

I GEORGOFILI



I GEORGOFILI
IN OCCASIONE DEL VERTICE
DEI MINISTRI DELL'AGRICOLTURA DEL G20

Supplemento agli Atti dei Georgofili 2021



EDIZIONI POLISTAMPA

Con il contributo di



FONDAZIONE
CR FIRENZE

Copyright © 2021
Accademia dei Georgofili
Firenze
<http://www.georgofili.it>

Proprietà letteraria riservata

Supplemento a «I Georgofili. Atti della Accademia dei Georgofili»
Anno 2021 - Serie VIII - Vol. 18 (197° dall'inizio)

Direttore responsabile: Paolo Nanni

Edizioni Polistampa
Via Livorno, 8/32 - 50142 Firenze
Tel. 055 737871 (15 linee)
info@polistampa.com - www.polistampa.com
Sede legale: Via Santa Maria, 27/r - 50125 Firenze

ISBN 978-88-596-2228-4

Servizi redazionali, grafica e impaginazione
SOCIETÀ EDITRICE FIORENTINA

Indice

<i>Introduzione</i> di Massimo Vincenzini	»	9
---	---	---

ALCUNI TRAGUARDI PER L'AGRICOLTURA DEL FUTURO

MAURIZIO MARTINA	»	13
EUGENIO GIANI	»	14
DARIO NARDELLA	»	17
DARIO CASATI, <i>Lo sviluppo sostenibile dell'agricoltura dopo la pandemia: linee e indirizzi strategici per le politiche agrarie</i>	»	21
BARBARA LAZZARO, <i>Gli eco-schemi della PAC: quale sintesi tra obiettivi ambientali ed esigenze di semplificazione</i>	»	34
FABRIZIO MAZZETTO, <i>Dal precision farming alla smart agriculture: linee guida per l'agricoltura del futuro</i>	»	36
SANDRO LIBERATORI, <i>La certificazione dell'agricoltura digitale</i>	»	38
GIANLUCA BRUNORI, <i>I sistemi di conoscenza di fronte alla transizione ecologica e digitale</i>	»	45
<i>Considerazioni conclusive</i>	»	47

RESILIENZA, CIRCOLARITÀ E SOSTENIBILITÀ IN AGRICOLTURA

STEFANIA DE PASCALE, ALBINO MAGGIO, <i>Agricoltura circolare: opportunità e criticità</i>	»	51
NICOLA LUCIFERO, <i>La sostenibilità nella filiera agroalimentare: il quadro normativo tra criticità applicative e prospettive evolutive</i>	»	60
LUIGI FRUSCIANTE, NUNZIO D'AGOSTINO, <i>Nuove frontiere del miglioramento genetico per affrontare i cambiamenti climatici</i>	»	76
SIMONE ORLANDINI, <i>La sostenibilità nei sistemi agrari</i>	»	88
RAFFAELLO GIANNINI, <i>La sostenibilità nei sistemi forestali</i>	»	96

PAOLO SCKOKAI, <i>I nuovi modelli di consumo “sostenibile”</i>	»	109
<i>Considerazioni conclusive</i>	»	117

PRODUZIONE E MERCATO INNANZI ALLE SFIDE DEL TEMPO PRESENTE:
DIRITTO AL CIBO, SOSTENIBILITÀ E MERCATI

LUIGI COSTATO, <i>Dalla food security alla food sovereignty</i>	»	121
LUIGI COSTATO, <i>From food security to food sovereignty</i>	»	130
FERDINANDO ALBISINNI, <i>Diritto al cibo e istituzioni europee e nazionali</i>	»	139
FERDINANDO ALBISINNI, <i>Right to food and European and national institutions</i> ...	»	146
LUIGI RUSSO, <i>Il nuovo sistema di aiuti all'agricoltura</i>	»	153
LUIGI RUSSO, <i>The new system of agricultural aid</i>	»	161
MICHAEL T. ROBERTS, <i>La Politica Agricola negli USA nel XXI secolo, letta attraverso il prisma del diritto</i>	»	169
MICHAEL T. ROBERTS, <i>Viewing agriculture policy in the United States in the 21st century through the prism of law</i>	»	176
YANGYAO YU, <i>La politica agricola del XXI secolo in Cina</i>	»	182
YANGYAO YU, <i>Agricultural Policy of XXI Century in China</i>	»	199
<i>Considerazioni conclusive e sfide per il prossimo futuro</i>	»	215

LA METÀ NASCOSTA: L'INTERFACCIA DINAMICA TRA PIANTA E TERRENO

TEOFILO VAMERALI, GIULIANO MOSCA, AMEDEO ALPI, <i>Tecnologie di studio della radice e risposta adattiva di specie diverse</i>	»	219
MARIANA AMATO, ROBERTA ROSSI, <i>Gli organi ipogei e l'ambiente: i servizi eco- sistemici</i>	»	235
ROSARIO DI LORENZO, STEFANO PUCCIO, <i>Le radici del vigneto italiano: pas- sato, presente, futuro</i>	»	245
MARCO NUTI, LAURA ERCOLI, <i>La società invisibile e le radici delle piante colti- vate</i>	»	250
MARIATERESA RUSSO, <i>La metà nascosta e la salute dell'uomo: il caso delle na- noplastiche</i>	»	259
<i>Considerazioni conclusive</i>	»	274

RISCHI FITOSANITARI LEGATI AI CAMBIAMENTI CLIMATICI
E PREVENZIONE DI EPIDEMIE IN AMBITO VEGETALE

BRUNO CAIO FARAGLIA, BARBARA TIRANTI, <i>La nuova normativa nazionale per la protezione delle piante e il riordino del Servizio fitosanitario nazionale</i> ...	»	279
PIO FEDERICO ROVERSI, <i>L'Istituto Nazionale di Riferimento per la Protezione delle Piante e i Laboratori di Quarantena per il controllo degli organismi nocivi</i>	»	286
GIACOMO LORENZINI, <i>Cambiamenti climatici e malattie delle piante</i>	»	291
STEFANIA TEGLI, DARIO GAUDIOSO, <i>Cambiamenti globali e fitopatogeni da quarantena: ricerca, innovazione, trasferimento, prevenzione</i>	»	302

ALBERTO ALMA, ANDREA LUCCHI, <i>Influenza del cambiamento climatico sugli insetti: nuove minacce per la viticoltura europea</i>	»	311
ROSEMARIE TEDESCHI, ELENA GONELLA, <i>Rischi connessi all'introduzione di organismi esotici nelle associazioni vettore-fitopatogeno: il caso di Candidatus Liberibacter spp.</i>	»	320
DONATO BOSCIA, PIERFEDERICO LA NOTTE, PASQUALE SILDARELLI, MARI SAPONARI, <i>Xylella fastidiosa: il contributo della ricerca scientifica nella gestione di una emergenza fitosanitaria di portata epocale</i>	»	329
<i>Considerazioni conclusive</i>	»	331

LA GENETICA E LE SFIDE FUTURE DELLA ZOOTECNIA

BRUNO RONCHI, <i>La genetica e le sfide future della zootecnia. Introduzione</i>	»	335
FILIPPO MIGLIOR, RICCARDO NEGRINI, MARTINO CASSANDRO, <i>Il miglioramento genetico nel contesto agro-zootecnico: problemi e prospettive</i>	»	336
GIUSEPPE CAMPANILE, STEFANIA CHESSA, STEFANO BIFFANI, GIANLUCA NEGGLIA, ALESSIO CECCHINATO, <i>Il ruolo delle nuove tecnologie per la selezione di animali resistenti e resilienti: dalla zootecnia di precisione alla genomica</i>	»	345
NICOLÒ PIETRO PAOLO MACCIOTTA, MARIANGELA CAROPRESE, ROBERTA CIAMPOLINI, UMBERTO BERNABUCCI, ALESSANDRO NARDONE, <i>Quali obiettivi di selezione per fronteggiare i cambiamenti climatici</i>	»	353
LUCA FONTANESI, BRUNO STEFANON, ALESSANDRO BAGNATO, EMILIANO LASAGNA, GIUSEPPE PULINA, <i>Il contributo del miglioramento genetico alla sostenibilità delle produzioni zootecniche</i>	»	366
ANDREA SUMMER, PAOLA DI GREGORIO, DONATA MARLETTA, MARCELLO MELE, <i>Qualità e valore nutrizionale delle produzioni zootecniche: dove e come può incidere il miglioramento genetico</i>	»	377
PAOLO AJMONE MARSAN, RICCARDO BOZZI, ELENA CIANI, PAOLA CREPALDI, FABIO PILLA, BALDASSARE PORTOLANO E ALESSANDRA STELLA, <i>Adattamento ambientale e genetica: la rilettura della biodiversità, le basi genetiche della resilienza, il ruolo dell'epigenetica</i>	»	388

RICERCA E FORMAZIONE PER LA SICUREZZA DEL LAVORO E PER L'INNOVAZIONE IN AGRICOLTURA

DANILO MONARCA, DOMENICO PESSINA, <i>Ricerche e prove sulla sicurezza delle macchine agricole</i>	»	399
VINCENZO LAURENDI, <i>Obsolescenza del parco macchine ed esigenze di innovazione: il ruolo dell'INAIL</i>	»	413
FAUSTA FABBRI, GIANFRANCO NOCENTINI, <i>Le iniziative di dimostrazione, formazione e informazione in materia di uso in sicurezza delle macchine agricole, prevenzione e tutela della salute e dignità degli operatori agricoli: la strategia della Regione Toscana</i>	»	428
MASSIMO CECCHINI, <i>Strumenti formativi per la sicurezza del lavoro agricolo</i>	»	437

MARCO VIERI, <i>Criteri per l'adozione dell'innovazione tecnologica e della digitalizzazione</i>	»	445
PIETRO PICCAROLO, <i>Considerazioni conclusive</i>	»	451

FORESTA URBANA E BENESSERE:

SINERGIE E PROSPETTIVE FRA MEDICINA, PSICOLOGIA E VERDE URBANO

FRANCESCA CIRULLI, <i>Salute mentale, natura e verde urbano in una prospettiva neurobiologica</i>	»	457
FRANCESCO RICCARDO BECHERI, <i>Terapia forestale: esperienze, limiti e prospettive</i>	»	459
GIUSEPPE CARRUS, <i>Foresta e verde urbano e benessere psicofisico</i>	»	461
GIUSEPPINA SPANO, <i>Salute, benessere e verde urbano: un approccio transdisciplinare</i>	»	462
CECILIA BRUNETTI, <i>Terpeni emessi dalle Foreste Mediterranee: dai metodi di rilevazione ai benefici per la salute umana</i>	»	470
<i>Considerazioni conclusive</i>	»	472

WATER IN AGRICULTURE: A BETTER USE FOR A BETTER WORLD

<i>Considerazioni conclusive</i>	»	475
--	---	-----

IL PATRIMONIO FORESTALE ITALIANO COME CAPITALE NATURALE

RAFFAELLO GIANNINI, <i>Il patrimonio forestale italiano come capitale naturale</i>	»	479
CARLO CALFAPIETRA, GIUSEPPE SCARASCIA MUGNOZZA, <i>Foreste nel Quarto rapporto sullo stato del capitale naturale in Italia</i>	»	482
GHERARDO CHIRICI, <i>Monitoraggio su larga scala dei sistemi forestali</i>	»	484
CARLO BLASI, <i>Dalle foreste naturali ai boschi urbani</i>	»	486
SUSANNA NOCENTINI, <i>Nuove prospettive per la selvicoltura e la gestione forestale</i> .	»	488
DAVIDE DE LAURENTIS, <i>Attività dei Carabinieri Forestali a difesa del patrimonio boschivo</i>	»	490
ALESSANDRA STEFANI, <i>Attività della Direzione Foreste ed Economia Montana nell'ambito della crescita del capitale naturale forestale</i>	»	492

ANDREA SUMMER¹, PAOLA DI GREGORIO², DONATA MARLETTA³,
MARCELLO MELE⁴

Qualità e valore nutrizionale delle produzioni zootecniche: dove e come può incidere il miglioramento genetico

¹ Dipartimento di Scienze Medico-Veterinarie, Università di Parma

² Scuola di Scienze Agrarie, Forestali, Ambientali ed Alimentari, Università della Basilicata

³ Dipartimento di Agricoltura, Alimentazione e Ambiente, Università di Catania

⁴ Dipartimento Scienze Agrarie, Alimentari, Agro-ambientali, Università di Pisa

Il mercato dei prodotti alimentari deve fare i conti con una platea di consumatori sempre più consapevole ed esigente che richiede prodotti di qualità per quanto riguarda sia la sicurezza sanitaria che le qualità nutrizionali e organolettiche. Negli ultimi 50 anni, il sequenziamento di interi genomi e l'individuazione di marcatori associati e/o mutazioni in geni responsabili di caratteri di interesse zootecnico hanno permesso di ottenere notevoli miglioramenti nella produzione sia quantitativa che qualitativa di prodotti quali latte, carne, uova. Di seguito si prenderanno in considerazione alcuni esempi di mutazioni (polimorfismi = differenze a livello di DNA che, in alcuni casi, determinano la presenza di due o più forme alleliche della proteina codificata dal gene) in geni a effetto maggiore che incidono in modo apprezzabile sulla manifestazione di un carattere e di conseguenza sulla qualità e sul valore nutrizionale delle produzioni zootecniche.

LA PRODUZIONE DELLA CARNE

Le qualità tecnologiche e sensoriali della carne dipendono dalla composizione chimica dei muscoli alla macellazione (valore nutrizionale di grasso, carboidrati e proteine) e da cambiamenti metabolici e biochimici che si verificano durante la macellazione e il successivo periodo di frollatura.

Il gene RYR1 è coinvolto nella regolazione del canale di rilascio del Ca⁺ del reticolo sarcoplasmatico del muscolo scheletrico. È un gene autosomico recessivo a penetranza incompleta e presenta influenza diretta sulle qualità organolettiche e tecnologiche della carne suina. Tra le altre mutazioni una

(C>T al 49° nucleotide del 17° esone) (Fujii et al., 1991) è associata a una maggiore resa alla macellazione e alla maggiore percentuale di tagli magri, ma questi caratteri desiderabili sono controbilanciati da effetti negativi sul colore e sul WHC (Water Holding Capacity) della carne e dalla alta suscettibilità di questi soggetti allo stress (PSS = Porcine Stress Syndrome), con conseguente insorgenza dell'ipertemia maligna (MH = Malignant Hyperthermia, contrazione prolungata dei muscoli scheletri, ipermetabolismo, aumento della temperatura corporea e, se non si interviene, morte dell'animale). In questo caso alla macellazione si ha un aumento della glicolisi post-mortem che determina un abbassamento del pH, associato a una maggiore riflettanza (carne pallida) e alla degradazione delle proteine sarcoplasmatiche (carne soffice ed essudativa), miopatia che va sotto il nome di carne PSE (Pale Soft Exudative). Questa miopatia risulta avere effetti negativi sia sulla qualità della carne fresca (aspetto non gradevole, maggiori perdite di sgocciolamento e di cottura, carne più stopposa) sia sulle caratteristiche dei prodotti trasformati (minor resa in prosciutto cotto, maggior calo di stagionatura, sapore più salato, difetti di colore): Nel complesso, la carne è meno attraente per il consumatore e non idonea alla trasformazione (Monin 1985; Fernandez et al., 2002). L'identificazione della mutazione causativa di queste caratteristiche e la messa a punto di un test diagnostico veloce ed economico hanno permesso di eliminare o diminuire la frequenza dell'insorgenza dei difetti sopra descritti in razze cosmopolite in cui la selezione per tagli magri aveva visto la diffusione dell'allele T e quindi di PSS, PSE e MH. Un esempio: nella razza Pietrain si è passati dal 70% (O'Brien et al., 1998) al 2.9% (Ilie et al., 2014).

La tenerezza della carne ha un notevole peso nei criteri di scelta dei consumatori. Anche in questo caso l'individuazione di marcatori genetici può assistere nella selezione di riproduttori con la migliore performance del carattere tenerezza. Marcatori per la tenerezza sono stati evidenziati nel complesso enzimatico calpaina-calpastatina (Koohmaraie et al., 2002). Il sistema calpaina comprende un certo numero di proteine, le più studiate nei bovini sono tre proteasi calcio-dipendenti, μ -calpaina (gene CAPN1), m-calpaina (gene CAPN2) e l'isoforma p94 (gene CAPN3), e la calpastatina (gene CAST) il cui unico ruolo a oggi conosciuto è l'inibizione delle calpaine. Questo sistema enzimatico svolge un ruolo essenziale nella proteolisi post-mortem delle proteine dei muscoli scheletrici influenzando la tenerezza della carne.

Ai loci CAPN1, CAPN3 e CAST sono stati individuati polimorfismi associati con una maggiore tenerezza. Questi polimorfismi determinerebbero un'alterazione dell'attività enzimatica che si riflette sul tasso o sul livello di proteolisi post-mortem nei muscoli scheletrici (Natras et al., 2014). Combinazioni di alleli favorevoli ai loci CAPN1, CAPN3 e CAST hanno mostrato

effetti additivi sul miglioramento della tenerezza in bovini Brahman (Robinson et al., 2012) e potranno essere sfruttati a fini selettivi.

LA PRODUZIONE DEL LATTE

Il latte è fonte di proteine, grassi, carboidrati, sali minerali.

Le proteine del latte sono solitamente divise in due grandi gruppi, a seconda del loro comportamento dopo acidificazione a pH 4,6. La frazione insolubile, denominata caseina (Cn), rappresenta circa l'80% delle proteine del latte bovino e comprende quattro frazioni principali: α_{s1} -Cn, α_{s2} -Cn, β -Cn e k-Cn; la frazione solubile a pH 4,6, invece, è denominata sieroproteina ed è costituita da diverse proteine, le più importanti delle quali sono la α -lattalbumina (α -La) e la β -lattoglobulina (β -Lg). Ogni frazione caseinica e ogni sieroproteina presenta diverse varianti, dovute al polimorfismo genetico, con diverso effetto sulle proprietà tecnologiche e nutrizionali del latte. La selezione per una specifica variante di una proteina ha quindi una valida applicazione pratica per migliorare le caratteristiche del latte.

Influenza delle varianti della k-caseina sulla qualità casearia del latte

La k-caseina rappresenta circa il 13% delle caseine ed è costituita da una catena polipeptidica di 169 aminoacidi. Sono state individuate almeno 11 varianti di cui le più frequenti sono A e B. La k-caseina di tipo B contiene una maggiore quantità di k-caseina, rispetto al tipo A. Ciò comporta la presenza di micelle di dimensioni più piccole e uniformi (Walsh et al., 1998a) che hanno effetto positivo sui parametri di coagulazione del latte dal quale si ottengono cagliate più consistenti, che spurgano meglio, e presentano una maggiore resa per minori perdite di grasso e proteina nel siero.

In termini di rendimento della caseificazione, le differenze sono sostanziali e sono state riscontrate nella produzione di vari tipi di formaggi. Vacche con genotipo BB al locus della k-caseina producono latte che ha una maggiore resa in formaggio Parmigiano-Reggiano (7,07 BB vs 6,47% AA; +6 kg di formaggio per 1.000 kg di latte) (Mariani et al., 1976), una maggiore resa in formaggio Cheddar (9,91 BB vs 9,36% AA; +5,5 kg di formaggio per 1000 kg di latte) (FitzGerald et al., 1998), una maggiore resa in Mozzarella (10,05 BB vs 9,23% AA; +8,2 kg di formaggio per 1000 kg di latte) (Walsh et al., 1998b). Inoltre il tipo di k-caseina influenza anche la qualità del formaggio, con una resa commerciale più alta in presenza dell'allele B (Mariani e Summer, 1999).

Negli ultimi 15 anni nella razza Frisona italiana è stata effettuata una selezione spinta per la k-caseina B che ha visto un forte aumento dei tori di genotipo BB. Infatti, se nel 2005 tra i tori TOP 50 per PFT c'erano solo 1 omozigote BB e 17 eterozigoti AB, nel 2020 i tori omozigoti BB erano ben 6 e gli eterozigoti AB 25. Inoltre, il nuovo indice di selezione ICS PR, Indice Caseificazione Sostenibilità Parmigiano Reggiano, che si basa sulla stima dei costi e dei ricavi medi per lattazione nell'intera carriera produttiva della bovina, prevede un'importante premialità per la presenza dell'allele B di k-caseina (0,10 € / giorno e 0,05 € / giorno di vita per figlie di toro k-caseina BB e AB, rispettivamente).

Influenza delle varianti della β -caseina sulla salute umana

La β -caseina, costituita da 209 residui amminoacidici, è la caseina più idrofobica e rappresenta il 35% delle caseine totali (Holt et al., 2013). La β -caseina presenta un alto grado di polimorfismo: ad oggi sono state scoperte 12 varianti genetiche di cui le varianti A1 e A2 sono le più diffuse nella popolazione bovina mondiale e la loro frequenza, e quindi la loro quantità relativa nel latte di massa, dipende dalla razza. Per esempio, gli alleli A1 e A2 sono presenti all'incirca con la stessa frequenza nella razza Holstein-Friesian. Questi due alleli si differenziano per una transversione C>A nel secondo nucleotide del codone CCT (A2) *vs* CAT (A1) cui corrisponde la sostituzione di un residuo di prolina (Pro) (variante A2) con un residuo di istidina (His) (variante A1) in posizione 67 della sequenza proteica matura (Parashar e Saini, 2015). In base alla sequenza amminoacidica della β -Cn, il latte bovino può essere classificato di tipo A1 "like", contenente varianti genetiche della β -Cn con His in posizione 67, e latte di tipo A2 "like", contenente varianti con la Pro nella stessa posizione.

Nella variante A2 il legame peptidico Ile66-Pro67 risulta più resistente alla scissione enzimatica rispetto al legame Ile66-His67 presente nella variante A1. In quest'ultimo caso, la reazione enzimatica determina il rilascio del peptide β -Cn f(60-66), denominato β -casomorfina 7 (BCM7). È stato dimostrato che BCM7 svolge il ruolo di oppioide-agonista per i recettori μ . Alcuni studi hanno fornito risultati sul potenziale impatto della β -Cn A1 e del peptide BCM7 sulla salute. Questi studi hanno evidenziato una relazione tra il consumo di β -Cn A1 (e del suo derivato BCM7) e l'aumento della risposta infiammatoria nonché di disturbi a livello gastrointestinale (Summer et al., 2020; EFSA, 2009). Al contrario, gli effetti dell'ingestione di β -Cn A1 e il potenziale ruolo del peptide BCM7 sull'insorgenza e/o sul peggioramento di malattie non trasmissibili necessitano di ulteriori evidenze sperimentali (Summer et al., 2020;

EFSA, 2009). Nel complesso, il “problema β -Cn A1/BCM7” rimane una tematica di grande attualità, sulla quale la ricerca scientifica non ha fatto ancora sufficiente chiarezza.

Influenza delle varianti della β -lattoglobulina sulla qualità casearia del latte

La β -lattoglobulina è la principale proteina del siero del latte vaccino; si tratta di una proteina globulare formata da una catena peptidica di 162 amminoacidi. Finora sono note almeno 12 varianti della β -Lg, ma le più comuni sono A e B.

Il latte di vacche β -Lg B presenta un livello inferiore di sieroproteine (-12%) e una maggiore quantità di caseina totale, da +0,08% a +0,13%. Queste differenze sono associate a un notevole effetto positivo della variante B sui parametri di caseificazione (Di Stasio & Mariani, 2000; Heck et al., 2009).

La componente lipidica del latte

Il latte è fonte di acidi grassi saturi (SFA) quali gli acidi laurico (C12:0), miristico (C14:0) e palmitico (C16:0), che sono stati associati a un aumento del rischio di malattie cardiovascolari (Kris-Eiherton & Fleming, 2015). Di contro gli acidi grassi monoinsaturi (MUFA), polinsaturi (PUFA) e l'acido linoleico coniugato (CLA), un mix di isomeri dell'acido linoleico (cis9, cis12 C18:2), svolgono un ruolo importante per la salute umana e hanno dimostrato proprietà antitumorali, antinfiammatorie, antidiabetiche e di prevenzione delle malattie cardiache (Bassaganya-Riera et al., 2010; Gebauer et al., 2011). Quantità e qualità della frazione grassa dei prodotti di origine animale, sono fortemente influenzate dall'alimentazione, ma diversi geni sono in grado di influenzare la produzione e la composizione della frazione lipidica del latte in diverse specie. L'enzima DGAT1 catalizza l'ultima fase della sintesi dei trigliceridi, l'esterificazione dei digliceridi con gli acil-CoA in terza posizione. Il polimorfismo più ampiamente studiato e convalidato nel gene bovino si trova nell'ottavo esone e consiste in una sostituzione dinucleotidica AA>GC che determina la corrispondente sostituzione amminoacidica K232A nella proteina; in diverse razze l'allele K è risultato associato a un maggior contenuto di grasso (Anton et al., 2008) e a una maggiore percentuale di acidi grassi saturi (Conte et al., 2010) nel latte. Gli effetti del polimorfismo DGAT1, attribuiti a una maggiore espressione dell'allele K nella ghiandola mammaria (Fink et al., 2020), sono di notevole importanza poiché influenzano la lipolisi spontanea

(Vanbergue et al., 2016) e le proprietà fisiche e funzionali del latte e dei derivati ricchi in grasso (Hawke e Taylor, 1995; Mensink et al., 2003).

Il gene SCD codifica per l'enzima responsabile della desaturazione in posizione *cis*- $\Delta 9$ che converte gli acidi grassi saturi (SFA) in monoinsaturi (MUFA) e l'acido vaccenico in acido linoleico coniugato, pertanto è un candidato particolarmente interessante per il miglioramento genetico della qualità nutrizionale dei grassi del latte. Tra le varie mutazioni identificate, un sito polimorfo del 5° esone causa la sostituzione amminoacidica A293V. L'allele A è stato associato a una maggiore attività dell'enzima e a un più alto contenuto di CLA e MUFA, quindi a migliori caratteristiche nutrizionali del latte (Mele et al., 2007; Conte et al., 2010).

Sebbene il numero di geni implicati nel metabolismo lipidico sia molto elevato e le reti metaboliche coinvolte siano piuttosto complesse, i risultati ottenuti per questi due geni candidati evidenziano che in futuro sarà possibile selezionare per una maggiore percentuale di grasso nel latte ponendo l'obiettivo sulle frazioni di acidi grassi insaturi.

LA PRODUZIONE DELLE UOVA

Nel corso della seconda metà del ventesimo secolo, l'opera di selezione e di miglioramento genetico ha portato le galline ovaiole a raggiungere livelli di produttività molto elevati, superando le 300 uova deposte per anno, a fronte di produzioni di poco superiori alle 200 uova prima degli anni '70. Allo stesso tempo è incrementata notevolmente anche l'efficienza produttiva, come testimonia la variazione significativa dell'indice di conversione alimentare, attualmente prossimo al valore di 2 (Leenstra et al., 2016). Anche il concetto di qualità dell'uovo ha subito un'evoluzione che ha interessato diversi aspetti: organolettici, tecnologici e nutrizionali. Il consumatore sceglie le uova non solo rispetto alla taglia e al colore del guscio, ma anche rispetto al colore del tuorlo, all'aspetto dell'albume e, sempre più frequentemente negli ultimi anni, rispetto alle caratteristiche del sistema di allevamento, data l'accresciuta sensibilità per gli aspetti etici che coinvolgono le attività di allevamento degli animali.

Oltre la produttività e il peso delle uova, numerosi altri caratteri possono essere influenzati con il miglioramento genetico e possono essere oggetto di selezione all'interno delle razze di galline ovaiole (Beaumont et al., 2010):

- La proporzione relativa tra guscio, tuorlo e albume;
- la qualità dell'albume (misurata in unità Haugh per indicarne la freschezza)
- il colore del guscio

- lo spessore e la resistenza meccanica del guscio
- la qualità nutrizionale (in particolare il contenuto in colesterolo e in acidi grassi insaturi)
- la qualità organolettica (eliminazione del rischio di uova con il caratteristico odore di pesce)
- la qualità igienico-sanitaria (ad esempio la resistenza alla salmonella).

Il genoma del pollo è stato tra i primi a essere sequenziato e a essere oggetto di studi di associazione alla ricerca di QTL o altri marcatori molecolari per caratteri di interesse zootecnico, inclusi quelli relativi alla qualità delle uova. In particolare, numerosi QTL sono stati identificati nel genoma del pollo in grado di influenzare i caratteri qualitativi: 13 regioni QTL localizzate su 10 cromosomi per i caratteri di qualità del guscio e 15 regioni QTL localizzate su 12 cromosomi per i caratteri di qualità relativi a tuorlo e albume (Goto e Tsudzuki, 2017).

Le conoscenze acquisite in merito all'architettura genetica dei caratteri qualitativi delle uova hanno consentito di sviluppare interessanti applicazioni nell'ambito della selezione. Un esempio tipico è quello del difetto riconducibile all'odore di pesce del tuorlo d'uovo. All'inizio degli anni 2000 è stato svelato il motivo per cui alcune tipologie di uova, in particolare quelle a guscio marrone, sviluppano frequentemente il difetto organolettico definito «odore di pesce», soprattutto se gli animali sono alimentati con alimenti ricchi di colina, carnitina e lecitina, il cui metabolismo origina trimetilammina. L'accumulo di trimetilammina deriva da un difetto dell'enzima trimetilammina ossidasi, a sua volta connesso a una specifica variante del gene «flavin containing monooxygenase 3» (FMO3). Tale gene è polimorfico, ma dei 17 punti di mutazione individuati, solo uno (T329S) comporta una sostituzione amminoacidica in una regione funzionale del gene. La selezione per i soggetti portatori dell'allele T ha consentito di ridurre notevolmente l'incidenza di questo difetto nella popolazione commerciale di galline ovaiole (Honkatukia et al., 2005).

Più recentemente sono stati individuati alcuni interessanti marker genetici che potrebbero essere utilizzati in futuri programmi di selezione assistita dai marcatori.

Il gene trasduttore di segnale e attivatore del fattore di trascrizione 5B (STAT5B) è un importante regolatore della traduzione di segnale dei meccanismi metabolici mediati dall'ormone della crescita. Nei polli sono state osservate interessanti associazioni tra i polimorfismi di tale gene e la crescita, il peso del pulcino al primo giorno di vita e il peso delle uova (Zhao et al., 2012; Sadeghi et al., 2012).

Più recentemente è stata dimostrato un effetto significativo dell'allele G relativo allo SNP g.4533815G>A del gene STAT5B anche per alcuni caratteri qualitativi delle uova di gallina: peso e dimensioni dell'uovo, spessore del guscio, peso dell'albume e colore del tuorlo. Tali risultati hanno portato a considerare l'allele G dello SNP g.4533815G>A del gene STAT5B come uno dei più importanti marcatori genetici per il miglioramento della qualità delle uova attraverso programmi di selezione assistita dai marcatori (Charoensook et al., 2016).

In conclusione negli ultimi decenni il miglioramento genetico ha portato a un netto miglioramento della qualità e della quantità dei prodotti di origine animale, grazie anche al miglioramento dell'efficienza di produzione. Tutto questo va nella direzione di una maggiore sostenibilità delle produzioni zootecniche, sia in termini ambientali che socio-economici, portando nel contempo alla produzione di latte, carne, uova più rispondenti alle richieste tecnologiche e nutrizionali del consumatore odierno che chiede maggiore attenzione alla qualità anche salutistica degli alimenti.

In futuro la genetica in campo zootecnico sarà sempre più chiamata a interfacciarsi ad altre figure professionali, quali i tecnologici alimentari e i nutrizionisti, per rispondere alla sfida di una produzione sempre più efficiente e sostenibile di alimenti che siano disponibili per tutti e di elevata qualità dal punto di vista tecnologico e nutrizionale.

RIASSUNTO

Negli ultimi 50 anni, l'avanzamento delle conoscenze in merito al genoma e alle interazioni dei geni con l'ambiente di allevamento ha consentito di affinare sempre più i metodi di selezione, ottenendo un notevole progresso genetico nell'ambito degli animali di interesse zootecnico e risultati molto significativi dal punto di vista dell'efficienza produttiva degli animali e della disponibilità di prodotti di origine animale. I progressi ottenuti dal punto di vista della produzione quantitativa di latte, carne e uova sono stati spesso accompagnati da risultati altrettanto evidenti in merito agli aspetti qualitativi di tali prodotti. Il miglioramento della qualità chimica, tecnologica e nutrizionale è stato ottenuto principalmente attraverso i metodi tradizionali di selezione, tuttavia un ruolo importante ha rivestito, e ancora rivestirà nel prossimo futuro, la selezione guidata dalla conoscenza approfondita della struttura del genoma e dell'effetto di singole mutazioni del DNA su specifici caratteri qualitativi delle produzioni.

La relazione prenderà in considerazione, per le principali produzioni zootecniche, alcuni esempi di come le conoscenze acquisite in merito all'architettura genetica del carattere abbiano influenzato il processo di selezione o lo possano influenzare nel prossimo futuro, contribuendo al miglioramento della qualità dei prodotti di origine animale.

ABSTRACT

In the last 50 years, the progress of knowledge about the genome and the interactions gene-environment improved selection methods more and more, obtaining significant genetic progress in the field of livestock and very significant results for production efficiency and availability of products of animal origin. The progress of quantitative production of milk, meat and eggs has often been accompanied by the enhancement of the quality of these products. The improvement of chemical, technological and nutritional quality has been obtained mainly through traditional selection methods; however, an important role has played, and will continue to play in the near future, the selection driven by in-depth knowledge of the genome structure and of individual DNA mutation effect on specific qualitative characters of the productions.

This report will consider, for the main livestock productions, some examples of how the knowledge of the genetic components of the trait affected and will affect the selection process of the quality of livestock products.

BIBLIOGRAFIA

- ANTON I., KOVÁCS K., FÉSÜS L., VÁRHEGYI J., LEHEL L., HAJDA Z., POLGÁR J.P., SZABÓ F., ZSOLNAI A. (2008): *Effect of DGAT1 and TG gene polymorphisms on intramuscular fat and on milk production traits in different cattle breeds in Hungary*, «Acta Veterinaria Hungarica», 56, pp. 181-186.
- BASSAGANYA-RIERA J., HONTECILLAS R. (2010): *Dietary conjugated linoleic acid and n-3 polyunsaturated fatty acids in inflammatory bowel disease*, «Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care», 13, pp. 569-573.
- BEAUMONT C., CALENGE F., CHAPUIS H., FABLET J., MINVIELLE F., TIXIER-BOICHARD M. (2010): *Génétique de la qualité de l'oeuf*, «INRA Productions Animales», 23, pp. 123-132.
- CHAROENSOOK R., WICHASIT N., PECHKONG T., INCHAROEN T., NUMTHUAM S. (2016): *STAT5B gene polymorphisms are associated with egg production and egg quality traits in laying hens*, «Asian Journal of Animal and Veterinary Advances», 11, pp. 847-853.
- CONTE G., MELE M., CHESSA S., CASTIGLIONI B., SERRA A., PAGNACCO G., SECCHIARI P. (2010): *Diacylglycerol acyltransferase 1, stearoyl-CoA desaturase 1, and sterol regulatory element binding protein 1 gene polymorphisms and milk fatty acid composition in Italian Brown cattle*, «Journal of Dairy Science», 93, pp. 753-763.
- DI STASIO L., MARIANI P. (2000): *The role of protein polymorphism in the genetic improvement of milk production*, «Zootecnica e Nutrizione Animale», 26, pp. 69-90.
- EFSA (European Food Safety Authority) (2009): *Review of the potential health impact of b-casomorphins and related peptides*, «EFSA Scientific Report», 231, pp. 1-107.
- FERNANDEZ X., GILBERT B., VENDEUVREC J.-L. (2002): *Effects of halothane genotype and pre-slaughter treatment on pig meat quality. Part 2. Physico-chemical traits of cured-cooked ham and sensory traits of cured-cooked and dry-cured hams*, «Meat Science», 62, pp. 439-446.
- FINK T., LOPDELL T.J., TIPLADY K., HANDLEY R., JOHNSON T.J.J., SPELMAN R.J., DAVIS S.R., SNELL R.G., LITTLEJOHN M.D. (2020): *A new mechanism for a familiar mutation*

- *Bovine DGAT1 K232A modulates gene expression through multi-junction exon splice enhancement*, «BMC Genomics», 21, pp. 591.
- FITZGERALD R.J., WALSH D., GUINEE T.P., MURPHY J.J., MEHRA R., HARRINGTON D., CONNOLLY J.F. (1998): *Genetic variants of milk proteins and their association with milk production and processing properties*, in *Genetic Variants of Milk Proteins - Relevance to Milk Composition and Cheese Production*, a cura di R.J. FitzGerald, Dairy Products Research Centre, Report n. 19, pp. 2-11.
- FUJII J., OTSU K., ZORZATO F., DE LEON S., KHANNA S., WEILER V.K., O'BRIEN P.J., MACLENNAN D.H. (1991): *Identification of a mutation in porcine ryanodin receptor associated with malignant hyperthermia*, «Science», 253, pp. 448-451.
- GEBAUER S.K., CHARDIGNY J.-M., JAKOBSEN M.U., LAMARCHE B., LOCK A.L., PROCTOR S.D., BAER D.J. (2011): *Effects of ruminant trans fatty acids on cardiovascular disease and cancer: a comprehensive review of epidemiological, clinical, and mechanistic studies*, «Advances in Nutrition», 2, pp. 332-354.
- GOTO T., TSUDZUKI M. (2017): *Genetic mapping of Quantitative Trait Loci for egg production and egg quality traits in chickens: a Review*, «The journal of Poultry Science», 54, pp. 1-12.
- HAWKE J.C., TAYLOR M.W. (1995): *Influence of nutritional factors on yield, composition and physical properties of milk fat*, Advanced Dairy Chemistry. Vol. 2. Lipids (2nd), Chapman and Hall, UK, pp. 37-88.
- HECK J.M., SCHENNINK A., VAN VALENBERG H.J., BOVENHUIS H., VISKER M.H., VAN ARENDONK J.A., VAN HOOIJDONK A.C.M. (2009): *Effects of milk protein variants on the protein composition of bovine milk*, «Journal of Dairy Science», 92, pp. 1192-1202.
- HOLT C., CARVER J.A., ECROYD H., THORN D.C. (2013): *Invited review: Caseins and the casein micelle: their biological functions, structures, and behavior in foods*, «J. Dairy Sci.», 96 (10), pp. 6127-6146.
- HONKATUKIA M., REESE K., PREISINGER R., TUISKULA-HAAVISTO M., WEIGEND S., MÄKI-TANILA R.A., VILKKI J. (2005): *Fishy taint in chicken eggs is associated with a substitution within a conserved motif of the FMO3 gene*, «Genomics», 86, pp. 225-232.
- ILIE D.E., BACILA V., CEAN A., CZISZTER L.T., NEO S. (2014): *Screening of RYR1 genotypes in swine population by a rapid and sensitive method*, «Romanian Biotechnological Letters», 19, pp. 9170-9178.
- KOOHARAIE M., KENT M.P., SHACKELFORD S.D., VEISETH E., WHEELER T.L. (2002): *Meat tenderness and muscle growth: is there any relationship?*, «Meat Science», 62, pp. 345-352.
- KRIS-ETHERTON P.M., FLEMING J.A. (2015): *Emerging nutrition science on fatty acids and cardiovascular disease: nutritionists' perspectives*, «Advances in Nutrition», 6, pp. 326S-337S.
- LEENSTRA F., TEN NAPEL J., VISSCHER J., VAN SAMBEEK F. (2016): *Layer breeding programmes in changing production environments: a historic perspective*, «World's Poultry Science Journal», 72, pp. 21-36.
- MARIANI P., LOSI G., RUSSO V., CASTAGNETTI G.B., GRAZIA L., MORINI D., FOSSA E. (1976): *Prove di caseificazione con latte caratterizzato dalle varianti A e B della k-caseina nella produzione del formaggio Parmigiano-Reggiano*, «Sci. Tecn. Latt.-cas.», 27, pp. 208-227.
- MARIANI P., SUMMER A. (1999): *Polimorfismo delle proteine e attitudine tecnologico-casearia del latte*, «Sci. Tecn. Latt.-cas.», 50, pp. 197-230.
- MELE M., CONTE G., CASTIGLIONI B., CHESSA S., MACCIOTTA N.P.P., SERRA A., BUCCIO-

- NI A., PAGNACCO G., SECCHIARI P. (2007): *Stearoyl-coenzyme a desaturase gene polymorphism and milk fatty acid composition in Italian Holsteins*, «Journal of Dairy Science», 90, pp. 4458-4465.
- MENSINK R.P., ZOCK P.L., KESTER A.D., KATAN M.B. (2003): *Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: a meta-analysis of 60 controlled trials*, «The American Journal of Clinical Nutrition», 77, pp. 1146-1155.
- MONIN G. (1985): *Pork of low technological quality with a normal rate of muscle pH fall in the immediate post-mortem period: the case of Hampshire breed*, «Meat Science», 13, pp. 49-63.
- NATRASS G.S., CAFE L.M., MCINTYRE B. L., GARDNER G.E., MCGILCHRIST P., ROBINSON D.L., WANG Y.H., PETHICK D.W., GREENWOOD P.L. (2014): *A post-transcriptional mechanism regulates calpastatin expression in bovine skeletal muscle*, «Journal of Animal Science», 92, pp. 443-455.
- O'BRIEN P.J. (1998): *La mutazione responsabile della sindrome da stress del suino*, «Large Animals Review», 3, pp. 53-63.
- ROBINSON D.L., CAFE L.M., MCINTYRE B.L., GEESINK G.H., BARENDSE W., PETHICK D.W., THOMPSON J.M., POLKINGHORNE R., GREENWOOD P.L. (2012): *Production and processing studies on calpain-system gene markers for beef tenderness: Consumer assessments of eating quality*, «Journal of Animal Science», 90, pp. 2850-2860.
- SADEGHI, M., NIKNAFS S., SHAHRBABAK H.M., FATEMI S.A. (2012): *Two SNP in STAT5B gene and their association with breeding value of growth and egg production traits in Mazandaran indigenous chicken*, «Livestock Science», 147, pp. 198-202.
- SUMMER A., DI FRANGIA F., AJMONE MARSAN P., DE NONI I., MALACARNE M. (2020): *Occurrence, biological properties and potential effects on human health of β -casomorphin 7: Current knowledge and concerns*, «Critical Rev. Food Sci. Nutr.», 60, pp. 3705-3723.
- VANBERGUE E., PEYRAUD J.L., GUINARD-FLAMENT J., CHARTON C., BARBEY S., LEFEBVRE R., GALLARD Y., HURTAUD C. (2016): *Effects of DGAT1 K232A polymorphism and milking frequency on milk composition and spontaneous lipolysis in dairy cows*, «Journal of Dairy Science», 99, pp. 5739-5749.
- WALSH C.D., GUINEE T.P., HARRINGTON D., MEHRA R., MURPHY J., FITZGERALD R.J. (1998b): *Cheesemaking, compositional and functional characteristics of low-moisture part-skim Mozzarella cheese from bovine milks containing k-casein AA, AB, or BB genetic variants*, «J. Dairy Res.», 65, pp. 307-315.
- WALSH C.D., GUINEE T.P., REVILLE W.D., HARRINGTON D., MURPHY J.J., O'KENNEDY B.T., FITZGERALD R.J. (1998a): *Influence of k-casein genetic variant on rennet gel microstructure, Cheddar cheesemaking properties and casein micelle size*, «Int. Dairy J.», 8, pp. 707-714.
- ZHAO X.H., WANG J.Y., ZHANG G.X., WEI Y., GU Y.P., YU Y.B. (2012): *Single nucleotide polymorphism in the STAT5b gene is associated with body weight and reproductive traits of the Jinghai Yellow chicken*, «Molecular Biology Reports», 39, pp. 4177-4183.

Finito di stampare in Firenze
presso la tipografia editrice Polistampa
nel dicembre 2021