

# EVOLUZIONE DEI PRINCIPALI COSTITUENTI NEL CORSO DELL'ACETIFICAZIONE

*A. CARNACINI, V. GERBI\*, A. ANTONELLI, G. ZEPPA\*, A. AMATI*

*Istituto di Industrie Agrarie, Università di Bologna, \*Dipartimento Valorizzazione e Protezione Risorse Agroforestali - Sezione Microbiologia e Industrie Agrarie, Università di Torino.*

Parlare di aceto in senso lato, senza soffermarsi sui nobili prodotti tipici di Modena, città che ospita questa tornata, è diminutivo solo in apparenza dal momento che la quantità complessiva di agri commercializzati nell'ambito dei paesi dell'Unione Europea si aggira attorno ai sei milioni di ettolitri.

In Italia la parola aceto viene normalmente utilizzata per riferirsi ai prodotti ottenuti dalla bioossidazione acetica di vino e/o mosto, ma poichè il codice alimentare attribuisce tale denominazione al "prodotto ottenuto dalla doppia fermentazione di un substrato contenente zucchero" (8), è evidente come sia possibile ottenere aceto da qualsiasi materia prima zuccherina.

Tralasciando da un lato gli aceti elaborati con tecnologie particolari come ad esempio quelli balsamici (7, 19, 20) e quelli di Jerez (22), e dall'altro gli agri ottenuti dalla diluizione dell'acido acetico di sintesi, gli aceti possono essere divisi in due grandi categorie: quelli ottenuti dalla bioossidazione acetica di prodotti fermentati e quelli ottenuti dalla bioossidazione di alcol di distillazione.

Dal momento che ciascuno di questi prodotti presenta caratteristiche chimiche, chimico-fisiche e sensoriali diverse, come conseguenza della composizione della materia prima e di tutti i fenomeni connessi con le due fermentazioni, risulta evidente che, a causa del processo di distillazione, gli aceti di alcol sono praticamente privi di tutti i componenti minori e la loro eventuale colorazione è spesso dovuta alla presenza di caramello-caramello. Tale mancanza di composti secondari, tuttavia, non risulta essere sempre un difetto nel momento in cui si considera che la maggior parte dell'aceto, più che consumato direttamente, viene utilizzato per la conservazione degli alimenti, soprattutto di ortaggi e pesci.

Non è sorprendente quindi che per questa finalità, laddove non si produce aceto di origine vinica, si preferisca impiegare quello di alcol o, se consentito, soluzioni diluite di acido acetico; questi agri, infatti, oltre ad essere di costo assai contenuto, non determinano alcuna variazione organolettica oltre l'acidificazione, ma fungono da meri conservanti. Dal momento poi che l'aceto entra anche nella composizione di molteplici salse e condimenti, non è sorprendente che quello di alcol rappresenti il 60 % della produzione europea.

In aggiunta a ciò, volendo estremizzare, esso potrebbe tranquillamente costituire la base acida di prodotti d'imitazione dell' aceto Balsamico.

Di recente un' importanza notevole viene attribuita all'origine dell'aceto; non è raro, infatti, sentirsi raccomandare l'uso di quello di mele piuttosto che di quello di malto, a causa di supposte particolarità organolettiche e/o nutrizionali, cui spesso corrispondono prezzi non giustificati.

Scopo delle numerose ricerche effettuate dal nostro gruppo di studio nell'ambito del progetto RAISA su parecchie decine di agri del commercio, sia italiani che stranieri, di origine diversa, era stato appunto quello di evidenziare le particolarità dei vari aceti, intese soprattutto come indici di qualità e di origine degli stessi (2, 4, 11, 12, 13, 14, 15).

I risultati ottenuti nel corso delle sopracitate ricerche consentono di esporre alcune considerazioni soprattutto nei riguardi dei prodotti italiani. E' stato ad esempio evidenziato come alcuni aceti così detti "d'Autore", appartenenti a certe nicchie di mercato, per poter mantenere particolari caratteristiche, presentano composizione ai limiti della vigente normativa. Inoltre questa, basando la differenza merceologica fra prodotti comuni e di qualità esclusivamente sul valore dell'acidità, è da considerarsi obsoleta o non sufficiente a tutelare i prodotti di maggior pregio.

Degna di un particolare approfondimento ci è apparsa inoltre la constatazione che gli aceti ottenuti con il metodo industriale, a fronte di una certa diversità compositiva, presentano una notevole omogeneità delle caratteristiche organolettiche, tanto da risultare praticamente annullata l'influenza determinata dal vino di partenza (6, 14).

Dal momento che l'acetificazione di liquidi alcolici di origine agricola, anche se consiste essenzialmente nella biossidazione dell'alcol etilico, coinvolge altre sostanze con intensità e modalità diverse a seconda della tecnologia adottata (materia prima, ceppi di batteri, ecc.), non è sorprendente che la biossidazione acetica condotta in maniera industriale determini delle modificazioni anche assai accentuate. D'altro canto i bassi costi, l'alta resa di trasformazione e la velocità del processo hanno determinato, nei riguardi dei prodotti di largo consumo, l'affermazione del sistema per acetificazione rapida (Frings), basato sull'insufflazione di una notevole quantità di aria, così da indurre una veloce moltiplicazione dei batteri acetici ed una rapida ossidazione dell'etanolo.

Pertanto la verifica dei fenomeni che avvengono nel corso del processo, si rivela fondamentale per evidenziare i fattori responsabili della omogeneità delle caratteristiche sensoriali e quindi potere in seguito indirizzare la tecnologia di acetificazione verso la salvaguardia e lo sviluppo di quelle sostanze che sono risultate in grado di caratterizzare i vari prodotti (15).

Allo scopo trecento ettolitri di vino bianco di sicura origine sono stati sottoposti ad acetificazione mediante sistema Frings in un acetificio industriale. L'inoculo è stato effettuato usando uno starter spontaneo costituito da una base di aceto a cui è stato aggiunto un eguale volume di vino. Il processo, durante il quale veniva insufflata aria ad una portata di 200 m<sup>3</sup>/h, è durato approssimativamente 30 ore e si è svolto alla temperatura di circa 36 °C.

I prelievi sono stati effettuati a diversi intervalli di tempo secondo lo schema di tabella 1 ed i vari campioni sono stati sottoposti alle analisi chimiche e chimico-fisiche come riportato in tabella 2.

Dai dati della tabella 3 in cui sono riferiti i risultati di alcune delle analisi effettuate sui diversi campioni, si evidenzia che la tecnologia di acetificazione adottata ha

determinato, all'atto dell'inoculo, un repentino aumento dell'acidità volatile. La successiva formazione è invece dovuta alla bioossidazione dell'etanolo residuo, favorita dall'ossigeno dell'aria immessa in quantità così elevata da provocare la rapida moltiplicazione dei batteri acetici.

L'ipotesi che la microflora acetificante utilizzi praticamente tutta l'aria per l'ossidazione dell'etanolo, preservando in tal modo gli altri composti, viene avvalorata soprattutto dalle sostanze polifenoliche, in particolare dai leucoantociani che, notoriamente sensibili all'azione dell'aria, mostrano delle variazioni praticamente solo nella fase finale del processo, quando i batteri utilizzano in misura inferiore l'ossigeno fornito dal mezzo.

Tale ipotesi viene inoltre confermata dal comportamento della prolina che, senza mostrare variazioni nemmeno al momento dell'inoculo, cala solo alla fine del processo quando, essendo venuto a mancare l'etanolo, l'ossigeno risulta essere disponibile. Diversi Autori hanno infatti asserito come l'ossidazione degli amminoacidi, pur limitata, fosse condizionata dall'intensità dell'aerazione (17, 21, 23)

La notevole quantità di ossigeno coinvolto parrebbe influenzare anche altri parametri come alcuni polialcoli, in generale e la glicerina in particolare.

Nel caso da noi esaminato tuttavia, la diminuzione di questa sostanza sembrerebbe imputabile esclusivamente alle variazioni dovute al taglio iniziale, come dimostrato dal suo calo passando da A0 ad A1 (Tabella 1). A conferma di quanto affermato, si può dimostrare come il suo quantitativo si sia mantenuto quasi costante durante il processo (A1-A8).

Queste osservazioni riconfermano l'importanza della popolazione batterica e dalla velocità del processo che, in questo caso, sembrerebbe essere stata tale da impedire ai batteri di attaccare il glicerolo quale fonte alternativa di carbonio (16). Quest'ultima ipotesi può essere valida anche per sorbitolo e mio-inositolo, i cui quantitativi sono legati al tipo di materia prima, nonché per mannitolo ed eritritolo (Tabella 4). Al contrario arabitolo e trealosio aumentano in modo graduale, ma netto, dimostrando in tal modo che la loro produzione è strettamente legata alla microflora analogamente a quanto da alcuni di noi evidenziato anche nel caso di vini invecchiati sotto flor (9).

In nostri precedenti lavori era stata ipotizzata l'importanza della popolazione batterica anche nei riguardi della composizione acidica; si attribuiva infatti alla presenza di una eventuale malato deidrogenasi la parziale diminuzione dell'acido malico e, contemporaneamente, ad una citrato-sintetasi, la leggera produzione di acido citrico. In questo specifico caso, mentre il primo è rimasto invariato, gli acidi citrico e lattico hanno fatto registrare una leggera crescita il primo ed una leggera diminuzione il secondo analogamente a quanto da noi precedentemente riportato (12).

Degna di particolare attenzione è poi la frazione delle sostanze volatili (Tabella 5), sino ad ora poco studiata sia per la difficoltà dell'approccio, sia perché la componente indotta dall'acido acetico tende a predominare, soprattutto nel caso dei prodotti industriali (5, 21).

Il progressivo calo che i componenti volatili del vino manifestano complessivamente nel corso della bioossidazione (Figura 1), non pare dovuto ad un effetto di trascinamento ad opera dell'aria, dal momento che composti volatili quali il metanolo, non coinvolto in processi metabolici, non subiscono variazioni significative. Anche l'acetaldeide, sostanza estremamente volatile e principale prodotto intermedio del metabolismo batterico, pur manifestando un massimo nelle fasi centrali del processo, cioè nel

momento in cui i microrganismi sono più attivi, diminuisce solo alla fine della fermentazione a causa prevalentemente della sua ossidazione.

La scomparsa dell'etanolo influenza, in accordo con la legge di azione di massa, la quantità di esteri etilici che, pertanto, nell'aceto sono presenti per un terzo del quantitativo originale. Fa eccezione il comportamento dell'acetato d'etile che è presente in quantità sensibili finché l'etanolo si mantiene a livelli apprezzabili, ma poiché è prodotto anche dai batteri per intervento delle esterasi, pur calando nelle ultime fasi del processo, rimane al termine a livelli equivalenti di quelli originali.

Le caratteristiche del vino di partenza vengono modificate dai fenomeni bioossidativi: si assiste pertanto ad una notevole diminuzione degli alcoli alifatici ossidati nei corrispondenti acidi, con velocità ed intensità diversa a seconda del numero di atomi di carbonio.

Fa eccezione il *cis*-3-esenolo che aumenta praticamente di cinquanta volte, mostrando un comportamento analogo a quello precedentemente osservato in campioni di Vernaccia invecchiati sotto flor (9).

Altri composti caratteristici dei vini ottenuti per ossidazione, la cui presenza era quindi prevedibile nell'aceto, sono alcuni acetali dall'odore intenso e caratteristico, quali: il *cis*-5-idrossi-2-metil-1,3-diossano, il *trans*-4-idrossi-2-metil-1,3-diossolano, il *trans*-5-idrossi-2-metil-1,3-diossano che presentano una fase di accumulo ed una di diminuzione. Le loro variazioni sono presumibilmente di natura chimica e non dipendono che indirettamente dal metabolismo dei batteri. Infatti si assiste ad un iniziale aumento imputabile all'abbassamento del pH che favorisce la condensazione della glicerina con i notevoli quantitativi di acetaldeide formatasi, seguita dalla loro parziale idrolisi come conseguenza della diminuzione dei precursori, in questo specifico caso dell'acetaldeide.

Il  $\gamma$ -butirrolattone e il 4-idrossibutirrato d'etile vengono entrambi prodotti dai microrganismi passando attraverso l'acido  $\alpha$ -chetoglutarico. Nel caso della bioossidazione acetica il destino del  $\gamma$ -butirrolattone e del 4-idrossibutirrato d'etile è opposto: il primo aumenta precocemente, mentre il secondo altrettanto velocemente diminuisce. La simmetria dei due fenomeni potrebbe essere spiegata con la generalizzata idrolisi degli esteri etilici, alla quale non si sottrae neanche il 4-idrossibutirrato d'etile. La sua spontanea lattonizzazione dell'acido libero potrebbe spiegare l'aumento del  $\gamma$ -butirrolattone poiché i due fenomeni sono dello stesso ordine di grandezza.

L'acetoino, presente nei vini in quantità modeste, si presenta da subito a livelli elevati, ben al di sopra di quelli giustificabili dalla sola aggiunta dell'aceto nell'elaborazione del prodotto. Ciò sembrerebbe indicare che questa sostanza venga sintetizzata dagli acetobatteri molto precocemente, quando il contenuto di acido acetico è ancora modesto. Successivamente la produzione di acetoino è più contenuta.

In conclusione il monitoraggio ha evidenziato che il metabolismo dei batteri influenza enormemente la composizione del mezzo. Oltre alla trasformazione dell'etanolo in acido acetico vengono attaccate altre sostanze facenti parte del patrimonio aromatico del vino. A questa azione diretta si somma l'effetto provocato dalla ridotta concentrazione di etanolo che porta ad un'idrolisi più o meno spinta dei relativi esteri.

Questi due fatti suggeriscono una certa cautela nel completare l'ossidazione dell'etanolo. Un certo residuo alcolico, purché compatibile con i limiti imposti dalla

legge, sarebbe preferibile sotto il profilo dell'aroma particolarmente a riguardo dell'acetato di etile. Per contro si assiste ad un incremento estremamente significativo di alcune sostanze come l'acetoino che può essere considerato a ragione una sostanza caratterizzante di questo tipo di fermentazione.

## BIBLIOGRAFIA

- 1) **ANTONELLI A.: Ethanol determination by packed GC: a quick method with small sample amount and high sensitivity.**  
*Die Wein-Wissenschaft 49, 165-167 (1994).*
- 2) **ANTONELLI A., VERSARI A., CARNACINI A.: Liquid-liquid extraction of silylated polyalcohols from vinegar and their determination by capillary GC.**  
*J. High Res. Chromatogr. 17, 553-555 (1994).*
- 3) **ANTONELLI, A., ZEPPA G., GERBI V., NATALI N., CARNACINI A.: Caratterizzazione degli aceti di origine diversa mediante i componenti volatili determinabili per iniezione diretta in gascromatografia.**  
*Atti Convegno RAISA - Sottoprogetto 4 -Agrobiotecnologie nei Processi di Valorizzazione dei Prodotti e Sottoprodotti Agricoli. Sarteano, 23-29 ottobre 1994 (1994).*
- 4) **ANTONELLI A., ZEPPA G., GERBI V., CARNACINI A.: Polyalcohols in vinegar as an origin discriminator.**  
*Food Chemistry, 60, 403-407, (1997).*
- 5) **BLANCH P.G., TABERA J., SANZ J., HERRAIZ M., REGLERO G.: Volatile composition of vinegars. Simultaneous distillation-extraction and gas chromatographic-mass spectrometric analysis.**  
*J. Agric. Food Chem. 40, 1046-1049 (1992).*
- 6) **CARNACINI, A., GERBI V., ZEPPA G., ANTONELLI A.: Parametri chimico-fisici caratterizzanti gli aceti di vino e loro relazione con il giudizio organolettico.**  
*Atti del II Congresso Nazionale di Chimica degli Alimenti, Giardini Naxos, 24-27 maggio, 1995, 679-684.*
- 7) **COPPINI D., MONZANI A., PLESSI M.: Osservazioni sull'aceto balsamico di Modena.**  
*Atti Soc. Nat. Mat. Modena 104, 137-142(1973).*
- 8) **F.A.O./W.H.O.: Codex Alimentarius Commission. Draft European Regional Standard for Vinegar,**  
*Alinorm. 83:19, appendix II, 1982 (1982).*
- 9) **GALLETTI G.C., CARNACINI A., ANTONELLI A., FARRIS G.A.: Volatile composition of Vernaccia di Oristano sherry as affected by biological ageing.**  
*J. Sci. Food Agric., 70, 44-50 (1996).*

- 10) GERBI V., ZEPPA G., CARNACINI A.: Rapid extraction of volatile compounds in wine and vinegars using Extraelut resin.  
*Ital. J. Food Sci.* 4, 259-267, (1992).
- 11) GERBI V., ZEPPA G., CARNACINI A., ANTONELLI A.: Applicazione dell'analisi sensoriale alla caratterizzazione degli aceti di vino.  
*Industrie delle Bevande*, XXIII, 8, 333 - 340, (1994).
- 12) GERBI V., ANTONELLI A., ZEPPA G., NATALI N., CARNACINI A.: Evoluzione dei costituenti principali del vino e del sidro nel corso dell'acetificazione.  
*Industria delle bevande*, 24, 241-246 (1995).
- 13) GERBI V., ZEPPA G., BELTRAMO R., ANTONELLI A., CARNACINI A.: Applicazione dell'analisi statistica multivariata e delle reti neurali artificiali alla caratterizzazione degli aceti di diversa origine.  
*Industria delle Bevande*, XXV, 12, 586-90, (1996).
- 14) GERBI V., ZEPPA G., ANTONELLI A., CARNACINI A.: Sensory characterisation of wine vinegars.  
*Food Qual. Pref.* 8, 1, 27-34 (1997).
- 15) GERBI V., ZEPPA G., ANTONELLI A., NATALI N., CARNACINI A.: Multivariate analysis of composition and sensory quality criteria of white vinegars  
*Science des aliments*, 17, 349-358, (1997).
- 16) KESTERS K., WOOD W.A., DE LEY J.: Polyol dehydrogenase of *Gluconobacter owydans*.  
*J. Biol. Chem.*, 240, 965, (1965).
- 17) LLAGUNO C.: Le vinagre de vin dans l'alimentation humaine.  
*Ind. Bevande* 1986, 15, 209-217.
- 18) M.A.F. Metodi ufficiali di analisi per i mosti, i vini e gli aceti.  
*Istituto Poligrafico dello Stato, Roma*, (1958).
- 19) MASCOLO A.: L'aceto balsamico di Modena: normative e produzione.  
*Quad. Vitic. Enol. Univ. Torino* 14, 101-113, (1990).
- 20) MECCA, F., ANDREOTTI R., VERONELLI L. (1979): L'aceto.  
*Edizioni AEB Brescia*, 1979.
- 21) NIETO J., GONZALES-VINAS, BARBA P., MARTIN ALVAREZ P.J., ALDAVE L., GARCIA ROMERO E., CABEZUDO M.D.: Recent progress in wine vinegar R&D and some indicators for the future.  
*In "Food Flavors, Ingredient and composition" Charalambans G. Edt.*,

*Elsevier Science. Publisher B.V., New York (1993).*

**22) QUIRÒS J.M.: Elaboration de vinagre de calidad en Jerez.**

*Quad. Vitic. Enol. Univ. Torino 14, 115-119, (1990).*

**23) SEPPI A., SPERANDIO S.: Studio sulla composizione in aminoacidi liberi degli aceti.**

*Riv. Ital. Sci. Alim., , 9, 315-324, (1980).*

## RIASSUNTO

In Italia con la parola aceto ci si riferisce ai prodotti ottenuti dalla bioossidazione acetica di vino e/o mosto, ma poichè secondo il codice alimentare con questo termine s'intende il "prodotto ottenuto dalla doppia fermentazione di un substrato contenente zucchero", è evidente come nella realtà esistano molteplici tipi di agri fra loro anche assai diversi. Ciascuno di questi, infatti, sarà dotato di specifiche particolarità dal momento che presenta caratteristiche chimiche, chimico-fisiche e sensoriali diverse, come conseguenza della composizione della materia prima e di tutti i fenomeni connessi con le due fermentazioni.

D'altra parte da ricerche da noi in precedenza effettuate su aceti del commercio, sia italiani che stranieri di origine diversa, era fra l'altro emerso come gli aceti di vino ottenuti con il metodo industriale, a fronte di una evidente diversità compositiva, mostrassero una certa omogeneità delle caratteristiche sensoriali.

Allo scopo di evidenziare quanto da noi osservato, un vino ottenuto da uve bianche, è stato sottoposto ad un processo di acetificazione rapido (Frings). Una serie di campioni sono stati prelevati a tempi prestabiliti e sottoposti ad analisi per la determinazione dei principali composti fissi e volatili.

Queste determinazioni hanno permesso di stabilire che l'ossigeno è rapidamente consumato dai microorganismi, la cui azione non si limita però alla sola bioossidazione dell'etanolo dal momento che si assiste ad un calo generalizzato di numerosi composti. Fanno eccezione arabitolo e trealosio, tra i componenti fissi, acetoino ed acidi grassi a corta catena, tra quelli volatili.

Al contrario non si evidenzia un'azione diretta dell'ossigeno sui costituenti dell'aceto. Solo a fine fermentazione, quando l'etanolo non è più presente e l'azione dei batteri risulta indebolita, si possono notare variazioni a carico di alcune sostanze.

## SUMMARY

In Italy, vinegar is the product obtained by the biooxidation of wine and/or must. In accordance with the Codex Alimentarius it is "the product obtained from the double fermentation of a containing sugar substrate". From these statements it is evident the great number of possible vinegars, often very different from each other. In fact, they differ from chemical, chemical-physical and sensorial point of view as a consequence of the raw material as well as the transformations occurring during the double fermentations.

Our previous studies performed on Italian and foreign commercial available vinegars showed great differences of composition. On the other hand, the differences were not so evident on sensory properties. For this reason, a white wine was submitted to acetification production (Frings method). Samples were collected during the process and submitted to analyses to study fixed and volatile composition.

Oxygen action was limited to ethanol biooxidation, while microorganism acted on a wider number of substances which, generally, decreased. On the other hand a few compounds such as arabitol, trealose (fixed compounds), acetoin and short chain fatty acid (volatile compounds) showed an opposite behaviour.



<b>Tempo</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Campione</b>
<b>T0</b>	Vino di partenza	<b>A0</b>
<b>T1</b>	Inizio del processo, subito dopo l'aggiunta dello starter	<b>A1</b>
<b>T2</b>	Dopo 4 ore dall'inizio del processo	<b>A2</b>
<b>T3</b>	Dopo 8 ore dall'inizio del processo	<b>A3</b>
<b>T4</b>	Dopo 14 ore dall'inizio del processo	<b>A4</b>
<b>T5</b>	Dopo 18 ore dall'inizio del processo	<b>A5</b>
<b>T6</b>	Dopo 22 ore dall'inizio del processo	<b>A6</b>
<b>T7</b>	Dopo 25 ore dall'inizio del processo	<b>A7</b>
<b>T8</b>	Dopo 31 ore dall'inizio del processo (aceto finito)	<b>A8</b>

Tabella 1: descrizione della campionatura

<b>Determinazioni</b>	<b>Riferimento</b>	
Acidità totale	M.A.F., 1958	(18)
Acidità fissa	M.A.F., 1958	(18)
Acidità volatile	M.A.F., 1958	(18)
Densità	M.A.F., 1958	(18)
Estratto totale	M.A.F., 1958	(18)
Ceneri	M.A.F., 1958	(18)
Prolina	M.A.F., 1958	(18)
Polifenoli totali	M.A.F., 1958	(18)
Leucoantociani	M.A.F., 1958	(18)
Catechine	M.A.F. 1958	(18)
Alcool etilico	Antonelli, 1994	(1)
Polialcoli	Antonelli et al., 1994	(2)
Alcoli superiori	Antonelli et al., 1994	(3)
Altri costituenti dell'aroma	Gerbi et al., 1992	(10)

Tabella 2: metodi analitici utilizzati.

		<b>A 0</b>	<b>A 1</b>	<b>A 2</b>	<b>A 3</b>	<b>A 4</b>	<b>A 5</b>	<b>A 6</b>	<b>A 7</b>	<b>A 8</b>
Etanolo	mL/100 mL	11,32	4,40	3,96	3,27	2,54	2,07	1,42	0,82	0,11
Acidità volatile	g/100 mL	0,26	6,42	7,05	7,71	8,67	9,30	10,05	10,57	11,23
Acidità totale	g/100 mL	0,57	6,72	7,35	8,01	8,97	9,60	10,35	10,86	11,52
Acidità fissa	g/100 mL	0,31	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,29	0,29
Acido citrico	g/L	0,35	0,46	0,48	0,48	0,50	0,50	0,52	0,53	0,55
Acido tartarico	g/L	1,97	2,01	1,99	1,86	1,89	1,89	1,94	1,98	2,01
Acido malico	g/L	0,31	0,30	0,30	0,29	0,29	0,29	0,31	0,31	0,32
Acido lattico	g/L	2,02	1,29	1,16	1,01	0,92	0,85	0,83	0,8	0,71
Densità		0,9989	1,0105	1,0120	1,0135	1,0162	1,0178	1,0199	1,0211	1,0232
Estratto totale	g/L	18,92	19,28	18,88	18,71	18,19	18,70	18,32	18,54	18,70
Ceneri	g/L	2,92	2,63	2,69	2,60	2,67	2,62	2,61	2,65	2,76
Prolina	mg/L	391	406	387	390	395	387	383	388	339
Polifenoli totali	mg/L	373	346	360	342	340	334	334	334	340
Leucoantociani	mg/L	300	278	306	260	250	253	253	259	260
Catechine	mg/L	74	50	42	42	43	41	42	41	38

Tabella 3: risultati delle determinazioni dei principali costituenti nel corso della fermentazione acetica.

		A 0	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6	A 7	A 8
Glicerina	mg/L	6348	5080	4807	4930	4464	4509	4537	4676	4737
Eritritolo	mg/L	120	112	108	112	106	110	110	118	122
Arabitolo	mg/L	423	397	417	465	479	516	567	619	707
Mannitolo	mg/L	82	98	63	97	94	99	106	109	121
Sorbitolo		76	79	67	68	65	68	70	64	74
Inositolo	mg/L	300	284	269	283	268	274	277	295	307
Trealosio	mg/L	224	438	635	687	707	772	691	668	814

Tab. 4: contenuto in polialcoli (mg/L) nel corso della fermentazione acetica.

	A 0	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6	A 7	A 8
Aldeide acetica	66,18	43,30	44,05	47,00	51,41	58,35	32,36	25,96	22,79
Acetato d'etile	36,91	985,72	947,03	865,12	759,26	514,71	303,13	200,87	36,33
Metanolo	12,88	13,11	12,79	12,68	13,14	13,32	16,11	15,12	14,11
2-Butanolo	0	65,13	63,01	41,13	34,19	19,88	13,76	5,84	5,85
n-Propanolo	23,85	23,66	17,69	15,81	10,53	10,52	7,41	6,40	10,84
i-Butanolo	26,46	18,08	21,01	19,83	23,96	19,05	20,52	18,67	13,81
Alcoli i-amilici	124,98	56,01	80,62	75,6	63,97	49,76	48,08	48,04	27,50
Acetoino	0,00	198,34	315,65	306,12	355,67	369,4	420,38	396,18	415,18
i-Butirrato di etile	0,00	1,02	1,33	1,05	1,17	1,14	0,53	0,48	0,37
Acetato di amile	4,79	7,82	12,08	6,93	7,56	4,27	3,57	3,84	2,78
Pentanolo	0,09	0,09	0,10	0,06	0,02	0,05	0,04	0,00	0,10
Lattato di etile	131,38	83,81	38,13	44,76	25,44	20,98	15,41	9,68	8,58
Esanolo	0,59	0,26	0,14	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28
3-Eossipropanolo	0,47	0,45	0,75	0,53	0,57	0,60	0,60	0,66	0,90
cis-3-Esenolo	0,03	0,11	0,15	0,15	0,14	0,17	0,2	0,17	1,56
cis-5-Idrossi-2-metil-1,3-diossano	1,27	3,94	4,45	3,96	5,47	4,19	3,14	2,11	3,19
3-Idrossibutirrato di etile	0,22	0,35	0,42	0,33	0,35	0,35	0,24	0,37	0,29
n-ottanolo	0,32	1,53	1,71	1,91	2,14	2,28	2,24	2,88	3,37
trans-4-Idrossi-2-metil-1,3-diossolano	0,00	5,25	2,99	3,93	4,65	3,46	2,39	2,13	1,32
g-Butirrolattone	7,09	9,86	10,89	10,15	9,05	3,64	13,91	10,06	12,97
Propandiolo diacetato	0,13	0,19	0,11	0,11	0,13	0,14	0,22	0,14	0,27
Acido 2-Metil- e 3-metilbutirrico	0,41	23,60	28,83	24,99	37,15	30,33	48,45	39,10	80,76
trans-5-Idrossi-2-metil-1,3-diossano	1,80	11,49	7,85	8,50	9,79	7,24	4,86	5,89	0,00
Dietilsuccinato	6,26	8,08	7,44	8,64	10,40	9,46	8,88	8,92	8,26
3-(Metiltio)-1-propanolo	2,40	1,95	3,00	2,51	3,26	2,74	3,26	3,05	1,71
Ac. pentanoico/Propandiolo monoacetato	0,57	0,41	0,68	0,55	0,38	0,45	0,95	0,67	0,43
4-Idrossibutirrato di etile	11,62	4,11	7,11	7,00	5,78	5,38	6,03	4,38	4,33
Acetato di fenetile	0,32	1,28	1,63	1,38	1,28	1,20	1,20	1,00	0,91
Acido esanoico	0,70	1,34	1,69	1,99	2,14	2,41	3,44	2,92	3,31
Alcol benzilico	1,04	1,16	1,65	1,50	1,42	1,64	1,46	1,99	2,17
Alcol fenetilico	22,95	32,38	27,51	29,3	35,10	33,07	26,43	43,49	33,39
Acido ottanoico	0,77	1,32	1,20	1,30	1,45	1,38	1,23	1,83	1,67
Acido decanoico	0,42	0,40	0,59	0,80	0,66	0,57	0,59	0,69	1,25

Tabella 5: componenti volatili (mg/l.) presenti nelle varie frazioni.

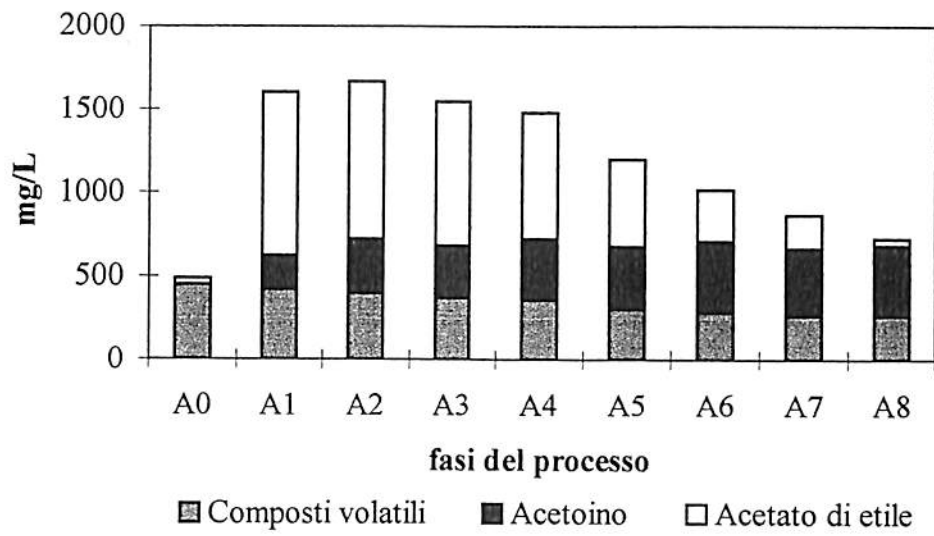


Fig. 1. Evoluzione nel corso dell'acetificazione della somma dei composti volati, dell'acetoino e dell'aceto di etile.