

341 AGRO

341

THE BRITISH LIBRARY



This document has been supplied by, or on behalf of, The British Library Document Supply Centre, Boston Spa, Wetherby, West Yorkshire LS23 7BQ United Kingdom

WARNING: Further copying of this document (including storage in any medium by electronic means), other than that allowed under the copyright law, is not permitted without the permission of the copyright owner or an authorised licensing body.

N^o 65/02

Agro.

جامعة القاهرة
المكتبة المركزية
م. الق. ح. الهند. ب. ١٥٦

VARIAZIONI QUALITATIVE NEL PROCESSO PRODUTTIVO DI CONCENTRATI DI POMODORO: EFFETTI DEI TRATTAMENTI TERMICI

QUALITY CHANGES IN TOMATO CONCENTRATE PRODUCTION: EFFECTS OF HEAT TREATMENTS

Antonio Trifirò, Stefano Gherardi, Casimira Zoni, Alessandra Zanotti, Matteo Pistocchi, Gerardo Paciello*, Franco Sommi*, Pier Luigi Arelli*, Miguel Angel Martin Antequera**

Riassunto

Sono state studiate le variazioni dei parametri qualitativi durante le fasi di inattivazione enzimatica, di raffinazione e di concentrazione nella produzione industriale di concentrato di pomodoro "hot-break". Sono state condotte prove variando la temperatura di inattivazione (tra 88° e 100°C), quella di concentrazione (tra 77° e 91°C sull'ultimo stadio) e il diametro delle maglie dei setacci (0.8, 1.0 e 1.2 mm).

I risultati hanno mostrato che all'aumentare della temperatura di inattivazione si determina una proporzionale degradazione del colore. La consistenza migliora passando da 88° a 94°C, mentre a temperature superiori è possibile verificare un collassamento del prodotto. L'indice blotter diminuisce sensibilmente passando da 88° a 94°C, mentre solo leggeri miglioramenti sono apprezzabili a 100°C.

Il diametro dei setacci di raffinazione non sembra avere effetti significativi sulla consistenza del prodotto.

All'aumentare della temperatura dell'impianto di evaporazione si registrano la diminuzione della consistenza e solo una leggera degradazione del colore nel prodotto finito rispetto all'alimentazione.

Abstract

Studies were carried out on variation in quality parameters during enzymatic inactivation, refining and concentration in the industrial production of "hot break" tomato concentrate. Tests were performed by varying enzyme inactivation temperature (between 88° and 100°C), concentration temperature (between 77° and 91°C in the final stage) and finisher screen diameter (0.8, 1.0 and 1.2 mm).

Results showed that colour deterioration increased with increasing enzyme inactivation temperature. Consistency improved with a temperature increase over the 88°C to 94°C range, while, at higher temperatures, product structure collapsed. Blotter index lessened significantly at temperatures from 88° to 94°C, while only slight improvements occurred at 100°C.

Finisher screen diameter did not appear to have appreciable effects on product consistency.

Increasing evaporation temperature caused a decrease in consistency and only a slight deterioration in finished product colour in comparison with the starting product.

Key words: *tomato concentrate, quality changes, heat treatment.*

INTRODUZIONE

Negli ultimi anni l'obiettivo di ottenere prodotti di alta qualità ha spinto ricercatori e tecnici dell'industria alimentare a studiare e sperimentare tecnologie e condizioni di processo mirate al rispetto del prodotto (le cosiddette "mild technology"), allo scopo di ridurre il degrado dovuto ai trattamenti termici.

In un recente studio (1) sono stati valutati gli effetti di trattamenti di sterilizzazione differenti per tempo e temperatura su alcuni dei principali parametri qualitativi della purea di pera. I risultati hanno mostrato che all'aumentare della drasticità del trattamento termico si ha una sensibile degradazione del colore, della struttura e delle proprietà fluidodinamiche del prodotto. Questi dati sono in accordo con quanto riportato da Jiménez e coll. (2) che hanno studiato gli effetti della sterilizzazione sulle caratteristiche reologiche del succo di pomodoro, e hanno dimostrato la destrutturazione del prodotto e la conseguente fluidificazione all'aumentare del tempo di trattamento.

INTRODUCTION

In the past few years, the aim of obtaining high-quality products has led researchers and technicians in the food industry to study and test technologies and processing conditions allowing product deterioration caused by heat treatments to be minimised (the so-called "mild technologies").

A recent study evaluated the effects of sterilisation treatments differing in duration and temperature on some of the main quality parameters of pear puree (1). The results showed that increasing the severity of heat treatment caused a considerable deterioration in colour, structure and fluidodynamic properties of the product.

These data are in agreement with those reported by Jimenez et al. (2) who studied the effects of sterilisation on the rheological characteristics of tomato juice and demonstrated that the product structure collapses and fluidification occurs as processing temperature increases.

In addition to the final sterilisation step, the production of fruit and tomato concentrates involves an initial heat

Stazione Sperimentale per l'Industria delle Conserve Alimentari, V.le Tanara 31/A - 43100 Parma (Italia).

* Sasib Food S.p.A., Food Processing Division, Via Paradigna, 94/a, - 43110 Parma (Italia).

** ALSAT SL, Polígono Industrial Don Benito, Badajoz (Spagna).

Oltre alla sterilizzazione nella fase finale di confezionamento, la tecnologia di produzione di concentrati di frutta e di pomodoro prevede un trattamento termico iniziale per l'inattivazione enzimatica che, se condotto in condizioni drastiche, può determinare un danno sensibile sulla qualità del prodotto (3).

L'operazione di concentrazione comporta un'ulteriore esposizione al calore. Negli evaporatori a multiplo effetto a circolazione forzata in controcorrente o a corrente incrociata ogni singolo stadio evaporativo è caratterizzato da temperature, tempi di permanenza e concentrazioni del prodotto diverse, che determinano effetti differenti sui fenomeni di degradazione.

Se pochi sono i riferimenti bibliografici (4, 5) relativi agli effetti dei trattamenti di inattivazione e di concentrazione sul degrado del colore negli impianti industriali, del tutto inesistenti sono quelli relativi alle variazioni della consistenza.

Pertanto, in collaborazione con un'azienda costruttrice di impianti, è stato studiato l'effetto del trattamento termico nelle fasi di inattivazione enzimatica e di concentrazione per la produzione industriale di concentrato di pomodoro "hot-break". Le prove, condotte presso un'azienda produttrice di concentrato di pomodoro, hanno avuto lo scopo di verificare le variazioni determinate da differenti temperature di inattivazione su alcuni parametri qualitativi. Parallelamente sono stati studiati gli effetti del grado di raffinazione sulle proprietà reologiche del succo di pomodoro. Nella fase di concentrazione, eseguita in un impianto a triplice effetto in controcorrente, sono state esaminate le variazioni qualitative del prodotto all'uscita di ogni singolo effetto.

MATERIALI E METODI

Le prove sono state condotte presso la ditta ALSAT (Don Benito - Badajoz - Spagna) su una linea di trasformazione Sasib - Divisione Food Processing, con potenzialità oraria di 34.000 kg/h di materia prima lavorata, composta da:

- impianto di inattivazione enzimatica Manzini UHV30: il pomodoro intero è alimentato in un sistema a circolazione forzata costituito da uno scambiatore di calore a fascio tubiero verticale, per raggiungere la temperatura di inattivazione desiderata, e da una camera di espansione sotto vuoto che, determinando una parziale concentrazione, permette di deaerare il prodotto;
- gruppi passatrice-raffinatrice Manzini TE30: la linea di produzione è dotata di due gruppi passatrice-raffinatrice operanti in parallelo;
- evaporatore Manzini MV800.3: impianto a triplice effetto a circolazione forzata ascendente in controcorrente pura; ogni singolo stadio evaporativo è costituito da uno scambiatore a fascio tubiero verticale, da una pompa centrifuga di circolazione e da una camera di espansione.

Inizialmente sono state verificate le variazioni qualitative sul prodotto nelle condizioni di processo usuali.

Si è proceduto quindi a modificare i seguenti parametri di processo: temperatura di inattivazione, setaccio della sola raffinatrice e temperature negli stadi dell'evaporatore. In quest'ultimo caso si è operato sulla temperatura dell'ultimo stadio di evaporazione, con conseguenti variazioni delle temperature negli altri effetti.

Le prove sull'impianto di inattivazione enzimatica sono state condotte variando solo la temperatura, non potendo va-

treatment for enzyme inactivation, which, if carried out under drastic conditions, can seriously damage product quality (3).

Concentration involves further exposure to heat. Each evaporation stage in multiple-effect evaporators with countercurrent or crosscurrent forced circulation is characterised by different temperatures, holding times and concentration levels of the product which have different effects on product deterioration.

There is very little literature (4, 5) on the effects of enzyme inactivation and concentration treatments on colour deterioration in industrial processing plants, and absolutely none on variations in consistency.

For this reason, the effect of heat treatment in enzyme inactivation and concentration steps for the industrial production of "hot-break" tomato concentrate was studied, in collaboration with a firm which builds food-processing plant. The tests, carried out at a tomato processing plant, were designed to ascertain the variations caused by different enzyme inactivation temperatures on several quality parameters. At the same time, the effects on the rheological properties of tomato juice of different degrees of refining obtained by varying finisher screen diameter, were also examined. At the concentration step, performed in a crosscurrent triple-effect evaporator, quality changes in the product at the outlet of each effect were examined.

MATERIALS AND METHODS

The tests were carried out at the firm ALSAT (Don Benito, Badajoz, Spain) on a Sasib Food Processing Division production line with an hourly capacity of 34,000 kg of processed raw material. The line comprises:

- a Manzini UHV30 enzyme inactivation unit: whole raw tomatoes are fed into a forced-circulation system consisting of a vertical-tube-bundle heat exchanger where they reach the required inactivation temperature, and a vacuum expansion chamber, which partially concentrates the product and thus deaerates it;
- a Manzini TE30 pulper/finisher unit: the production line is equipped with two such units operating in parallel;
- a Manzini MV800.3 evaporation unit: a triple-effect plant with forced ascending circulation in pure countercurrent; each separate evaporation step comprises a vertical-tube-bundle heat exchanger, a centrifugal circulation pump and an expansion chamber.

Initially, checks were carried out on quality changes in the product under normal processing conditions.

Modifications were then made to the following processing parameters: enzyme inactivation temperature, finisher screen and temperature in the evaporator effects. In the last case, the temperature in the last stage was modified, with changes in the temperatures of the other stages as a result.

The tests on the enzyme inactivation unit were conducted by varying temperature only, since changes in treatment time would have interfered with normal production rhythms.

For each of the enzyme inactivation temperatures studied, tests were carried out with different screens while maintaining a constant revolution speed of the paddles and a constant distance between the paddles and the screen.

Table 1 shows the processing parameters used in the test.

Samples of tomatoes were taken at the inlet and at the outlet of the enzyme inactivation unit, at the outlet of the finisher, at the inlet of the evaporation unit (KO) and at the outlet of the first

TAB. 1 - Condizioni di processo adottate per le prove.
TABLE 1 - Processing conditions applied for the tests.

Temperatura d'inattivazione Inactivation temperature (°C)	Maglie setaccio Screen mesh (mm)	Temperatura di evaporazione Evaporation temperature		
		1° stadio 1 st stage (°C)	2° stadio 2 nd stage (°C)	3° stadio 3 rd stage (°C)
88	0.8	42	58	78
88	1.0			
88	1.2*			
94*	0.8	43*	60*	83*
94*	1.0			
94*	1.2*			
100	0.8	45	68	91
100	1.0			
100	1.2*			

* parametro di processo impiegato come standard produttivo - processing parameter used as production standard.

riare anche il tempo di trattamento, per non interferire con i ritmi di produzione.

Per ciascuna delle temperature di inattivazione esaminate sono state eseguite prove con diversi setacci mantenendo costante sia la velocità di rotazione delle pale sia la distanza tra pale e setaccio.

Nella Tabella 1 sono riportati i differenti parametri di processo applicati.

Sono stati prelevati campioni di pomodoro in alimentazione, all'uscita dell'impianto di inattivazione, all'uscita delle raffinatrici, in ingresso all'impianto di concentrazione (K0) e all'uscita del 1° (K1), del 2° (K2) e del 3° (K3) stadio di evaporazione.

Allo scopo di limitare le interferenze con il processo produttivo, avendo a disposizione due gruppi passatrice-raffinatrice, le prove con setacci differenti sono state eseguite mantenendo uno dei due setacci fisso (diametro 1.2 mm) e variando di volta in volta l'altro. Sono quindi stati eseguiti due campionamenti del prodotto raffinato con setaccio da 1.2 mm (S3a e S3b) e uno ciascuno per i prodotti raffinati con i setacci da 0.8 (S1b) e da 1.0 (S2a) mm. Contemporaneamente, per ciascuna delle due prove, si effettuavano i prelievi del pomodoro in alimentazione e in uscita all'impianto di inattivazione. In tal modo è stato anche possibile valutare le differenze legate alla variabilità della materia prima, evitando di attribuire erroneamente alle modifiche dei parametri di processo quelle differenze che derivavano dalle caratteristiche del pomodoro usato.

Le prove sull'impianto di concentrazione sono state eseguite tutte con succo inattivato a 94°C e raffinato con setaccio da 0.8 mm.

Nelle Tabelle 2-4 sono riportate le sigle usate per identificare i campioni prelevati sull'impianto di inattivazione, all'uscita delle raffinatrici e sull'evaporatore.

TAB. 2 - Campioni prelevati sull'impianto di inattivazione.
TABLE 2 - Samples taken from the inactivation unit.

Sigla Code	Prodotto Product	Temperatura inattivazione Inactivation temperature (°C)	Sigla Code	Prodotto Product	Temperatura d'inattivazione Inactivation temperature (°C)
T1Ia	Pomodoro fresco Raw tomatoes	88	T1Ib	Pomodoro fresco Raw tomatoes	88
T2Ia		94	T2Ib		94
T3Ia		100	T3Ib		100
T1Ua	Prodotto inattivato Inactivated crushed tomatoes	88	T1Ub	Prodotto inattivato Inactivated crushed tomatoes	88
T2Ua		94	T2Ub		94
T3Ua		100	T3Ub		100

(K1), second (K2) and third (K3) stages of the evaporation unit.

In order to reduce interference with the production process, since two pulper/finisher groups were available, tests with different screens were carried out by maintaining one of the two screens (1.2 mm diameter) unchanged and changing the other. Two samples of the product finished with the 1.2 mm screen and one sample each of the products finished with the 0.8-mm (S1b) and the 1.0-mm screen (S2a) were then taken. At the same time, for each of the two tests, samples of tomatoes were taken at the inlet and at the outlet of the enzyme inactivation unit. In this way, it was also possible to evaluate differences linked to raw material variability, thus avoiding the error of attributing differences deriving from the characteristics of the tomatoes used to modifications in processing parameters.

The tests on the evaporation unit were all performed with juice inactivated at 94°C and finished with the 0.8-mm screen.

Tables 2 to 4 show the codes used to identify the samples taken from the enzyme inactivation unit, at the outlet of the finishers and from the evaporator.

Sampling before and after enzyme inactivation was done taking into account product residence time in the plant, so as to obtain a more homogeneous material. Samples from the evaporation units were taken in the same way. The samples, each weighing 2 kg, taken at temperatures above 75°C, were bottled hot and chilled. Two g/kg of potassium sorbate was added to the other samples. All the samples were maintained at +3°C until the analyses were carried out.

Refractometric index (6), Gardner colour (reference tile BCR), 5-hydroxymethylfurfural and L-ascorbic acid were determined in all samples (7). Pectin esterase activity was checked (8) before and after enzyme inactivation. The samples taken at the outlet of the finishers and the evaporator were also analysed for water-soluble colour (expressed as difference between absorbance values at 420 nm and 660 nm, measured on the filtrate of a 1:1 product-ethanol mixture); insoluble solids (6); pectins (water-soluble, oxalate-soluble and NaOH-soluble) (9); blotter test values and rheometric measurements at 25°C (10). The rheological behaviour of the samples was described by the power law $\tau = k \cdot \dot{\gamma}^n$, where τ = shear stress (Pa), k = consistency index (Pa.sⁿ), $\dot{\gamma}$ = shear rate (dv/dr) (s⁻¹), n = flow behaviour index (adimensional).

In order to have an immediate idea of the effects of processing, the analyses of the concentrates were carried out on samples diluted to the residue of the corresponding juice.

RESULTS AND DISCUSSION

Table 5 shows the results of the analyses carried out on samples before and after enzyme inactivation. It should be noted that the particular technology used involved a partial concentration of the product, with an increase in residue of 0.5-0.7 °Brix. In view of these differences, L-ascorbic acid values were referred to the product at 5 °Brix for a correct

TAB. 3 - Campioni prelevati all'uscita delle raffinatrici.
TABLE 3 - Samples taken at the finisher outlets.

Sigla Code	Maglie setaccio Screen mesh (mm)	Prodotto in alimentazione alla passatrice/raffinatrice (Tab. 2) Product fed into finisher/pulper (Tab. 2)	Sigla Code	Maglie setaccio Screen mesh (mm)	Prodotto in alimentazione alla passatrice/raffinatrice (Tab. 2) Product fed into finisher/pulper (Tab. 2)
T1S1b	0.8	T1Ub	T1S2a	1.0	T1Ua
T1S1b	0.8	T2Ub	T2S2a	1.0	T2Ua
T3S1b	0.8	T3Ub	T3S2a	1.0	T3Ua
T1S3b	1.2	T1Ub	T1S3a	1.2	T1Ua
T2S3b	1.2	T2Ub	T2S3a	1.2	T2Ua
T3S3b	1.2	T3Ub	T3S3a	1.2	T3Ua

TAB. 4 - Campioni prelevati sull'impianto di concentrazione.
TABLE 4 - Samples taken from the evaporation unit.

Sigla Code	K0T1	K1T1	K2T1	K3T1
Campionamento Sampling	Ingresso 1° stadio Inlet 1 st stage	Uscita 1° stadio Outlet 1 st stage	Uscita 2° stadio Outlet 2 nd stage	Uscita 3° stadio Outlet 3 rd stage
Temperatura 3° stadio 3 rd stage temperature	77 °C			
Sigla Code	K0T2	K1T2	K2T2	K3T2
Campionamento Sampling	Ingresso 1° stadio Inlet 1 st stage	Uscita 1° stadio Outlet 1 st stage	Uscita 2° stadio Outlet 2 nd stage	Uscita 3° stadio Outlet 3 rd stage
Temperatura 3° stadio 3 rd stage temperature	83 °C			
Sigla Code	K0T3	K1T3	K2T3	K3T3
Campionamento Sampling	Ingresso 1° stadio Inlet 1 st stage	Uscita 1° stadio Outlet 1 st stage	Uscita 2° stadio Outlet 2 nd stage	Uscita 3° stadio Outlet 3 rd stage
Temperatura 3° stadio 3 rd stage temperature	89 °C			

I campionamenti prima e dopo inattivazione sono stati eseguiti tenendo conto del tempo di residenza del prodotto nell'impianto. Analogamente si è proceduto per l'impianto di concentrazione. I campioni, 2 kg ciascuno, prelevati a temperatura superiore a 75°C sono stati confezionati a caldo e raffreddati. Agli altri campioni sono stati aggiunti 2 g/kg di potassio sorbato. Tutti i campioni sono stati conservati a +3°C sino al momento delle analisi.

Su tutti i campioni sono stati determinati il residuo rifrattometrico (6), il colore Gardner (mattonella di riferimento B.C.R.), il contenuto di 5-idrossimetilfurfurolo (1) e di acido L-ascorbico (7). Prima e dopo inattivazione enzimatica è stata controllata l'attività pectinesterasica (8). Sui prodotti prelevati all'uscita delle raffinatrici e dall'impianto di concentrazione sono stati inoltre effettuati i seguenti controlli: colore idrosolubile (espresso come differenza tra i valori di assorbanza rilevati a 420 nm e 660 nm sul filtrato di una miscela prodotto:etanolo 1:1), residuo insolubile (6), pectine (idrosolubili, solubili in ossalato e solubili in NaOH) (9), blotter test e misure reometriche a 25°C (10). Il comportamento reologico dei campioni è stato descritto con la legge di potenza $\tau = k \cdot \dot{\gamma}^n$, dove τ = sforzo di taglio (Pa), k = indice di consistenza (Pa·sⁿ), $\dot{\gamma}$ = gradiente di velocità (dv/dr) (s⁻¹), n = indice di flusso (adimensionale).

Per avere un'immediata idea degli effetti del processo, le analisi sui concentrati sono state eseguite sui campioni diluiti al residuo del corrispondente prodotto in alimentazione all'impianto.

comparison of the results. Contrary to the findings of Fonseca and Luh (3), no significant changes in ascorbic acid content with inactivation temperature were observed. It would seem reasonable to attribute these differences in behaviour to the different amounts of air in the product, since the plant used in this study operates under vacuum, while the tests described by the above authors were carried out with direct steam injection.

5-hydroxymethylfurfural content remained below the detection limits of the method used, in all samples, regardless of processing temperatures.

As regards pectin esterase activity, the mildest heat treatment (88°C) already caused a reduction to values below 0.005 U/mg, which is the detection limit of the method used; these results are in agreement with those reported by De Sio et al. (8).

Figure 1 shows the decrease in the alb ratio, resulting from enzyme inactivation, expressed as percent differences between outgoing and ingoing product, to rule out the effects of raw material variability. Limited variations, proportional to processing temperature, can be noted: 5-10% at 88°C and 12-16% at 100°C.

Table 6 reports the results of analyses on samples inactivated at different temperatures, taken at the outlet of the finishers. In this case it is difficult to evaluate with certainty the effects of temperature, inasmuch as it is not possible to take into account differences due to the raw material itself. However, well-defined tendencies were observed for some of the parameters studied.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Nella Tabella 5 sono riportati i risultati delle analisi

TAB. 5 - Risultati delle prove sull'impianto di inattivazione enzimatica.
 TABLE 5 - Results of the tests on the enzymatic inactivation unit.

Campione Sample	Temperatura al campionamento Temperature at sampling (°C)	Residuo rifrattometrico Refractometric index (°Brix)	Colore Gardner Gardner Colour				HMF (mg/kg)	Acido L-ascorbico L-ascorbic acid* (mg/kg)	Attività pectinesterasica Pectinesterase activity (U/mg)
			L	a	b	a/b			
T1Ia	25	4.5	25.71	30.17	13.03	2.31	ne	68	
T2Ia	25	4.3	27.24	33.99	13.62	2.49	ne	ne	
T3Ia	25	4.7	25.33	32.97	12.77	2.58	<1	181	
T1Ua	88	5.2	26.92	32.59	14.5	2.24	<1	160	
T2Ua	94	4.9	25.82	30.81	14.13	2.18	<1	219	
T3Ua	100	5.4	26.11	31.28	14.42	2.16	<1	206	
T1Ib	25	4.7	25.74	31.57	13.35	2.36	<1	200	
T2Ib	25	5.1	25.45	31.31	13.05	2.39	<1	150	
T3Ib	25	4.9	25.74	32.07	13.12	2.44	<1	214	
T1Ub	88	5.2	26.21	29.85	13.97	2.13	<1	177	
T2Ub	94	5.6	26.92	31.21	14.68	2.12	<1	195	
T3Ub	100	5.5	26.36	31.06	14.44	2.15	<1	204	

HMF = 5-idrossimetilfurfurolo 5-hydroxymethylfurfural - U/mg = meq di acido galatturonico sviluppati in 1 min per mg di prodotto meq of galacturonic acid forming in 1 min per mg of product * dato riferito al prodotto a 5 °Brix datum referring to the product at 5 °Brix - ne = non eseguito not carried out

eseguite sui campioni prima e dopo inattivazione enzimatica. Si può notare che la particolare tecnologia di inattivazione ha comportato una parziale concentrazione del prodotto con aumenti di residuo di 0.5 - 0.7 °Brix. Considerate queste differenze, per un corretto confronto tra i risultati, i valori di acido L-ascorbico sono stati riferiti al prodotto a 5 °Brix. Al contrario di quanto verificato da Fonseca e Luh (3), non ne sono state osservate variazioni significative con l'aumentare della temperatura di inattivazione. Queste differenze di comportamento sono ragionevolmente da attribuire al diverso contenuto di aria nel prodotto, in quanto l'impianto esaminato nel presente studio opera sotto vuoto, mentre le prove di Fonseca e Luh sono state condotte con iniezione diretta di vapore.

Il contenuto di 5-idrossimetilfurfurolo é rimasto, in tutti i campioni, al di sotto dei limiti di determinazione del metodo usato, indipendentemente dalla temperatura di processo.

Per quanto riguarda l'attività pectinesterasica, già con il trattamento più blando (88°C) se ne é rilevata una riduzione a valori inferiori a 0.05 U/mg, limite di rilevanza del metodo impiegato, in accordo a quanto riportato da De Sio e coll. in studi sulla termoresistenza della pectinmetilesterasi (8).

Nella Figura 1 sono riportate le diminuzioni del rapporto a/b, conseguenti al trattamento di inattivazione enzimatica, espresse come differenze percentuali tra prodotto in uscita e prodotto in ingresso all'impianto, per annullare gli effetti di variabilità della materia prima. Si possono osservare variazioni contenute, proporzionali alla temperatura di processo: 5 - 10% a 88°C e 12 - 16% a 100°C.

Nella Tabella 6 sono riportati i risultati delle analisi sui campioni inattivati alle diverse temperature, prelevati all'uscita delle raffinatrici. In questo caso é difficile valutare con certezza gli effetti della temperatura, in quanto non è possibile tenere conto delle differenze dovute alla materia prima. Tuttavia alcuni dei parametri esaminati hanno mostrato delle tendenze ben definite.

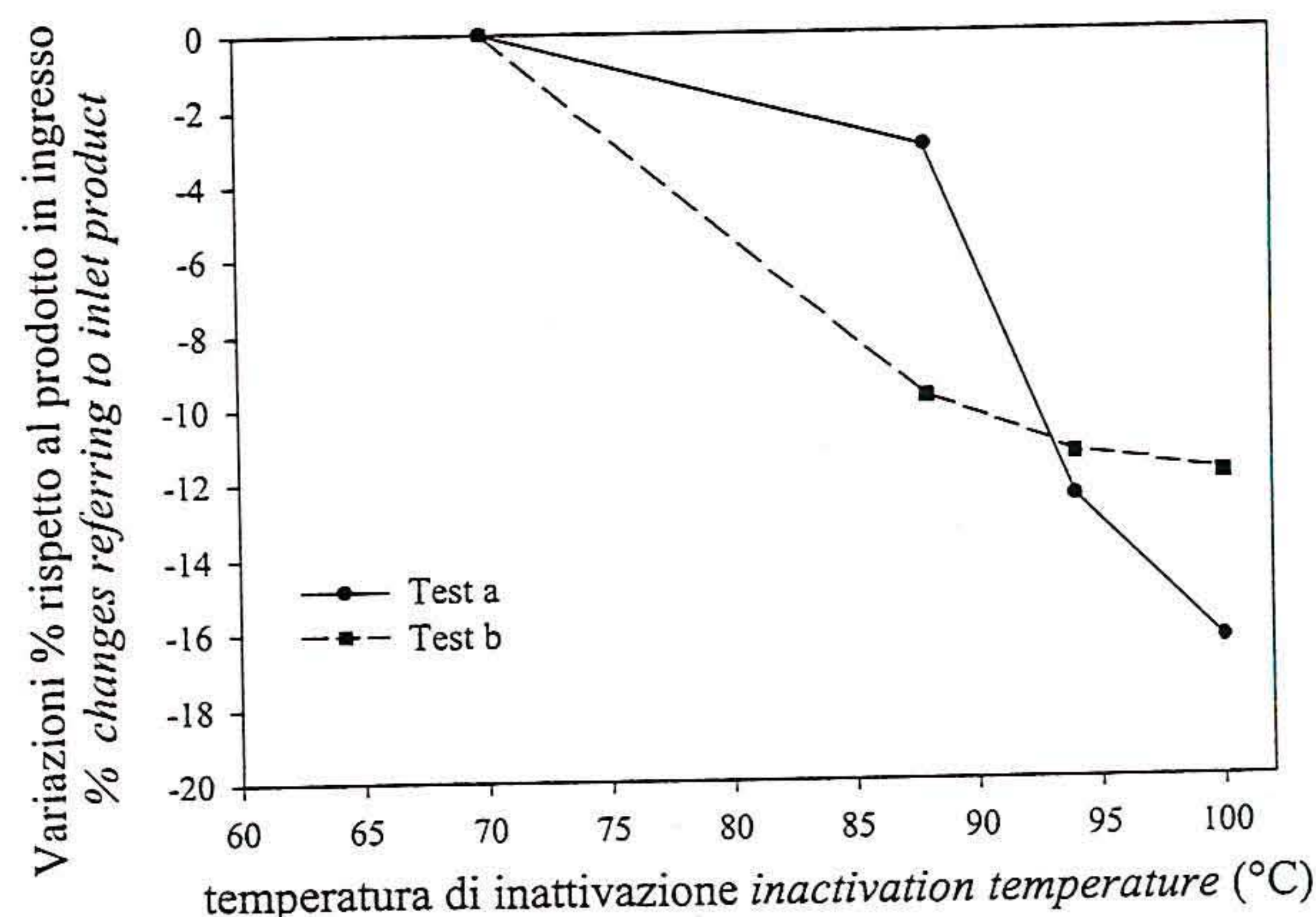


FIG. 1 - Variazioni del rapporto a/b rilevate sull'impianto di inattivazione enzimatica
 Changes in the a/b ratio measured on the enzymatic inactivation unit.

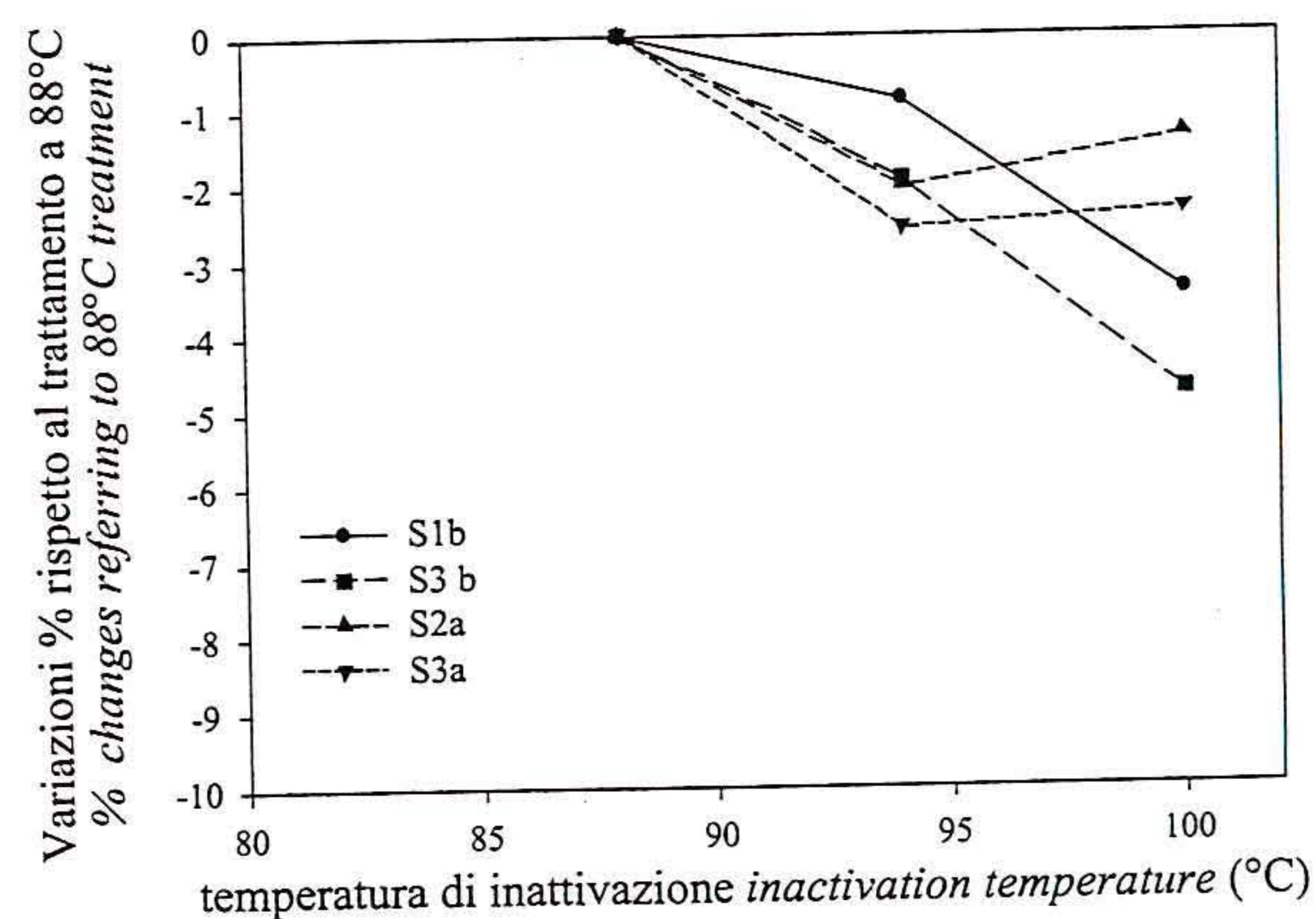


FIG. 2 - Variazioni del parametro L rilevate all'uscita delle raffinatrici.
 Changes in parameter L measured at finisher outlets.

TAB. 6 - Risultati delle analisi eseguite sui campioni prelevati all'uscita delle raffinatrici.
TABLE 6 - Results of the analyses carried out on the samples taken at the finisher outlets.

Sigla Code	Setaccio Screen (mm)	TI °C	RO °Brix	Colore Gardner Gardner colour				HMF (mg/kg)	Acido L-ascorbico* L-ascorbic acid (mg/kg)	Pectine* Pectic substances (mg/kg)			Blotter**	RI* (%)	Costanti reologiche Rheological constants		
				L	a	b	a/b			PA	PB	PC			k	n	η_{100}
T1S1b	0.8	88	5.0	27.38	31.91	14.75	2.16	<1	200	1219	710	1194	16	0.99	4.01	0.179	344
T2S1b	0.8	94	5.4	27.14	32.14	14.87	2.16	<1	207	1476	952	1180	10	0.92	5.09	0.241	524
T3S1b	0.8	100	5.4	26.44	31.62	14.64	2.15	<1	152	1549	768	1028	10	0.95	2.81	0.352	402
T1S3b	1.2	88	4.9	27.54	32.33	14.92	2.16	<1	218	1311	806	1041	15	0.96	3.66	0.263	402
T2S3b	1.2	94	5.4	27.01	32.16	14.77	2.17	<1	210	1463	962	1222	10	0.99	4.60	0.284	538
T3S3b	1.2	100	5.3	26.23	31.67	14.53	2.17	<1	286	1534	845	1243	9	1.06	3.66	0.310	463
T1S2a	1.0	88	5.0	26.74	31.79	14.55	2.18	<1	198	1282	810	692	16	0.96	4.57	0.193	407
T2S2a	1.0	94	4.9	26.20	31.59	14.35	2.20	<1	246	1606	896	1233	9	1.11	4.67	0.302	576
T3S2a	1.0	100	5.3	26.38	31.05	14.53	2.13	<1	158	1756	775	974	8	1.04	4.28	0.324	566
T1S3a	1.2	88	5.1	26.91	31.72	14.60	2.17	<1	193	1267	769	724	13	0.99	5.55	0.191	492
T2S3a	1.2	94	5.1	26.22	31.38	14.35	2.18	<1	238	1607	954	1343	10	1.04	4.34	0.296	527
T3S3a	1.2	100	5.4	26.28	30.82	14.47	2.12	<1	175	1801	861	1292	8	0.98	4.08	0.318	528

TI= temperatura di inattivazione *inactivation temperature* - RO= residuo rifrattometrico *refractometric index* - HMF= 5-idrossimetilfurfurolo *5-hydroxymethylfurfural* - PA= pectine idrosolubili *water-soluble pectins* - PB= pectine solubili in ossalato di sodio *oxalate-soluble pectins* - PC= pectine solubili in NaOH *NaOH-soluble pectins* - RI= residuo insolubile *insoluble matter* - k= indice di consistenza *consistency index (Palsⁿ)* - n= indice di flusso *flow-behaviour index (adimensionale adimensional)* - η_{100} = viscosità apparente a 100 s⁻¹ *apparent viscosity at 100 s⁻¹ (mPa.s)*.

* dato riferito al prodotto a 5 °Brix - *datum referring to the product at 5 °Brix*.

** misura eseguita su 5 ml di campione dopo 5 min - *measurement taken on 5 ml of sample after 5 min*.

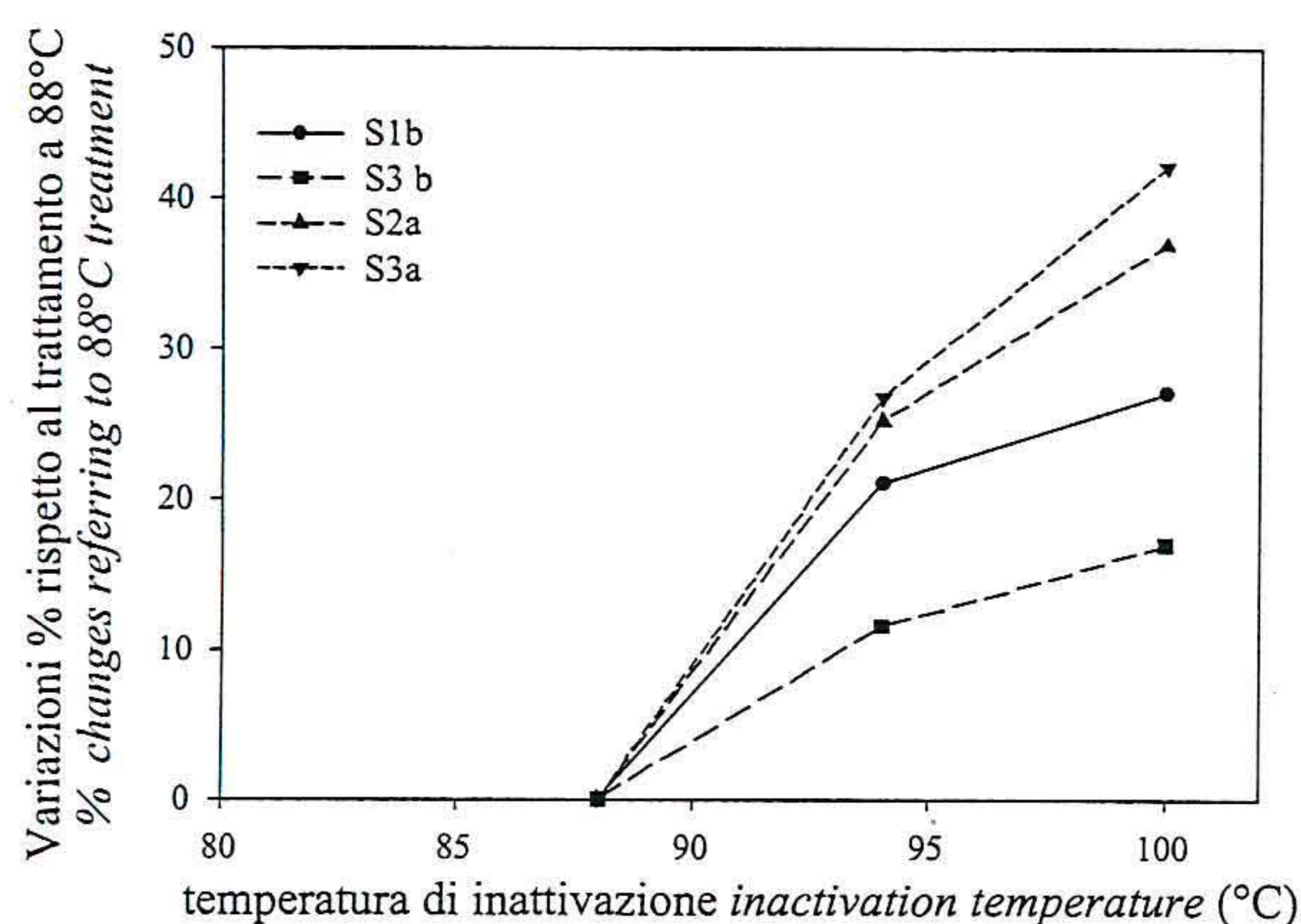


FIG. 3 - Variazioni del contenuto di pectine idrosolubili rilevate all'uscita delle raffinatrici.
Changes in water-soluble pectin content measured at finisher outlets.

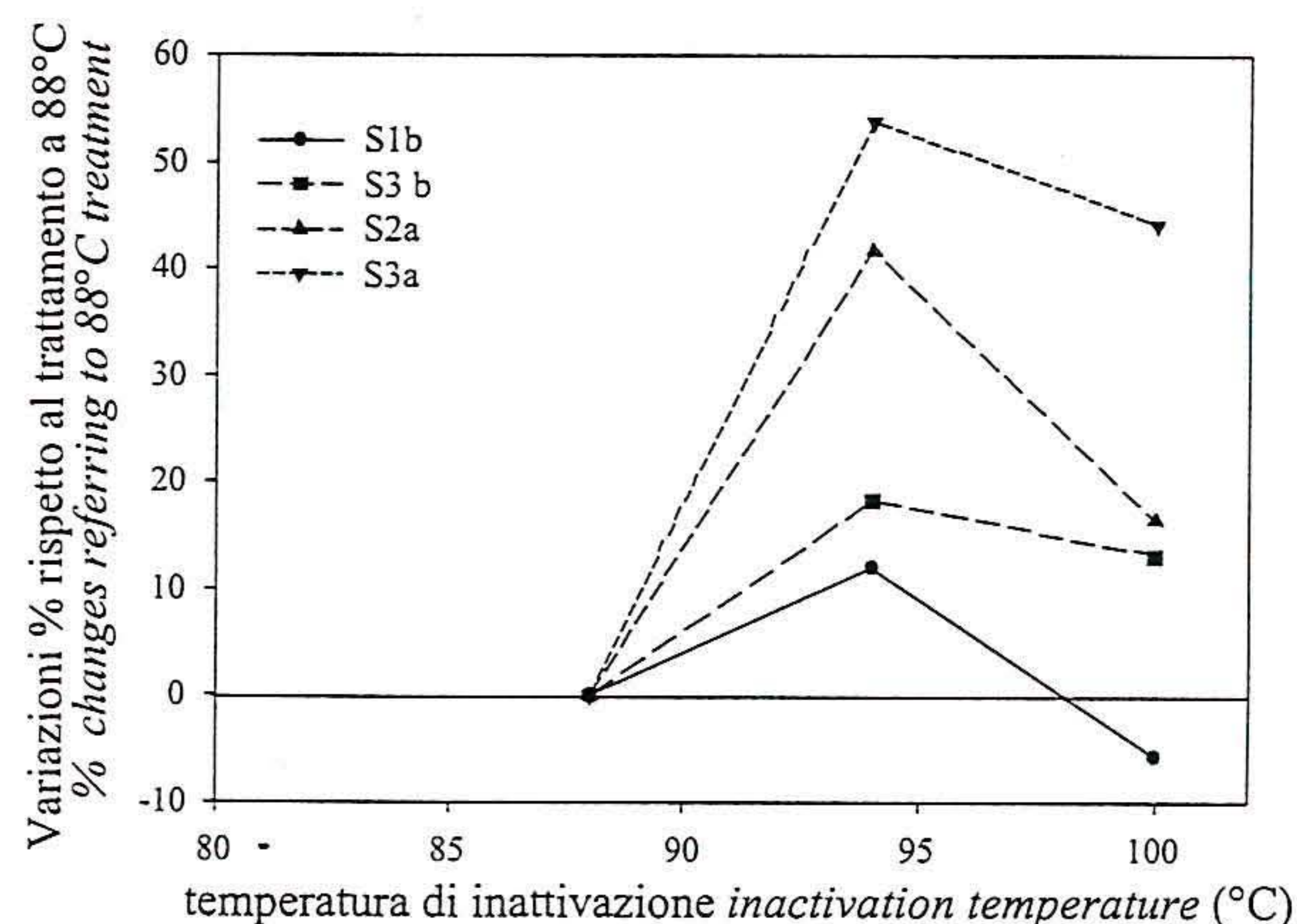


FIG. 4 - Variazioni del contenuto di pectine insolubili (somma delle frazioni solubili in ossalato e in NaOH) rilevate all'uscita delle raffinatrici.
Changes in insoluble pectin content (sum of oxalate-soluble and NaOH-soluble fractions) measured at finisher outlets.

Nelle Figure 2-8 sono riportate le variazioni con la temperatura, espresse come differenze percentuali dei valori determinati nei campioni inattivati a 94° e 100°C rispetto a quelli ottenuti nelle prove a 88°C.

Per quanto riguarda il colore, l'analisi sul succo raffinato è più attendibile di quella condotta sui pomodori tritati in quanto non risente dell'interferenza dovuta alla presenza di pelli e semi. Non sono state osservate differenze significative del rapporto a/b; valori di L tendenzialmente più bassi sono stati rilevati nei campioni trattati alle temperature più alte (Figura 2), indipendentemente dal grado di raffinazione, con differenze, però, contenute entro il 5%.

All'aumentare della temperatura di trattamento, nei campioni sono stati determinati contenuti più elevati di pectine idrosolubili (Figura 3). Le pectine insolubili in acqua (frazioni solubili in ossalato e in soda) sono risultate maggiori nel succo inattivato a 94°C rispetto a quelle del campione trattato a 88°C (Figura 4). A 100°C se ne

Figures 2 to 8 show changes with temperature, expressed as percent differences of the values found in samples enzyme-inactivated at 94° and 100°C in comparison with those obtained at 88°C.

As regards colour, analysis of refined juice is more reliable than that carried out on chopped tomatoes, as there is no interference from skins and seeds. No significant differences in the a/b ratio were observed; tendentially lower L values were noted in samples treated at the higher temperatures (Figure 2), independently of the grade of refinement, but with small differences (within 5%).

With increasing enzyme inactivation temperature, higher amounts of water-soluble pectins were found in the samples (Figure 3). The water-insoluble pectins (oxalate-soluble and soda-soluble fractions) were higher in the juice inactivated at 94° C compared to those found in samples which had been treated at 88° C (Figure 4). However, at 100° C a reduction in their content occurred.

Regardless of the screen used, blotter test values were

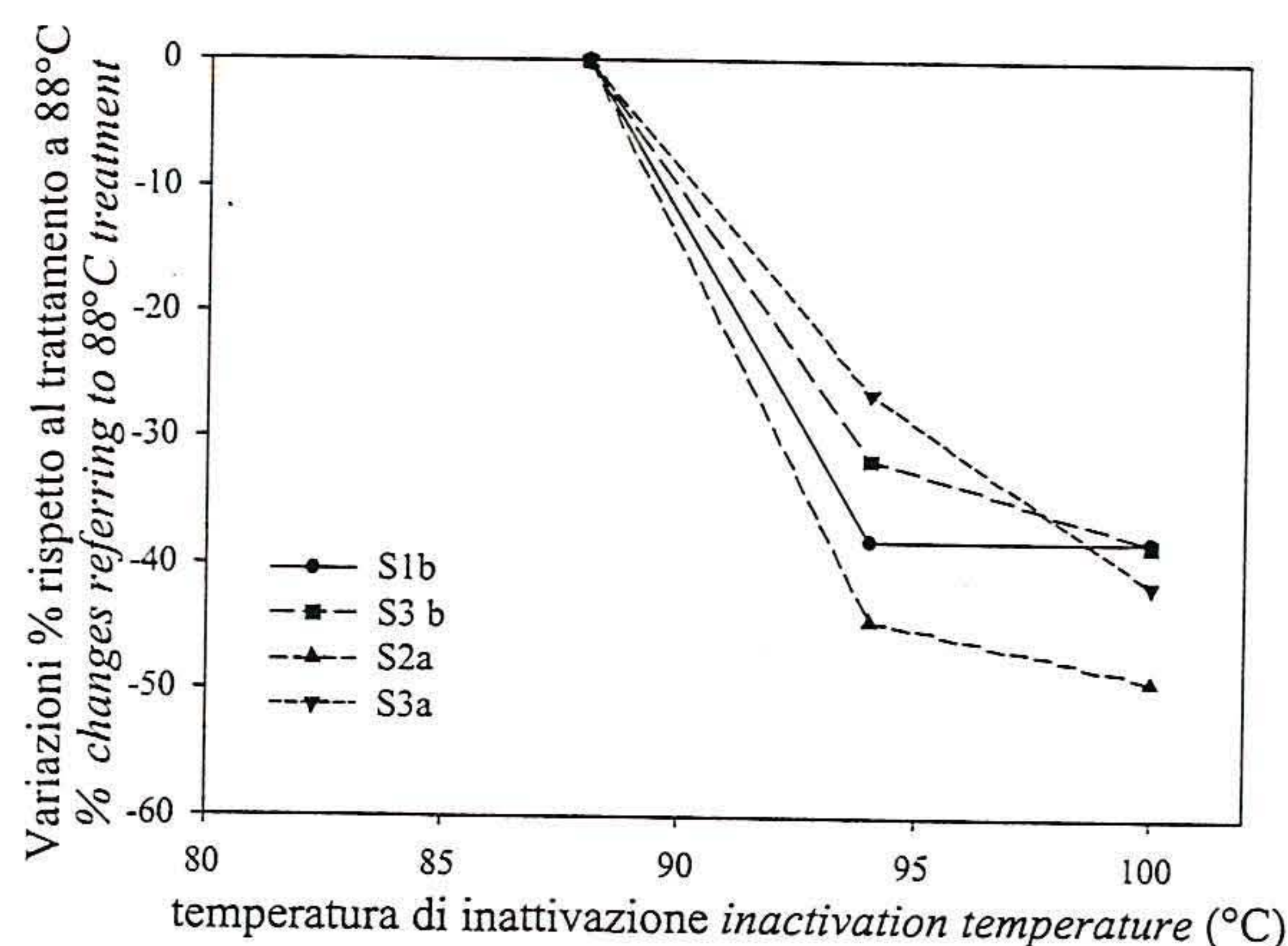


FIG. 5 - Variazioni del valore blotter rilevate all'uscita delle raffinatrici.
Changes in blotter value measured at finisher outlets.

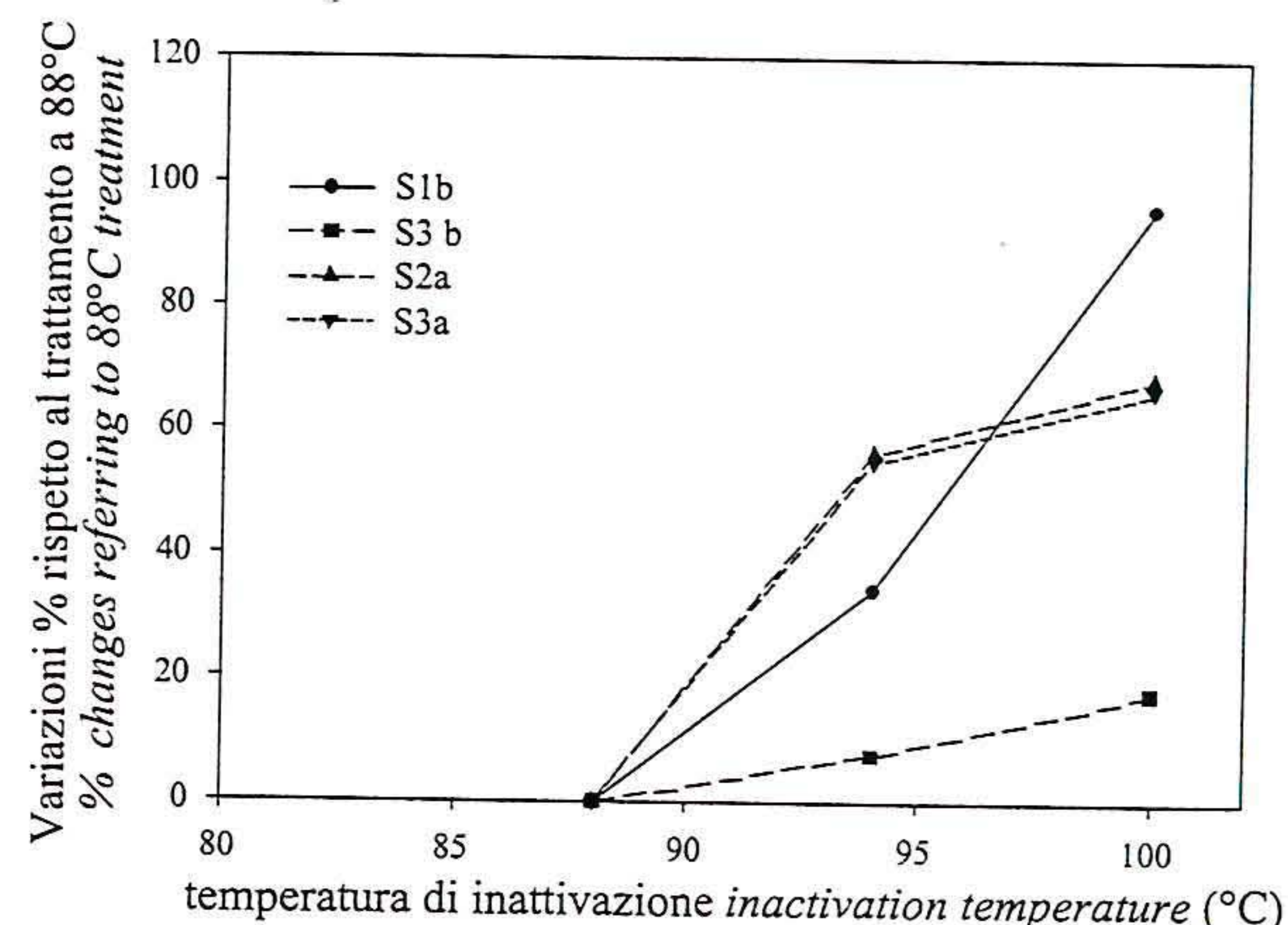


FIG. 6 - Variazioni dell'indice di flusso rilevate all'uscita delle raffinatrici.
Changes in flow behaviour index measured at finisher outlets.

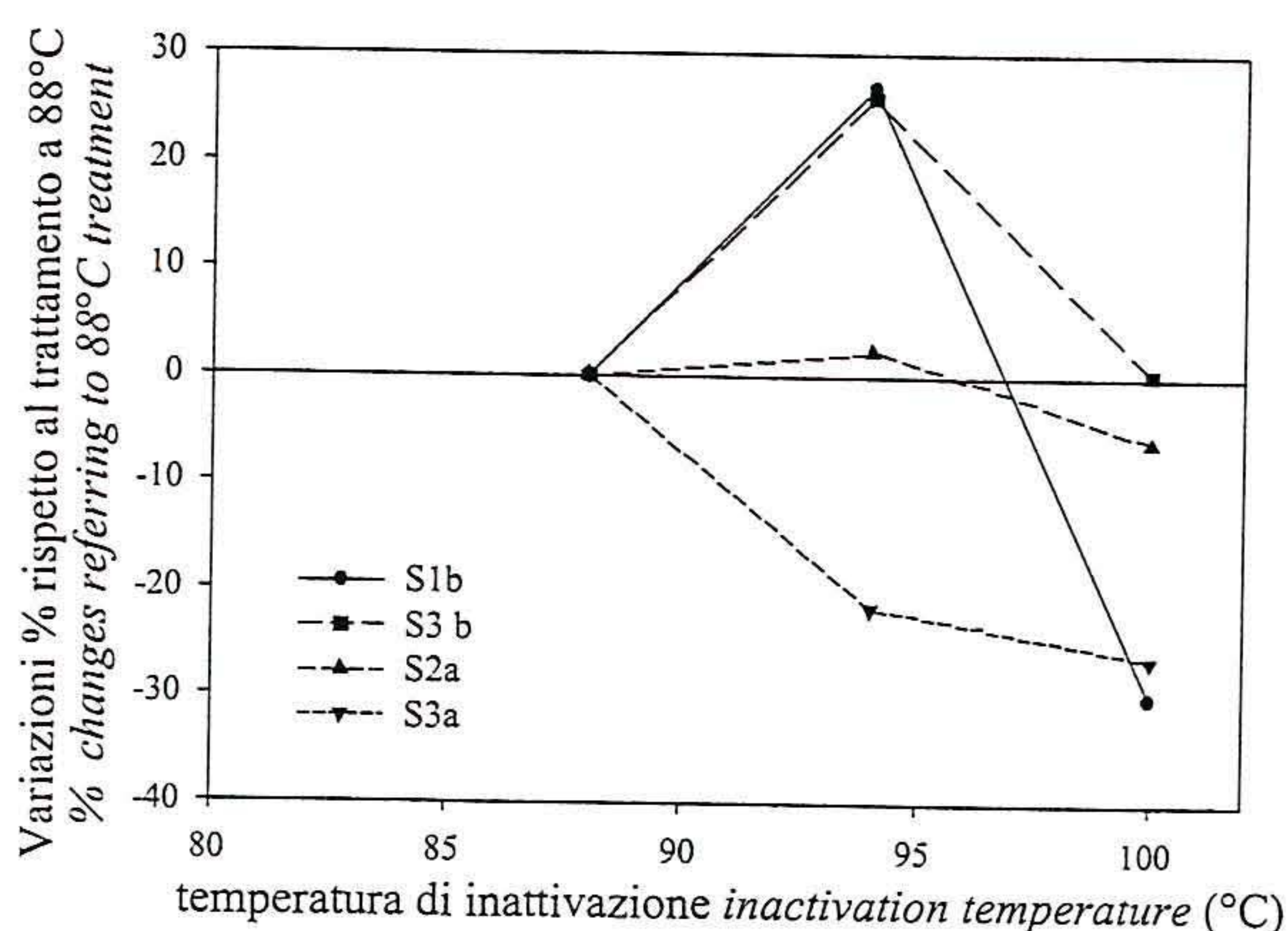


FIG. 7 - Variazioni dell'indice di consistenza rilevate all'uscita delle raffinatrici.
Changes in the consistency index measured at finisher outlets.

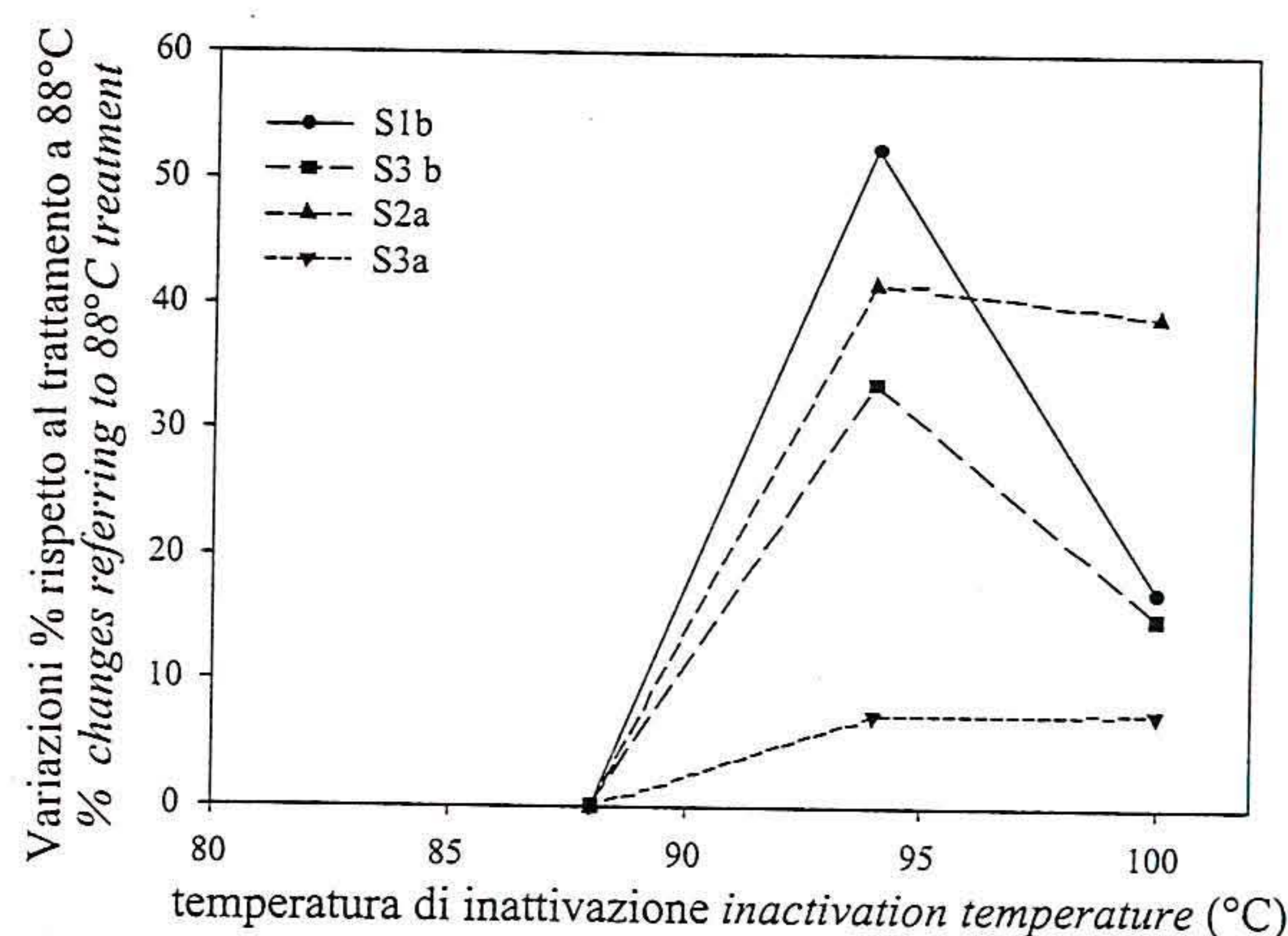


FIG. 8 - Variazioni della viscosità apparente a 100 s^{-1} rilevate all'uscita delle raffinatrici.
Changes in apparent viscosity at 100 s^{-1} measured at finisher outlets.

è apprezzata, invece, una riduzione.

Indipendentemente dal setaccio utilizzato, i valori del blotter test sono più bassi nei campioni inattivati alle temperature più elevate e la diminuzione appare più marcata nel trattamento a 94°C (Figura 5).

Differenze significative sono state apprezzate anche per i parametri reologici. L'indice di flusso è aumentato con la temperatura di inattivazione (Figura 6). L'indice di consistenza ha mostrato un andamento analogo a quello verificato per le pectine insolubili: valori più alti portando la temperatura di inattivazione da 88 a 94°C , che poi diminuivano nelle prove a 100°C (Figura 7). Solo in un caso è stata riscontrata una diminuzione di k progressiva con la temperatura di inattivazione. Anche la viscosità apparente a 100 s^{-1} è aumentata passando da 88 a 94°C , per poi diminuire a 100°C (Figura 8).

I risultati ottenuti possono trovare una giustificazione negli effetti del calore sui tessuti vegetali. Aumentando la temperatura di inattivazione da 88°C a 94°C si ha un rammollimento dei tessuti e una migliore efficienza delle raffinatrici senza determinare quei danni termici sulla

lower in samples inactivated at the higher temperatures, and the decrease appeared more marked with treatments at 94°C (Figure 5).

Significant differences were also noted for rheological parameters. Flow behaviour index increased with inactivation temperature (Figure 6). Consistency index followed a pattern similar to that observed for insoluble pectins: higher values with increasing inactivation temperature over the 88°C - 94°C range, but lower values in tests at 100°C (Figure 7). Only in one case was there a progressive decrease in k with inactivation temperature. Apparent viscosity at 100 s^{-1} also increased as temperature increased from 88°C to 94°C , then lessened at 100°C (Figure 8).

The results obtained can be explained by the effects of heat on vegetable fibres. An increase in enzyme inactivation temperature from 88°C to 94°C softens the fibres and improves the efficiency of the finishers without causing the heat damage to juice structure observed, for equal treatment time, at 100°C .

For none of the parameters examined were significant differences related to screen size found.

Table 7 reports the results of analyses of samples taken

TAB. 7 - Risultati delle analisi sui campioni prelevati dal concentratore.
TABLE 7 - Results of the analyses on the samples taken from the concentrator.

Sigla Code	TP (°C)	RO (°Brix)	Colore idrosolubile Water- soluble colour	Colore Gardner Gardner colour				HMF (mg/kg)	Acido L-ascorbico* L-ascorbic acid (mg/kg)	Pectine* Pectic substances (mg/kg)			blotter**	RI* (%)	Costanti reologiche Rheological constants		
				L	a	b	a/b			PA	PB	PC			k	n	η_{100}
K0T1	90.2	5.7	0.488	26.02	31.27	14.49	2.15	<1	206	1715	1054	1144	10	1.02	5.38	0.292	646
K1T1	43.7	9.4	0.440	26.25	31.71	14.50	2.18	<1	230	1676	961	1127	9	0.99	3.48	0.264	383
K2T1	60.1	16.2	0.444	25.91	31.60	14.36	2.20	<1	201	1779	935	1172	12	0.86	2.71	0.286	318
K3T1	77.9	27.8	0.434	25.43	30.95	14.42	2.14	<1	216	1642	1057	1127	11	0.89	2.91	0.282	339
K0T2	92.9	5.3	0.398	26.25	31.62	14.33	2.20	<1	221	1484	904	1120	11	0.93	4.23	0.283	494
K1T2	44.8	8.4	0.424	26.19	31.50	14.36	2.19	<1	219	1564	949	1181	10	0.96	2.38	0.310	301
K2T2	63.3	14.1	0.424	25.62	31.15	14.14	2.20	<1	197	1655	886	1079	10	0.89	1.97	0.292	236
K3T2	82.8	27.5	0.450	25.55	31.22	14.55	2.14	<1	205	1872	1101	1091	11	0.85	2.34	0.297	285
K0T3	92.8	5.4	0.412	26.40	30.49	13.99	2.18	<1	208	1248	664	972	12	0.83	3.05	0.276	348
K1T3	46.2	8.2	0.401	26.33	31.78	14.31	2.22	<1	244	1302	679	754	11	0.92	2.27	0.297	276
K2T3	69.2	12.9	0.424	25.98	31.27	14.22	2.20	<1	195	1450	810	997	12	0.89	2.15	0.265	238
K3T3	90.7	28.2	0.459	24.99	30.42	14.06	2.16	<1	204	1805	1115	843	11	0.84	1.33	0.357	194

TP= temperatura del prodotto al prelievo *sampling temperature* - RO= residuo rifrattometrico *refractometric index* - HMF= 5-idrossimetilifurfurolo *5-hydroxymethylfurfural* - PA= pectine idrosolubili *water-soluble pectins* - PB= pectine solubili in ossalato di sodio *oxalate-soluble pectins* - PC= pectine solubili in NaOH *NaOH-soluble pectins* - RI= residuo insolubile *insoluble matter* - k= indice di consistenza *consistency index* (Pa/sⁿ) - n= indice di flusso *flow behaviour index* (adimensionale *adimensional*) - η_{100} = viscosità apparente a 100 s⁻¹ *apparent viscosity at 100 s⁻¹* (mPa-s).

* dato riferito al prodotto a residuo del corrispondente campione K0- *datum referring to the product brought back to the residue of the corresponding KO sample*.

** misura eseguita su 5 ml di campione dopo 5 min- *measurement taken on 5ml of sample after 5 min*.

TI = *Inactivation temperature* - RO = *Refractometric index*.

struttura del succo verificati, a parità di tempo di trattamento, a 100°C.

Per nessuno dei parametri presi in esame sono state riscontrate differenze significative legate alle dimensioni delle maglie dei setacci.

Nella Tabella 7 sono riportati i risultati delle analisi condotte sui campioni prelevati in fase di concentrazione. I dati ottenuti sui campioni in alimentazione (K0T1, K0T2 e K0T3) mostrano delle differenze attribuibili essenzialmente alla variabilità della materia prima. Pertanto, i campionamenti all'ingresso dell'evaporatore e all'uscita dei diversi stadi sono stati effettuati a tempi differenti, tenendo conto del tempo di residenza del prodotto. Le analisi sui concentrati sono state eseguite sui prodotti diluiti al residuo del corrispondente succo in alimentazione.

All'aumentare della temperatura di esercizio del 3° stadio aumentavano le temperature degli altri due stadi e la potenzialità dell'impianto, mentre è stata riscontrata una diminuzione delle concentrazioni raggiunte nel 1° e soprattutto nel 2° stadio.

Certe differenze rilevate tra prodotto in ingresso e in uscita al 1° stadio evaporativo sono probabilmente da attribuire all'aria contenuta nel succo in alimentazione che può modificare lo stato fisico del prodotto e influire, conseguentemente, su alcune determinazioni analitiche. Infatti l'indice di consistenza e la viscosità apparente diminuiscono in modo considerevole già nel primo stadio di evaporazione. A tale riguardo, oltre alla presenza di aria, non è da trascurare neppure l'ipotesi che l'acqua aggiunta per riportare al residuo K0 i campioni concentrati non ripristini i legami responsabili del comportamento reologico del prodotto di partenza. La presenza di aria emulsionata può avere avuto effetti anche sui dati di colore, sia in termini di risposta strumentale (colore Gardner), sia per eventuali effetti ossidativi che, nonostante il magazzino refrigerato, sono potuti avvenire nel periodo trascorso tra il campionamento e l'analisi (colore idrosolu-

during the concentration step. The data obtained for the incoming samples (K0T1, K0T2 and K0T3) show differences which are primarily attributable to raw material variability. To counteract this effect, sampling at the inlet of the evaporation unit and at the outlet of the various stages was carried out at different times, taking into account the product residence time. The samples were analysed after dilution to the residue of the corresponding juice.

As the operating temperature of the third stage increased, the temperatures of the other two stages increased and the capacity of the plant increased. However, there was a reduction in the concentration levels attained in the first and, more especially, in the second stage.

Some differences found between the incoming juice and outgoing product at the first evaporation step are probably due to the air contained in the incoming juice, which can alter the physical state of the product and influence, as a result, some of the analytical measurements. In fact, consistency index and apparent viscosity were already significantly lower after the first evaporation step. In this connection, in addition to the presence of air, the assumption should be considered that the water added to bring the concentrated samples back to the K0 residue cannot restore the links responsible for the rheological behaviour of the starting juice. The presence of emulsified air could also have influenced the colour data, either as regards instrumental response (Gardner colour) or through possible oxidising effects which, in spite of the cold storage, could have occurred in the period between sampling and analysis (water-soluble colour). This would also explain the lower L-ascorbic acid values found in the tests at 78 ° C and at 91 ° C in KO samples compared with the corresponding K1 samples. On the basis of the above considerations, the results obtained for samples taken at the outlet of the 2nd and 3rd evaporation stages were compared with those obtained for samples from the 1st evaporation stage.

The variations in water-soluble colour indicate that evaporation temperature has significant effects: at 78 ° C no

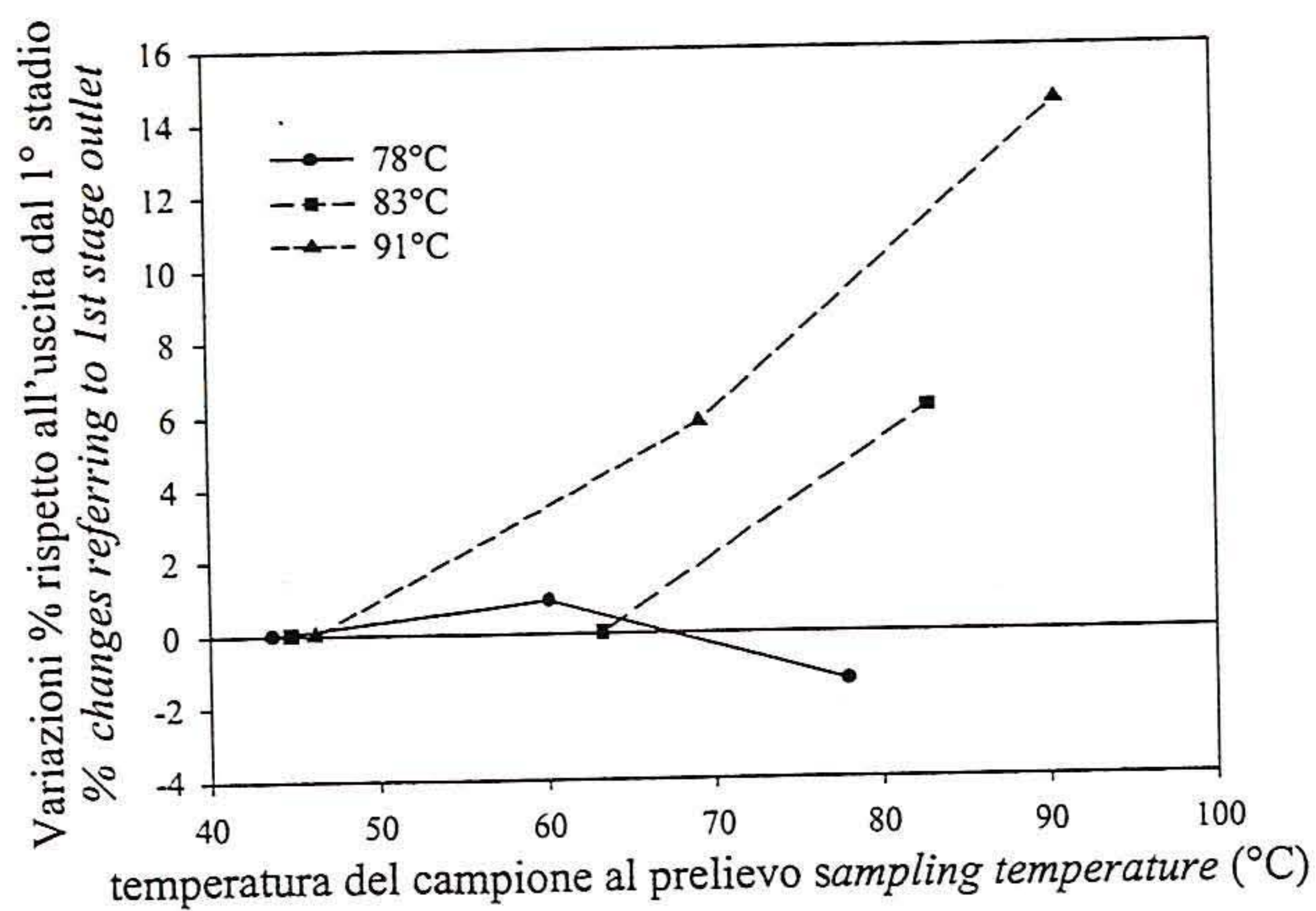


FIG. 9 - Variazioni della colore idrosolubile riscontrate nei diversi stadi di concentrazione nelle prove condotte con tre temperature differenti nell'ultimo stadio evaporativo.

Changes in water soluble colour found at the various stages of concentration in the tests carried out at three different temperatures at the final evaporation stage.

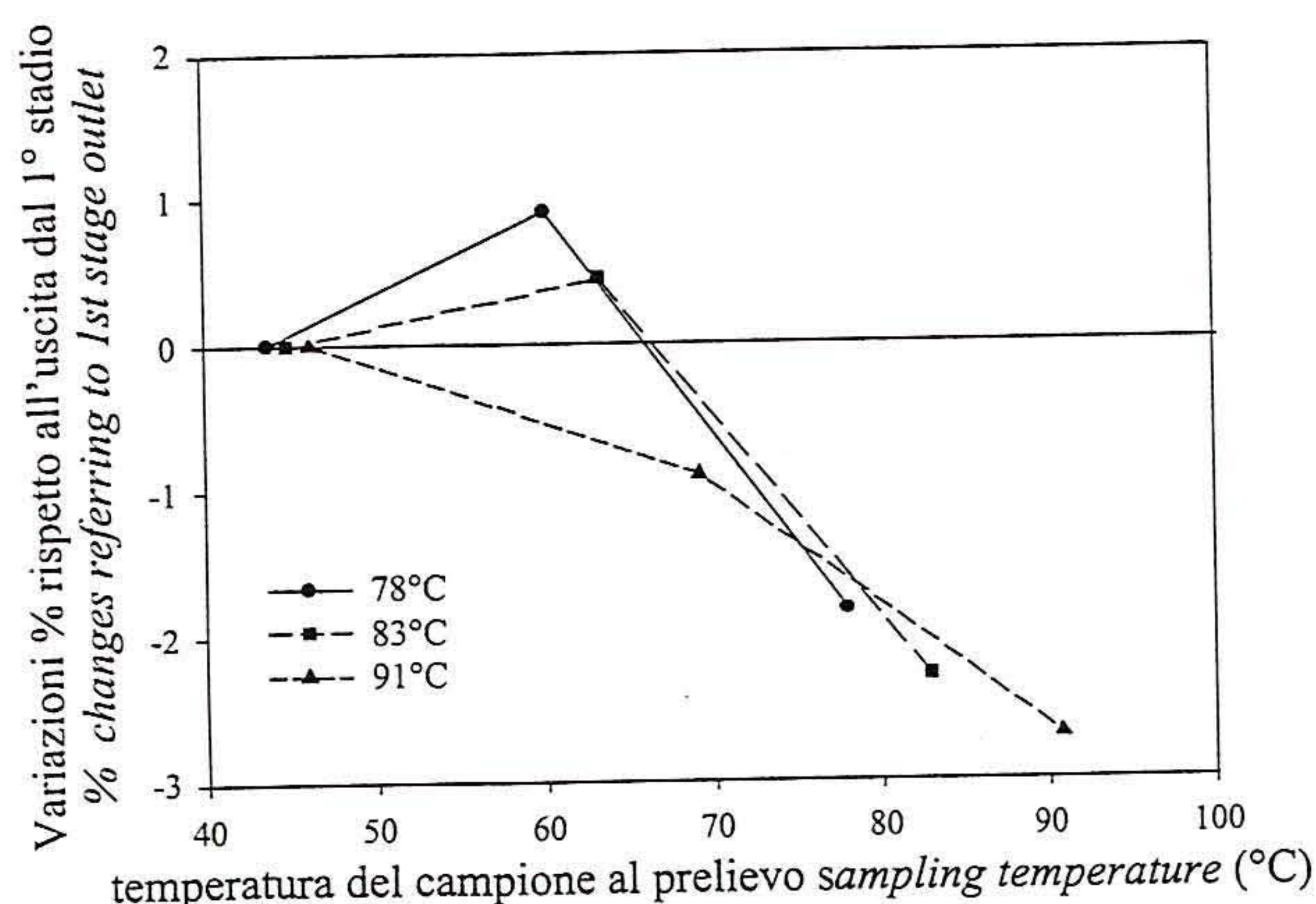


FIG. 11 - Variazioni della rapporto a/b riscontrate nei diversi stadi di concentrazione nelle prove condotte con tre temperature differenti nell'ultimo stadio evaporativo.

Changes in a/b ratio found at the various concentration stages in the tests carried out at three different temperatures at the final evaporation stage.

bile). Questo spiegherebbe anche i valori più bassi di acido L-ascorbico determinati nelle prove a 78 e a 91°C nei campioni K0 rispetto ai corrispondenti K1. Sulla base di queste considerazioni si è proceduto confrontando i risultati ottenuti sui campioni all'uscita del 2° e del 3° stadio evaporativo con quelli ottenuti dai prelievi effettuati all'uscita del 1° stadio.

Le variazioni del colore idrosolubile indicano come la temperatura di evaporazione abbia effetti significativi: a 78°C non sono state verificate differenze, mentre a 83°C e a 91°C è stato rilevato un aumento, fino, rispettivamente, al 6 e al 15% circa (Figura 9).

Il parametro L e il rapporto a/b diminuivano con la temperatura di processo; le differenze sono risultate contenute, inferiori rispettivamente al 5 e al 3% (Figure 10 e 11).

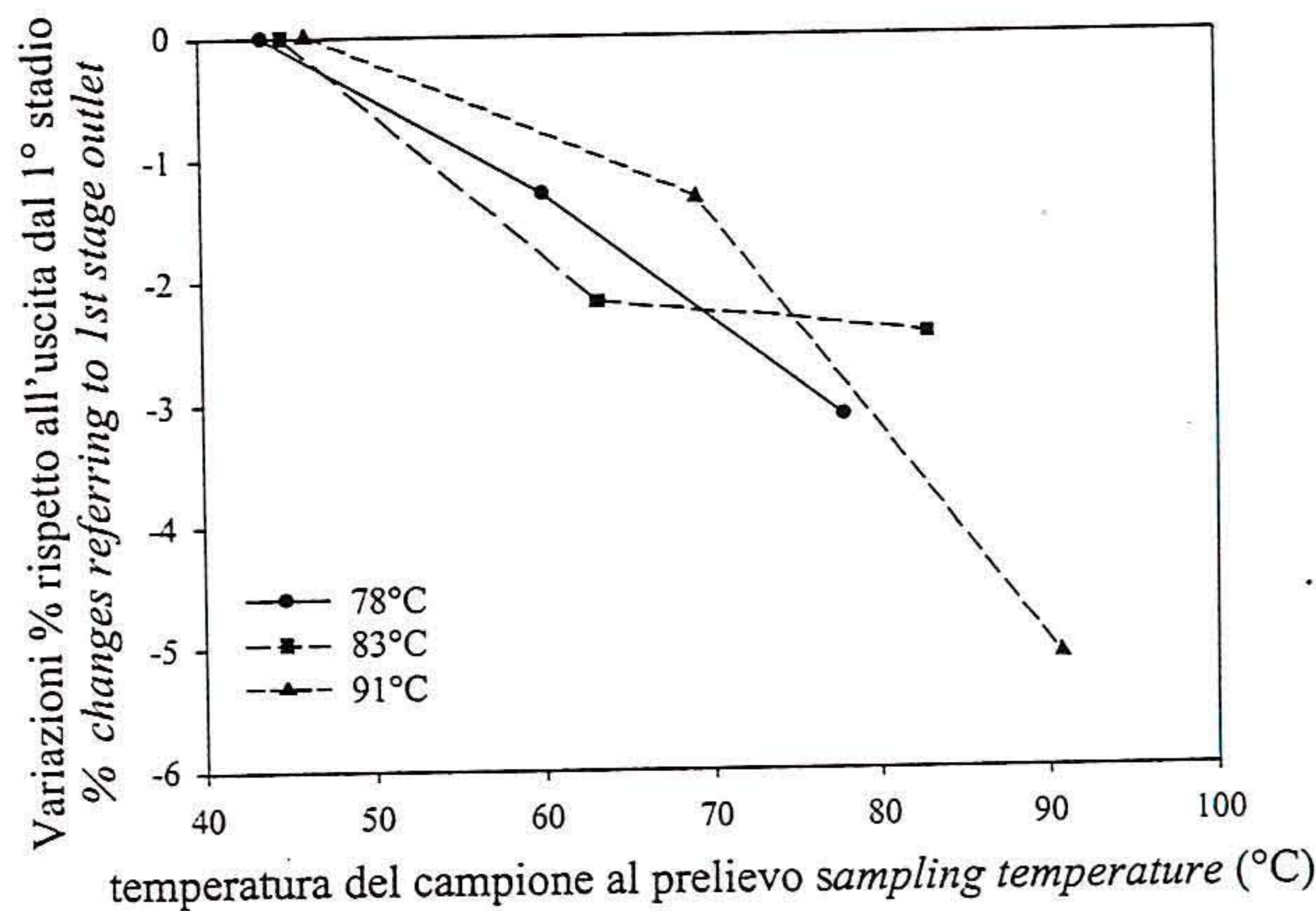


FIG. 10 - Variazioni della parametro L riscontrate nei diversi stadi di concentrazione nelle prove condotte con tre temperature differenti nell'ultimo stadio evaporativo.

Changes in parameter L found at the various concentration stages in the tests carried out at three different temperatures at the final evaporation stage.

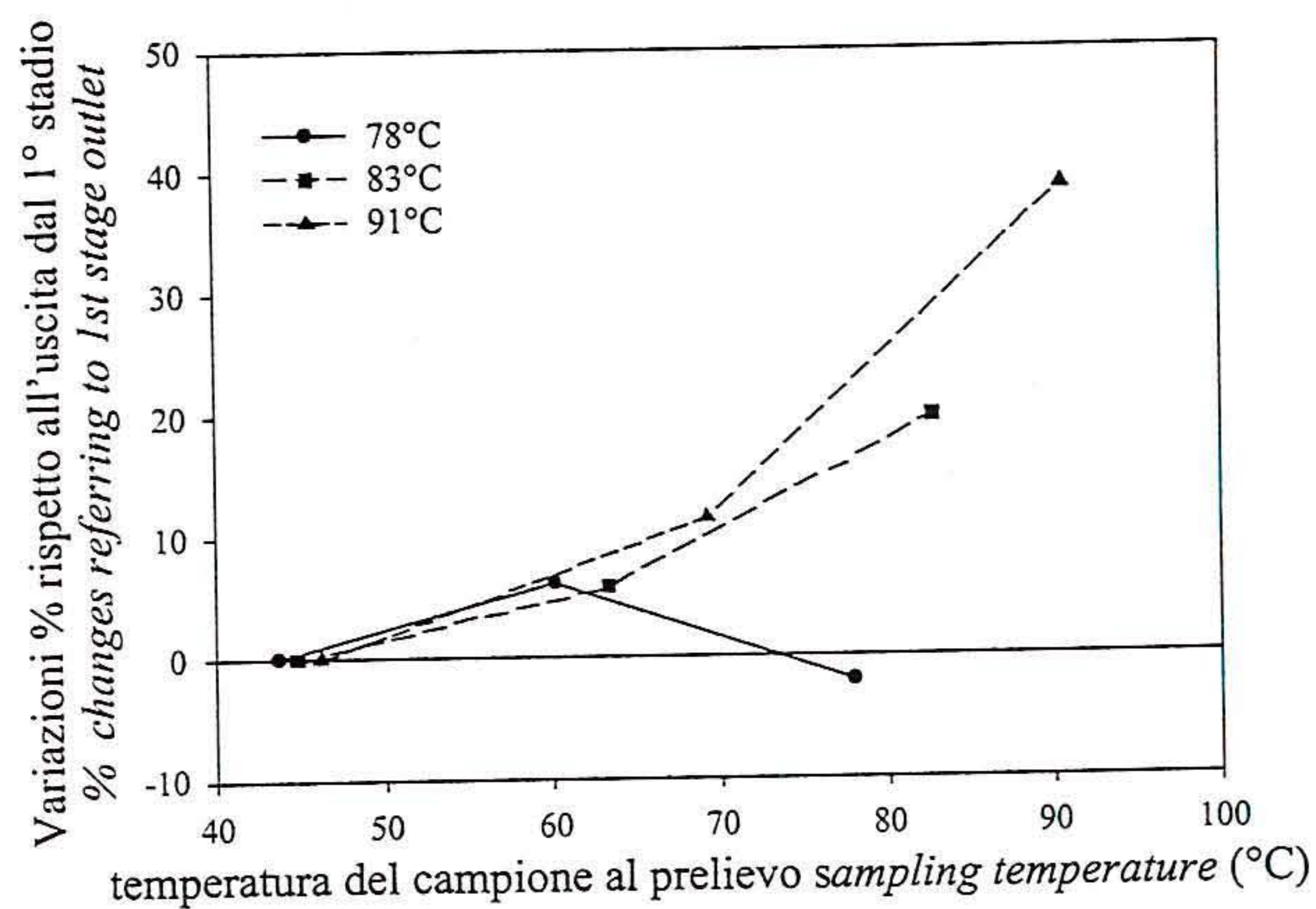


FIG. 12 - Variazioni del contenuto di pectine idrosolubili riscontrate nei diversi stadi di concentrazione nelle prove condotte con tre temperature differenti nell'ultimo stadio evaporativo.

Changes in water soluble pectin content found at the various concentration stages in the tests carried out at three different temperatures at the final evaporation stage.

differences were noted, whilst an increase was observed at 83°C and 91°C, up to 6% and approximately 15% respectively (Figure 9).

L parameter and a/b ratio decreased with increasing processing temperature; the differences were limited, less than 5% and 3% respectively (Figures 10 and 11).

Small changes were observed in L-ascorbic acid content, which tendentially decreased with the processing temperature.

In none of the samples examined did 5-hydroxymethylfurfural formation occur.

From the structural point of view, a decrease in insoluble residue is matched by a substantial increase in water-soluble pectins (Figure 12). Heat can be assumed to act on the pulp, liberating pectins which, as a reaction to heat, hydrolyse; this would justify the reduction in water-soluble residue (Figure

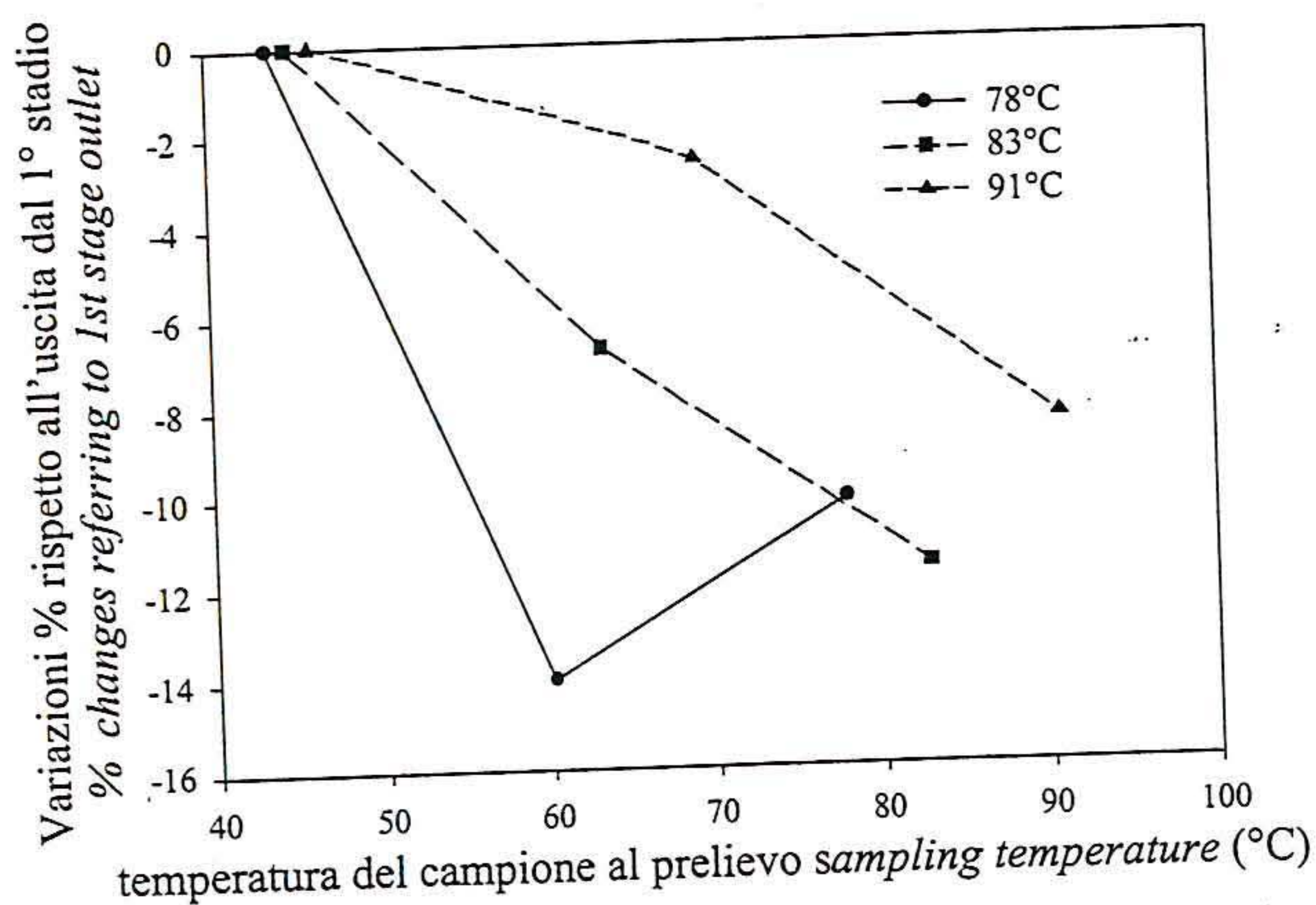


FIG. 13 - Variazioni del residuo insolubile riscontrate nei diversi stadi di concentrazione nelle prove condotte con tre temperature differenti nell'ultimo stadio evaporativo.

Changes in insoluble matter found at the various concentration stages in the tests carried out at three different temperatures at the final evaporation stage.

Piccole differenze sono state osservate per il contenuto di acido L-ascorbico, che tendenzialmente diminuisce con l'aumentare della temperatura di processo.

In nessuno dei campioni esaminati è stata rilevata la formazione di 5-idrossimetilfurfurolo.

Dal punto di vista strutturale a una diminuzione di residuo insolubile ha fatto riscontro un consistente aumento delle pectine idrosolubili (Figura 12). È ipotizzabile che il calore abbia un effetto sulla polpa, liberando sostanze pectiche che, sempre per effetto del calore, si idrolizzano; ciò giustificherebbe la diminuzione di residuo insolubile (Figura 13), i valori costanti osservati per le pectine solubili in soda e la tendenza all'aumento di quelle solubili in ossalato.

L'indice blotter non variava durante la concentrazione, indipendentemente dalle temperature di processo.

Per quanto riguarda l'aspetto reologico, a conferma dell'azione destrutturante del calore, nella prova alla temperatura più alta sono stati verificati nel prodotto finito sensibili aumenti dell'indice di flusso e diminuzioni dell'indice di consistenza. La viscosità apparente a 100 s^{-1} (Figura 14) diminuiva sensibilmente nel secondo stadio evaporativo nelle prove a 78 e 83°C . Nella prova a 91°C è stata osservata un'ulteriore diminuzione di viscosità nel prodotto in uscita al terzo stadio. A conferma di questa tendenza sono le misure di consistenza Bostwick eseguite sul concentrato finale ricostituito a 12.5°Brix : $4.2 \text{ cm}/30\text{s}$ nelle prove a 78 e 83°C , $5.3 \text{ cm}/30\text{s}$ nella prova a 91°C .

CONCLUSIONI

L'esperienza condotta deve essere considerata relativamente all'impianto e alla tecnologia di processo (doppio concentrato "hot-break") presi in considerazione e alla materia prima utilizzata.

Tuttavia lo studio ha il pregio di essere uno dei pochi sull'argomento effettuati direttamente su scala indu-

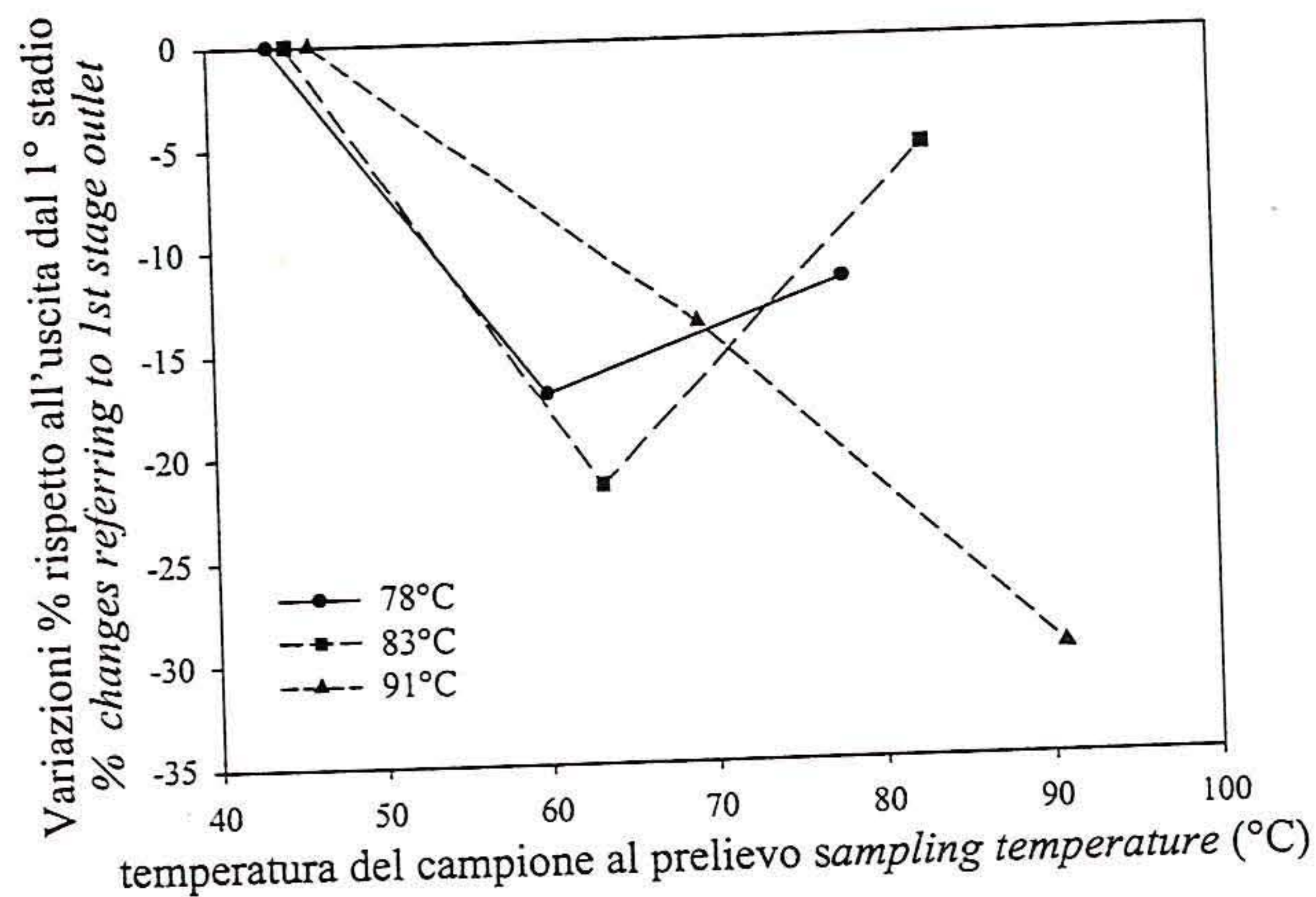


FIG. 14 - Variazioni della viscosità apparente a 100 s^{-1} riscontrate nei diversi stadi di concentrazione nelle prove condotte con tre temperature differenti nell'ultimo stadio evaporativo.

Changes in apparent viscosity at 100 s^{-1} found at the various concentration stages in the tests carried out at three different temperatures at the final evaporation stage.

13), the constant values observed for soda-soluble pectins and the tendency for oxalate-soluble pectins to increase.

Blotter index remained unchanged during concentration, independently of the process temperature used.

As regards rheological aspects, the deconstructing action of heat was confirmed by significant increases in the flow behaviour index and reductions in the consistency index of the finished product in the test at the highest temperature. Apparent viscosity at 100 s^{-1} (Figure 14) in the tests at 78° and 83°C fell mainly in the second evaporation stage. A further reduction in viscosity of the product at the outlet of the 3rd stage was only observed in the test at 91°C . Bostwick consistency measurements on the final concentrate reconstituted to 12.5°Brix confirmed this tendency: $4.2 \text{ cm}/30\text{s}$ in tests at 78°C and at 83°C , $5.3 \text{ cm}/30\text{s}$ in the test at 91°C .

CONCLUSIONS

The experiment should only be considered in relation to the plant, the processing technology and the raw material used.

Nevertheless, the study has the merit of being one of the few in this domain which has been carried out on an industrial scale. Moreover, interesting considerations emerge from the tests which involved changes in the production process itself.

Enzyme inactivation under vacuum, removing the air from the product, made it possible to limit L-ascorbic acid degradation at all the temperatures applied. In the test at 94°C , compared with that at 88°C , there was a slight colour degradation, but a considerable improvement in blotter index and product consistency. At 100°C , a more marked colour degradation and only slight improvements of blotter index were observed, while consistency tended to diminish. Pectinesterase was inactivated at all working temperatures. It would seem, therefore, that heat has two effects: on the one hand, a softening of the vegetable tissues

striale. Inoltre, interessanti considerazioni emergono dalle prove condotte modificando le condizioni di processo.

L'inattivazione enzimatica sotto vuoto, rimuovendo l'aria dal prodotto, ha consentito, a tutte le temperature esaminate, di limitare la degradazione dell'acido L-ascorbico. Nella prova a 94°C è stata osservata, rispetto al trattamento a 88°C, una leggera degradazione del colore, ma un miglioramento considerevole dell'indice blotter e della consistenza del prodotto. A 100°C sono state osservate una più marcata degradazione del colore e solo leggeri miglioramenti dell'indice blotter, mentre la consistenza tendeva a diminuire. A tutte le temperature di esercizio si è ottenuta l'inattivazione della pectin esterasi. Il calore sembra quindi determinare due effetti: a un rammollimento dei tessuti vegetali e a un migliore rendimento delle raffinatrici, che si ripercuote in modo positivo sulle caratteristiche strutturali, si contrappongono fenomeni di degradazione a carico del colore e della struttura stessa del prodotto. A parità di tempo di trattamento, l'inattivazione sotto vuoto a $\cong 94^\circ\text{C}$ risulta offrire le condizioni migliori per controbilanciare i due effetti e ottimizzare il processo. Sulla base anche dei dati riportati da Fonseca e Luh (3), si può ipotizzare che un trattamento a temperature superiori a 100°C per un tempo analogo a quello utilizzato nelle prove, comporti una maggiore degradazione di colore e consistenza, e solo un limitato miglioramento del blotter.

Per quanto riguarda la raffinazione, in condizioni di velocità di rotazione delle pale e distanza tra pale e setaccio costanti, il diametro delle maglie dei setacci non ha dimostrato avere effetti significativi sui parametri qualitativi presi in esame. In fase di concentrazione sono state rilevate variazioni del colore e della consistenza con il procedere del processo. La temperatura dell'ultimo stadio di evaporazione ha influenzato significativamente le caratteristiche qualitative del prodotto solo nelle prove condotte alla temperatura più alta. Infatti, tra i campioni ottenuti a 78° e quelli della prova a 83°C sono state apprezzate differenze ridotte, con una degradazione qualitativa estremamente contenuta rispetto al prodotto in ingresso. Anche se con il crescere della temperatura aumentava la potenzialità dell'impianto, e quindi diminuiva il tempo di residenza del prodotto, nelle prove a 91°C è stata riscontrata una maggiore degradazione del colore, delle sostanze pectiche e delle caratteristiche reologiche. In nessun caso, tuttavia, i valori ottenuti fuoriuscivano dagli standard qualitativi normalmente richiesti. A conferma di quanto riportato in letteratura (4), le variazioni del colore sono risultate più evidenti nella fase di inattivazione enzimatica, per altro inevitabile per la produzione di concentrati "hot-break". Ulteriori studi dovranno essere condotti, allo scopo di valutare le cinetiche di degradazione nei diversi stadi di lavorazione. In nessuna fase del processo è stata rilevata la formazione di 5-idrossimetilfurfurolo o la sensibile degradazione dell'acido L-ascorbico.

and an improved yield of the finishers, which positively affect the structural characteristics; on the other hand, a degradation of the colour and actual structure of the product. For equal processing time, enzyme inactivation treatment under vacuum at about 94°C seems to offer better conditions for counteracting the two effects and optimising the process. On the basis of further data reported by Fonseca and Luh (3), it can be suggested that treatment at temperatures above 100° C for the same duration as that used in the tests produces a greater degradation of colour and consistency, and only a limited improvement in blotter index.

As regards refining, with revolution speed of the paddles and distance of the paddles from the screen both constant, the screen diameter had no significant effects on the quality parameters studied.

Changes in product colour and consistency occurred which increased as concentration proceeded. The temperature of the last evaporation stage had a significant effect on the quality characteristics of the product only in the tests carried out at the highest temperature. In fact, small differences were found between samples obtained at 78°C and those obtained at 83°C, with an extremely limited quality deterioration compared to the ingoing product. Although higher temperatures increased the capacity of the plant, and thus reduced product residence time, in the test at 91°C a greater degradation of colour, pectins and rheological characteristics occurred. However, in no case did the values obtained exceed the quality standards normally required.

In confirmation of the literature data (4), more evident changes in colour were caused by the enzyme inactivation step, which, however, cannot be dispensed with in the production of 'hot-break' tomato concentrate.

Further studies will have to be carried out in order to evaluate the kinetics of degradation in the various production steps.

At no stage of the process did the formation of 5-hydroxymethylfurfural or a significant L-ascorbic acid degradation occur.

BIBLIOGRAFIA

- 1 - A. Trifirò, M. Sanson, L. Miglioli, R. Aldini, S. Gherardi, R. Grandi, G. Sacconi, C. Zoni, *Ind. Conserve*, 73, 250 (1997).
- 2 - L. Jiménez, J. L. Ferrer, L. M. Paniago, *J. Food Engin.*, 9, 119 (1989).
- 3 - H. Fonseca, B. S. Luh, *J. Food Sci.*, 41, 1308 (1976).
- 4 - L. Bontovits, *Acta Aliment.*, 10, 215 (1981).
- 5 - S. J. Leonard, R. L. Merson, G. L. Marsh, J. R. Heil, *J. Agric. Food Chem.*, 34, 392 (1986).
- 6 - Metodi Ufficiali di Analisi delle Conserve Vegetali - D.M. 3/2/89 - G.U. n. 168 del 20/7/89.
- 7 - A. Trifirò, S. Belloli, S. Gherardi, O. Negri, R. Bazzarini, *Ind. Conserve*, 64, 245 (1989).
- 8 - F. De Sio, G. Dipollina, G. Villari, R. Loiudice, B. Laratta, D. Castaldo, *Food Chem.*, 52, 135 (1995).
- 9 - Collection of the Methods of the analysis of the I.F.F.J.P. (International Federation of Fruit Juice Producers) Method Nr. 26 - 1995 - Edited by Swiss Fruit Association, Zug (Switzerland).
- 10 - A. Trifirò, F. Pagliari, S. Gherardi, *J. Food Engin.*, 23, 233 (1994).