

RICERCHE E INNOVAZIONI NELL'INDUSTRIA ALIMENTARE

Volume II

A CURA DI
SEBASTIANO PORRETTA

ATTI DEL 2° CONGRESSO ITALIANO DI SCIENZA
E TECNOLOGIA DEGLI ALIMENTI (2° CISETA)

Villa Erba, Cernobbio (Co), 21-22 settembre 1995

CHIRIOTTI EDITORI
Pinérolò - Italia

VINCENZO GERBI(*), GIUSEPPE ZEPPA(*), RICCARDO BELTRAMO(**),
ALBERTA CARNACINI(***), ANDREA ANTONELLI(****)

APPLICAZIONE DELLE RETI NEURALI ARTIFICIALI ALLA CARATTERIZZAZIONE DEGLI ACETI BIANCHI DI DIVERSA ORIGINE

INTRODUZIONE

Uno dei maggiori problemi in cui si dibatte l'agricoltura della Comunità Europea è senza dubbio la sovrapproduzione in alcuni dei comparti agricoli. Il miglioramento genetico, i cambiamenti nelle abitudini alimentari della popolazione ed errori commessi nella fase di programmazione politica hanno portato alla periodica formazione di eccedenze che, altrettanto periodicamente, devono essere distrutte per non determinare un crollo dei prezzi con evidenti disastrose ricadute sul mondo produttivo agricolo.

Esiste quindi la necessità impellente sia di impedire la formazione di eccedenze sia di smaltire quelle presenti, ma con minori costi sociali di quelli della loro semplice distruzione.

L'industria agro-alimentare e con essa la ricerca sono quindi chiamate a svolgere un ruolo di primaria importanza sia individuando nuove destinazioni alle materie prime sia incrementando il livello qualitativo dei prodotti tradizionali per sottrarli ad una logica di mercato prettamente quantitativa.

Un incremento della qualità dei prodotti agro-alimentari è però possibile solo se vengono individuati dei parametri di tipo chimico-fisico e/o sensoriale in grado di definirla compiutamente ed oggettivamente.

Nel caso dei prodotti fermentati ed in special modo in quelli che hanno origine da materie prime di composizione variabile quali il vino o l'aceto tale individuazione si presenta particolarmente ardua e complessa per la presenza sul mercato di innumerevoli prodotti aventi caratteristiche chimico-fisiche ed organolettiche estremamente disformi.

Per l'aceto in particolare tali difficoltà, se possibile, aumentano in quanto è il frutto di una duplice serie d'interventi sia microbici che tecnologici, più o meno drastici, su materie prime diverse per natura e composizione.

Infatti degli oltre 4,5 milioni di ettolitri di aceto, espressi sulla base del 10% di acidità, prodotti annualmente a livello comunitario, solo 0,9 milioni di ettolitri vengono prodotti da vino, ben 3,2 milioni da alcool e 0,4 milioni da malto e da mele.

Poiché in Italia vengono prodotti annualmente circa 540.000 hL di aceto, derivanti quasi esclusivamente dalla bioossidazione acetica del vino, è evidente l'interesse dell'Italia e della Spagna, altro Paese produttore di solo aceto di vino, alla valorizzazione di questo

-
- (*) Dipartimento Valorizzazione e Protezione Risorse Agroforestali - Settore Microbiologia e Industrie Agrarie - Università di Torino - Via P. Giuria 15 - 10126 Torino
(**) Dipartimento Scienze Merceologiche - Università di Torino - Piazza Arbarello 8 - 10122 Torino
(***) Istituto Microbiologia e Tecnologia Agraria e Forestale - Università di Reggio Calabria - Piazza S. Francesco Gallina 4 - 89100 Reggio Calabria
(****) Istituto Industrie Agrarie - Università di Bologna - Via S. Giacomo 7 - 40126 Bologna

prodotto, frutto della bioossidazione di una materia prima più complessa e di maggior valore commerciale.

La legislazione italiana, dovendo tenere conto della realtà produttiva e della legislazione europea, ha consentito, con la legge 258/86, che con il termine "aceto di" venissero indicati tutti gli agri prodotti con alcool di origine agricola, ma confermando il divieto introdotto dalla legge 527/82 di detenere aceti prodotti da materie prime diverse dal vino negli stabilimenti di produzione e confezionamento degli aceti di vino, ha, di fatto, consentito agli acetieri italiani di produrre aceto esclusivamente dal vino.

Tale atteggiamento è giustificato per l'Italia, come per altri Paesi mediterranei come la Spagna, da motivazioni di carattere economico, ma anche culturali, di tutela del consumatore e di difesa dei prodotti tipici mediterranei.

Un'opera di difesa è però possibile solo mediante il riconoscimento della loro maggiore qualità per mezzo di opportuni parametri chimico-fisici e/o sensoriali, derivanti da lavori di caratterizzazione, che consentano di interpretarne la variabilità compositiva in funzione della provenienza, della tecnologia di produzione e della tipologia commerciale.

Nel caso dell'aceto di vino il numero di pubblicazioni volte ad una sua caratterizzazione è assai limitato, se confrontato con quello di altri prodotti alimentari, ed insufficiente per il riconoscimento della sua maggiore qualità soprattutto rispetto al ben più modesto, ma più rappresentato, aceto di alcool.

Le nostre ricerche non sono state quindi volte all'individuazione di parametri di tutela e di controllo legale, parametri peraltro già presenti nella vigente normativa (Ministero Agricoltura Foreste, 1965; Mecca e Vicario, 1971; Sakata et al., 1991), bensì di parametri in grado di definire la qualità, l'origine e la pregevolezza degli aceti del commercio.

Le analisi di tipo chimico-fisico e sensoriale a cui sono stati sottoposti 103 campioni di aceto di vino e di altre materie prime (alcool, sidro, malto, miele) e la successiva elaborazione statistica di tipo multivariato dei risultati ottenuti (Analisi della Varianza, Analisi delle Componenti Principali, Analisi Discriminante, Analisi Multivariata della Varianza, Analisi dei Clusters), hanno consentito d'individuare alcuni parametri discriminanti e correlabili alla qualità sensoriale del prodotto (Carnacini e Gerbi, 1992; Antonelli et al., 1993; Gerbi et al., 1994; Carnacini et al., 1995; Antonelli et al., 1994b).

Principale *handicap* di un tale approccio risulta però la difficile trasferibilità dei risultati ottenuti, ovvero il loro utilizzo nella caratterizzazione e tipizzazione di altri prodotti analizzati successivamente e quindi non considerati nei diversi modelli matematici individuati.

Infatti solo l'Analisi Discriminante Lineare (LDA), attraverso le funzioni discriminanti, consente la riclassificazione di nuovi campioni, purché siano conosciute le distanze discriminanti che caratterizzano le categorie di prodotti confrontate.

Sono però evidenti le difficoltà insite in tale procedura che vanno dall'applicabilità della LDA per i vincoli di tipo matematico che questa impone, alla necessità di dover includere nelle categorie a confronto un elevato numero di campioni che risultino rappresentativi della categoria stessa.

Una possibile soluzione a questi problemi può venire dall'utilizzo delle reti neurali artificiali, già applicate nell'area delle scienze alimentari (Romco, 1992 e 1993; Margari-ta, Beltramo e Giomo, 1994) e che si presentano come un efficace strumento per la caratterizzazione e la discriminazione dei prodotti alimentari.

Infatti le reti neurali artificiali (RNA), utilizzate in genere per la soluzione di problemi quali la classificazione od il riconoscimento delle forme, risultano in grado di apprendere, ovvero di individuare le regolarità insite nei dati e di generalizzare quanto appreso fornendo risultati coerenti se poste di fronte a casi non presi in considerazione nel corso dell'apprendimento.

MATERIALI E METODI

Le RNA utilizzate sono state costruite utilizzando il *software* NeuroShell 2 (Ward Systems Group, USA). L'architettura delle reti è di tipo *three-layer, fully interconnected, feed-forward* e sono state costruite utilizzando un *learning rate* di 0,1 ed un *momentum* di 0,1 (fig. 1). Sono in corso delle prove per valutare l'effetto di un loro cambiamento ai fini del grado di generalizzazione delle reti.

L'apprendimento delle reti si è svolto ponendo un limite di 20.000 eventi dopo il raggiungimento del minimo valore medio dell'errore nella riclassificazione del *test set*.

Il processo di costruzione della RNA, dall'estrazione dei due *set* di dati all'apprendimento è stato ripetuto 5 volte.

Poiché la costruzione di una RNA non è possibile su di un numero elevato di categorie come quello utilizzato per le elaborazioni di tipo multivariato, si è operato un accorpamento delle stesse così da avere un limitato numero di neuroni in *output* e, per ognuno, un sufficiente numero di casi a confronto.

In questa prima fase della ricerca si è accentrata l'attenzione sui soli aceti bianchi, nei quali sono compresi gli aceti di mele e di alcool, per verificare la possibilità di discriminare questi ultimi dagli aceti di vino mediante una RNA.

Gli aceti bianchi sono stati pertanto suddivisi in tre gruppi in funzione della materia prima, indipendentemente dal Paese di produzione (tab. 1).

Ciò ha determinato la presenza, in tutte le prove effettuate, di tre neuroni di *output* corrispondenti alle tre tipologie di prodotto a confronto.

Mentre gli aceti ottenuti per miscelazione fra alcool e vino sono stati inseriti fra gli aceti di alcool, gli aceti di malto e di miele sono stati esclusi in questa fase preliminare per il numero troppo limitato di campioni esaminati.

In questo studio, volto a verificare l'applicabilità delle RNA alla caratterizzazione degli aceti, sono stati presi in considerazione esclusivamente i parametri sensoriali (Gerbi et

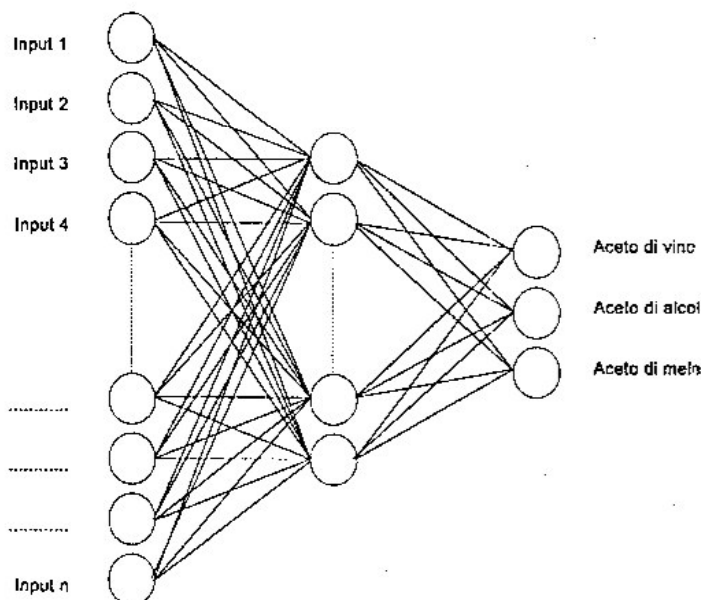


Fig. 1 - Schema della RNA utilizzata nelle simulazioni (per maggiore chiarezza, non sono rappresentati tutti i neuroni).

Tabella 1 - Raggruppamenti degli aceti bianchi utilizzati nella costruzione delle Reti Neurali Artificiali.

Gruppi aceti	Numero campioni
Aceti di vino	35
Aceti di alcool	7
Aceti di mele	11

al., loc.cit.), i polialcoli (Antonelli et al., 1994a) e le sostanze volatili principali determinabili per iniezione diretta in gascromatografia (Antonelli et al., 1994b).

RISULTATI

L'assenza di valori analitici e sensoriali per alcuni campioni ha fatto sì che il numero di aceti utilizzati per la costruzione delle RNA risultasse diverso per i diversi parametri ed inferiore a quello dei campioni esaminati.

Ulteriori prove sono tuttora in corso per migliorare l'architettura delle RNA sinora messe a punto e per costruirne delle nuove basate sui restanti parametri chimico-fisici.

Sostanze volatili principali

La RNA utilizzata è composta da 10 neuroni di *input* e 14 neuroni *hidden*. I 65 campioni disponibili sono stati suddivisi casualmente tra il *training set* (51 casi) ed il *validation set* (14 casi).

In tab. 2 sono riportati i valori medi del grado di apprendimento e del grado di generalizzazione della rete, mentre in fig. 2 sono riportati i relativi *contribution factor*.

Il grado di apprendimento, ovvero la percentuale di casi correttamente classificati per il *training set* non risulta particolarmente elevata in nessuno dei cicli di simulazione raggiungendo mediamente un valore dell'87%.

Gli errori di classificazione sono tutti relativi ad inversioni fra gli aceti di mele e quelli di vino al 6%. Nessun errore di classificazione si ha invece per gli aceti di vino al 7% di acidità o di alcool.

Il grado di generalizzazione ovvero la percentuale di casi correttamente classificati fra quelli del *test set* risulta pertanto bassa, raggiungendo mediamente l'80%. Anche in questo caso tutti gli errori di classificazione sono relativi ad inversioni fra gli aceti di mele e quelli di vino al 6% mentre nessun errore si ha per gli aceti di vino al 7% o gli aceti di alcool.

Questa difficoltà di classificazione da parte della RNA conferma quanto già da noi evidenziato tramite l'Analisi Discriminante Lineare (Antonelli et al., 1994b) e da Nieto (1993), dell'impossibilità di fornire una classificazione dei prodotti che si basi esclusivamente sui composti volatili, nonostante l'elevato *contribution factor* dell'acetoino, salvo per quelli nettamente caratterizzati quali quelli di alcool.

Tabella 2 - Valori medi del grado di apprendimento e di generalizzazione della RNA per i composti volatili.

		Casi totali	Casi correttamente classificati	Casi erroneamente classificati
Training set	N.	51	44	7
	%		87	13
Validation set	N.	14	11	3
	%		80	20

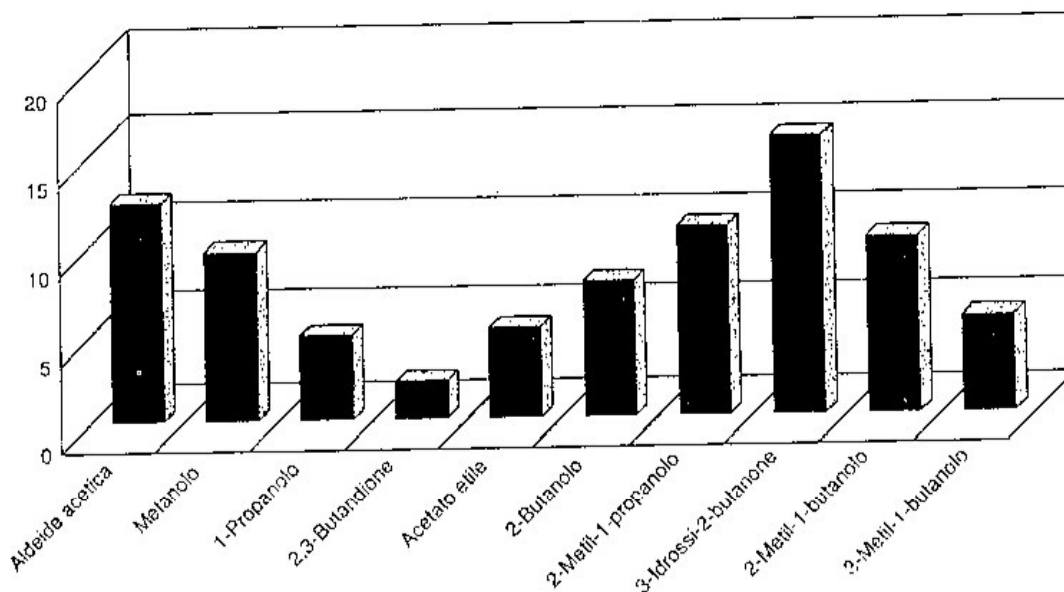


Fig. 2 - Importanza relativa degli input (Contribution factor) nella RNA per i composti volatili.

Polialcoli

La RNA utilizzata è formata da 7 neuroni di *input* e 12 neuroni *hidden* mentre i 64 campioni disponibili sono stati suddivisi, anche in questo caso, casualmente tra *training set* (50 casi) e *validation set* (14 casi).

Il grado di apprendimento della RNA risulta particolarmente elevato (tab. 3) il che determina una percentuale di riclassificazione per il *validation test* del 100%.

Anche in questo caso si conferma quanto già evidenziato con l'Analisi Multivariata (Antonelli et al., 1994a) e cioè che i polialcoli sono indispensabili per la caratterizzazione degli aceti di diversa origine botanica in quanto mantengono il profilo della materia prima d'origine anche dopo la fermentazione alcolica e la bioossidazione acetica.

Si conferma inoltre la maggiore importanza che alcuni polialcoli ed in particolare sorbitolo ed eritritolo, hanno ai fini della caratterizzazione della materia prima d'origine (fig. 3). Non trova conferma invece l'importanza attribuita dall'Analisi Discriminante al mannitolo ed allo xilitolo che nelle prove con la RNA risultano, mediamente, al 5° ed al 4° posto nella scala dei fattori discriminati.

Tabella 3 - Valori medi del grado di apprendimento e di generalizzazione della RNA per i polialcoli.

		Casi totali	Casi correttamente classificati	Casi erroneamente classificati
Training set	N.	50	49	1
	%		99	1
Validation set	N.	14	14	0
	%		100	0

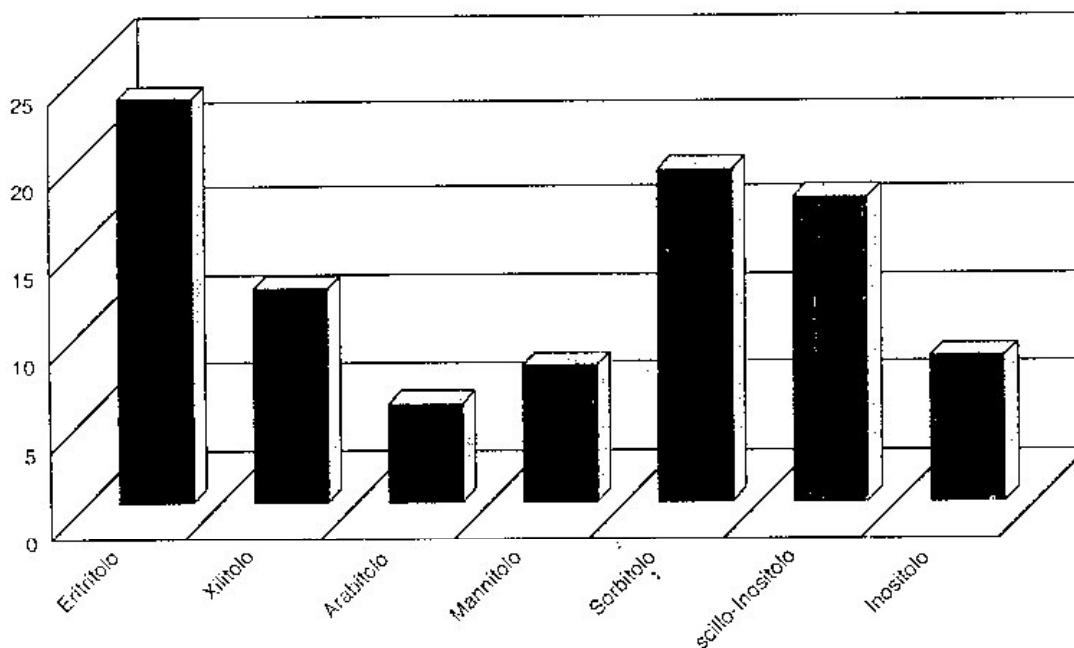


Fig. 3 - Importanza relativa degli *input* (*Contribution factor*) nella RNA per i polialcoli.

Analisi sensoriale

L'architettura della RNA utilizzata risulta formata da 16 neuroni in *input*, corrispondenti ai descrittori sensoriali utilizzati, e 17 neuroni *hidden*.

Come per i polialcoli, dei 64 aceti esaminati, 50 sono stati utilizzati per il *training test* e 14 per il *test set*.

Il grado di apprendimento (tab. 4) risulta molto basso così come quello di generalizzazione. La RNA ha quindi delle difficoltà nell'autoconfigurazione e nell'individuazione delle regolarità dei dati a causa della eccessiva variabilità degli stessi. Questa variabilità, confermata dalla mancanza di una sistematicità negli errori di riclassificazione e dalle differenze nei cinque cicli di simulazione dei *contribution factor*, non riportati per brevità, è determinata sia da una formazione degli assaggiatori insufficiente o troppo generica sia dall'utilizzo di una scheda con descrittori sensoriali non sufficientemente discriminanti.

Tabella 4 - Valori medi del grado di apprendimento e di generalizzazione della RNA per i valori organolettici.

		Casi totali	Casi correttamente classificati	Casi erroneamente classificati
Training set	N.	50	39	11
	%		78	22
Validation set	N.	14	11	3
	%		80	20

Anche l'Analisi Discriminante, benché utilizzata su di un numero maggiore di categorie a confronto (Gerbi *et al.*, *loc. cit.*) conferma quanto rilevato con la RNA evidenziando come, in particolare, i descrittori del gusto risultino poco idonei alla caratterizzazione degli aceti probabilmente per il disagio causato agli assaggiatori dalla notevole aggressività del prodotto.

CONCLUSIONI

L'applicazione delle reti neurali artificiali ai risultati di alcune delle analisi chimico-fisiche e sensoriali eseguite su di un ampio numero di aceti del commercio ha dimostrato sia la diversa capacità discriminante e di classificazione dei parametri utilizzati sia le potenzialità delle RNA.

Infatti mentre i composti volatili determinabili per iniezione diretta in gascromatografia e l'analisi sensoriale hanno evidenziato, in questa prima fase, uno scarso potere discriminante, i polialcoli si sono dimostrati degli ottimi parametri chimici per la caratterizzazione varietale degli aceti.

Tali risultati, che confermano in larga misura quanto già evidenziato con l'Analisi Multivariata ed in particolare con l'Analisi Discriminante Lineare, sono peraltro preliminari e necessitano sia di ulteriori conferme che di indispensabili approfondimenti.

È necessario quindi estendere l'indagine anche ai restanti parametri chimico-fisici (acidi fissi, composti fenolici, ecc.) e verificare qual è l'effetto che modificazioni dell'architettura delle reti sin qui costruite hanno sul grado di generalizzazione delle stesse.

La scelta dei neuroni di *input* e della tipologia della RNA sono gli elementi su cui sarà necessario, in particolare, intervenire per ottimizzarne il grado di apprendimento e di generalizzazione ed ottenere reti stabili, affidabili ed applicabili con successo agli aceti di diversa origine botanica e geografica.

Ricerca svolta con il contributo C.N.R. - Progetto RAISA - Sottoprogetto 4 - Pubblicazione n. 2352.

BIBLIOGRAFIA

- A. Antonelli, G. Zeppa, V. Gerbi, A. Carnacini - "I polialcoli negli aceti di diversa origine botanica e geografica". Report RAISA, 26-27 ottobre 1994a, Sarteano (SI).
- A. Antonelli, G. Zeppa, V. Gerbi, A. Carnacini, N. Natali - "Importance of the quality control of vinegar for valorization of typical product". Proceedings of Seventh European Conference on Food Chemistry - Vol. II, pp. 416-423 - 20-22 settembre 1993, Valencia (E).
- A. Antonelli, G. Zeppa, V. Gerbi, N. Natali, A. Carnacini - "Caratterizzazione degli aceti di origine diversa mediante i componenti volatili determinabili per iniezione diretta in gascromatografia". Report RAISA, 26-27 ottobre 1994b, Sarteano (SI).
- A. Carnacini, V. Gerbi, G. Zeppa, A. Antonelli - "Parametri chimico-fisici caratterizzanti gli aceti di vino e loro relazione con il giudizio organolettico". Atti 2° Congresso Nazionale di Chimica degli Alimenti, pp. 595-604 - 24-27 maggio 1995, Naxos (ME).
- A. Carnacini, V. Gerbi - "Le vinaigre de vin: un produit méditerranéen". Wien Wissen, 47, 216-225, 1992.
- V. Gerbi, G. Zeppa, A. Antonelli, A. Carnacini - "Caratterizzazione degli aceti di vino mediante analisi sensoriale". Report RAISA, 26-27 ottobre 1994, Sarteano (SI).
- S. Margarita, R. Beltramo, A. Giomo - "Le reti neurali quale strumento di classificazione: l'esempio del formaggio Montasio". Atti XVI Congresso Nazionale di Merceologia, pp. 426-433 - 1-3 settembre 1994, Pavia.
- E. Mecca, G. Vicario - "Determinazione dell'acido acetico non biogenico negli aceti mediante misura della radioattività naturale del radiocarbonio". La Chimica e l'Industria, 51, 985-986, 1971.

- Ministero Agricoltura Foreste - "Metodi ufficiali di analisi per i mosti, i vini e gli aceti". Ist. Poligrafico dello Stato, Roma, 1965.
- J. Nieto, M.A. Gonzalez-Vinas, P. Barba, P.J. Martin Alvarez, L. Aldave, E. Garcia Romero, M.D. Cabezudo - "Recent progress in wine vinegar R&D and some indicators for the future". In "Food Flavors, Ingredient and Composition", Charalambans G. Ed., Elsevier Science Publishers B.V., New York.
- F. Romeo - "Valutazione delle caratteristiche qualitative delle merci. Simulazione di giudizi soggettivi mediante reti neurali". Rivista di Merceologia, 31/I, 5-24, 1992.
- F. Romeo - "Simulazione di giudizi soggettivi su oli di oliva mediante reti neurali". Rivista di merceologia, 32/II, 109-121, 1993.
- K. Sakata, S. Kawai, A. Yagi, K. Ina, Y. Kawamura - "Carbon-13-NMR Spectroscopic Analysis of vinegar". J. Jpn. Food Sci. Technol., 38, 9, 765-769, 1991.

RIASSUNTO

Gli aceti con un'immagine di maggiore naturalità come quelli di vino o di mele suscitano un interesse crescente da parte dei consumatori, con un conseguente ampliamento dell'offerta, ma la loro valorizzazione è possibile solo attraverso il riconoscimento della loro maggiore qualità e quindi l'individuazione dei parametri atti a definirla.

Sono state quindi costruite delle Reti Neurali Artificiali con i risultati delle analisi chimico-fisiche e sensoriali eseguite su di un ampio campione di aceti di varie nazionalità ed origine. I dati erano già stati elaborati con tecniche di analisi statistica multivariata, individuando i parametri discriminanti in funzione dell'origine botanica dell'alcool di partenza e quelli maggiormente correlati alla qualità organolettica dell'aceto.

Utilizzando i contenuti in polialcoli ed in sostanze volatili e i risultati delle valutazioni organolettiche sono state messe a punto delle reti neurali artificiali che hanno evidenziato elevate capacità predittive.

I positivi risultati sinora ottenuti inducono a ritenere le reti neurali artificiali un potente strumento matematico che, non necessitando di alcuna ipotesi restrittiva iniziale, possa consentire di costruire dei modelli predittivi idonei sia alla individuazione dell'origine botanica degli aceti sia alla riclassificazione di campioni incogniti.

SUMMARY

CHARACTERIZATION OF WHITE VINEGARS OF DIFFERENT SOURCE WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

Due to their natural image, the interest for wine or apple vinegars is now growing among the consumers. The value increase of these vinegars is only possible if their better quality is acknowledged through the identification of parameters able to define it.

The results of chemical and sensory analysis performed on a great number of vinegars from different Countries and sources have been used to set up some ANNs.

Multivariate statistical analysis of these results supplied discriminant parameters of raw materials and correlated parameters to overall impression.

ANNs were subsequently set up, using polialcohol and volatile substances contents and results of organoleptic evaluation showing good predictive capacity.

Positive results achieved demonstrate that ANNs are a powerful mathematical instrument for the construction of predictive models suitable for the characterization of both vinegar botanical origin and identification of unknow samples.