

S. BENEDETTI<sup>1</sup>, C. CANINO<sup>1</sup>,  
M. VASTA<sup>2</sup>, M. COCCHI<sup>3</sup>,  
F. CANESTRARI<sup>1</sup>

## Effetti del consumo di pane bianco e di pane all'orzo sulla glicemia e sullo stress ossidativo postprandiale in pazienti con diabete di tipo II

PROGRESS IN NUTRITION  
VOL. 11, N. 4, 227-235, 2009

### TITLE

Effects of the consumption of white bread and barley bread on postprandial glycaemia and oxidative stress in patients with type II diabetes

### KEY WORDS

Barley,  $\beta$ -glucans, antioxidants, diabetes, glycaemia, oxidative stress

### PAROLE CHIAVE

Orzo,  $\beta$ -glucani, antiossidanti, diabete, glicemia, stress ossidativo

### Summary

Barley is a  $\beta$ -glucan rich cereal.  $\beta$ -glucan are soluble fibres able to reduce the glycaemic index with positive effects on postprandial glycaemia and insulinemia in diabetic subjects. At the same time, the content in antioxidant substances of barley can have a protective effect against the formation of pro-oxidant molecules found in plasma after a meal. In this context, our purpose was to evaluate in type II diabetic patients the effect of the consumption of barley bread, in comparison to white bread, on the postprandial levels of glucose and insulin; at the same time, plasmatic oxidative status and plasma antioxidant profile were monitored before and after the barley bread meal. As a result, we observed that the consumption of barley bread lead to a smaller raising of the postprandial glycaemia in comparison to the commune white bread; this was related to a reduction of plasmatic lipid and protein oxidation, and to a better preservation of the plasmatic antioxidant defence system. In conclusion, barley bread can be considered a functional food that can have benefits, also, in limiting cardiovascular complications in diabetic patients.

### Riassunto

L'orzo è un cereale ricco in  $\beta$ -glucani, fibre solubili in grado di ridurre l'indice glicemico con effetti positivi sulla glicemia e sull'insulinemia postprandiale nei soggetti diabetici. Allo stesso tempo, il contenuto in sostanze antiossidanti dell'orzo può avere un effetto protettivo contro la formazione di molecole pro-ossidanti che avviene nel plasma dopo il pasto. In questo contesto, il nostro scopo è stato quello di valutare in pazienti diabetici di tipo II l'effetto del consumo di pane all'orzo, rispetto al pane bianco, sui livelli postprandiali di glucosio e di insulina, monitorando allo stesso tempo lo stato ossidativo ed il profilo antiossidante plasmatico. Come risultato, si è osservato che il consumo di pane all'orzo porta a un minor innalzamento della glicemia postprandiale rispetto al comune pane bianco, ciò si traduce in una riduzione dei livelli di ossidazione a carico dei lipidi e delle proteine circolanti, e nella conservazione dei livelli dei principali antiossidanti plasmatici. In conclusione, il pane all'orzo può considerarsi un cibo funzionale che può portare benefici nel contrastare le complicanze diabetiche favorendo anche una maggiore protezione a livello cardiovascolare.

<sup>1</sup>Dipartimento di Scienze Biomolecolari, Sezione di Biochimica Clinica, Università degli Studi di Urbino "Carlo Bo"

<sup>2</sup>Centro Antidiabetico, ASUR Zona Territoriale 2, Urbino

<sup>3</sup>Facoltà di Medicina Veterinaria, Alma Mater Studiorum, Università di Bologna

Indirizzo per corrispondenza:

Dr.ssa Benedetti Serena  
Università degli Studi di Urbino "Carlo Bo"  
Dipartimento di Scienze Biomolecolari  
Sezione di Biochimica Clinica  
Via Ubaldini, 7 - 61029 Urbino (PU)  
Tel. +39 0722 351477  
Fax +39 0722 322370  
E-mail: serena.benedetti@uniurb.it

## Introduzione

L'impiego dell'orzo nell'alimentazione umana è stato di recente oggetto di crescente interesse in considerazione delle sue peculiari caratteristiche compositive che ne determinano un elevato valore nutrizionale. Grazie al considerevole livello di fibra solubile (essenzialmente  $\beta$ -glucani) e di composti ad attività antiossidante (vitamina E e carotenoidi), l'orzo può infatti essere valorizzato in campo dietetico per la produzione di alimenti a base di farina d'orzo.

L'interesse nei confronti dei  $\beta$ -glucani è legato al loro ruolo di fibra dietetica funzionale, in grado di resistere agli enzimi digestivi (1) ed eseguire una serie di attività favorevoli alla salute, quali una riduzione del tempo di transito intestinale (2), una riduzione del rischio di cancro colon rettile (3-5), un abbassamento della colesterolemia, una riduzione del livello di glucosio postprandiale e della conseguente risposta insulinica (6-9), una modifica del "pattern" di acidi grassi a catena corta (acidi propionico e butirrico) prodotti dalla popolazione microbica intestinale (10, 11) e una promozione dello sviluppo della popolazione microbica utile alla funzione intestinale (12, 13).

Nell'orzo ritroviamo anche altri composti biologicamente attivi che vengono comunemente classi-

ficati nel gruppo della vitamina E. Si tratta di otto isomeri denominati  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ -tocoferoli e  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ -tocotrienoli. L' $\alpha$ -tocotrienolo e l' $\alpha$ -tocoferolo sono gli isomeri predominanti. L'azione antiossidante dei tocoferoli avviene in più distretti dell'organismo e si traduce in una protezione dei lipidi di membrana dalla perossidazione, meccanismo implicato nei processi di invecchiamento e nella cancerogenesi (14). Reagendo con i radicali liberi, i tocoferoli producono idroperossidi relativamente stabili così da interrompere le reazioni a catena che sarebbero altrimenti distruttive per le biomolecole. Essi prevengono quindi la degenerazione e la morte cellulare.

Numerosi studi hanno anche dimostrato che l'orzo è in grado di ridurre i livelli ematici di colesterolo totale e di LDL e di limitare, conseguentemente, la possibilità di insorgenza di malattie cardiovascolari (15-16). Di questo effetto ipocolesterolemico sono principalmente responsabili la fibra solubile e l' $\alpha$ -tocotrienolo presenti nel cereale. La prima, il  $\beta$ -glucano, deve la sua attività alla viscosità che crea nel tratto gastrointestinale, capace di inibire l'assorbimento del colesterolo e accelerarne il catabolismo. Non solo: i batteri della microflora intestinale, provocando la fermentazione del  $\beta$ -glucano, favoriscono lo sviluppo di acidi grassi a catena corta quali gli acidi

butirrico e propionico, che ostacolano la sintesi epatica del colesterolo. La seconda sostanza con proprietà ipocolesterolemiche si trova nella frazione lipidica dell'orzo ed è l' $\alpha$ -tocotrienolo, un composto ad attività vitaminica E, che è risultato contrastare la sintesi del colesterolo attraverso l'inibizione dell'enzima che catalizza la sua biosintesi (idrossimetilglutaril-CoA riduttasi) (17).

In base alle caratteristiche sopra citate, il consumo di orzo può avere importanti effetti preventivi nei confronti di malattie degenerative come il diabete (18). Da una parte infatti, diversi esperimenti imputano ai polisaccaridi del cereale la capacità di influenzare positivamente la glicemia postprandiale e quindi la risposta insulinica. A questo effetto concorre il  $\beta$ -glucano il quale, determinando un aumento di viscosità nel tratto gastrointestinale, rallenta l'assorbimento dei carboidrati abbassando di conseguenza il tasso glicemico (19). Dall'altra parte, il contenuto in sostanze antiossidanti dell'orzo potrebbe avere un effetto protettivo contro la "marea montante" di sostanze ossidanti e radicali liberi che caratteristicamente si formano nel plasma in seguito al consumo di un pasto (20, 21). È importante sottolineare che la riduzione stessa della glicemia in seguito al consumo di orzo può contribuire al minor accumulo di molecole ossidan-

ti nel sangue dopo il pasto. Infatti, il glucosio in circolo si lega alle proteine plasmatiche (incluse le lipoproteine) formando composti denominati AGEs (Advanced Glycation/Glycoxidation Endproduct). Gli AGEs a loro volta si legano al proprio recettore (RAGE) situato sulla superficie delle cellule endoteliali che rivestono i vasi sanguigni, provocando la produzione di specie reattive dell'ossigeno (ROS, Reactive Oxygen Species). Una volta formati, i ROS attivano fattori di trascrizione nucleari (NF- $\kappa$ B) con conseguente attivazione di geni implicati nei processi infiammatori, immunitari ed aterosclerotici (22).

L'alto valore aggiunto delle due classi di composti ( $\beta$ -glucani e tocoferoli) può essere conferito ad alimenti comuni come pane e pasta o prodotti da forno. A tal fine, scopo di questo lavoro è stato quello di valutare in pazienti diabetici di tipo II l'effetto del consumo di pane all'orzo, rispetto al comune pane bianco, sui livelli postprandiali di glucosio e di insulina monitorando allo stesso tempo lo stato ossidativo ed il profilo antiossidante plasmatico del soggetto.

## Materiali e metodi

Dopo consenso informato, sono stati arruolati nello studio 12 soggetti diabetici di tipo 2 (M=7,

F=5, età media  $63.5 \pm 9.4$  anni), aventi un valore di emoglobina glicata (HbA1c) compreso tra 6 e 8% ed un indice di massa corporea (BMI) pari a  $28.8 \pm 2.6$ , ciascuno controllo di se stesso. Ogni soggetto ha assunto la mattina a digiuno, in 2 giorni diversi, un pasto standard costituito da: caffè (1), latte parzialmente scremato (150 ml) e pane comune bianco raffinato (60 g) il 1° giorno e la stessa colazione ma con pane all'orzo, nella stessa quantità, il 2° giorno. Il pane all'orzo, costituito per il 60% di farina d'orzo e per il 40% di farina di frumento, è stato gentilmente fornito dal panificio "La Casa del Pane" di Fossombrone (PU).

Nei 2 giorni, da ciascun paziente sono stati effettuati prelievi di sangue in provette eparinate sia a digiuno che dopo 1, 2 e 3 ore dal pasto. Come parametri metabolici sono stati dosati glicemia e insulinenemia presso il Laboratorio Analisi dell'ASUR Zona Territoriale 2 di Urbino; come marcatori di danno ossidativo alle biomolecole, sono stati valutati i livelli plasmatici di malonildialdeide (MDA, un sottoprodotto dell'ossidazione lipidica e in particolare delle lipoproteine circolanti) e di AOPP (prodotti di ossidazione avanzata delle proteine plasmatiche e in particolare dell'albumina). Per il monitoraggio dello stato antiossidante sono stati valutati i livelli

plasmatici di vitamina E ( $\alpha$ -tocoferolo), vitamina A (retinolo) e carotenoidi (luteina e  $\beta$ -carotene) quali antiossidanti liposolubili; ed i livelli dei tioli totali (gruppi SH delle proteine) quali maggiori antiossidanti idrosolubili.

I risultati sono stati espressi come media  $\pm$  errore standard; l'analisi statistica dei dati è stata effettuata mediante t-test per dati accoppiati, valori con  $p < 0.05$  sono stati considerati significativi.

## Dosaggio della MDA

La malonildialdeide (MDA) è un sottoprodotto della perossidazione lipidica formata dalla  $\beta$ -scissione degli acidi grassi polinsaturi. È stata determinata in HPLC (Jasco Corporation, Tokyo, Japan) mediante derivatizzazione con acido tiobarbiturico (TBA) secondo la procedura descritta da Argawal et al. (23). Per l'analisi cromatografica è stata utilizzata una colonna C<sub>18</sub> a fase inversa (5  $\mu$ m, 250 mm x 4,6 mm i.d.; Alltech, Italia), il composto è stato eluito ad un flusso di 0.8 ml/min con una fase mobile composta da tampone fosfato KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 50 mM, pH 6,8 e metanolo (40:60 v/v). Per la rivelazione del picco, il detector fotometrico (UV-vis) è stato settato a 532 nm. I dati sono stati analizzati con l'impiego del software Borwing 1.5 (Jasco Corporation, Tokyo, Japan).

### Dosaggio degli AOPP

Il livello plasmatico degli AOPP è stato misurato spettrofotometricamente come descritto da Witko-Sarsat et al. (24). La miscela di reazione è costituita da 200 µl di plasma diluito 1:5 in PBS 20 mM, 10 µl di KI 1.16 M e 20 µl di acido acetico, l'assorbimento è stato valutato a 340 nm contro il bianco reagente contenente 200 µl di PBS 20 mM al posto del plasma.

### Dosaggio degli antiossidanti plasmatici liposolubili

I livelli plasmatici di carotenoidi, vitamina A ed E sono stati determinati mediante HPLC (Jasco Corporation, Tokyo, Japan) con detector fotometrico e fluorimetrico a lunghezze d'onda variabili come descritto da Aebischer et al. (25). Per l'analisi cromatografica è stata utilizzata una colonna C<sub>18</sub> a fase inversa (5 µm, 250 mm x 4,6 mm i.d.; Alltech, Italia), i composti sono stati eluiti ad un flusso di 1.5 ml/min con una fase mobile composta da acetonitrile, tetraidrofurano, metanolo e ammonio acetato 1% (680:220:70:30 v/v). Il detector fotometrico (UV-vis) è stato programmato per monitorare a 450 nm la luteina e il β-carotene; il detector fluorimetrico è stato settato da 0 a 5 min con λ<sub>ecc</sub> a 330 nm e λ<sub>em</sub> a 470 per il retinolo (vitamina A), da 5 a 25 min con λ<sub>ecc</sub> a

298 nm e λ<sub>em</sub> a 328 nm per l'α-tocoferolo (vitamina E). I dati sono stati analizzati con l'impiego del software Borwing 1.5 (Jasco Corporation, Tokyo, Japan).

### Dosaggio dei tioli plasmatici

I tioli totali del plasma sono stati valutati spettrofotometricamente secondo la metodica descritta da Hu (26). Il metodo si basa sulla capacità dei gruppi SH di reagire con il DTNB (ditiobenzato o reagente di Elmann), seguito dallo sviluppo di un complesso colorato misurabile fotometricamente a 412 nm. L'intensità del colore sviluppato è direttamente proporzionale alla concentrazione dei tioli plasmatici totali.

## Risultati

I livelli ematici di glucosio (glicemia) e di insulina (insulinemia)

dopo il consumo dei due diversi tipi di pane sono riportati in tabella 1. Nel caso del pane bianco, a 60 minuti si riscontra un aumento della glicemia pari all'87% rispetto ai valori pre pasto (232±19 vs 124±8 mg/dl), mentre con il pane all'orzo l'aumento è del 77% (223±15 vs 126±9 mg/dl), si osserva cioè un minor picco glicemico (-10%) rispetto al pane bianco (Fig. 1). Dopo 3 ore dal consumo del pasto, i livelli ematici di glucosio nei pazienti che hanno assunto pane all'orzo continuano a mantenersi a valori più bassi (-23%) rispetto a quelli che si osservano dopo il consumo di pane bianco.

Per quanto riguarda l'insulinemia, a 60 minuti è presente un forte aumento dei valori ematici di insulina corrispondente al picco glicemico, tale aumento è del 350% dopo consumo di pane bianco (36±6 vs 8±1 µU/ml) e del 314% dopo consumo di pane all'orzo (29±4 vs

**Tabella 1** - Glicemia e insulinemia prima (tempo 0) e dopo il pasto a base di pane bianco o all'orzo

	0	60'	120'	180'
Glicemia (mg/dl)				
Pane bianco	124±8	232±19	211±29	198±29
Pane orzo	126±9	223±15	208±22	172±23
Insulinemia (µU/ml)				
Pane bianco	8±1	36±6	28±6	25±7
Pane orzo	7±1	29±4	28±5	20±4

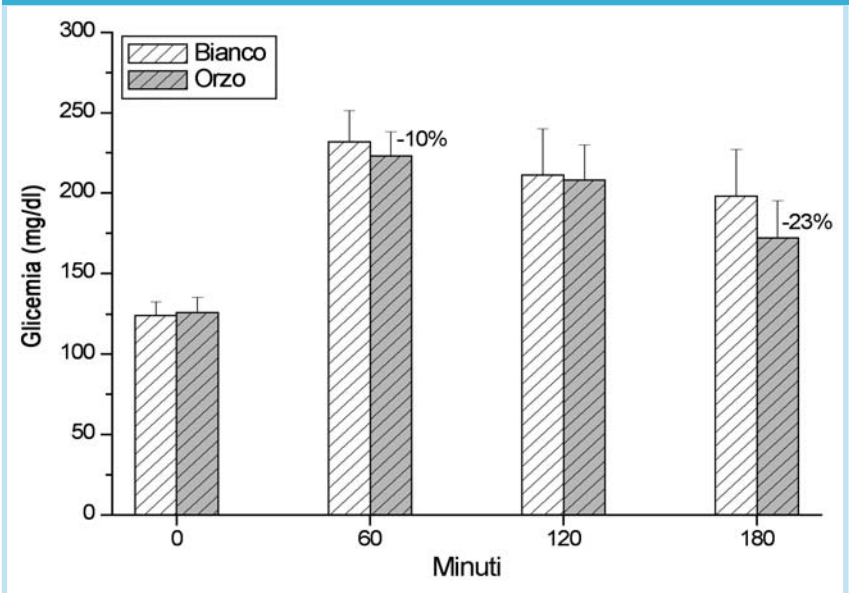
7±1 µU/ml), vale a dire che è presente un minor stimolo insulinico (-36%) rispetto al pane bianco (Fig. 2). Come nel caso della glicemia, a 3 ore dal consumo del pasto l'insulinemia dopo assunzione di pane all'orzo si mantiene a valori più bassi (-27%) rispetto al consumo di pane bianco.

Considerato che i picchi di glicemia e insulinemia si hanno a 60 minuti dal consumo del pasto (Fig. 1 e 2), ed è quindi a questo tempo che si ha il massimo rilascio di sostanze ossidanti, le valutazioni biochimiche riguardanti lo stress ossidativo e il profilo antiossidante plasmatico sono state eseguite a 0 e 60 minuti.

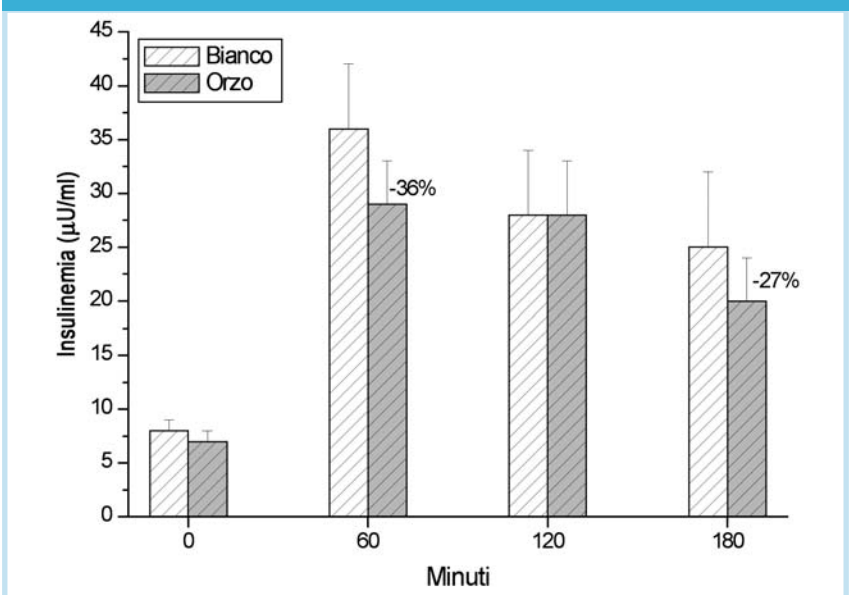
I livelli plasmatici di MDA e AOPP come marcatori di danno ossidativo ai lipidi e alle proteine circolanti sono riportati in tabella 2. Nel caso del pane bianco, dopo 60 minuti dal consumo si osserva un aumento nel plasma sia dei livelli di MDA (+9%, Fig. 3) che di AOPP (+8%, Fig. 4) rispetto al tempo 0, indicando quindi che il pasto è associato al rilascio di sostanze ossidanti che possono danneggiare le biomolecole circolanti. Nel caso del pane all'orzo, a 60 minuti non si evidenziano accumuli di MDA e AOPP, al contrario la MDA si riduce significativamente ( $p < 0.05$ ) del 20% e gli AOPP calano del 13% (Figg. 3 e 4).

Per quanto riguarda il profilo antiossidante, a 0 e 60 minuti dal pa-

**Figura 1** - Livelli ematici di glucosio prima (0) e dopo 1, 2 e 3 ore dal consumo del pasto a base di pane bianco o all'orzo (60 g)



**Figura 2** - Livelli ematici di insulina prima (0) e dopo 1, 2 e 3 ore dal consumo del pasto a base di pane bianco o all'orzo (60 g)



sto sono stati valutati i maggiori antiossidanti plasmatici sia idrosolubili (tioli totali) che liposolubili (vitamine A ed E, carotenoidi). I risultati sono riportati in tabella 3. I tioli totali a 60 minuti dal consumo di pane bianco subiscono un leggero decremento rispetto al tempo 0 (-5%), nel caso del pane all'orzo i livelli plasmatici restano invece costanti. Lo stesso andamento si osserva per le vitamine liposolubili A ed E: a 60 minuti il retinolo (vitamina A) diminuisce del 9% dopo consumo di pane bianco, si mantiene invece stabile dopo consumo di pane all'orzo; il calo dell' $\alpha$ -tocoferolo (vitamina E) è del 10% con il pane bianco ( $p < 0.05$  vs tempo 0) mentre non si osservano variazioni dopo ingestione di pane all'orzo. I carotenoidi luteina e  $\beta$ -carotene subiscono un calo del 7-7.5% dopo 60 minuti dal pasto a base di pane bianco, mentre i loro livelli plasmatici restano costanti dopo consumo di pane all'orzo.

### Discussione

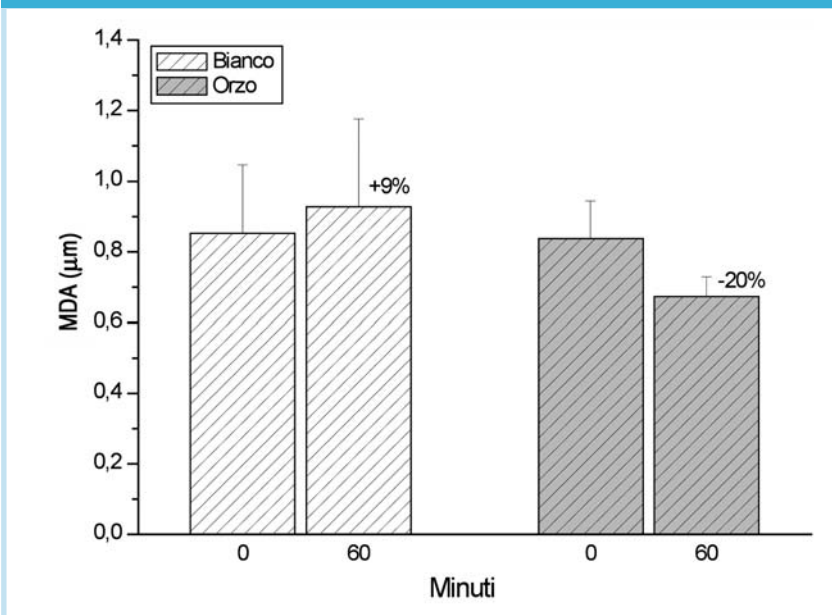
Come documentato in letteratura (20, 21), l'aumento postprandiale dei livelli ematici di carboidrati porta ad uno stress biochimico (noto come stress ossidativo) caratterizzato da un danno ossidativo a carico delle biomolecole circolanti (principalmente lipoprotei-

**Tabella 2** - Livelli plasmatici di MDA e AOPP prima e dopo 60 minuti dal pasto a base di pane bianco o all'orzo

	0	60'
MDA ( $\mu\text{M}$ )		
Pane bianco	0.85 $\pm$ 0.19	0.93 $\pm$ 0.25
Pane orzo	0.84 $\pm$ 0.11	0.67 $\pm$ 0.06*
AOPP ( $\mu\text{M}$ )		
Pane bianco	53 $\pm$ 9	57 $\pm$ 9
Pane orzo	55 $\pm$ 8	48 $\pm$ 6*

\* $p < 0.05$  vs Tempo 0 (t-test per dati accoppiati)

**Figura 3** - Livelli plasmatici di MDA prima (0) e dopo (60 minuti) il consumo del pasto a base di pane bianco o all'orzo



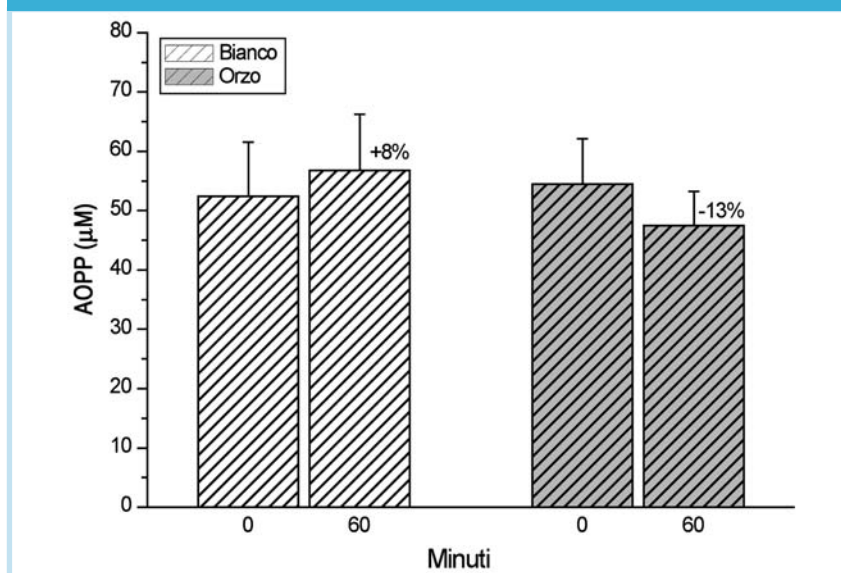
ne come le LDL) con conseguente aumento del rischio aterosclerotico e cardiovascolare (27). Gli antiossidanti assunti con la dieta (tocoferoli, ascorbato, carotenoidi,

tioli, polifenoli, selenio) possono contrastare la modificazione ossidativa delle biomolecole e ridurre così il rischio di patologie degenerative (Fig. 5).

I risultati ottenuti in questo studio, coinvolgente soggetti con diabete di tipo II, confermano che il picco glicemico che si osserva a 60 minuti dopo il consumo di un pasto a base di carboidrati (60 g di pane bianco) è associato ad un aumento (+8/+9%) dei livelli plasmatici di sottoprodotti dell'ossidazione lipidica (MDA) e proteica (AOPP) con contemporanea riduzione (-5/-10%) dei livelli dei principali antiossidanti plasmatici quali tioli, vitamine A ed E, carotenoidi.

Il quadro biochimico si modifica sensibilmente dopo il consumo di un pasto a base di pane all'orzo (60 g), cereale ricco di fibre solubili ( $\beta$ -glucani) e di molecole antiossidanti (polifenoli, tocoferoli, carotenoidi). Sotto il profilo metabolico, dopo 60 minuti dal pasto si registra un minor picco glicemico (-10%) e insulinemico (-36%) rispetto a quanto osservato con il pane bianco; questa evidenza è in accordo con la presenza nell'orzo di fibre in grado di ridurre l'indice glicemico dell'alimento. In secondo luogo, non si evidenzia nel plasma un accumulo di prodotti dell'ossidazione lipidica e proteica, al contrario i livelli di MDA e AOPP si riducono, rispettivamente del 13-20%, rispetto al corrispondente valore pre pasto. Contemporaneamente si registra una buona tenuta del sistema antiossidante e, a 60 minuti, non si osser-

**Figura 4** - Livelli plasmatici di AOPP prima (0) e dopo (60 minuti) il consumo del pasto a base di pane bianco o all'orzo

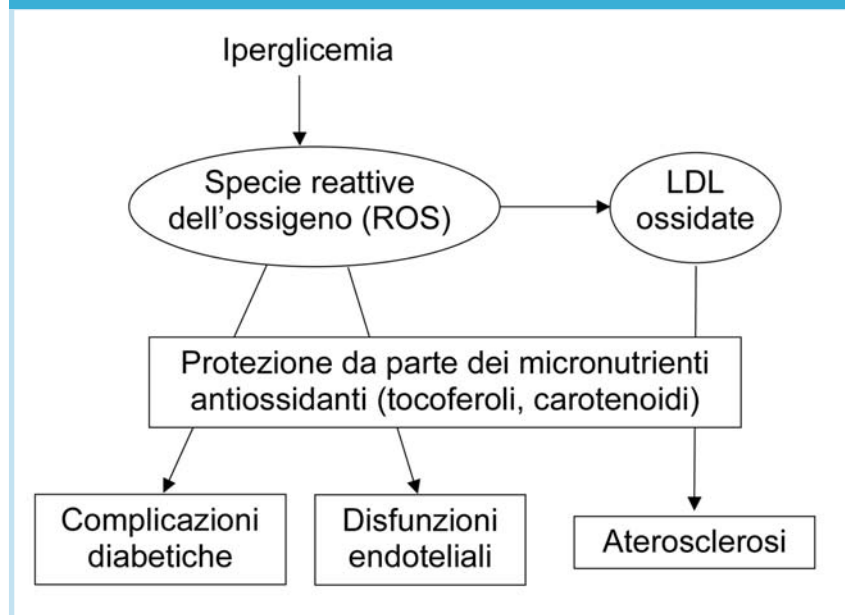


**Tabella 3** - Livelli plasmatici dei principali antiossidanti prima e dopo 60 minuti dal pasto a base di pane bianco o all'orzo

	0	60'
<b>Tioli (µM)</b>		
Pane bianco	445±36	424±29
Pane orzo	453±31	456±34
<b>Vitamina A (µM)</b>		
Pane bianco	3,42±0,19	3,12±0,24
Pane orzo	3,42±0,21	3,39±0,28
<b>Vitamina E (µM)</b>		
Pane bianco	20,9±1,4	18,9±1,2*
Pane orzo	22,7±1,7	22,8±1,7
<b>Luteina (µM)</b>		
Pane bianco	0,508±0,054	0,470±0,054
Pane orzo	0,532±0,068	0,528±0,064
<b><math>\beta</math>-Carotene (µM)</b>		
Pane bianco	0,253±0,063	0,235±0,048
Pane orzo	0,253±0,058	0,254±0,061

\*p<0.05 vs Tempo 0 (t-test per dati accoppiati)

**Figura 5 - Stress ossidativo postprandiale e sua relazione con aterosclerosi e diabete**



vano significative riduzioni dei livelli plasmatici delle molecole antiossidanti circolanti, sia idrosolubili che liposolubili. Questi risultati sono in accordo con i dati della letteratura e confermano che la presenza di antiossidanti nell'orzo da una parte controlla la formazione postprandiale di molecole proossidanti, dall'altra rafforza i nutrienti ad attività antiossidante presenti in circolo.

### Conclusioni

In pazienti con diabete di tipo II il consumo di pane all'orzo dimostra la tendenza a un minor innalza-

mento della glicemia rispetto al comune pane bianco (anche se non si raggiunge la significatività statistica a causa del campione ridotto), così come è dimostrato un minor rilascio di sostanze ossidanti che possono danneggiare le biomolecole circolanti ed indebolire il sistema di difesa antiossidante.

Grazie al contenuto in fibre e in antiossidanti il pane all'orzo può dunque considerarsi un cibo funzionale che può portare benefici nel contrastare le complicanze diabetiche soprattutto a livello cardiovascolare. Tenuto conto che il pane è un alimento base della nostra dieta di cui si fa largo uso, sarebbe auspicabile l'assunzione regolare di

pane all'orzo e di altri prodotti similari al fine di accentuare gli effetti positivi riscontrati. Si ritengono necessarie ulteriori ricerche per meglio evidenziare la dimensione del fenomeno osservato.

### Ringraziamenti

Si ringrazia il personale del Centro Anti-diabetico, ASUR Zona Territoriale 2 (Urbino) ed in particolare l'assistente sanitaria Gigliola Martinelli e gli infermieri professionali Giordana Ciandrini e Stefania Lani. Si ringrazia inoltre la Ditta "La casa del pane" di Fossombrone (PU) per il supporto tecnico.

### Bibliografia

1. Brennan CS, Clearly LJ. The potential use of cereals(1→3,1→4)-β-D-glucans as functional food ingredients. *J Cereal Sci* 2005; 42: 1-13.
2. Feldheim W, Wisker E. Studies on the improvement of dietary fibre intake. *Dtsch Lebensmittel Rundsch* 2000; 96: 327-30.
3. Bingham SA. Mechanisms experimental and epidemiological evidence relating dietary fibre (non-starch polysaccharides) and starch to protection against large bowel cancer. *Proc Nutr Soc* 1990; 49: 153-71.
4. Faivre J, Bonithon-Kopp C. Diets, fibres and colon cancer. *Advanced Experiments in Medical Biology* 1999; 472: 199-206.
5. Hill MJ. Cereals, cereal fibre and colorectal cancer risk: a review of the epidemiological literature. *Eur J Cancer Prev* 1997; 6: 219-25.
6. Bornet FRJ, Costagliola D, Rizcalla SW, et al. Insulinemic and Glycaemic indexes of six starch rich foods taken



- alone and in a mixed meal by type 2 diabetics. *Am J Clin Nutr* 1987; 45: 588-95.
7. Frost G, Leeds AA, Dore CJ, Madeiros S, Brading S, Dornhurst A. Glycemic index as a determinant of serum, cholesterol concentration. *Lancet* 1999; 353: 1045-48.
  8. Gallagher DD, Hassel CA, Lee KJ, Gallegher CM. Viscosity and fermentability as attributes of dietary fibre responsible for hypocholesterolemic effects in hamsters. *J Nutr* 1993; 123: 244-52.
  9. German JB, Xu R, Walzem R, et al. Effect on dietary fats and barley fibre on total cholesterol and lipoprotein cholesterol distribution in plasmas of hamsters. *Nutrition Research* 1996; 16: 1239-49.
  10. Velasquez M, Davies C, Marret R, Slavin JL, Feirtag JM. Effects of oligosaccharides and fibres substitutes on short chain fatty acid production by human microflora. *Anaerobe* 2000; 6: 87-92.
  11. Wisker E, Daniel M, Rave G, Feldeim W. Short chain fatty acids produced in vitro from fibre residues obtained from mixed diets containing different breads and in human faeces during ingestion of diets. *Br J Nutr* 2000; 84: 31-37.
  12. Crittenden R, Karpinnen S, Ojanen S, et al. In vitro fermentation of cereal dietary carbohydrates by probiotic and intestinal bacteria. *J Sci Food Agric* 2002; 82: 781-89.
  13. Tunland BC. Fructooligosaccharides and other fructans: structures and occurrence, production, regulatory aspects, food applications, and nutritional health significance. *ACS Symposium Series* 2003; 849: 135-52.
  14. Clarke MW, Burnett JR, Croft KD. Vitamin E in human health and disease. *Crit Rev Clin Lab Sci* 2008; 45: 417-50.
  15. Smith KN, Queenan KM, Thomas W, Fulcher RG, Slavin JL. Physiological effects of concentrated barley beta-glucan in mildly hypercholesterolemic adults. *J Am Coll Nutr* 2008; 27: 434-40.
  16. Truswell AS. Cereal grains and coronary heart disease. *Eur J Clin Nutr* 2002; 56: 1-14.
  17. Minhajuddin M, Beg ZH, Iqbal J. Hypolipidemic and antioxidant properties of tocotrienol rich fraction isolated from rice bran oil in experimentally induced hyperlipidemic rats. *Food Chem Toxicol* 2005; 43: 747-53.
  18. Dierckx N, Horvath G, van Gils C, et al. Oxidative stress status in patients with diabetes mellitus: relationship to diet. *Eur J Clin Nutr* 2003; 57: 999-1008.
  19. Würsch P, Pi-Sunyer FX. The role of viscous soluble fiber in the metabolic control of diabetes. A review with special emphasis on cereals rich in beta-glucan. *Diabetes Care* 1997; 20: 1774-80.
  20. Ursini F, Sevanian A. Postprandial oxidative stress. *Biol Chem* 2002; 383: 599-605.
  21. Sies H, Stahl W, Sevanian A. Nutritional, dietary and postprandial oxidative stress. *J Nutr* 2005; 135 (5): 969-72.
  22. Wright Jr E., Scism-Bacon JL, Glass LC. Oxidative stress in type 2 diabetes: the role of fasting and postprandial glycaemia. *Int J Clin Pract* 2006; 60: 3, 308-14.
  23. Argawal R, Chase SD. Rapid fluorimetric-liquid chromatographic determination of malondialdehyde in biological samples. *J Chromatogr B Biomed Sci Appl* 2002; 775: 121-6.
  24. Witko-Sarsat V, Friedlander M, Capellere-Blandin C, et al. Advanced oxidation protein products as a novel marker of oxidative stress in uremia. *Kidney Int* 1996; 49: 1304-13.
  25. Aebischer CP, Schierle J, Schuep W. Simultaneous determination of retinol, tocopherols, carotene, lycopene and xanthophylls in plasma by means of reversed-phase high performance liquid chromatography. *Methods Enzymol* 1999; 299: 348-62.
  26. Hu ML. Measurement of protein thiol groups and glutathione. *Methods Enzymol* 1994; 233: 380-5.
  27. Bowen PE, Borthakur G. Postprandial lipid oxidation and cardiovascular disease risk. *Curr Atheroscler Rep* 2004; 6: 477-84.