0,04 ^{de}	0,02 ± 0,0015 ^c
9	8940	1,64 ± 0,02 ^{ef}	0,02 ± 0,0012 ^c
10	S22(9a)	1,68 ± 0,02 ^f	0,02 ± 0,0006 ^c
11	19(21a)	1,69 ± 0,02 ^f	0,02 ± 0,0021 ^c
12	8974(37)	2,02 ± 0,04 ^g	0,02 ± 0,0006 ^c
13	8973(29a)	2,33 ± 0,05 ^h	0,03 ± 0,0031 ^d

Ghi chú: Các giá trị trung bình trong cùng một cột có chữ cái khác nhau thì kết quả khác nhau có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$).

hòa tan có nhiều nhánh hơn pentosan hòa tan. Ngoài ra, các pentosans càng có nhiều liên kết với axit ferulic thì khả năng hòa tan của chúng càng giảm đi. Như vậy có thể các giống ngô mà trong phân tử pentosans của chúng có tỷ lệ arabinose/xylose thấp hơn và có ít acid ferulic hơn thì giống ngô đó có hàm lượng pentosan hòa tan lớn hơn.

3.3. Hàm lượng pentosan của các giống cao lương

Hàm lượng pentosan tổng số của các giống cao lương dao động trong khoảng 0,36-2,3%. Trong đó 2 giống có hàm lượng pentosan tổng số cao nhất là 8973(29a) (2,33%), 8974(37) (2,02%) và thấp nhất là 2 giống S22(9b) (0,36%) và S2(T2010) (0,8%), giữa các giống còn lại có sự khác nhau không có ý nghĩa (Bảng 4). Do các mẫu cao lương này được trồng ở cùng điều kiện môi trường nên sự khác nhau về hàm lượng pentosan tổng số giữa các giống cao lương có thể chủ yếu do đặc tính di truyền.

Như vậy, hàm lượng pentosan hòa tan ở các mẫu cao lương dao động trong khoảng 0,00-0,03%. Giống có hàm lượng pentosan hòa tan cao nhất là 8973(29a) và cũng là giống có hàm lượng pentosan tổng số cao nhất, thấp nhất là 2 giống S22(9b), S2(T2010).

Từ kết quả phân tích hàm lượng pentosan trên ba loại hạt ngũ cốc gồm lúa, ngô và cao lương cho thấy nhìn chung hàm lượng pentosan của ngô là cao nhất còn ở lúa là thấp nhất. Do vậy ngô là một nguồn cung cấp pentosan tiềm năng để nâng cao sức khỏe con người.

4. KẾT LUẬN VÀ ĐỀ NGHỊ

Nghiên cứu này cho thấy hàm lượng pentosan giữa 3 loại hạt ngũ cốc nghiên cứu là khác nhau, trong đó hàm lượng chất này ở ngô là cao nhất.

Hàm lượng pentosan cũng khác nhau giữa các giống của cùng một loại hạt. Cụ thể hàm lượng pentosan tổng số của các giống lúa, ngô và cao lương dao động lần lượt trong khoảng 0,54-1,65%, 2,81-4,17% và 0,36-2,3%.

Những kết quả nghiên cứu trên mới chỉ bước đầu khảo sát hàm lượng pentosan trên một số loại hạt. Đề nghị tiếp tục nghiên cứu một số hướng như sau:

Ảnh hưởng của yếu tố kiểu gene và môi trường đến hàm lượng pentosan. Lai tạo ra các giống ngũ cốc có hàm lượng pentosan cao. Nghiên cứu mối liên hệ giữa sự tích lũy pentosan và khả năng chống chịu hạn. Tinh sạch pentosan từ nguồn giàu pentosan.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Ayman E., A.H. Sania, M.K. Ahmed (2006) Studies on production of soda crackers biscuits for diabetics. *Annual Agriculture Science* 49:585-595.
- Cholujova D., J. Jakubikova, J. Sedlak (2009) BioBran-augmented maturation of human monocyte-derived dendritic cells. *Neoplasma* 56:89-95.
- de O. Buanafina M.M. (2009) Feruloylation in Grasses: Current and Future Perspectives. *Mol Plant* 2:861-872. DOI: 10.1093/mp/ssp067.
- Ferguson L.R. (1999) Wheat bran and cancer: The role of dietary fibre. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition* 8.
- Ghoneum M., S. Gollapudi (2003) Modified arabinoxylan rice bran (MGN-3/Biobran) sensitizes human T cell leukemia cells to death receptor (CD95)-induced apoptosis. *Cancer Letters* 201:41-49.
- Ghoneum M., M. Matsuura, S. Gollapudi (2008) Modified arabinoxylan rice bran (MGN-3/biobran) enhances intracellular killing of microbes by human phagocytic cells in vitro. *International Journal of Immunopathology and Pharmacology* 21:87-95.
- Grootaert C., J.A. Delcour, C.M. Courtin, Broekaert W.F., Verstraete W., Van de Wiele T. (2007) Microbial metabolism and prebiotic potency of arabinoxylan oligosaccharides in the human intestine. *Trends in Food Science & Technology* 18:64-71.
- Izydorczyk M.S., C.G. Biliaderis (1995) Cereal arabinoxylans: advances in structure and physicochemical properties. *Carbohydrate Polymers* 28:33-48.
- Jacobsen H., M. Poulsen, L.O. Dragsted, G. Ravn-Haren, O. Meyer, R.H. Lindecrona (2006) Carbohydrate digestibility predicts colon carcinogenesis in azoxymethane-treated rats. *Nutrition and Cancer-an International Journal* 55:163-170.
- Li S.B., C.F. Morris, A.D. Bettge (2009) Genotype and Environment Variation for Arabinoxylans in Hard Winter and Spring Wheats of the US Pacific Northwest. *Cereal Chemistry* 86:88-95. DOI: 10.1094/cchem-86-1-0088.
- Niño-Medina G., E. Carvajal-Millán, A. Rascon-Chu, J. Marquez-Escalante, V. Guerrero, E. Salas-Muñoz (2009) Feruloylated arabinoxylans and arabinoxylan gels: structure, sources and applications. *Phytochemistry Reviews*.
- Roberfroid M.B. (1999) Concepts in Functional Foods: The Case of Inulin and Oligofructose. *J. Nutr.* 129:1398-.
- Roberfroid M.B. (2005) Introducing inulin-type fructans. *British Journal of Nutrition* 93:S13-S25. DOI: 10.1079/bjn20041350.
- Rumessen J.J., E. Gudmand-Hoyer (1998) Fructans of chicory: intestinal transport and fermentation of different chain lengths and relation to fructose and sorbitol malabsorption. *American Journal of Clinical Nutrition* 68:357-364.
- Saulnier L., P.E. Sado, G. Branlard, G. Charmet, F. Guillon (2007) Wheat arabinoxylans: Exploiting variation in amount and composition to develop enhanced varieties. *Journal of Cereal Science* 46:261-281. DOI: 10.1016/j.jcs.2007.06.014.
- Scholz-Ahrens K.E., G. Schaafsma, E.G. van den Heuvel, J.Schrezenmeir (2001) Effects of prebiotics on mineral metabolism. *Am J Clin Nutr* 73:459S-464.
- Schooneveld-Bergmans M.E.F., M.J.W. Dignum, J.H. Grabber, G. Beldman, A.G.J. Voragen (1999) Studies on the oxidative cross-linking of feruloylated arabinoxylans from wheat flour and wheat bran. *Carbohydrate Polymers* 38:309-317.
- Valliyodan B., H.T. Nguyen (2006) Understanding regulatory networks and engineering for enhanced drought tolerance in plants. *Current Opinion in Plant Biology* 9:189-195.
- Vinkx C.J.A., Delcour J.A. (1996) Rye (*Secale cereale*L.) Arabinoxylans: A Critical Review. *Journal of Cereal Science* 24:1-14.