

TECNICA MOLITORIA

sili - molini - mangimifici - pastifici

TUBIMONT S.r.l.

Corso Asti, 2/i - 12050 Guarene (CN) - Tel. 0173 228414 - Fax 0173 33272 - info@tubimont.it



**REALIZZAZIONE
IMPIANTI DI
DOSAGGIO LIQUIDI
PER MANGIMIFICI**



Impianti realizzati presso MONGE & C. Spa

www.tubimont.it



CHIRIOTTI EDITORI



MACINAZIONE a SECCO del MAIS: quali test per PREDIRE la RESA in grits

Dry milling of maize: tests to predict the grit yield

Parole chiave: mais, parametri qualitativi, macinazione a secco, metodi di valutazione della durezza
Keywords: maize, quality properties, dry-milling, hardness methods

MASSIMO BLANDINO^{1*} - ALESSANDRO PEILA² - PIERPAOLO STOCO¹ - AMEDEO REYNERI¹

¹Università degli Studi di Torino - Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari -
Via Leonardo da Vinci 44 - 10095 Grugliasco - TO - Italia

²Molino Peila SpA - Frazione Gallenca 30 - 10087 Valperga - TO - Italia

*massimo.blandino@unito.it

SOMMARIO

La durezza della granella influenza le rese molitorie del mais. L'identificazione degli ibridi più idonei richiede un numero limitato di test semplici ma affidabili, in grado di predirne la resa in grits. 119 campioni di granella sono stati analizzati per diversi test: rapporto tra frazione grossolana e fine (C/F), test di flottazione (FLT), contenuto proteico (PC), sfericità (S), energia di macinazione (TME) e peso ettolitrico (TW). La resa in grits (RG), ottenuta con una procedura di micromacinazione, è stata utilizzata per stabilire la capacità dei test nel predire l'attitudine molitoria.

Tra i test confrontati, C/F, FLT e TME e, in misura minore TW, risultano buoni descrittori dell'attitudine molitoria. La capacità predittiva di RG è più elevata con l'impiego combinato di 2 parametri, mentre l'utilizzo di 3 o più variabili non fornisce ulteriori vantaggi. Nel complesso, un parametro derivato dalla macinazione della granella (C/F o TME), associato alla densità (FLT), mostra la migliore capacità predittiva della resa molitoria.

ABSTRACT

The maize hardness determines the dry-milling processing performance. The identification of best maize hybrids for dry-milling process requires a limited number of simple but reliable tests.

119 samples have been analyzed for the coarse-to-fine ratio (C/F), floating test (FLT), protein content (PC), sphericity (S), total milling energy (TME), and test weight (TW). The grit yield (RG) has been obtained through a micromilling procedure. C/F, FLT and TME and, to a lesser extent TW, appeared to be easy-to-use independent descriptors of maize dry-milling attitude. An improved model prediction ability was observed when different combinations of a few physical and chemical properties were used as input variables. However, the models in which 3 or more variables were used did not lead to any significant improvement. A milling evaluation factor (C/F or TME), associated with kernel density (FLT), showed the best predictive ability for dry-milled yields.

INTRODUZIONE

Negli ultimi anni i quantitativi di mais da granella utilizzati in Italia direttamente per la filiera alimentare (polenta, farine per biscotti e altri prodotti da forno, prodotti per la prima colazione) sono in costante crescita, con un incremento che interessa sia il mercato nord europeo, ma soprattutto i consumi nazionali. Una quota sempre maggiore di granella destinata alla trasformazione alimentare è quindi coltivata sotto contratto, secondo attenti e dettagliati disciplinari di produzione messi a punto innanzitutto per ridurre il rischio di elevate contaminazioni da micotossine (Reyneri e Blandino, 2008).

Lo sviluppo di queste filiere specializzate, con la trasformazione progressiva del mais da semplice commodity a specialty, permette di rispondere sempre meglio alle crescenti esigenze di qualità tecnologica della materia prima destinata alla macinazione. A questo riguardo la durezza (hardness) della granella di ibridi di mais è un'importante caratteristica qualitativa di questo cereale, che riveste un ruolo chiave non solo per gli aspetti sanitari, ma soprattutto per le attitudini molitorie e per l'ampiezza d'uso (Shandera *et al.*, 1997). Nei processi di macinazione a secco, il prodotto di maggiore valore economico sono i grits o farine bramate, caratterizzati da una granulometria superiore a 700 μm (Duensing *et al.*, 2003). È ben noto che la lavorazione di granelle ad alto hardness permette una maggiore produzione di grits rispetto alle granelle più soft, le quali, nel corso del processo di macinazione, si sfarinano più facilmente in prodotti di minor granulometria (Wu, 1992). La filiera molitoria del mais richiede quindi l'impiego di ibridi e tecniche agronomiche che garantiscano l'ottenimento di granella sana con elevato hardness, in grado di fornire le più

alte rese in grits (Blandino *et al.*, 2011). Tuttavia, l'hardness dipende da fattori sia fisici (dimensioni, forma, peso, densità della granella), sia biochimici (contenuto in proteine, ceneri, amido e loro composizione) e, sebbene siano stati descritti e suggeriti molti diversi test per determinare l'hardness (Fox e Manley, 2009), non esiste per il mais uno standard generalmente accettato per la valutazione dei caratteri qualitativi associati a questa destinazione d'uso (Blandino *et al.*, 2010).

Alcuni autori (Lee *et al.*, 2005) sottolineano che utilizzare un solo test per caratterizzare l'hardness può enfatizzare il rischio di errore nella valutazione della granella di mais. Pertanto l'impiego simultaneo di più caratteristiche associate all'hardness della granella può permettere di valutare in maniera più sicura e realistica l'attitudine molitoria della granella. Per contro, la valutazione della granella per l'impiego molitorio richiede un numero limitato di test semplici, pratici e fa-

cilmente realizzabili, per poter permettere ai valutatori varietali, ai produttori e ai mugnai di valutare la potenziale produzione in grits.

Lo scopo di questo studio è stato quello di confrontare la capacità predittiva di semplici modelli lineari con uno o più parametri, basati su pochi test facilmente applicabili, con l'obiettivo di sviluppare una serie di criteri per aiutare gli operatori del settore ad identificare le granelle migliori per la macinazione a secco.

MATERIALI E METODI

Nel corso delle campagne agrarie 2007, 2008 e 2009, 36 ibridi commerciali e pre-commerciali di mais sono stati seminati in Piemonte, secondo uno schema sperimentale a parcelloni ripetuti. Il numero di campioni di granella di mais analizzato in ciascun anno, nonché il numero di ibridi e le località considerate sono riassunti in **tab. 1**. Alla raccolta, 100 spighe

Tabella 1 - Dati sperimentali per ciascun set di dati riferito a campioni di granella prelevati e analizzati in differenti campagne agrarie.

Anno	Campioni n.	Ibridi n.	Località n.		RG (%)	C/F	FLT	PC (%)	S	TME (J)	TW (kg/hL)
2007	41	21	6	Media	40,6	1,0	2.599	10,1	0,60	1.193	77
				Min	31,3	0,6	2.058	8,1	0,56	871	73
				Max	48,0	1,4	3.505	11,6	0,67	1.388	82
				CV	1,2	21	15	0,9	4	12	3
2008	36	20	3	Media	43,3	1,1	2.454	10,5	0,61	1.286	79
				Min	33,1	0,7	1.582	8,7	0,57	989	74
				Max	50,6	1,5	3.399	11,7	0,68	1.513	84
				CV	0,9	16	16	0,7	5	9	3
2009	42	17	6	Media	38,5	1,0	2.560	9,5	0,60	1.247	78
				Min	27,0	0,7	1.088	8,2	0,54	982	73
				Max	51,7	1,5	3.337	11,6	0,67	1.640	83
				CV	1,4	20	19	0,8	5	12	3

RG = resa in farine grits (percentuale in peso della frazione >700 µm rispetto al peso della granella prima della macinazione); C/F = rapporto frazione grossolana - fine; FLT = floating test; PC = contenuto proteico; S = sfericità; TME = energia di macinazione; TW = peso ettolitrico. CV: coefficiente di variazione.

per ciascun ibrido sono state prelevate a mano e sgranate meccanicamente; un campione rappresentativo di 3 kg è stato essiccato lentamente all'umidità del $\approx 13\%$ e conservato in frigo in sacchetti di carta.

La determinazione della resa molitoria in grits e tutti gli altri test chimici e fisici, strettamente correlati con l'hardness della granella, sono stati effettuati esclusivamente su cariossidi presenti nella porzione centrale della spiga, integre e prive di difetti, visivamente selezionate per ciascun campione. Per ciascun campione di granella e parametro ricercato sono state effettuate almeno 3 ripetizioni analitiche.

Resa in farine grits (RG)

Una procedura di micro-macinazione è stata adottata in accordo con Yuan e Flores (1996), con l'obiettivo di ottenere per ciascun campione di granella un valore di resa in farine grits secondo un processo di macinazione standard. Per ciascun campione, 20 cariossidi sono state immerse in acqua distillata per 1 ora, in seguito il germe e il pericarpo sono stati rimossi manualmente utilizzando un bisturi. L'endosperma ottenuto è stato essiccato in stufa a 40°C per 24 ore e successivamente macinato in un molino a martelli da laboratorio (Culatti micro hammer mill, Culatti AG, con griglia da 2 mm) e setacciato (Retsch AS 200 basic). La resa in grits (RG) è calcolata come percentuale della frazione compresa tra 2.000 e 700 μm rispetto al peso complessivo delle cariossidi. Tale frazione è stata scelta in quanto rappresentativa dei principali prodotti ottenuti in un convenzionale molino industriale.

Rapporto frazione grossolana e fine (C/F)

Per ciascun campione sono stati macinati 20 g di granella con un molino a martelli da labora-

torio (Culatti AG, con griglia da 2 mm) e setacciato in 3 frazioni da un setacciatore rotativo (Retsch AS 200 basic). Setacci con maglie da 500 e 700 μm sono stati scelti per rappresentare i prodotti più comunemente ottenuti dall'industria molitoria: la frazione "grossolana" (C, dall'inglese coarse, 700-2.000 μm) e quella fine (F, < 500 μm). La frazione intermedia (500-700 μm) poco rappresentata non è stata considerata. Il rapporto C/F è stato determinato in seguito alla pesatura delle frazioni.

Densità reale o Floating Test (FLT)

Questo test è stato utilizzato per valutare la densità reale della granella di mais, registrando il numero di granelle che precipitano in una soluzione a densità variabile. Il metodo applicato è una modifica di quello proposto da Wichser (1961): 100 mL di tetracloroetilene (densità 1,62 g/mL) e 40 mL di etere di petrolio (densità di 0,653 g/mL) sono stati posti in un beuta, ottenendo una soluzione con densità finale di 1,34 g/mL, nella quale sono state immerse 50 cariossidi di mais, inizialmente galleggianti (floater). Gradualmente sono stati aggiunti alla soluzione 5 mL di etere di petrolio e la densità della soluzione è stata ridotta fino a quando non rimangono cariossidi in galleggiamento. Il numero di cariossidi che precipitano ad ogni aggiunta di etere di petrolio è stato registrato, ottenendo una curva di precipitazione. Il floating test (FLT) misura l'area delimitata dalla curva di precipitazione e questo parametro è negativamente correlato con la densità delle cariossidi.

Contenuto proteico (PC)

Circa 300 g di granella di mais sono stati macinati integralmente utilizzando un molino ultracentrifugo Retsch ZM 200, con griglia

da 1 mm. Il contenuto proteico è stato misurato con strumentazione NIR (Foss - NIRSystems 6500 monochromator).

Dimensione delle cariossidi e sfericità (S)

Le dimensioni di 50 cariossidi di ciascun ibrido sono state calcolate misurando la lunghezza (L), la larghezza (W) e lo spessore (D) delle cariossidi intere usando un calibro di precisione (0,1 mm). Questi dati sono stati utilizzati per calcolare la sfericità (S) utilizzando la seguente formula (Pomeranz *et al.*, 1985):

$$S = \frac{\text{volume of solid}}{\text{volume of circumscribed sphere}}^{1/3} = \frac{LWD}{L}^{1/3}$$

I valori di sfericità possono variare tra 0 (oggetto non tridimensionale) e 1 (sfera perfetta). Alti valori di sfericità indicano cariossidi più sferiche, al contrario a minori valori di sfericità corrispondono cariossidi piatte.

Resistenza alla macinazione (Energia di macinazione: TME)

Questo test si basa sul metodo descritto da Stenvert (1974) e Pomeranz *et al.* (1985). 20 g di granella sono stati macinati utilizzando un molino a martelli da laboratorio (Culatti AG, con griglia da 2 mm e velocità a vuoto di 2.500 giri/minuto), equipaggiato con un sistema di registrazione del consumo istantaneo di energia elettrica durante la macinatura, come riportato da Li *et al.* (1996). L'energia di macinazione totale (TME) necessaria per completare la macinazione del campione di granella è stata calcolata partendo dai dati di consumo elettrico istantaneo.

Peso ettolitrico (TW)

Il peso ettolitrico, espresso in kg/hL, è stato determinato utilizzando la strumentazione Dickey-John GAC2000, secondo il programma in dotazione.

Analisi statistica

È stata effettuata l'analisi di regressione lineare utilizzando i parametri qualitativi C/F, FLT, PC, S, TME e TW come variabili indipendenti e RG come variabile dipendente. Complessivamente sono stati confrontati 63 modelli di regressione, derivati da tutte le possibili combinazioni singole e multiple dei 6 parametri considerati. Questa analisi è stata effettuata mantenendo separati i 3 set di dati in funzione dell'anno di raccolta dei campioni ed analisi. L'analisi della varianza (ANOVA) è stata utilizzata per confrontare i coefficienti di determinazione (R²) di quelle equazioni regressive singole e multiple che sono risultate significative (P<0,05) per tutti e 3 i set di dati considerati. Non sono stati considerati i modelli lineari che non hanno mostrato un contributo significativo per ciascun parametro esaminato per tutti i 3 set di dati. I valori di R² ottenuti dall'analisi della regressione per ogni set di dati sono stati utilizzati come repliche per l'ANOVA (test SNK).

RISULTATI

I valori medi, minimi e massimi e il coefficiente di variazione (CV) per RG e gli altri parametri analizzati sono riportati in tab. 1, suddivisi sulla base della campagna di prelievo dei campioni.

Di tutte le possibili combinazioni di modelli lineari, singoli e multipli, che mettano in re-

lazione le caratteristiche qualitative della granella analizzate e la RG, sono state prese in considerazione solo quelle che sono risultate significative per tutti i parametri della regressione in tutti i 3 set di dati. Sono quindi risultate sempre significative le regressioni semplici (con una sola variabile indipendente) per tutti i 6 singoli parametri considerati (C/F, FLT, PC, S, TME e TW) e la resa in grits (RG).

Nell'ambito delle regressioni multiple, che hanno preso in considerazione contemporaneamente più di un fattore qualitativo, sono risultate significative nei 3 anni rispettivamente 9 equazioni con due variabili indipendenti e 2 equazioni con tre. Al contrario, non sono state utilizzate le regressioni multiple che hanno considerato 4 o più parametri contemporaneamente, in quanto il contributo derivato dall'aggiunta di ulteriori fattori

non ha fornito vantaggi significativi. La **fig. 1** riporta il confronto nella capacità di predire la resa in grits (espresso come coefficiente di determinazione, R^2) tra i modelli che sono risultati significativi nei 3 set di dati.

Il modello che ha considerato contemporaneamente C/F e FLT ha evidenziato i più alti valori medi di R^2 (0,856), seguito da altri derivati dalla combinazione di 2 o 3 parametri. Confrontando i singoli parametri qualitativi per la capacità di predire RG, si osserva come C/F, FLT e TME risultano, tra i fattori qualitativi considerati in questo lavoro, i migliori descrittori dell'attitudine molitoria della granella di mais. Queste caratteristiche qualitative delle granelle, qualora considerate da sole, sono risultate in grado di spiegare oltre il 70% della variabilità della RG. Dal momento che non sono state osservate differenze significative tra

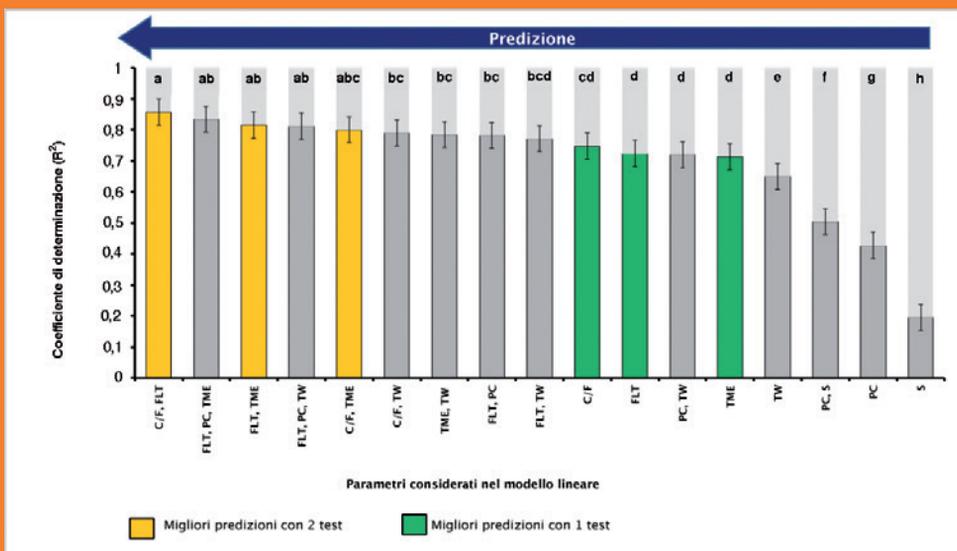


Fig. 1 - Effetto dell'inclusione in modelli lineari singoli e multipli di diversi parametri derivati da differenti test per la valutazione dell'hardness sul coefficiente di determinazione (R^2) sulla capacità di predire la resa in farine grits. Lettere differenti indicano differenze significative per $P < 0,001$. Le barre di errore indicano l'errore standard della media.

C/F, FLT e TME nella capacità di descrivere la RG, questi risultati confermano che non esiste al momento un solo test, tra quelli attualmente identificati per descrivere l'hardness delle cariossidi di mais, capace di fornire una miglior predizione dell'attitudine molitoria rispetto ad un altro. In ordine decrescente per la capacità di fornire un giudizio sulla resa in grits si trovano il peso ettolitrico (TW), il contenuto proteico (PC) e la sfericità (S).

TW e PC, sebbene meno strettamente correlati a RG dei precedenti metodi ($R^2 < 0,65$), hanno manifestato una relazione significativa in tutti i set di dati a confronto ed hanno il vantaggio di essere più semplici e di facile applicazione rispetto ai precedenti. Per contro, sebbene le granelle con più alta sfericità siano correlate ad una più alta resa in farina grits, questa relazione è sempre debole, pertanto questo parametro da solo non è in grado di fornire valutazioni attendibili sulla RG.

È interessante osservare come l'aggiunta di un'altra variabile indipendente in un'equazione lineare in genere, ma non sempre, permette di aumentare in maniera significativa i valori di R^2 . Ad esempio se si tiene conto contemporaneamente dei parametri C/F e FLT si ottengono valori di R^2 , e quindi una capacità di descrivere l'attitudine molitoria, superiori rispetto all'impiego di queste 2 caratteristiche qualitative separate.

Considerando i test più semplici ma meno strettamente correlati a RG dei precedenti, quali TW e PC, si osserva come tenendo in considerazione entrambi i parametri si ottiene un valore di R^2 di 72%, che risulta non significativamente differente rispetto ai modelli lineari basati su C/F, FLT o TME da soli. I dati raccolti evidenziano chiaramente come una migliore previsione della resa molitoria possa essere ottenuta quando vengono presi in considerazione 2 parametri che si basano

su differenti caratteristiche della granella associate all'hardness, quali ad esempio C/F e FLT, FLT e TME, TME e TW.

Al contrario, l'impiego combinato di 2 parametri ottenuti secondo un simile approccio, quali C/F e TME, offre un modesto aumento dei valori di R^2 rispetto ai modelli con un solo parametro. Lo scarso miglioramento nella descrizione dell'attitudine molitoria utilizzando 2 caratteristiche qualitative simili o di più test è dovuto al fatto che questi parametri esprimono tutti un giudizio sull'hardness della granella di mais e sono quindi fortemente correlati tra loro.

In conclusione, nell'ottica di caratterizzare meglio la granella di mais per gli impieghi molitori, questa ricerca ha fornito un ulteriore contributo nello sviluppo di nuovi metodi di valutazione e nell'individuazione dei criteri da utilizzare per scegliere tra diversi parametri qualitativi di semplice applicazione. Tra le proprietà delle cariossidi di mais maggiormente associate con la resa in grits, C/F, FLT, TME e, in misura minore TW, risultano capaci di descrivere il mais in funzione dell'attitudine molitoria. Un miglioramento della capacità predittiva è stata osservata con la combinazione di pochi differenti proprietà fisiche o chimiche, sebbene l'impiego di 3 o più parametri contemporaneamente non sembra fornire un significativo vantaggio. Per il set di dati considerati, l'impiego di un parametro ottenuto con un test di macinazione (C/F o TME) associato alla valutazione della densità delle cariossidi (FLT) ha mostrato la migliore capacità predittiva della resa in farine grits. Tuttavia ulteriori studi sono necessari per individuare le misurazioni più affidabili e di facile applicazione e per standardizzare le procedure.

*Ricerca finanziata dalla Provincia di Torino,
Servizio Agricoltura*

BIBLIOGRAFIA

- Blandino M., Mancini M.C., Marinaccio F., Sovrani V., Reyneri A. "Valutazione della qualità tecnologica per la trasformazione alimentare di ibridi di mais". Atti dell'8° Convegno Aistec, Evoluzione e rilancio della filiera dei cereali, Biodiversità, sostenibilità, tecnologia e nutrizione. Acì Castello (CT), 11-13 maggio 2011, pp. 233-236, 2011.
- Blandino M., Mancini M.C., Peila A., Rolle L., Vanara F., Reyneri A. "Determination of maize kernel hardness: comparison of different laboratory tests to predict dry-milling performance". *Journal of Science and Food Agriculture* 90:1870-1878, 2010.
- Duensing W.J., Roskens A.B., Aldxandre R.J. "Corn dry milling: process, products and application". In: *Corn Chemistry and Technology*, Ed. by White P.J. and Johnson L.A. AACC International, St. Paul, MN, Usa, pp. 409-447, 2003.
- Fox G., Manley M. "Hardness methods for testing maize kernels". *J. Agric. Food Chem.* 57:5647-5657, 2009.
- Lee K.M., Herrman T.J., Lingenfelser J., Jackson D.S. "Classification and prediction of maize hardness-associated properties using multivariate statistical analyses". *J. Cereal Sci.* 41:85-93, 2005.
- Li P.X., Hardacre A.K., Campanella O.H., Kirkpatrick K.J. "Determination of endosperm characteristics of 38 corn hybrids using the Stenvert hardness test". *Cereal Chem.* 73:466-471, 1996.
- Pomeranz Y., Czuchjowska Z., Martin C.R., Lai F. "Determination of corn hardness by Stenvert Hardness Tester". *Cereal Chem.* 62:108-110, 1985.
- Reyneri A., Blandino M. "Il giusto approccio agronomico aiuta qualità e sanità dei cereali". *Supplemento a L'Informatore Agrario* 37:7-10, 2008.
- Shandera D.L., Jackson D.S., Johnson B.E. "Quality factor impacting processing of maize dent hybrids". *Maydica* 42:281-289, 1997.
- Stenvert N.L. "Grinding resistance, a simple measure of wheat hardness". *Flour Anim. Feed Milling* 12:24-26, 1974.
- Wichser W.R. "The world of corn processing". *Am. Miller Process.* 89:29, 1961.
- Wu Y.V. "Corn hardness as related to yield and particle size of fractions from micro hammer-cutter mill". *Cereal Chem.* 69:343-347, 1992.
- Yuan J., Flores R.A. "Laboratory dry-milling performance of white corn: effect of physical and chemical corn characteristics". *Cereal Chem.* 73:574-578, 1996.

LIBRI - BOOKS - LIVRES - LIBRI - BOOKS - LIVRES - LIBRI - BOOKS

NOVITÀ



**Rodolfo Paoletti
Andrea Poli
Vittorio Silano**

496 pag. con tabelle e figure - Rilegato (2012)
Prezzo € 45,00

ISBN 978-88-96027-10-3

ADDITIVI ALIMENTARI NELL'UNIONE EUROPEA

In modo analogo a quanto avvenuto per gli aromi alimentari, le istituzioni dell'Unione Europea (Commissione, Parlamento, Stati membri ed EFSA) hanno dedicato grande energia e forte impegno per assicurare livelli sempre più elevati di sicurezza in materia di additivi alimentari.

Momenti fondamentali di questo processo sono stati quelli dell'approvazione dei Regolamenti (CE) 1331/2008 e 1333/2008 che hanno aggiornato in modo sostanziale la normativa di settore, introducendo fra l'altro una nuova e più severa procedura di autorizzazione all'uso, e quella del Regolamento (UE) 257/2010 che disciplina le modalità della completa rivalutazione degli additivi alimentari già autorizzati, destinata a concludersi entro il 2018. Con i Regolamenti (UE) 1129/2011 e 1130/2011, queste normative hanno anche generato una prima e importante razionalizzazione delle numerose autorizzazioni di additivi alimentari rilasciate a partire dall'inizio degli anni '60.

Il presente volume, realizzato da NFI-Nutrition Foundation of Italy, ricostruisce il quadro normativo attuale in modo sistematico al fine di consentire un'interpretazione autentica basata sull'esperienza scientifica e giuridica degli Autori. Attraverso un'analisi dettagliata dell'evoluzione degli approcci tecnico-scientifici, notevole attenzione è stata dedicata all'intenso lavoro di valutazione del rischio svolto dall'EFSA nel quadro dei processi di valutazione e di revisione effettuati da questa Autorità.

Tutti i nostri libri su: www.chiriottieditori.it/shop - tel. 0121 378147