



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
CAMPUS DI CESENA

Strategie per la Mitigazione della Formazione di Acrilammide in Prodotti da Forno

*- Convegno finale sulle attività e i risultati conseguiti
per il progetto SALUTE N. 5149094*

*- Strategie per la riduzione del contenuto di acrilammide in
prodotti a base di frumento tenero*

*T.O. 16.1.01 – Programma Regionale di Sviluppo Rurale della Regione Emilia
Romagna 2014 - 2020*

Martedì 10 Gennaio 2023

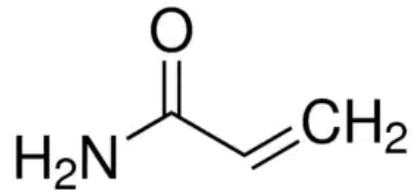
Santina Romani

santina.romani2@unibo.it

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari

Acrylamide Background

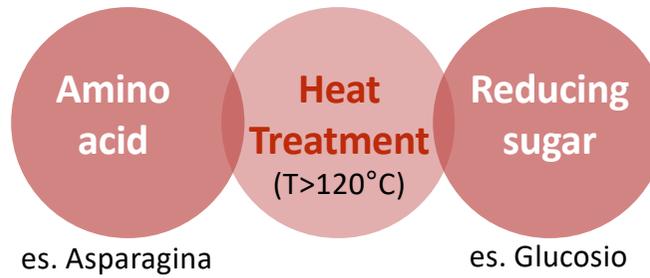
Che cos'è ?



- > *Effetti tossici: neurotossicità, genotossicità, carcinogenicità.*
- > *"Probably carcinogenic to humans"* - Classe 2A (IARC, 1994).

Come si forma ?

Maillard reactions



Concentrazione precursori, contenuto in acqua, temperatura ecc..



FRYING



ROASTING



BAKING

Proprietà finali richieste
(es. odore, sapore, colore,
texture)



Composti indesiderati
(es. ACRYLAMIDE)



Raccomandazioni - Regolamenti – Linee Guida UE



- Raccomandazione CE 2007/331/CE
- Raccomandazione UE 2010/307/UE
- Raccomandazione UE 2011/9681/UE (*valori indicativi*)
- Raccomandazione UE 2013/647/UE
- Parere scientifico EFSA – 2007-8; 2015
- Linee guida *Food Drink Europe (FDE 2005-2019)* - ("*Acrylamide Toolbox*")

- **REGOLAMENTO UE 2017/2158** (*misure di attenuazione e livelli di riferimento "benchmark levels"*)

- Raccomandazione UE 2019/1888/UE
(*Introduzione di nuovo elenco di prodotti da monitorare; es. pancakes, croissants, panini per hamburger, ciambelle, ecc.*)



....in fase di discussione un **aggiornamento del Reg. 2017/2158** per:

- ✓ Riduzione degli attuali valori di riferimento
- ✓ Inserimento di nuovi livelli di riferimento e di **Valori Massimi**

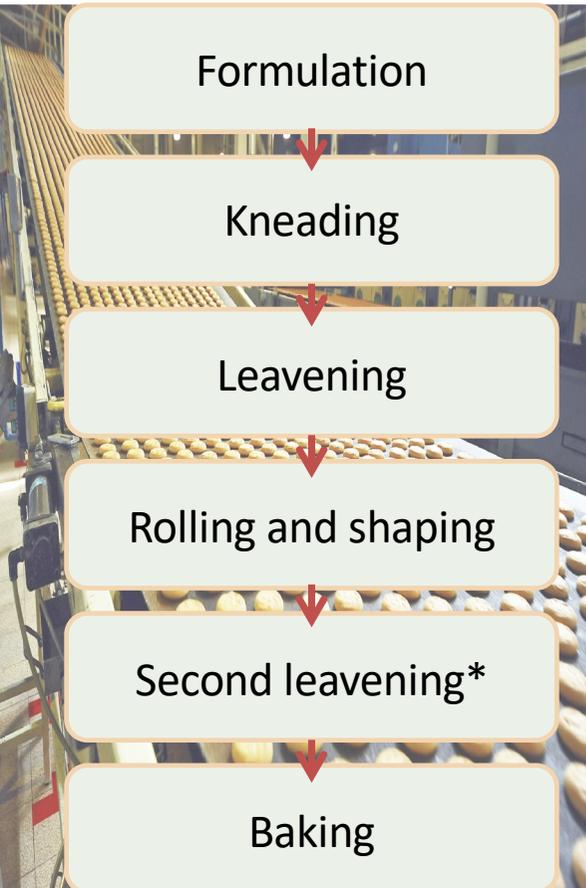
Caffè tostato	400 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$
French fries	500 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$
Biscotti e wafers	350 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$
Crackers	400 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$
Cereali colazione	150 - 300 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$
Pani morbidi	50 - 100 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$
Pane croccante	350 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$
Pane con spezie (panpepato)	800 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$
Altri prodotti da forno	300 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$



Strategie di Mitigazione nei Prodotti da Forno



.....nelle varie fasi del processo di produzione



Selezione quali-quantitativa di ingredienti (*a basso contenuto di asparagina/zuccheri*) e additivi

Pretrattamenti; utilizzo di enzimi (*es. asparaginasi*)

Controllo dell'*umidità* e dell'*a_w*



Selezione di *agenti lievitanti* e delle *condizioni di lievitazione*

Food Bioprocess Technol (2011) 4:530–543
DOI 10.1007/s11947-010-0495-1

REVIEW PAPER

Controllo di *dimensioni-forma* e rapporto *superficie-volume*

Acrylamide in Baking Products: A Review Article

Javad Keramat · Alain LeBail · Carole Prost · Maryam Jafari

Selezione di *agenti lievitanti* e delle *condizioni di lievitazione*



Utilizzo di *metodi di cottura alternativi* (*es. vapore, microonde, vuoto, combinati*)

Review

Received: 21 November 2017 Revised: 19 February 2018 Accepted article published: 23 March 2018 Published online in Wiley Online Library: 11 May 2018
(wileyonlinelibrary.com) DOI 10.1002/jsfa.9013

Overview on mitigation of acrylamide in starchy fried and baked foods

Gurunathan Baskar and Ravi Aiswarya

**Non sempre
- facili da applicare
- efficaci**

Spesso:
**influenza negativa sulle
caratteristiche finali
del prodotto**



*Optional



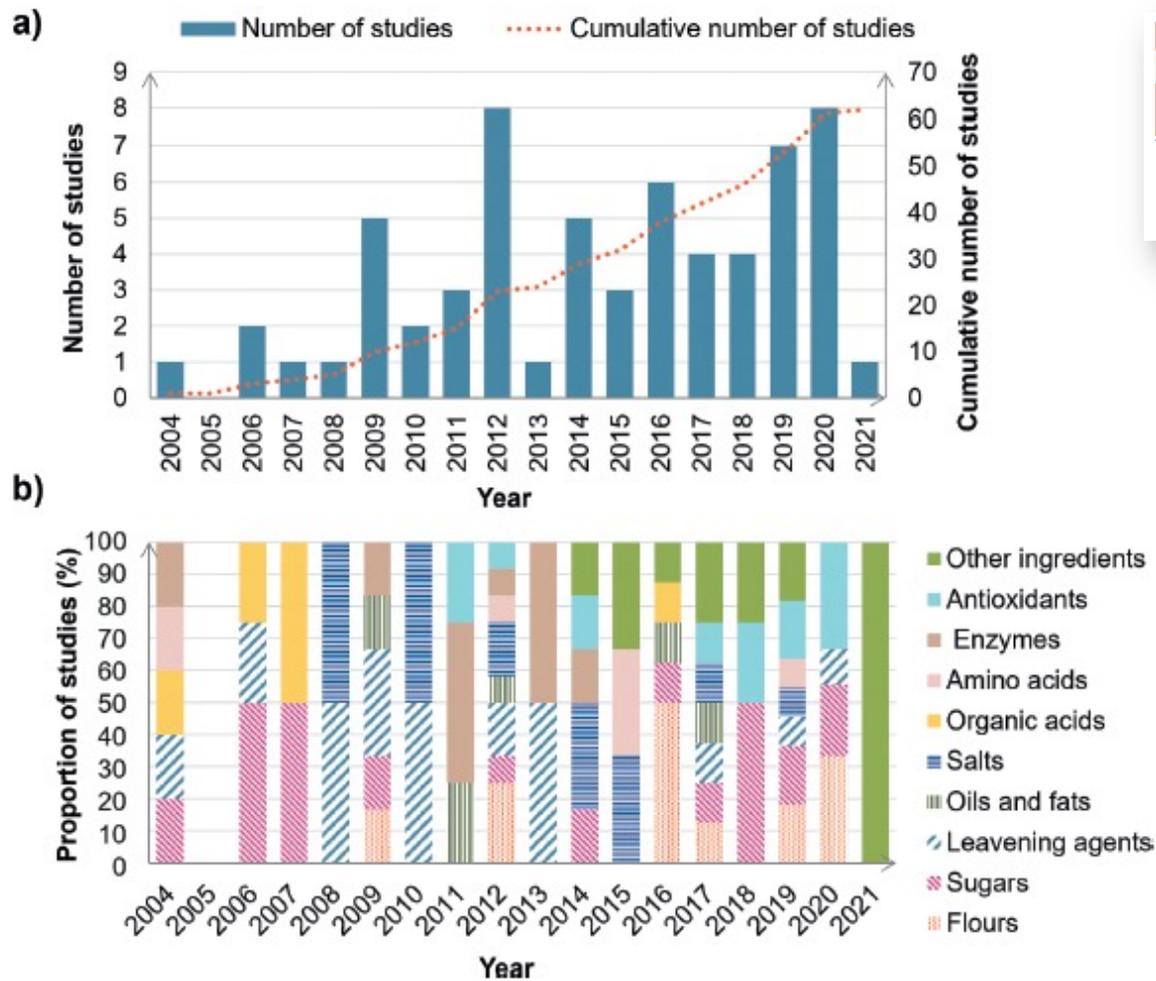


Figure 1. Number (a) of articles published per year, from 2004 to the present, on the effect of cookies' formulation on acrylamide formation with the related cumulative trend and percentage proportion (b) of each Ingredient studied per year.



Strategie più promettenti per un efficace controllo e riduzione dei livelli di AA nei prodotti da forno:

- selezione della **tipologia e quantità e microstruttura dei principali ingredienti in formulazione**, specie sfarinati e zuccheri, per ridurre il contenuto dei principali precursori (*asparagina e zuccheri riducenti*);
- **riduzione/controllo dell'utilizzo di altri ingredienti** (es. *frutta disidratata e secca, caffè, cioccolato, olive ecc.*) che possono contenere zuccheri riduttori, asparagina e AA;
- utilizzo di **enzima asparaginasi** a condizioni di trattamento controllate (es. umidità, pH, temperatura, tempo) per ottimizzarne l'efficacia;
- **riduzione della quantità di lievito chimico** e/o *sostituzione totale o parziale del bicarbonato di ammonio* con agenti lievitanti alternativi (*bic. di sodio o di potassio*);
- selezione delle **condizioni di lievitazione biologica** più appropriate (es. selezione microorganismi, tempi, temperature ecc.) *per favorire il metabolismo microbico e rallentare la reazione di Maillard in cottura*;
- **aumento** dello **spessore dell'impasto**, dove possibile;
- **riduzione** delle **temperature di cottura** ed eventuale *prolungamento dei tempi*;
- prediligere **cotture in modalità statica** o utilizzo di *metodi di cottura in combinazione*.

Obiettivo delle strategie studiate



- Identificazione e ottimizzazione di alcune **strategie di mitigazione dell'acrilammide** in **patate, caffè e prodotti da forno**.
- Studio e selezione delle migliori strategie di controllo **tenendo in considerazione il mantenimento delle caratteristiche qualitative** nel prodotto finito.



Innovative Food Science & Emerging Technologies
ELSEVIER
Volume 64, August 2020, 102397

Effect of innovative pre-treatments on the mitigation of acrylamide formation in potato chips

Maria Alessia Schouten ^{a,*,}, Jessica Genovese ^{a,}, Silvia Tappi ^{b,}, Alessandra Di Francesco ^{a,*,}, Elena Baraldi ^{a,*,}, Manuela Cortese ^{d,}, Giovanni Caprioli ^{d,}, Simone Angeloni ^{d,*,}, Sauro Vittori ^{d,}, Pietro Rocculi ^{a,*,}, Santina Romani ^{a,*,}

Critical Reviews in Food Science and Nutrition
Taylor & Francis
ISSN: 1040-8398 (Print) 1549-7852 (Online) Journal homepage: <https://www.tandfonline.com/loi/bfsn20>

Acrylamide in coffee: formation and possible mitigation strategies – a review

Maria Alessia Schouten, Silvia Tappi & Santina Romani

Food Chemistry
Volume 343, 1 May 2021, 128514
ELSEVIER

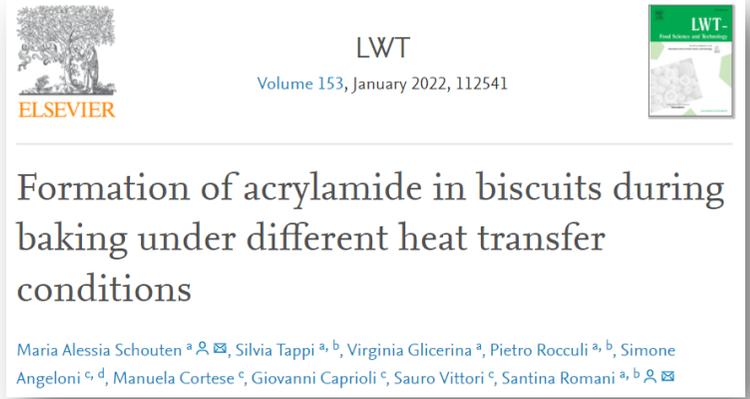
Acrylamide formation and antioxidant activity in coffee during roasting – A systematic study

Maria Alessia Schouten ^{a,*,}, Silvia Tappi ^{a,*,}, Simone Angeloni ^{c,*,}, Manuela Cortese ^{c,}, Giovanni Caprioli ^{c,}, Sauro Vittori ^{c,}, Santina Romani ^{a,*,}



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
CAMPUS DI CESENA

- Effetto delle condizioni di cottura su biscotti



Wheat flour + other biscuit ingredients

Formulation (*butter biscuit*)

Kneading ✓ Sugars, asparagine and acrylamide (HPLC-MS/MS)

Rolling (3 ± 0.2 mm)

Shaping

BAKING

Domestic electric oven
10 biscuits/run

STATIC MODE

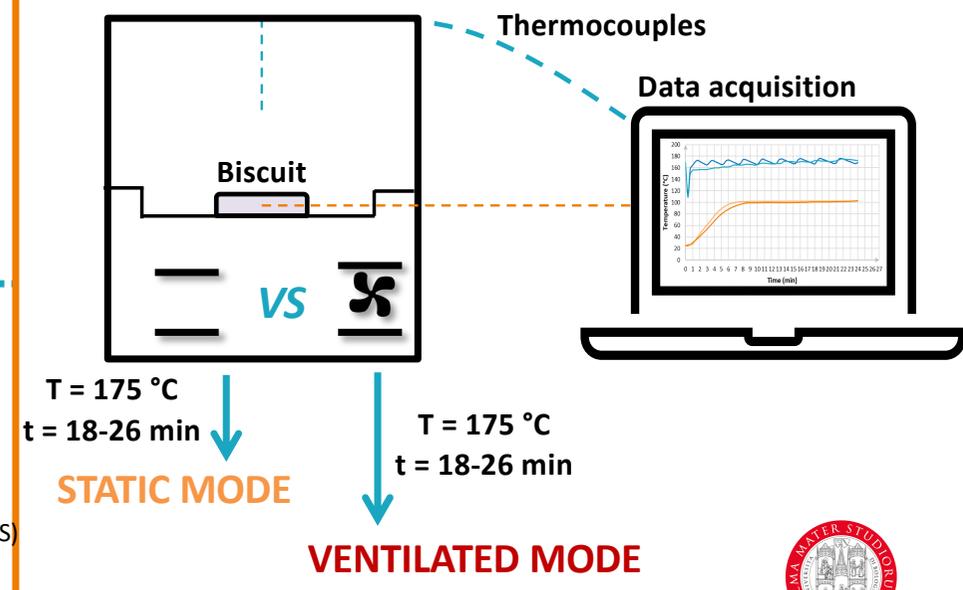


VENTILATED MODE



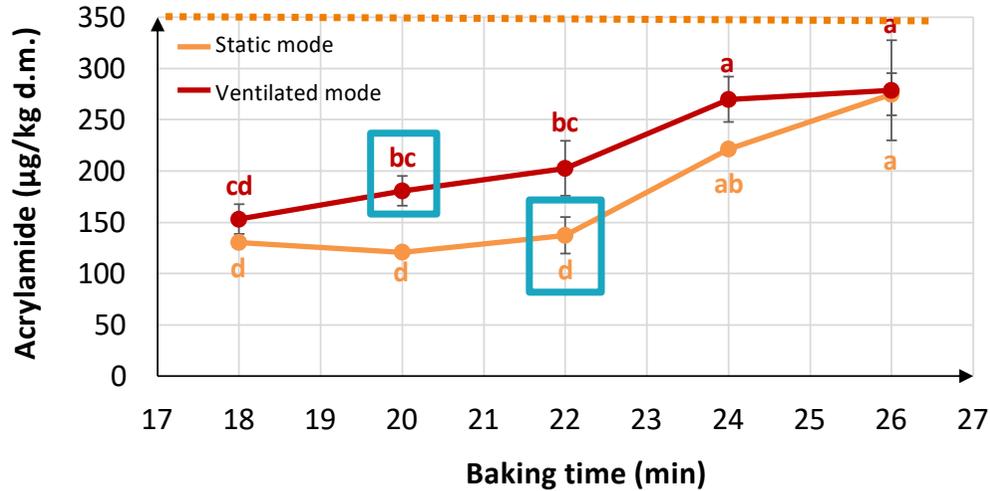
✓ Sugars, asparagine and acrylamide (HPLC-MS/MS)
✓ Quality characteristics (weight loss, a_w , moisture, texture, colour)

Evaluation of common baking methods:



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
CAMPUS DI CESENA

AA in biscotti durante la cottura



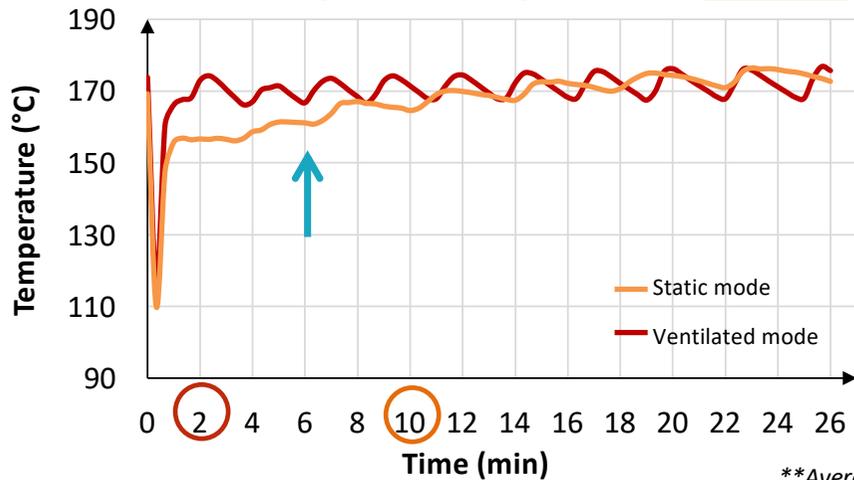
Reg. (EU) 2017/2158
benchmark level:
350 µg/kg

Circolazione forzata dell'aria (V mode):

- aumento più rapido della temperatura
- distribuzione più omogenea del calore,
- maggiore disidratazione del prodotto
- > AA tra 20 e 22 min di cottura

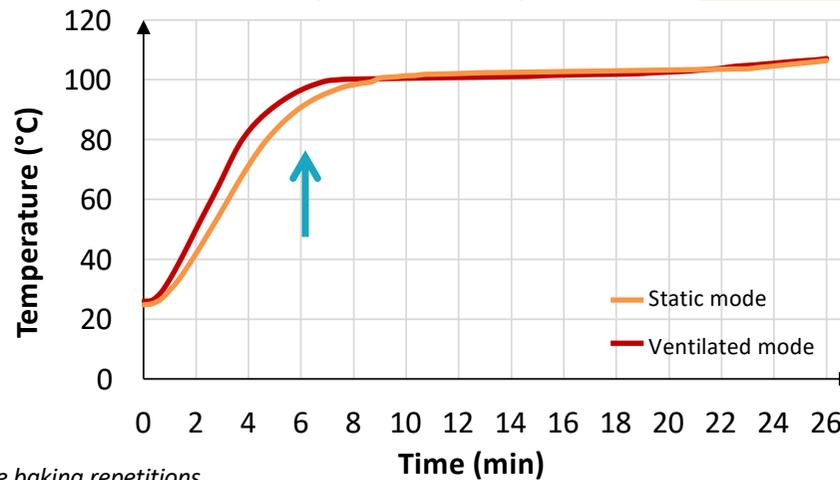
Different letters indicate significant differences among samples ($p < 0.05$).

Time-temperature** profiles of oven air



**Average of three baking repetitions.

Time-temperature** profiles of biscuit dough



Acrylamide
vs
Asparagine
 $r\text{-value} = -0.90$



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
CAMPUS DI CESENA

- Utilizzo di sfarinati alternativi in FORMULAZIONE

- Effetto di farina di lupino (L) e cece (C) nella formulazione di biscotti

Wheat + Chickpea or Lupin flours
+ other biscuit ingredients



- ✓ Asparagine (HPLC-MS/MS)
- ✓ Macronutrients (**protein**, fat, **fibre**, ash, carbohydrate)
- ✓ Quality characteristics (**particle size**, moisture, a_w , pH, colour, water holding and binding capacities)

FORMULATION

AACC method 10-54

Kneading

Rolling and shaping

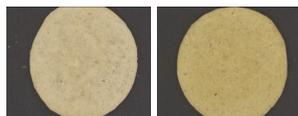
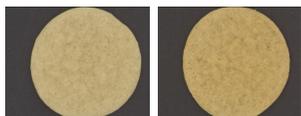
Baking (175 °C x 5-9 min)

- ✓ Sugars, Asparagine and Acrylamide (HPLC-MS/MS)
- ✓ Quality characteristics (weight loss, a_w , moisture, texture, colour)

W 100%

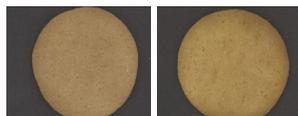
L 20-60%

C 20-60%



5 min

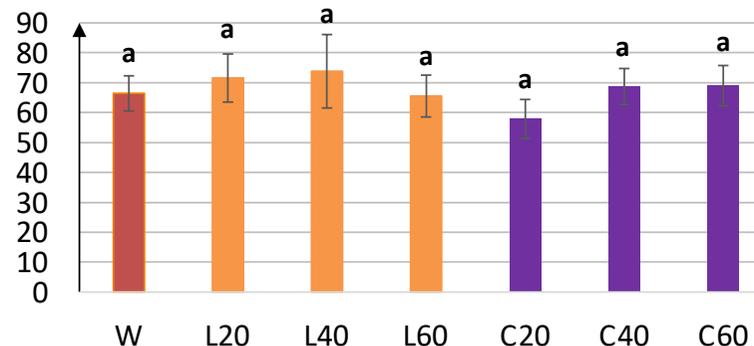
VS



9 min

Asparagine (mg/kg d.m.)

- I. 100% wheat flour (**W100** - control sample).
- II. Wheat flour replaced by 20, 40 and 60% **Lupin flour** (**L20, L40, L60** samples).
- III. Wheat flour replaced by 20, 40 and 60% **Chickpea flour** (**C20, C40, C60** samples).



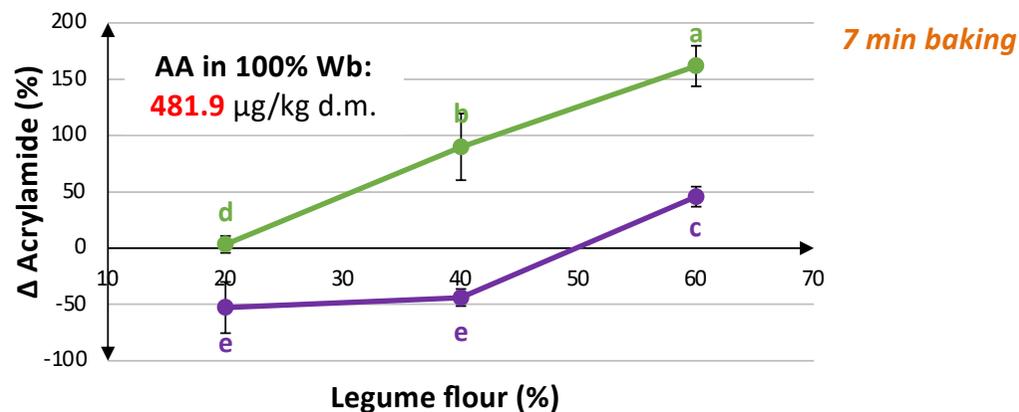
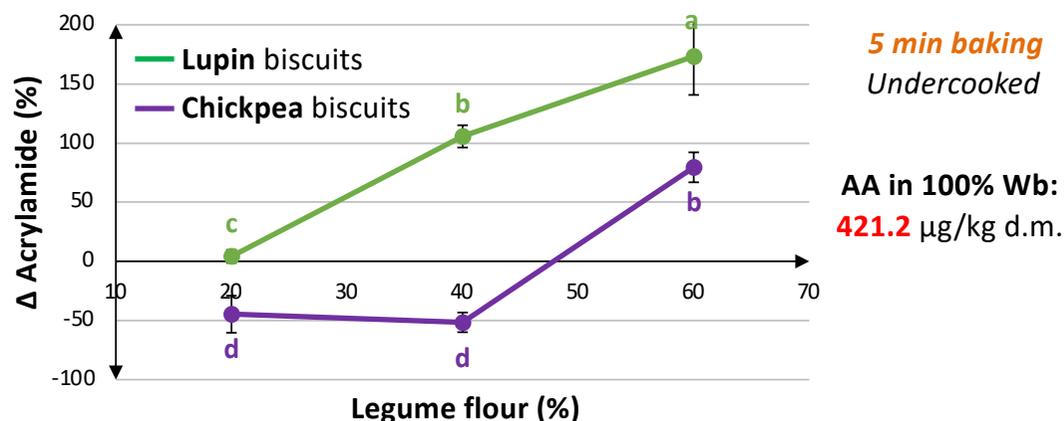
Same letter indicate no significant differences among samples ($p < 0.05$).

**Free Asn content
standardised to
about 70 mg/kg**



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
CAMPUS DI CESENA

Contenuti di AA % vs AA in biscotti con 100% frumento (Wb) a differenti livelli di cottura



- Farina di LUPINO (40 e 60%) vs Frumento:

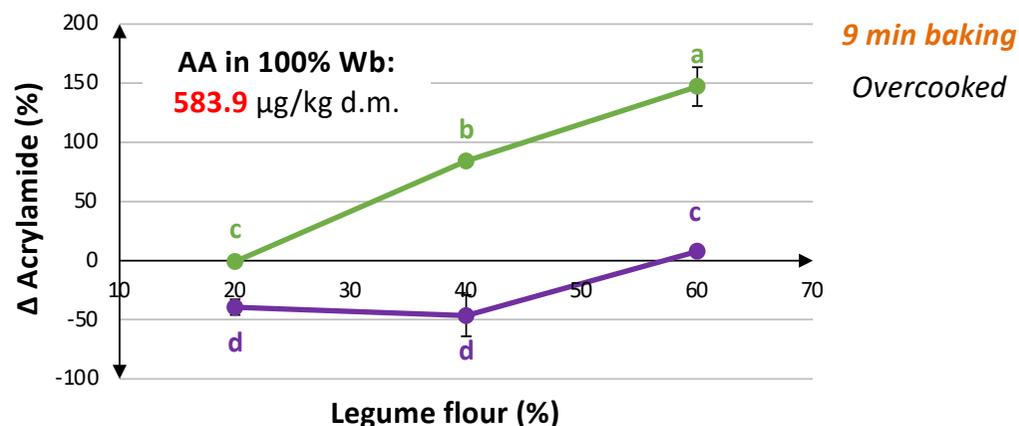
> Contenuto di fibre: < umidità e a_w biscotti > Maillard reaction > AA

- Farina di CECE (20 e 40%) vs Frumento:

> Granulometria: < interazione tra precursori vs Wb

Proteine del cece: > la stabilità termica degli zuccheri, riducendone la reattività e rallentando la Maillard < AA

- **60% di farina di CECE**: l'effetto dell'elevato contenuto in fibra prevale (< a_w) su quello positivo delle sue proteine facendo aumentare la formazione di AA



Different letters indicate significant differences among samples ($p < 0.05$).



- Utilizzo di sfarinati alternativi in FORMULAZIONE

- Effetto di ingredienti a base di fagioli rossi nella formulazione di biscotti



Phaseolus vulgaris cv. red kidney bean

De-hulling

BEAN GRINDING

- ✓ Scanning Electron Microscopy (SEM)
- ✓ Physiochemical analysis (moisture, a_w , pH)

Formulation (AACC method 10-54)

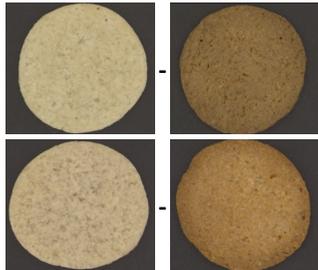
Added to the formulation partially replacing **14%** refined wheat flour.

Kneading

Rolling and shaping

Baking (170 °C for 5-11 min)

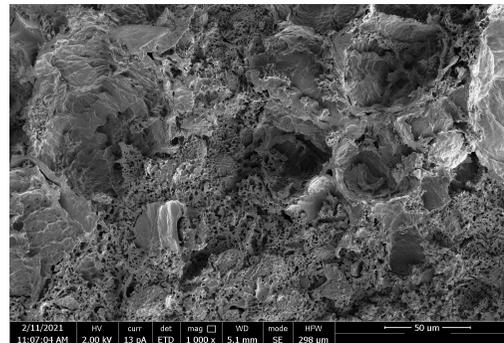
5 min 11 min



- ✓ Sugars, asparagine and acrylamide (HPLC-MS/MS)
- ✓ Quality characteristics (weight loss, a_w , moisture, texture, colour)

Bean ingredients analysis by SEM:

Cryo-milling

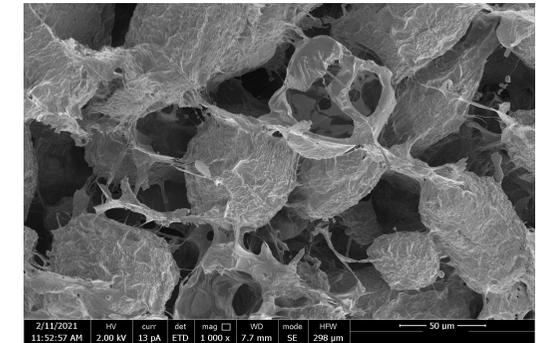


FARINA DI FAGIOLI

Cellule danneggiate

> Disponibilità precursori AA

Boiling and mashing



PUREA DI FAGIOLI

Cellule intatte

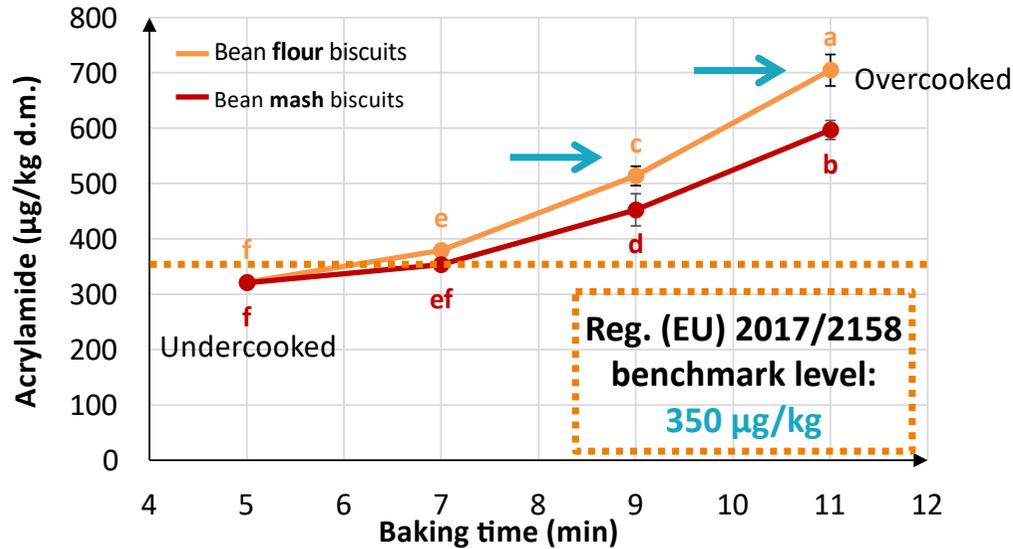
< Disponibilità precursori AA

VS

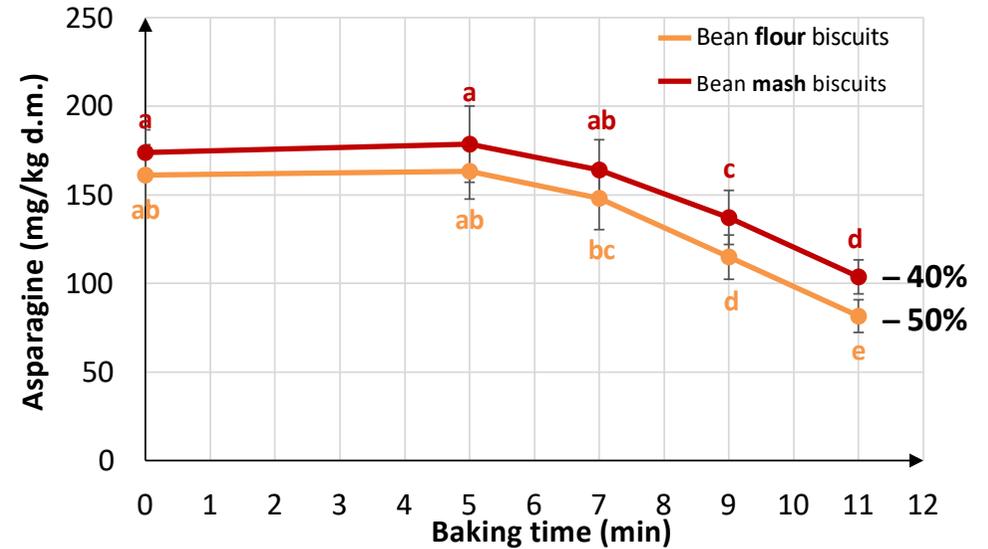


ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
CAMPUS DI CESENA

Formazione di AA in cottura



Asparagina in cottura



Different letters indicate significant differences among samples ($p < 0.05$).

> **Danneggiamento delle pareti cellulari (*Bean flour biscuits*):**

> **disponibilità di precursori dell'AA (+ presenti nelle cellule cotiledonari dei semi)**

più veloce disidratazione dei biscotti in cottura > MR > AA

Conclusioni

- ✓ Tutte le misure studiate garantiscono il ***mantenimento delle caratteristiche qualitative finali*** desiderate e tipiche per ciascun prodotto alimentare
- ✓ ***Facilmente applicabili*** nell'industria e nel settore della ristorazione poiché *non prevedono l'utilizzo di ingredienti particolari e/o costosi, né di tecnologie e/o pretrattamenti difficilmente applicabili o ancora molto innovativi* e quindi come tali poco sostenibili
- ✓ ***Ricerche in corso***: effetto di alcuni *ingredienti utilizzati per arricchire e differenziare le formulazioni di prodotti da forno dolci e salati*, sulla formazione di AA in questi ultimi

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Ringraziamenti

- Dr.ssa **Maria Alessia Schouten**

- Gruppo di ricerca del Prof. **Sauro Vittori**, (*School of Pharmaceutical Sciences and Health Products*) – Università di Camerino

- Gruppo di ricerca del Prof. **Vincenzo Fogliano**, (*Food Quality & Design group of the Department of Agrotechnology and Food Science*) - Wageningen University and Research (Netherlands)



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
CAMPUS DI CESENA



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
CAMPUS DI CESENA

Santina Romani

santina.romani2@unibo.it

www.unibo.it

Strategie di Mitigazione negli Alimenti

CONVENZIONALI:

Selezione di materie prime e *formulazione*

Pre-trattamenti di blanching, dipping e con enzimi

Modulazione di umidità, forma-dimensioni e parametri di altre fasi dei processi

Controllo dei parametri di cottura (temperature, tempi ecc.)

INNOVATIVE:

Pre-trattamenti con tecnologie emergenti (es. PEF, US, HHP)

Pre-trattamenti con microrganismi (es. in dipping, fermentazione)

Metodi di cottura alternativi (es. vapore, vuoto, microonde)

Strategie di rimozione su prodotti cotti (es. fluidi supercritici)

ASPETTI CRITICI

- > Non sempre efficaci su tutti i prodotti alimentari.
- > Non sempre facili da applicare su scala industriale.
- > Molti di essi influenzano negativamente le caratteristiche finali dei prodotti.

