

Introduzione ai carboidrati nella scuola secondaria di II grado: 1. un percorso laboratoriale ispirato alla vita quotidiana

Maria Maddalena CARNASCIALI*, Laura RICCO, Alessandra MINGUZZI

Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale, via Dodecaneso, 31 – 16146 Genova
marilena@chimica.unige.it

Riassunto

Il percorso laboratoriale in oggetto, costituito da 6 attività, è stato progettato nell'ambito del Piano Nazionale Lauree Scientifiche – Area Chimica – Regione Liguria. I carboidrati sono stati scelti come soggetto delle attività, proposte al penultimo anno del percorso scolastico, in modo da conciliare le competenze degli insegnanti, più prettamente biologiche, con un argomento di chimica che fosse curricolare e che si prestasse a collegamenti interdisciplinari. Inoltre la presenza dei carboidrati nella vita quotidiana è tale da offrire numerosi spunti per attività pratiche adeguate a suscitare curiosità e interesse negli studenti e integrazioni didattiche da parte degli insegnanti.

Summary

The laboratory path, constituted by 6 activities, has been designed within the Scientific Degrees Plan – Chemistry Area – Liguria Region. Carbohydrates have been chosen as a subject of the path, proposed to the fourth year of upper secondary school, so as to reconcile the skills of teachers, mostly biological, with a chemistry topic curricular and suitable for interdisciplinary connections.

Moreover, the presence of carbohydrates in the daily life is likely to provide many opportunities for practical activities, appropriate to arouse curiosity and interest in the students and educational integration by teachers.

1. Introduzione

Il percorso laboratoriale in oggetto è stato progettato nell'ambito del Piano Nazionale Lauree Scientifiche – Area Chimica – Regione Liguria, particolarmente dedito a suscitare interesse verso questa disciplina attraverso attività pratiche rivolte a circa 800 studenti di 10 licei classici e scientifici della Liguria.

La scelta dei carboidrati come soggetto delle attività proposte alle classi del penultimo anno è stata indotta dall'esigenza di conciliare le competenze degli insegnanti, più prettamente biologiche, con un argomento nell'ambito della chimica che fosse curricolare e che si prestasse a collegamenti interdisciplinari. Inoltre, particolare tutt'altro che trascurabile, la presenza dei carboidrati nella vita quotidiana è tale da offrire numerosi spunti per attività pratiche adeguate a suscitare curiosità e interesse negli studenti e integrazioni didattiche da parte degli insegnanti.

Le esperienze previste sono state suddivise per livello di difficoltà, su due percorsi:

- il primo percorso, che possiamo definire 'di base', è stato proposto come laboratorio da svolgere direttamente presso la scuola, previa lezione introduttiva sui carboidrati (organizzata a completa discrezione dell'insegnante su indicazione dei requisiti minimi richiesti) e la spiegazione delle schede di lavoro da seguire e compilare durante le attività pratiche. In questo stadio non sono necessarie particolari strumentazioni o reattivi, bensì materiali facilmente reperibili, economici e non pericolosi;
- il percorso successivo, di livello 'avanzato', è stato proposto solo agli studenti realmente interessati e svolto presso i laboratori del Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale dell'Università degli studi di Genova. Anche in questo caso, l'esecuzione delle attività non richiede materiali e strumenti particolarmente complessi. L'uso di fiamme libere e la necessità di una maggior attenzione nell'esecuzione e nell'interpretazione dei risultati, comporta di lavorare con gruppi piccoli (10-15 studenti) e disciplinati: da cui ne deriva la scelta di studenti realmente motivati.

Il percorso 'base' è oggetto del presente articolo: è nostra intenzione presentare al più presto anche i risultati del percorso avanzato.

2. Requisiti necessari

I requisiti minimi necessari agli studenti per eseguire consapevolmente le attività di laboratorio e ricavarne le dovute conclusioni non sono particolarmente gravosi e tengono conto del fatto che, in quarta, la biochimica viene affrontata generalmente verso la fine dell'anno scolastico e in modo molto marginale. Un primo approccio nei confronti della chimica dei carboidrati avviene anche come integrazione a quella parte della biologia che tratta di metabolismo dei viventi (glicolisi, ciclo di Krebs, fermentazione...) argomento di studio del secondo anno e quindi dimenticato dalla maggior parte degli studenti del quarto anno.

Carboidrati nella scuola secondaria di II° grado

Prima di iniziare l'attività laboratoriale quindi, è necessario che gli insegnanti svolgano (o riprendano) in classe gli argomenti che sono alla base dell'esperienza:

- definizione di carboidrato;
- classificazione dei carboidrati in monosaccaridi, disaccaridi e polisaccaridi;
- esistenza di struttura aperta e forma ciclica per i monosaccaridi (es. meccanismo di ciclizzazione del glucosio);
- formazione e rottura del legame glicosidico per giustificare la trasformazione dei monosaccaridi in polisaccaridi e viceversa.

3. Descrizione e discussione del percorso laboratoriale

3.1. Distribuzione delle schede di lavoro

Le schede di lavoro (riportate in appendice 2) devono essere distribuite a ciascuno studente alcuni giorni prima della data fissata per il laboratorio, in modo che essi abbiano il tempo di leggerle attentamente e di discutere in classe concetti e modalità di esecuzione delle esperienze. Le schede contengono:

- la parte teorica necessaria a interpretare correttamente osservazioni e risultati;
- la descrizione dettagliata delle procedure da adottare;
- lo spazio necessario per rispondere ad alcune domande formulate 'in itinere' e per annotare quanto si ritiene necessario.

Le schede sono uno strumento indispensabile allo svolgimento delle attività laboratoriali e, quando correttamente compilate, un preziosissimo aiuto per la stesura della relazione scientifica richiesta a completamento del lavoro.

3.2. Attività di laboratorio

Le seguenti attività di laboratorio richiedono in media tre ore e, per quanto possibile, i gruppi non devono essere composti da più di tre studenti. Un numero superiore inficia la possibilità che ogni studente abbia un ruolo determinante.

attività 1. Compilazione della tabella relativa alle generalità di alcuni carboidrati di uso comune, coadiuvati da 'assaggi' e prove di solubilità;

attività 2. Panificazione con diversi tipi di lieviti e farine e costruzione della curva di lievitazione;

attività 3. Separazione di glutine e amido da un impasto di acqua e farina di grano;

attività 4. Test colorimetrico per la valutazione della presenza di amido negli alimenti;

attività 5. Test colorimetrico per la valutazione della presenza di proteine negli alimenti;

attività 6. Applicazione dei test colorimetrici delle attività 4 e 5 per analizzare i due componenti separati durante l'attività 3.

La durata di tre ore è subordinata a una buona coordinazione del lavoro tra gruppi e all'interno di ciascun gruppo. Una soluzione ottimale si è rivelata la distribuzione delle attività 3-5 tra i tre componenti di uno stesso gruppo, in modo che essi potessero lavorare in contemporanea su fronti differenti, controllando allo stesso tempo il lavoro dei compagni, ai quali era richiesto di spiegare al gruppo il significato dell'attività.

3.2.1. Attività 1. Compilazione della tabella relativa alle generalità di alcuni carboidrati di uso comune

In tabella (appendice 1) sono elencate 15 sostanze per le quali è richiesto di specificare il grado di dolcezza, l'appartenenza o meno al gruppo dei carboidrati (o se contengono carboidrati, nel caso si tratti di miscugli di sostanze), il nome scientifico (es. saccarosio per lo zucchero bianco) e se si solubilizzano in acqua a temperatura ambiente.

La definizione del grado di dolcezza è stata subordinata a piccolissimi assaggi, rigorosamente con strumenti usa getta.

La caratteristica di solubilizzare o meno in acqua a temperatura ambiente può essere determinata sperimentalmente, qualora vi siano dubbi, ma non in modo casuale: una punta di spatola in un dito d'acqua è indicativamente un rapporto soluto/solvente adatto a valutare qualitativamente questa proprietà.

L'identificazione di una sostanza come carboidrato o meno, così come l'indicazione del nome scientifico, sono invece informazioni richieste per valutare il livello di conoscenza dei ragazzi, non solo come informazioni utilizzando strumenti informativi e i mass media senza trascurare l'uso dei libri. Ovviamente non stupisce affatto che quasi nessuno sappia che la pectina è un carboidrato, un po' di più stupisce il fatto che quasi tutti affermino di non averla mai sentita nominare, considerando che le etichette di marmellata la riportano immancabilmente come gelificante. Altrettanto delude verificare che ben pochi studenti identifichino lo zucchero bianco come saccarosio e molti pensino che si tratti di glucosio. Molti dubbi sono stati riscontrati anche nell'identificare la carta come carboidrato (a volte persino l'amido) e nell'attribuirle il nome scientifico di cellulosa.

Accanto a queste considerazioni rilevanti, le discussioni durante la compilazione della tabella hanno fatto emergere alcune convinzioni comuni ai ragazzi e attribuibili al meccanismo di mala-informazione dei mass-media. Le più diffuse sono relative alle differenze tra zucchero bianco e zucchero di canna e alla ipotetica azione cancerogena dell'aspartame. Quasi tutti affermano che lo zucchero di canna sia più salutare perché non trattato e solo pochi parlano di raffinazione (senza peraltro conoscerne il significato); molti dubbi anche sulla provenienza: lo zucchero di canna si ricava dalla canna da zucchero (lo dice il nome...) ma lo zucchero bianco? Forse dalla barbabietola? E il nome scientifico? Solo alcuni azzardano che si tratta in entrambi i casi di saccarosio.

Aspartame e saccarina sono gli unici non-carboidrati inseriti nella tabella. Sono entrambi dolcificanti e servono a far riflettere sul fatto che altre sostanze, oltre ai carboidrati, danno la sensazione di dolce, così come si dovrebbe osservare che, tra i carboidrati, solo i monosaccaridi sono indiscutibilmente dolci. Molti studenti riconoscono nell'aspartame un dolcificante e azzardano che non si tratti di un carboidrato, mentre la saccarina induce in errore, specialmente per il nome, così simile al saccarosio.

Per quanto riguarda infine la solubilità dei composti, la presunta solubilità in acqua della carta e dell'amido (fecola di patate e amido di mais) sono convinzioni piuttosto ricorrenti e che meritano di essere citate. Alcuni studenti ritengono infatti che la carta sia solubile poiché, secondo le loro stesse parole, "in acqua si disintegra". Maggiormente prevedibile è invece l'errore relativo alla solubilità dell'amido: mescolando in acqua una piccola quantità di questo carboidrato, esso si disperde senza formare grumi o depositarsi sul fondo, perciò viene catalogato come solubile. In questo caso è sufficiente trasferire l'ipotetica soluzione in una provetta trasparente e attendere qualche minuto in assenza di agitazione: gli studenti correggono spontaneamente le loro conclusioni osservando la formazione di un corpo di fondo. L'esperienza sottolinea come le prove di solubilità delle sostanze in tabella offrano una buona occasione per riprendere e chiarire un concetto molto usato, ma tutt'altro che scontato.

Abbiamo potuto constatare che l'attività introduttiva suscita notevole entusiasmo e interesse e si rivela molto utile per rompere il ghiaccio e abbattere il comune senso di diffidenza nei confronti della disciplina: la piacevole scoperta che la chimica passa anche dallo stomaco, oltre che dal cervello, predispone in modo positivo alle attività successive e all'apprendimento di nuovi concetti.

3.2.2. Attività 2. Panificazione con diversi tipi di lieviti e farine e costruzione della curva di lievitazione

Questa attività prevede la preparazione di impasti a base di acqua, farina e lievito e il monitoraggio della lievitazione fatta avvenire in un cilindro di plastica da 250mL per un'ora, con lo scopo di costruire il grafico volume/tempo e di discutere i diversi risultati in funzione del tipo di farina e del tipo di lievito utilizzati. I lieviti da noi proposti sono stati essenzialmente 4: lievito di birra fresco, lievito di birra secco attivo, lievito di birra secco (da attivare), lievito istantaneo. Sono state poi utilizzate farine di grano di vario tipo (grano duro, grano tenero, manitoba...) e farine da altre fonti quali ceci, castagne, riso, granoturco oltre ad amido di mais e fecola di patate.

Come previsto dalla scheda di lavoro, ogni gruppo ha il compito di preparare due impasti, diversi da gruppo a gruppo. La scelta della composizione dei due impasti dovrebbe garantire il confronto tra una buona lievitazione e l'assenza di lievitazione dovute al tipo di lievito prescelto o a causa della mancanza di glutine nella farina. Ogni impasto, una volta reso omogeneo, viene trasferito nel cilindro di plastica graduato in modo da ricoprirne il fondo senza lasciare spazi (fig. 1). La lievitazione viene quindi monitorata registrando l'aumento di volume nel tempo di un'ora a intervalli di 10 minuti.



Figura 1. Fasi dell'attività di impasto e lievitazione

Carboidrati nella scuola secondaria di II° grado

Le difficoltà riscontrate in questa attività sono essenzialmente:

- mancanza di coordinazione nell'attività di gruppo e difficoltà a suddividersi i compiti;
- difficoltà a pesare gli ingredienti solidi (differenza tra precisione, sensibilità e accuratezza della pesata, utilizzo della tara);
- difficoltà a interpretare i risultati della lievitazione.

Questo ultimo punto mostra la difficoltà per gli studenti di passare dal macroscopico al microscopico. E' necessario, infatti che ciascuno studente abbia chiaro quanto avvenga a livello microscopico, all'interno degli impasti preparati: ovvero le condizioni necessarie affinché si verifichi la fermentazione dei lieviti e affinché l'anidride carbonica, prodotta dalla fermentazione, rimanga intrappolata provocando la lievitazione, ovvero l'aumento di volume della massa. Il lievito istantaneo e il lievito secco non attivo, non sono in grado di fermentare e, di conseguenza, non si osserva alcuna variazione; assenza di lievitazione, o lievitazione molto ridotta, si rileva anche utilizzando amidi e farine diverse da quella di grano, sebbene in corrispondenza di lieviti attivi: in questo caso, la mancanza del reticolo viscoelastico costituito dal glutine non consente di intrappolare l'anidride carbonica prodotta dalla fermentazione.

Nella descrizione del procedimento è stato inserito un piccolo trabocchetto: "1.Prelevare, con cilindro graduato, **45g** di acqua calda". Questa istruzione ha provocato molte perplessità, non tanto per l'errore nell'unità di misura, ma per la mancata conoscenza della correlazione peso-volume, neppure in un caso semplice come l'acqua.

3.2.3. Attività 3. Separazione di glutine e amido da un impasto di acqua e farina di grano

Questa semplice attività ha lo scopo di visualizzare l'aspetto e le proprietà del 'famoso' glutine, di cui spesso si parla, non tanto per le straordinarie proprietà gastronomiche, quanto, purtroppo, per le difficoltà che sempre più persone hanno ad assimilarlo correttamente (celiachia e intolleranze).

Nell'esperienza, la separazione del glutine avviene lavando, sotto un filo di acqua corrente, una piccola porzione di impasto di acqua e farina di grano: i granuli di amido e le proteine solubili vengono gradualmente portate via dall'acqua, mentre il glutine, essendo un reticolo di proteine, rimane come agglomerato insolubile e molto elastico (fig. 2).



Figura 2. Confronto tra il glutine isolato e l'impasto di acqua e farina di grano

L'attività non presenta difficoltà pratiche o concettuali particolari: l'operatore deve solamente avere la pazienza di impastare e strizzare continuamente il proprio campione sotto l'acqua in modo da eliminare completamente gli altri componenti e ottenere un glutine 'puro'. Una piccola porzione dell'acqua di lavaggio deve essere prelevata a subito all'inizio e verso la fine del procedimento (ovvero quando è ormai quasi trasparente); i due prelievi sono tenuti da parte per essere analizzati insieme al glutine come conclusione del laboratorio.

3.2.4. Attività 4. Test colorimetrico per la valutazione della presenza di amido negli alimenti

Prima di identificare il glutine come proteina e verificare la presenza di amido nell'acqua di lavaggio, occorre introdurre la metodologia analitica necessaria a tale scopo.

Il metodo più semplice e diffuso per identificare la presenza di amido, consiste nella formazione del complesso colorato amido-iodio, per aggiunta di una soluzione diluita di quest'ultimo comunemente, chiamata Lugol.

L'attività consiste quindi nel verificare la comparsa o meno di una colorazione blu-viola per l'aggiunta di poche gocce di Lugol a dispersioni/soluzioni acquose di alimenti noti. In particolare, sono stati usati amido di mais e fecola di patate per il test a esito positivo, mentre latte, olio e saccarosio sono stati scelti come campioni a esito negativo (fig. 3).

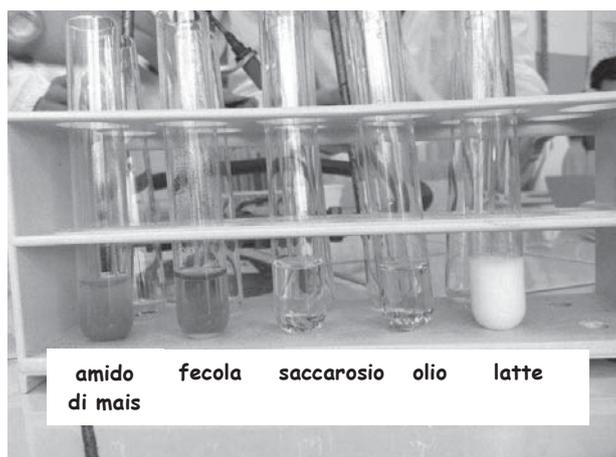


Figura 3. *Campioni dopo aggiunta del Lugol*

E' importante sottolineare che la specificità del test per l'amido prevede il viraggio al blu e non la semplice assunzione della colorazione del reagente. Infatti la soluzione di saccarosio assume la colorazione giallo-marroncino del Lugol, ma non vira al blu.

La difficoltà dell'attività consiste nel riuscire a lavorare in modo corretto, condizione necessaria ogni volta che si applica un metodo analitico. Ciò significa che si devono rispettare i seguenti criteri:

- lavorare con quantità molto ridotte di campioni e di reagente, rispettando le indicazioni delle schede di lavoro
- non scambiare gli strumenti (es. spatola) per il prelievo di ciascun campione
- non inquinare il contagocce del reagente mettendolo a contatto con il campione.

Per quanto queste raccomandazioni possano risultare scontate a chi è abituato a lavorare in laboratorio, per uno studente alle prime esperienze manuali sono tutt'altro che semplici da seguire: per questo motivo l'attività ha richiesto maggior impegno e concentrazione rispetto alle precedenti descritte, mostrando un aspetto molto importante del lavoro del chimico.

3.2.5. Attività 5. Test colorimetrico per la valutazione della presenza di proteine negli alimenti

L'identificazione delle proteine in diversi alimenti è stata fatta utilizzando il reagente di Benedict, ovvero una soluzione di CuSO_4 che, in ambiente fortemente basico, forma un complesso di intensa colorazione viola in presenza di proteine. Si è deciso di non fornire agli studenti il reagente già pronto, bensì due soluzioni separate: una soluzione acquosa di CuSO_4 , e una soluzione acquosa alcalina (KOH, o NaOH) da aggiungersi una di seguito all'altra. Lo scopo di tale 'complicazione' consiste nel mostrare che il viraggio dall'azzurro al viola, nel caso di saggio positivo, avviene solo previa aggiunta di una sostanza fortemente alcalinizzante, sottolineando l'influenza e quindi l'importanza del pH nell'ambiente di lavoro.

Si segue la stessa procedura dell'attività precedente. In questo caso si è scelto di usare albume, tuorlo e latte per avere positività, amido e olio come campioni a risposta negativa (fig. 4)

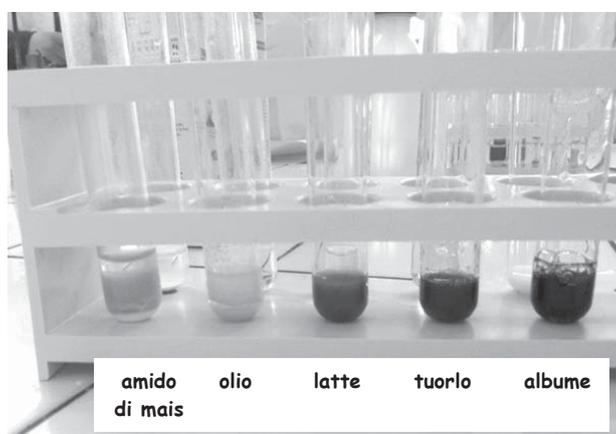


Figura 4. *Campioni dopo aggiunta di NaOH e CuSO_4*

Un'osservazione curiosa: si è riscontrato che i termini del linguaggio comune 'bianco' e 'rosso', riferiti ai componenti dell'uovo, sono talmente radicati da oscurare la terminologia più corretta, suscitando frequentemente la domanda: "ma il tuorlo è il bianco o il rosso?"

Per questa attività valgono gli stessi commenti riportati nel paragrafo precedente riguardo alla disciplina nel lavoro.

3.2.6. Attività 6. Applicazione dei test colorimetrici delle attività 4 e 5 per analizzare glutine e acqua di lavaggio

Siamo giunti alla conclusione del percorso laboratoriale, ultima fase durante la quale si richiede agli studenti uno sforzo in più: passare da operatori passivi che seguono, pur scrupolosamente, le istruzioni delle loro schede, al ruolo attivo dei progettisti che pianificano come soddisfare la consegna utilizzando gli strumenti a loro disposizione e le conoscenze appena acquisite.

Obiettivo dell'attività è utilizzare i saggi colorimetrici appresi e verificati per individuare la natura proteica del glutine ottenuto durante l'attività 3 e per analizzare i componenti contenuti nell'acqua di lavaggio.

In questo caso la difficoltà consiste nel decidere come operare, ma anche nell'interpretare i risultati.

Il procedimento corretto consiste nell'applicare il saggio dell'amido sia al glutine, sia all'acqua di lavaggio, e di ripeterlo per il test di Benedict (fig. 5); l'errore commesso più comune è stato di aggiungere il Lugol alla sola acqua di lavaggio e il reattivo rameico solo al glutine.



Figura 5. *Analisi di glutine e acqua di lavaggio mediante i test colorimetrici*

Spesso è avvenuto che il campione di glutine non fosse stato lavato bene e che contenesse quindi residui di amido, così come le acque di lavaggio, se prelevate troppo presto possono contenere anche proteine solubili. Questi 'inconvenienti' sono molto istruttivi, perchè inducono a ragionare sui risultati e a ripercorrere mentalmente il proprio operato per trovare una spiegazione plausibile. Inoltre, aiutano a inquadrare la chimica come materia sperimentale, dove seguire delle istruzioni non è sufficiente a conseguire il risultato: l'obiettivo è infatti riuscire a contestualizzare le nozioni apprese in classe per riuscire a dare una spiegazione plausibile ai fenomeni che si osservano, operando in laboratorio come nelle attività quotidiane.

A questo proposito, è stato molto interessante e divertente, al termine dell'attività, analizzare altri campioni di alimenti disponibili. Ad esempio, un brodo di carne conservato è risultato positivo al test dell'amido, sebbene non comparisse tra gli ingredienti, mentre le proteine erano presenti in concentrazione davvero bassa (colorazione viola di intensità molto lieve). Questo è un ottimo esempio di contestualizzazione per mostrare come la chimica possa essere applicata in modo semplice dando utili informazioni nella vita di tutti i giorni.

Una variante importante è stata sviluppata in più scuole, dove la presenza di studenti celiaci ha portato a progettare un percorso alternativo, per dare a tutti l'opportunità di partecipare. L'attività è stata svolta confrontando preparati privi di glutine con impasti di solo amido ed altri a base di amido e farina di Guar che, per il suo effetto elasticizzante, svolge la stessa azione del glutine. Seppure l'azione sia meno marcata, è sufficiente per ottenere risultati soddisfacenti.

Abbiamo riscontrato che in casi del genere, la classe intera si è sottoposta di buon grado per evitare l'assenza anche di un solo compagno.

4. Discussione in classe

Affinché le esperienze laboratoriali siano un utile strumento all'insegnamento della chimica, è necessario motivare gli studenti nei confronti delle attività che vengono loro proposte. Ciò si può ottenere sia con un adeguato lavoro preliminare, sia con la successiva discussione in classe relativa agli obiettivi prefissati, ai risultati ottenuti e alle anoma-

lie eventualmente riscontrate. La discussione sotto la guida dell'insegnante è un passaggio necessario affinché le attività svolte in laboratorio non rimangano una parentesi ludica alternativa alla lezione frontale, ma rappresentino un'occasione per riflettere sui contenuti scientifici inerenti e sulla loro concretezza.

Ripercorrere a posteriori le fasi operative del laboratorio, confrontando con i propri compagni osservazioni, perplessità e risultati, è uno stimolo alla riflessione, alla correzione di eventuali concetti errati e all'approfondimento delle conoscenze. In questa fase, la figura dell'insegnante è una guida discreta in grado di orientare la discussione nella giusta direzione, senza però imporre il proprio punto di vista e ha un ruolo fondamentale affinché l'esperienza laboratoriale raggiunga l'obiettivo di migliorare l'apprendimento.

5. Stesura delle relazioni

L'epilogo del percorso laboratoriale dovrebbe essere rappresentato dalla stesura della relazione scientifica, a cura di ogni singolo studente: questa fase si è dimostrata la più critica del percorso. Molti studenti, infatti, ignorano completamente come debba essere strutturata una relazione di laboratorio, ma soprattutto faticano alquanto a rielaborare l'attività manuale in modo da collegare le esperienze vissute con il patrimonio concettuale acquisito in classe.

La maggior parte degli studenti viene lungamente 'addestrata' a svolgere temi sui più disparati argomenti, ma quasi mai a relazionare un'attività scientifica. Spesso la relazione viene svolta come un racconto di ciò che è stato fatto, eventualmente con dettagli relativi alla procedura seguita, ma quasi priva di osservazioni personali e di riflessione.

Nel nostro caso, le relazioni presentano come maggiore carenza la mancanza di elaborazione del risultato sperimentale, se non addirittura la sua mancata esposizione, limitandosi a una ricopiatura della 'traccia' contenuta nelle schede di lavoro consegnate.

A titolo di esempio, nell'attività 2 occorre saper collegare la variabile *ingredienti* (tipo di lievito e di farina) con i meccanismi di trasformazione dei carboidrati e delle proteine durante il processo di panificazione: per fare questo è necessario, come richiesto, costruire le curve di lievitazione (volume vs. tempo) dei propri campioni e confrontarle, non solo tra loro, ma anche con quelle dei compagni. Quasi mai è stato fatto questo confronto e molto frequentemente sono pervenute relazioni dove i dati di tempo e volume registrati sono presenti, ma non sono elaborati in forma di tabelle e tantomeno di grafico.

Un'altra considerazione riscontrata in molte relazioni sta nella confusione tra "risultati" e "conclusioni": spesso gli studenti spacciano i risultati come conclusioni. Questo denota un rifiuto allo sforzo richiesto dall'elaborazione mentale: è molto più semplice registrare dei dati e ritenere "conclusa" l'attività, piuttosto che considerare i risultati come il punto di partenza di un processo di crescita cognitiva, sicuramente tanto più faticoso quanto meno abituale.

Occorre però rendere giustizia a quegli studenti che, grazie all'entusiasmo suscitato dalle attività e al supporto dei propri insegnanti, hanno svolto le relazioni in modo adeguato, personalizzandole con contributi aggiuntivi. Ad esempio, alcuni hanno inserito un paragrafo dedicato all'approfondimento sui carboidrati dell'attività 1, corredandolo di immagini; un altro gruppo, particolarmente creativo, ha elaborato il grado di dolcezza degli assaggi dell'intera classe riportandolo in una serie di grafici posti sotto il nome di "DE GUSTIBUS" (figure 6,7)

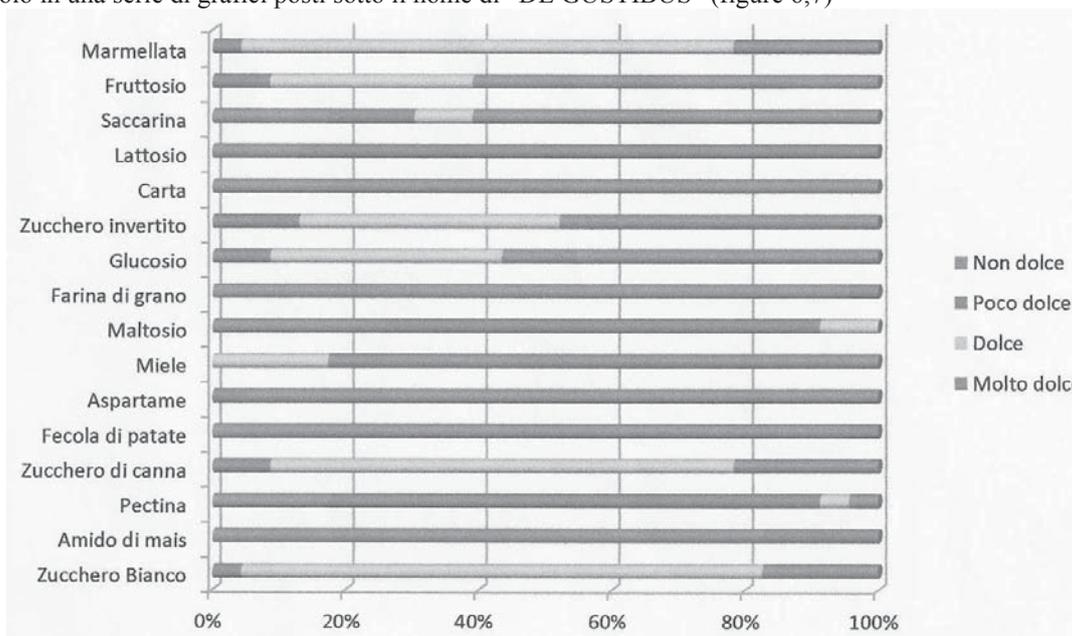


Figura 6. DE GUSTIBUS: statistica realizzata per tutte le sostanze assaggiate durante l'attività 1, su un campione di 23 persone. Classe IV F Liceo Cassini – Genova

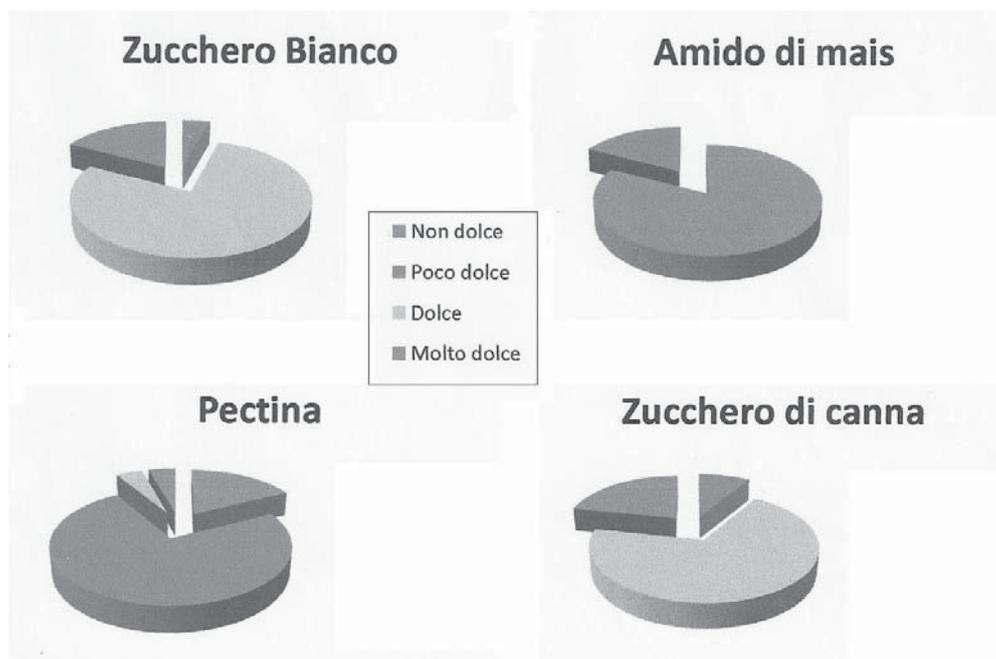


Figura 7. *DE GUSTIBUS: alcune statistiche realizzate per sostanza, in relazione all'attività 1, su un campione di 23 persone. Classe IV F Liceo Cassini – Genova*

6. Conclusioni

Le attività laboratoriali proposte sono realizzabili con materiale poco costoso e facilmente reperibile, sono semplici dal punto di vista manuale, tanto da poter essere condotte anche in classe; in alcune scuole, prive di un laboratorio attrezzato, sono state realizzate in aule unicamente fornite di pochi banchi e di un lavandino.

L'ampia adesione delle scuole e l'entusiasmo riscontrato in studenti e insegnanti è andato ben oltre le aspettative: il coinvolgimento e l'impegno ci hanno impressionato positivamente, così come la curiosità suscitata da azioni semplici e quasi quotidiane, come il pesare 80g di farina.

Ciò dimostra ancora una volta che la quotidianità è un ottimo veicolo per fare scienza: in questo caso si è sfruttato l'aspetto fenomenologico della panificazione per introdurre una spiegazione che coinvolgesse la dimensione microscopica. Tra gli innumerevoli contesti quotidiani che possono essere presi in considerazione, la scelta dell'impasto, con tutte le implicazioni annesse, è risultata particolarmente felice, per ragioni facilmente intuibili: pane, pizza, focaccia sono molto apprezzati dagli studenti, che hanno visto impastare o impastano loro stessi. In particolare per gli studenti residenti a Recco, cittadina della riviera ligure famosa per la sua focaccia, il mestiere dell'impastare è una vera arte, di vitale importanza.

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano il M.I.U.R., per il supporto finanziario al Piano Lauree Scientifiche, e i seguenti insegnanti, per il supporto professionale:

Anna Pitto, Donata Gecchele, Rossella Ferrari, Paola Arecco, Marcella Fogliato (Liceo Scientifico Giacomo Cassini – Genova).

Enza Lucifredi (Liceo Classico Andrea D'Oria – Genova)

Marina Fossati, Daniela Didio, Sabina Descalzo (Liceo Scientifico Nicoloso da Recco – Recco)

Laura Viale (Liceo Scientifico Champagnat – Genova)

Patrizia Baldasso, Marcella Fogliato, Fortunata Masulli, Lorenzo Bo (Liceo Scientifico Leonardo Da Vinci)

Graziella Battistin (Liceo Scientifico Giovan Pietro Vieusseux – Imperia)

Grazia Napoli (Liceo Scientifico Giordano Bruno- Albenga)

Maura Boero, Valentina Vercelli (Liceo Scientifico Luigi Lanfranconi – Genova)

Angela Rosa Cerbone (Liceo Classico Federico Delpino – Chiavari)

Testi utili

W.H.Brown, Introduzione alla Chimica Organica, ed EdiSES

H. This, I segreti della pentola – Guida di gastronomia molecolare, ed. Jaca Book

H. This, Pentole e Provette, ed. Gambero Rosso

APPENDICE 1

Attività 1. RICONOSCIMENTO E CLASSIFICAZIONE DEI CARBOIDRATI

Compila la tabella sulla base delle tua conoscenze pregresse e delle tue osservazioni. Se necessario, assaggia le sostanze a tua disposizione.

nome comune	grado di dolcezza (no, +, ++,+++)	è un carboidrato (o contiene carboidrati)?	nome scientifico del carboidrato o dei carboidrati contenuti	si solubilizza in acqua a T ambiente?
zucchero bianco				
amido di mais				
pectina				
zucchero di canna				
fecola di patate				
aspartame				
miele				
maltosio				
farina di grano				
glucosio				
zucchero invertito				
carta				
lattosio				
saccarina				
fruttosio				

APPENDICE 2

LA PANIFICAZIONE

La panificazione è uno dei più antichi esempi di biotecnologia che annovera pane lievitato risalente all'antico Egitto (4000 a.C.). Dall'Egitto l'arte della panificazione passò in Grecia. I greci divennero ottimi panificatori, producevano più di 70 qualità. Inserirono alle ricette base ingredienti come latte, olio, formaggio, erbe aromatiche.

L'impasto base per il pane è composto da farina, acqua, sale e lievito

Quando la farina viene inumidita, gli **enzimi amilasi** (α e β) naturalmente presenti in essa si attivano e convertono parte dell'amido in zuccheri più semplici (maltosio e destrine), per rottura del legame glucosidico.

I **lieviti** contenuti ingeriscono il maltosio e, grazie all'enzima maltasi, lo scindono formando glucosio; inizialmente essi utilizzano il maltosio per la respirazione aerobica (respirazione cellulare), consumando l'ossigeno presente nell'impasto e producendo energia. Quando però l'ossigeno comincia a scarseggiare, l'energia viene prodotta attraverso la respirazione anaerobica (**fermentazione**) che converte il glucosio in etanolo e anidride carbonica come prodotti finali (e di scarto) di un ciclo complesso di reazioni. In sintesi:



I lieviti sono un gruppo di funghi, formati da un unico tipo di cellula eucariote, che può avere una forma ellittica o sferica. Sono state catalogate più di mille specie di lieviti. Quelli utilizzati per la panificazione sono essenzialmente di due tipi:

- lievito di birra
- lievito madre

Il **lievito di birra** è una coltivazione di uno specifico tipo di saccaromiceti, il *Saccharomyces Cerevisiae*, e si chiama così perchè all'inizio veniva ottenuto dalla fermentazione della birra, mentre oggi è praticamente sempre prodotto su melassa di risulta dalla produzione di zucchero da barbabietola. In commercio si trova fresco o liofilizzato.

Il **lievito madre** è un impasto di acqua e farina lasciata fermentare naturalmente o con l'aggiunta di elementi ricchi di batteri e zuccheri. In pratica l'impasto diviene una coltura di microrganismi presenti naturalmente negli ingredienti e nell'ambiente, stimolati da frequenti rinfreschi con nuova acqua e farina e selezionati dalla loro stessa competizione. In questo caso non si sviluppa solo il *Saccharomyces Cerevisiae*, che è in ogni caso presente, ma anche altri saccaromiceti diversi. La differenza principale con il lievito di birra è però la presenza contemporanea di una grande quantità di batteri lattici che, naturalmente contenuti nella farina, trovano modo e tempo di svilupparsi anche essi.

ATTIVITÀ 2. Lievitazione con diverse farine e lieviti

Materiali: acqua, diversi tipi di lievito, diversi tipi di farina (di grano e non), amidi, spatola o cucchiaio per impastare, contenitori per l'impasto, cilindri in plastica da 250mL, bacchette lunghe in plastica per sistemare l'impasto nel cilindro, bilance, carta per pesare.

Obiettivo: saper collegare la variabile ingredienti con i meccanismi di trasformazione dei carboidrati e delle proteine durante il processo di panificazione.

Procedimento

1. Prelevare, con cilindro graduato, 45g di acqua calda (a circa 50°C)
2. Aggiungere 2g di lievito secco attivo (o 7g di lievito fresco o 2g di lievito istantaneo)
3. Aggiungere 80g di farina
4. Mescolare fino ad ottenere un impasto omogeneo
5. Modellare la pasta in forma di salsiccia e porla cautamente nel cilindro graduato livellando la superficie e cercando di non lasciare spazi vuoti nell'impasto (sembra facile!!)
6. Annotare il livello della pasta nel cilindro ogni 10 minuti per un'ora

Riassumi l'esperienza secondo le seguenti linee guida:

- Condizioni operative (ingredienti prescelti tra quelli disponibili e temperatura di panificazione)

campione 1:

campione 2:

- Osservazioni in itinere

.....
.....
.....
.....

- Dati di volume in funzione del tempo

campione 1:

campione 2:

- Caratteristiche dell'impasto dopo 60 minuti di lievitazione (elasticità, morbidezza, omogeneità, odore...) in confronto con le caratteristiche dell'impasto iniziale.

.....
.....
.....
.....

Discussione dei risultati

- Confronta le caratteristiche degli impasti ottenuti con i diversi ingredienti (compresi quelli dei tuoi compagni) e giustifica le differenze.

- Traccia la curva della variazione % di volume in funzione del tempo per i tuoi campioni. Discuti i risultati giustificando eventuali differenze tra le curve.

- Confronta i tuoi risultati con quelli dei tuoi compagni e giustifica differenze e analogie sulla base degli ingredienti utilizzati.

SEPARAZIONE E IDENTIFICAZIONE DEI PRINCIPALI COMPONENTI DELLA FARINA DI GRANO

ATTIVITÀ 3. Formazione del glutine e separazione dall'amido

La farina contiene due componenti principali:

- l'**amido**, costituito da due tipi di molecole, amilosio (solubile in acqua calda) e amilopectina (insolubile in acqua)
- diversi tipi di **proteine**, sia solubili (albumine e globuline) che insolubili (gliadine e glutenine). Le proteine insolubili, quando vengono messe a contatto con l'acqua in fase di impasto, formano un reticolo chiamato glutine; il glutine è un reticolo viscoelastico: tirato si allunga, ma poi, quando la tensione è eliminata, riprende parzialmente la sua forma iniziale.

La separazione del glutine dall'amido si realizza facilmente lavando l'impasto sotto un filo di acqua, meglio se tiepida.

Materiali:

bilancia, farina di grano, acqua corrente (lavandino), contenitore per impastare, spatola o cucchiaio.

Procedimento

1. Dosare 15g di acqua
2. Aggiungere 30g di farina di grano e impastare fino ad ottenere un impasto liscio e omogeneo
3. Continuare a impastare, ma sotto un filo di acqua corrente, facendo attenzione a non disperdere l'impasto
4. Tenere da parte una piccola porzione di acqua di lavaggio
5. Continuare a lavare finché l'acqua di lavaggio non risulta completamente limpida (segno che tutto l'amido è stato eliminato)

Descrivi le caratteristiche del glutine che hai appena isolato

.....
.....
.....
.....

Spiega perché questo semplice metodo è risultato efficace nella separazione del glutine dall'amido

.....
.....

Osserva una porzione di farina di grano e una di amido. Noti delle differenze?

Alla luce di quanto hai appena appreso, riesci a giustificarle?

.....
.....
.....

ATTIVITÀ 4. Test colorimetrico per l'identificazione dell'amido

Lo iodio (I_2), in soluzione alcolica (tintura di iodio, reperibile in farmacia) diluita con acqua o direttamente in soluzione acquosa, funziona come rivelatore della presenza di amido negli alimenti. Questa molecola è infatti in grado di reagire con l'amido formando un complesso dalla caratteristica colorazione viola.

Materiali:

Soluzione acquosa di iodio per il test dell'amido (Lugol), acqua, provette, portaprovette, spatoline, amido di mais, fecola di patate, saccarosio, olio, latte.

Procedimento

1. Disporre, ciascuna in una provetta diversa, una piccola quantità (una punta di spatola per i solidi e un dito per i liquidi) delle seguenti sostanze:

- amido di mais
- fecola di patate
- saccarosio
- olio
- latte

Carboidrati nella scuola secondaria di II° grado

2. Aggiungere circa un dito d'acqua alle sostanze solide e agitare la provetta
 3. Aggiungere qualche goccia di soluzione di iodio (3-4) e agitare la provetta.
- Annotare in tabella i risultati

<i>sostanza</i>	<i>colore iniziale della miscela liquida</i>	<i>colore della miscela dopo aggiunta di iodio</i>
amido di mais		
fecola di patate		
saccarosio		
olio		
latte		

ATTIVITÀ 5. Test colorimetrico per l'identificazione delle proteine

Gli ioni rameici (Cu^{++}) in ambiente alcalino reagiscono con qualsiasi composto contenente due o più gruppi $-\text{CO}-\text{NH}-$ (legame peptidico) dando un complesso dalla caratteristica colorazione viola. Il saggio è dunque molto utile per identificare le proteine, sequenze di amminoacidi legati appunto da legami peptidici.

Materiali:

Soluzione acquosa di CuSO_4 (2%), soluzione alcalina (KOH 1%), provette, portaprovette, spatoline, amido di mais, olio, latte, uovo.

Procedimento

1. Disporre, ciascuna in una provetta diversa, una piccola quantità delle seguenti sostanze (una punta di spatola per l'amido e mezzo dito per le altre):
 - amido di mais
 - olio
 - latte
 - tuorlo d'uovo
 - albume d'uovo
 2. Aggiungere circa mezzo dito di soluzione di CuSO_4 e mescolare
 3. Aggiungere 5-6 gocce di soluzione di KOH per rendere alcalino l'ambiente e mescolare
- Annotare in tabella i risultati

<i>sostanza</i>	<i>colore iniziale della sostanza</i>	<i>colore della miscela dopo aggiunta di CuSO_4</i>	<i>colore della miscela dopo aggiunta di KOH</i>
amido di mais			
olio			
latte			
tuorlo d'uovo			
albume d'uovo			

ATTIVITÀ 6. Applicazione dei test colorimetrici per analizzare i due componenti separati durante l'attività 3.

Utilizza i test colorimetrici che hai appena considerato per individuare la natura proteica del glutine ottenuto durante l'attività 3 e per analizzare i componenti contenuti nell'acqua di lavaggio.

Descrivi nel dettaglio il procedimento che hai utilizzato e i risultati ottenuti

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

APPENDICE 3

LA PANIFICAZIONE. APPROFONDIMENTO

Composizione della farina e ruolo del glutine

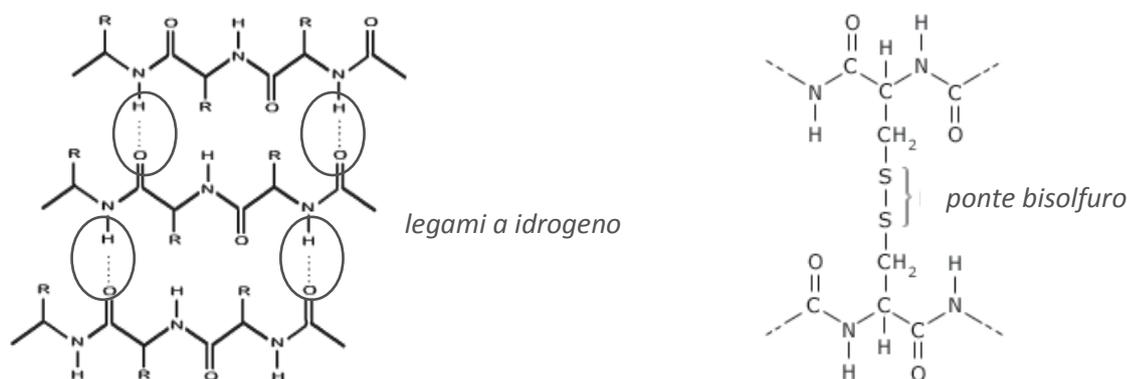
La farina contiene due componenti principali: dei granuli di amido, composti da due tipi di molecole, l'amilosio e l'amilopectina, e diverse proteine solubili (albumine e globuline) e insolubili (gliadine e glutenine). Se, al momento dell'impasto, ci troviamo di fronte a una pasta elastica, lo si deve alle proteine insolubili, che formano un reticolo chiamato glutine; il glutine è un reticolo viscoelastico: tirato si allunga, ma poi, quando la tensione è eliminata, riprende parzialmente la sua forma iniziale. In assenza di questo reticolo non si può dunque formare una pasta modellabile, ma neanche si può avere una lievitazione efficace: il glutine, nella sua fase estensiva, permette infatti di formare le sottili pareti divisorie della mollica che intrappolano l'anidride carbonica, frutto della fermentazione dei lieviti.

Il frumento è praticamente l'unico cereale con cui formare una buona pasta da pane: la sua composizione è infatti tale che il glutine formato è elastico quanto basta da estendersi sotto la spinta della lievitazione, mantenendo però il gas intrappolato.

Trasformazioni in fase di impasto

Vediamo ora cosa succede alla struttura delle proteine e dell'amido durante l'impasto.

All'inizio le molecole delle proteine sono come catene ripiegate su di loro stesse in forma di gomitolo, tenute insieme da legami intra-molecolari: legami a idrogeno o ponti bisolfuro (tra due atomi di zolfo presenti nelle unità cisteiniche).



Prima dell'impasto questi legami sussistono solo tra gli atomi di una stessa molecola di proteina, da cui il ripiegamento di questa in forma di gomitolo (fig. a). L'atto di impastare, tuttavia, separa le catene proteiche e srotola progressivamente tali gomitoli (denaturazione, fig. b)



Carboidrati nella scuola secondaria di II° grado

Una volta che le proteine sono allineate non sono però libere: la formazione di nuovi legami a idrogeno e ponti bisolfuro, questa volta inter-molecolari, spiega la formazione di quel reticolo tridimensionale chiamato glutine (fig. c). Contemporaneamente l'acqua dell'impasto penetra all'interno dei granuli di amido rigonfiandoli e attivando le amilasi.

Trasformazioni in fase di fermentazione

Durante la fase di fermentazione i lieviti espellono CO_2 . Questo gas, grazie all'elasticità del glutine, non fuoriesce dall'impasto, ma lo rigonfia, rimanendovi intrappolato sotto forma di miriadi di alveoli.

La velocità di fermentazione del pane aumenta proporzionalmente alla temperatura fino a 45-50°C. Al di sopra di tale temperatura l'attività dei lieviti diminuisce in quanto essi cominciano a morire cessando così, sopra i 60°C, ogni attività. Bisogna tenere presente che, per la notevole complessità di reazioni coinvolte nella fermentazione, i lieviti producono anche diverse molecole 'odorose', accanto ai principali prodotti etanolo e CO_2 . Sono stati infatti identificati aldeidi, chetoni e alcoli diversi dall'etanolo, che concorrono a formare il caratteristico aroma e gusto del pane, una volta cotto.

Trasformazioni in fase di cottura

Durante la cottura avvengono delle trasformazioni molto importanti. Dopo l'infornatura, la temperatura del pane passa dai valori ambientali a livelli superiori, salendo uniformemente all'interno e all'esterno del prodotto; fino ai 35-40°C i lieviti continuano a proliferare, superati i 45-50°C, essi iniziano a morire e a 60°C circa la lievitazione cessa del tutto. Il rigonfiamento della pasta che si osserva in fase di cottura è infatti dovuto alla dilatazione del gas presente nell'impasto, non alla formazione di nuovo gas.

Sopra i 90°C comincia a formarsi la crosta, molto importante perché impedisce all'acqua interna di continuare ad evaporare, garantendo la morbidezza della mollica.

L'amido gelifica in un reticolo chiamato salda, mentre le proteine del glutine perdono parte della loro acqua e coagulano: così si forma la mollica.

In superficie, l'imbrunimento della crosta e il caratteristico odore di cotto, sono dovuti alle reazioni di Maillard, che avvengono tra gli zuccheri ed i gruppi amminici delle proteine.

Queste reazioni, molto complesse, avvengono spesso nei processi di cottura, compresa quella della carne (specie se grigliata) e portano alla formazione di numerosi composti aromatici non ancora completamente individuati.