



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo Agricolo
per lo Sviluppo Rurale



Regione Emilia-Romagna

L'Europa investe nelle zone rurali

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

Martedì 10 Gennaio 2023 – Sede Progeo (BO)

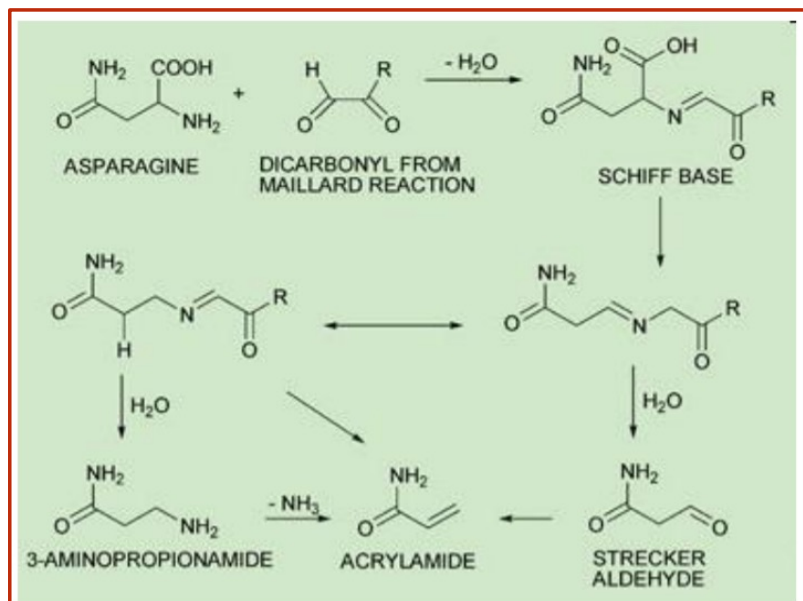
Risultati delle analisi sul contenuto in Acrilammide e suoi precursori

Sara Bosi, Giulia Oliveti, Antonio Fakaros, Lorenzo Negri,
Eros D'Amen, Rocco Enrico Sferrazza, Giovanni Dinelli

¹ Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agroalimentari- Alma
Mater Studiorum – Università di Bologna

Che cos'è l'acrilammide?

L'acrilammide (AA) è una sostanza chimica che si forma naturalmente negli alimenti amidacei durante la normale cottura ad alta temperatura



REAZIONE DI MAILLARD: formazione di AA a partire da aminoacidi liberi (asparagina) e zuccheri riducenti, in condizioni di elevata temperatura

Perché parliamo di acrilammide?

1994: l'Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro (IARC), classifica l'AA come «possibile cancerogeno umano»

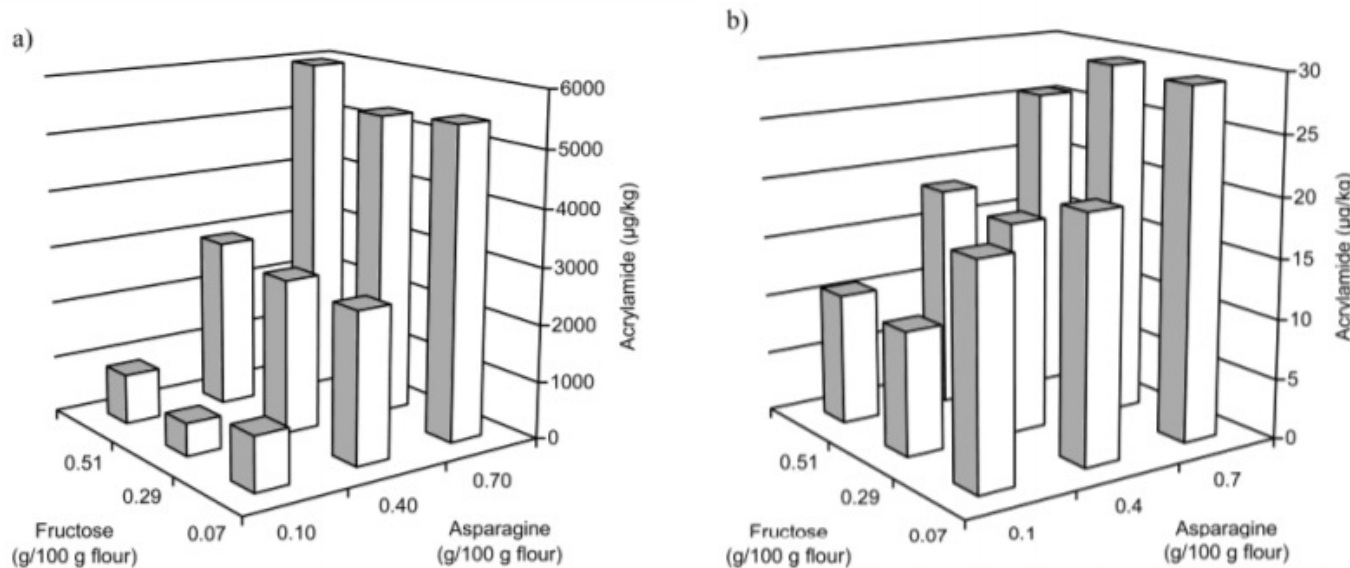
2002: prima determinazione di AA in alimenti ricchi di carboidrati trattati termicamente (Tareke et al.)

Perchè parliamo di acrilammide?

ALIMENTO	REG. 2013/647/EU	REG. 2017/2158/EU
Patate fritte a bastoncini pronte per il consumo	600 µg/kg	500 µg/kg
Patatine a base di patate fresche e a base di pasta di patate Cracker di patate Altri prodotti a base di pasta di patate	1000 µg/kg	750 µg/kg
Pane morbido a) A base di frumento b) Diverso dal pane a base di frumento	80 µg/kg 150 µg/kg	50 µg/kg 100 µg/kg
Biscotti e cialde Cracker esclusi i cracker a base di patate Pane croccante Pane con spezie (panpepato) Prodotti simili agli altri prodotti di questa categoria	500 µg/kg 500 µg/kg 450 µg/kg 1000 µg/kg 500 µg/kg	350 µg/kg 400 µg/kg 350 µg/kg 800 µg/kg 300 µg/kg
Caffè torrefatto	450 µg/kg	400 µg/kg
Caffè solubile istantaneo	900 µg/kg	850 µg/kg
Succedanei del caffè contenente esclusivamente cereali	2000 µg/kg	500 µg/kg
Alimenti per la prima infanzia a base di cereali	50 µg/kg	40 µg/kg
Biscotti e fette biscottate destinate ai lattanti e ai bambini nella 1° infanzia	200 µg/kg	150 µg/kg

Perchè parliamo di acrilammide?

Surdyk et al., 2004; J Agric. Food Chem. 52, 2047–2051



- che l'aggiunta di piccole quantità dell'aminoacido ASP all'impasto aumenta il contenuto finale di acrilammide nella crosta del pane in modo esponenziale;
- l'aggiunta di piccole quantità di fruttosio, invece, non influenza il contenuto in acrilammide

Obiettivi Principali:

- Identificare genotipi di frumento tenero (*Triticum aestivum* L.) con un basso contenuto in precursori dell'acrilammide;
- Identificare le corrette oratiche agronomiche per ridurre il rischio di acrilammide nei prodotti a base di frumento.

AZIONE B2 – AZIONI SPECIFICHE

SCREENING VARIETALE

20 genotipi di frumento tenero

10 genotipi «antichi»:

San Pastore; Verna; Falcone; Funone; Funo;
Frassineto, Inallettibile, Villa Glori, Terminillo,
Gentil Rosso;

10 genotipi «moderni»:

Rebelde, Solehio, Metropolis, Terramare,
Teorema, Ginger, Bologna, Soana, Aleppo,
Aquilante

1 LOCALITA': Conselice c/o il CONASE

2 ANNATE AGRARIE: 2019/20 E 2020/21

SCHEMA A BLOCCHI RANDOMIZZATO (2 repliche)

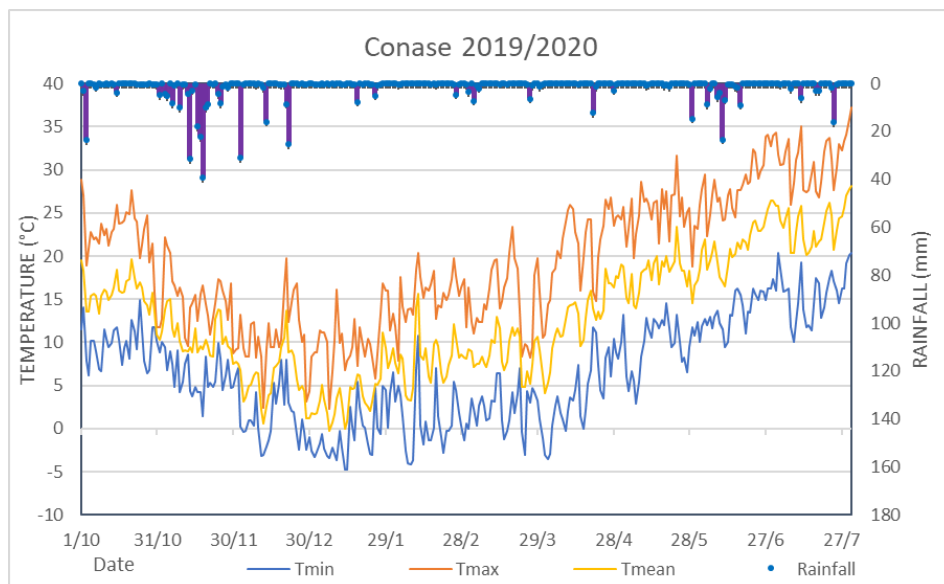
30 kg/ha N (nitrato di ammonio) alla fase
BBCH 31



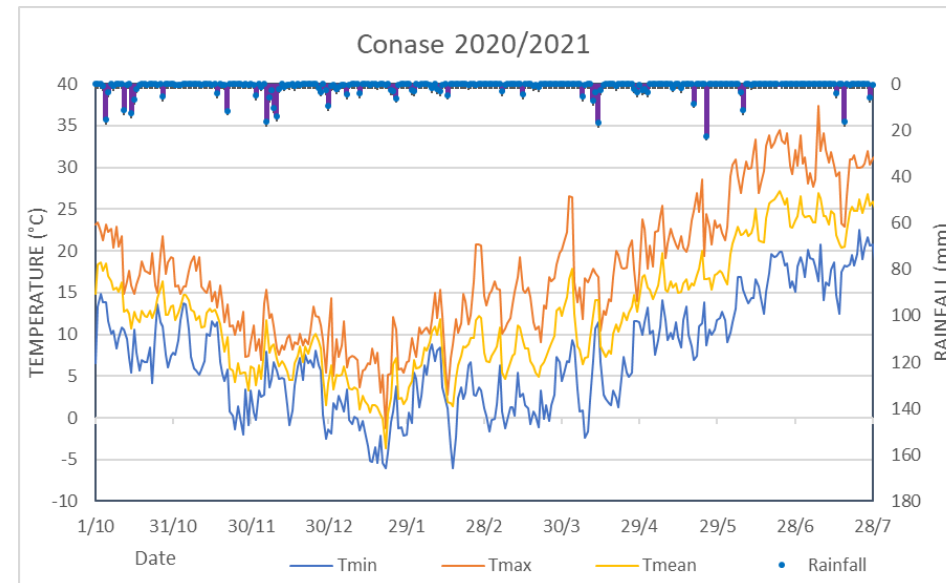
Alla raccolta sono state determinate:

- Resa e contenuto proteico;
- Contenuto in asparagina (Nielsen et al., 2006) e zuccheri riducenti (K-SUFRG Megazyme kit) utilizzando farina integrale;
- Determinazione del contenuto di acrilammide nelle farine integrali cotte in stufa a 180 °C (Nielsen et al., 2006)

IDENTIFICARE GENOTIPI A BASSO CONTENUTO IN PRECURSORI DELL'ACRILAMMIDE



Pioggia totale (mm)	486
Pioggia Aprile-Luglio (mm)	132.4
Temperature medie Aprile-Luglio (°C)	18.99
N. Giorni tra Aprile-Luglio con Tmax > 30 °C	29



Pioggia totale (mm)	341
Pioggia Aprile-Luglio (mm)	128.4
Temperature medie Aprile-Luglio (°C)	18.89
N. Giorni tra Aprile-Luglio con Tmax > 30 °C	42

	Contenuto proteico (g/100g)	Asparagina (mg/100g)	Zuccheri Riducenti (g/100g)	Acrilammide (ug/kg)
Blocchi	ns	ns	ns	ns
Genotipo	**	***	**	***
Aleppo	10.42 (ab)	12.62 (d-g)	1.43 (b)	1452.0 (efg)
Aquilante	10.70 (ab)	17.07 (bc)	1.44 (b)	1743.2 (b-f)
Bologna	11.97 (ab)	14.35 (b-e)	1.08 (gh)	1317.7 (a)
Falcone	10.87 (ab)	12.98 (c-g)	1.39 (bc)	1288.2 (g)
Frassineto	11.92 (ab)	8.91 (g)	1.37 (bcd)	1572.5 (c-g)
Funo	10.85 (ab)	14.35 (b-e)	1.29 (b-g)	1411.2 (efg)
Funone	12.00 (ab)	22.39 (a)	1.12 (e-h)	1940.5 (abc)
Inalettabile	11.85 (ab)	9.65 (fg)	1.12 (e-h)	1532.2 (d-g)
Gentil Rosso	12.65 (ab)	19.02 (abc)	1.08 (gh)	2275.2 (a)
Ginger	10.15 (b)	14.60 (b-e)	1.10 (f-h)	1379.0 (fg)
Metropolis	11.82 (ab)	13.48 (c-f)	1.03 (h)	1296.5 (g)
Rebelde	12.17 (ab)	11.13 (e-g)	1.16 (d-h)	1775.2 (b-e)
San Pastore	11.97 (ab)	18.31 (ab)	1.33 (bcd)	1570.7 (c-g)
Soana	11.30 (ab)	14.97 (b-e)	1.22 (c-h)	1860.7 (bcd)
Solehio	10.05 (b)	11.20 (e-g)	1.81 (a)	1552.5 (d-g)
Teorema	12.50 (ab)	14.97 (b-e)	1.21 (c-h)	1486.2 (d-g)
Terminillo	12.25 (ab)	15.59 (b-d)	1.22 (c-h)	2053.2 (a)
Terramare	10.90 (ab)	11.75 (d-g)	1.49 (b)	1334.5 (g)
Verna	12.55 (ab)	14.48 (b-e)	1.31 (b-f)	1338.5 (g)
Villa Glori	12.90 (a)	18.06 (ab)	1.32 (b-e)	2267.7 (a)
Anno	***	**	***	***
2019/20	9.77 (b)	11.85 (b)	1.32(a)	1347.17 (b)
2020/21	13.42 (a)	16.68 (a)	1.24 (b)	1897.62 (a)
Anno * Genotipo	ns	***	*	**

In letteratura sono riportati valori di asparagina compresi tra 4,0 e 25,0 mg/100g e di zuccheri riducenti compresi tra 0,4 e 1,2 g/100g (Claus *et al.*, 2006; Stockmann *et al.*, 2018)

Differenze significative per il contenuto proteico

Differenze significative tra genotipi per il contenuto in precursori dell'acrilammide

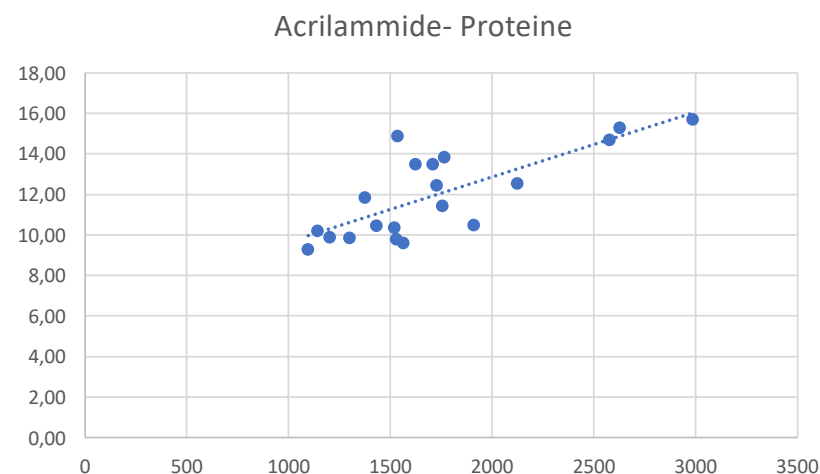
Correlazione positiva tra contenuto in asparagina e acrilammide (0.68; P>0.001)

Nessuna correlazione tra acrilammide e contenuto in zuccheri riducenti

Bologna, Falcone and Metropolis mostrano il minor contenuto in acrilammide

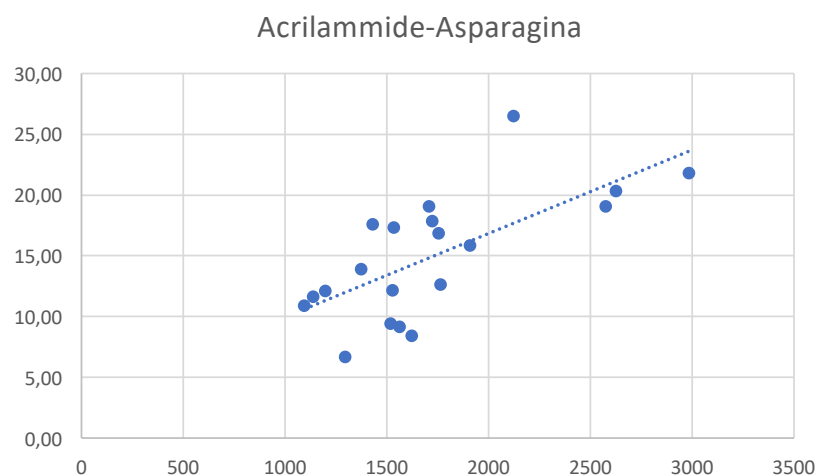
	Contenuto proteico (g/100g)	Asparagina (mg/100g)	Zuccheri Riducenti (g/100g)	Acrilammide (ug/kg)
Blocchi	ns	ns	ns	ns
Genotipo	**	ns	NS	*
Antiche	11.98 (a)	14.94	1.25	1725.02 (a)
Moderne	11.20 (b)	13.71	1.26	1519.77(b)
Anno	***	**	**	***
2019/20	9.77 (b)	11.85 (b)	1.32(a)	1347.17 (b)
2020/21	13.42 (a)	16.68 (a)	1.24 (b)	1897.62 (a)
Anno	ns	ns	ns	ns

Corr (r) = 0.68 ***

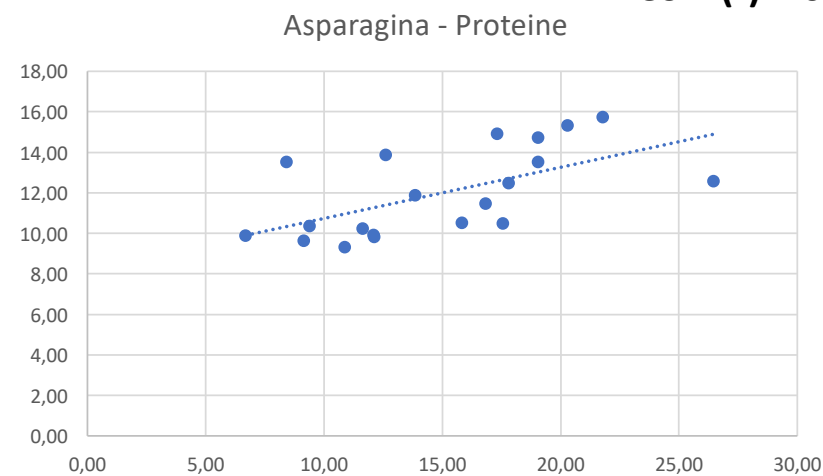


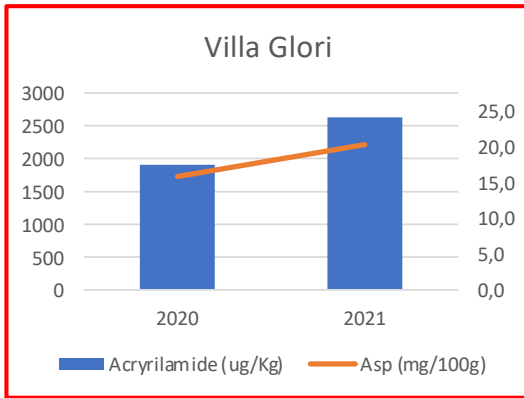
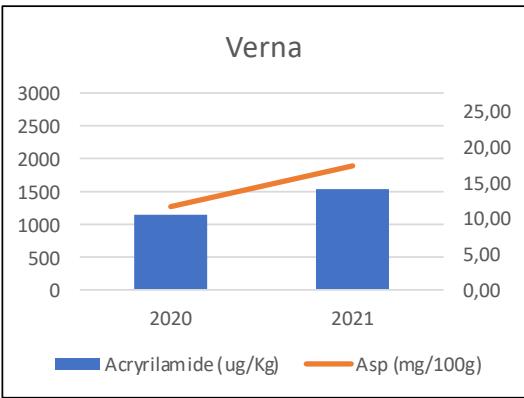
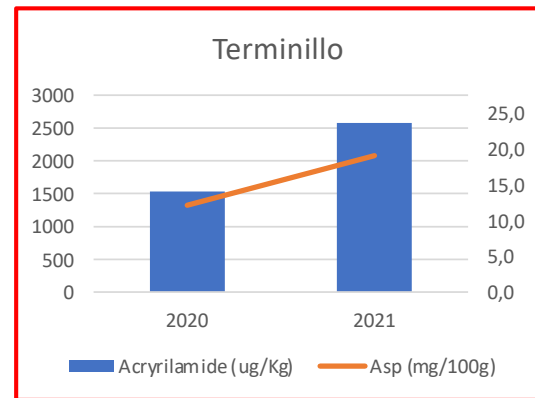
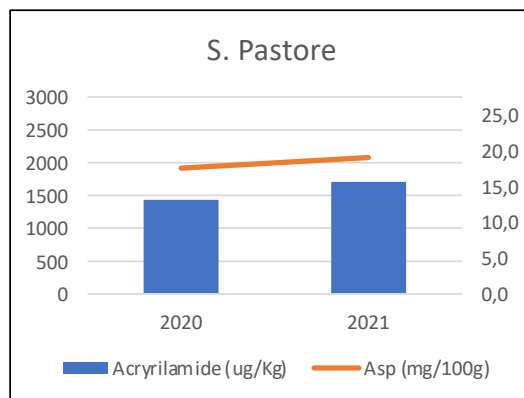
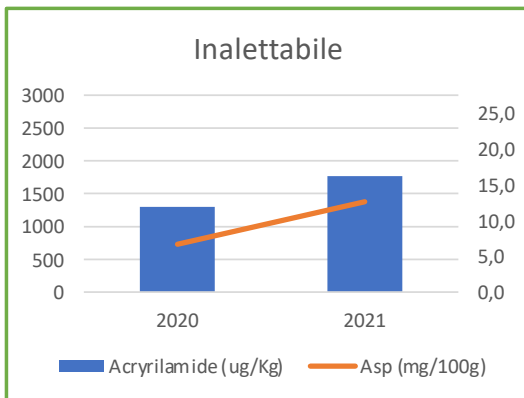
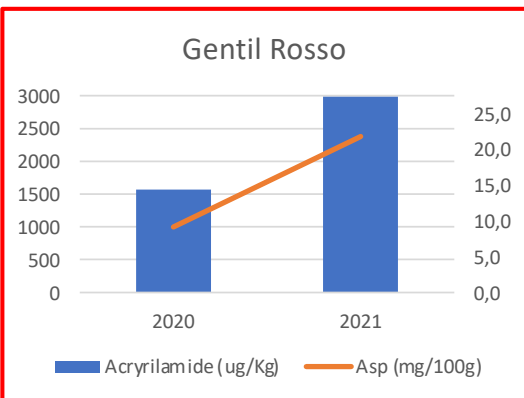
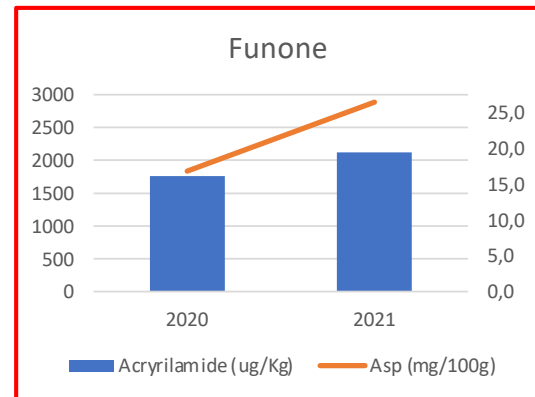
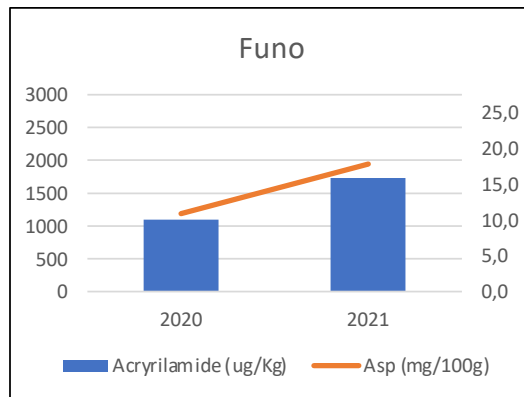
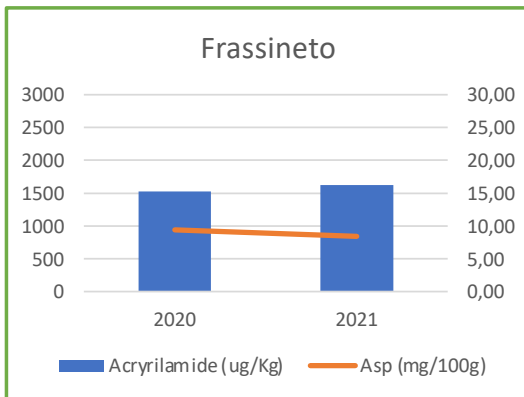
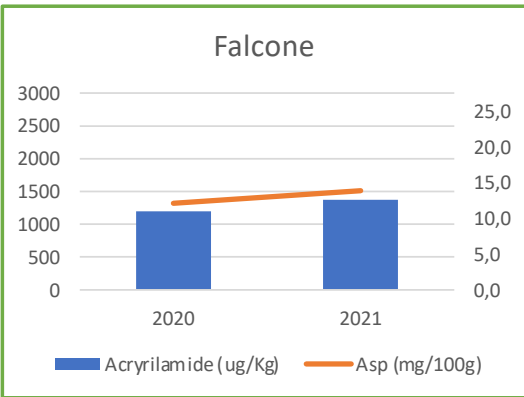
Corr (r) = 0.68 ***

VARIETA' ANTICHE



Corr (r) = 0.52***



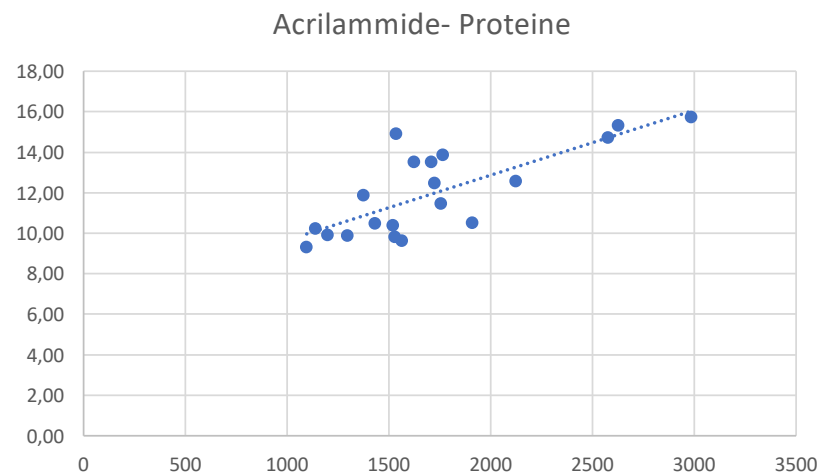


Maggiore variabilità tra annate agrarie e maggiore contenuto in precursori e/o in acrilammide : Terminillo, Funone, Gentil Rosso e Villa Glori.

Minore variabilità tra annate agrarie e minore contenuto in precursori e/o in acrilammide: Frassineto; Inallettabile e Falcone

	Contenuto proteico (g/100g)	Asparagina (mg/100g)	Zuccheri Riducenti (g/100g)	Acrilammide (ug/kg)
Blocchi	ns	ns	ns	ns
Genotipo	**	ns	NS	*
Antiche	11.98 (a)	14.94	1.25	1725.02 (a)
Moderne	11.2 (b)	13.71	1.26	1519.77(b)
Anno	***	**	**	***
2019/20	9.77 (b)	11.85 (b)	1.32(a)	1347.17 (b)
2020/21	13.42 (a)	16.68 (a)	1.24 (b)	1897.62 (a)
Anno	ns	ns	ns	ns

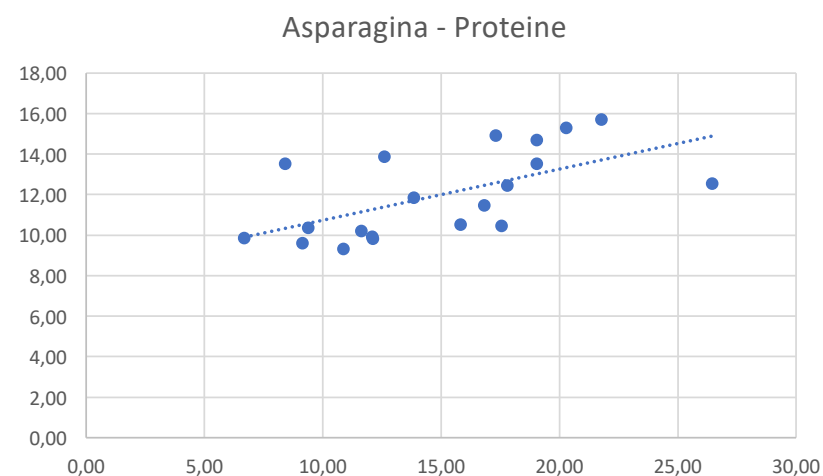
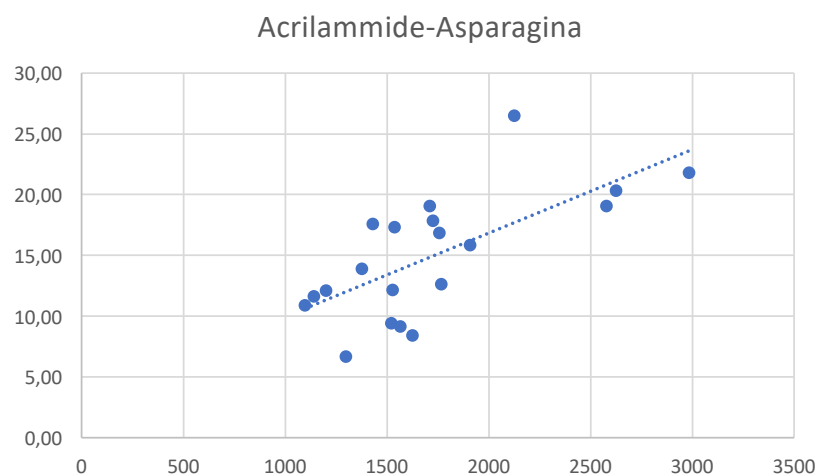
Corr (r) = 0.65 ***

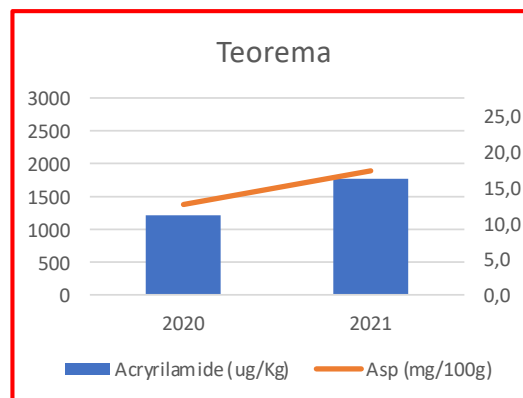
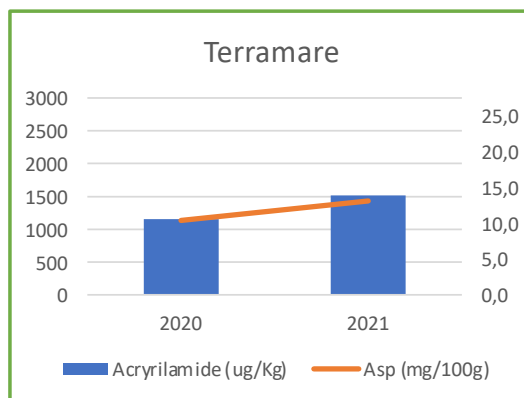
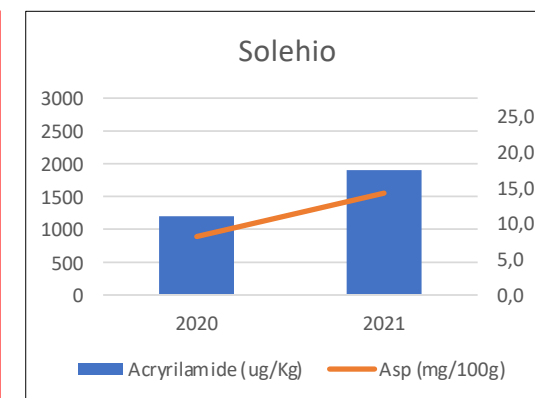
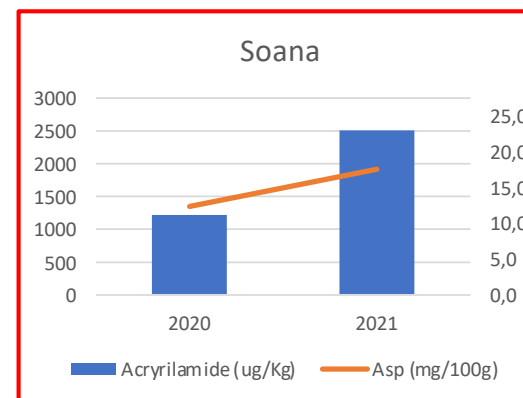
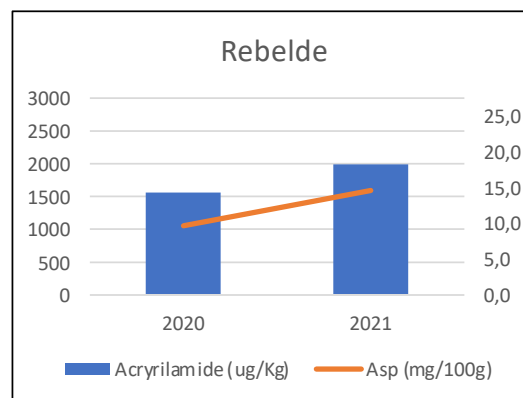
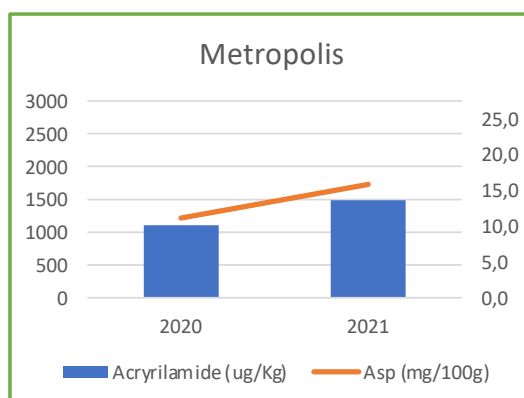
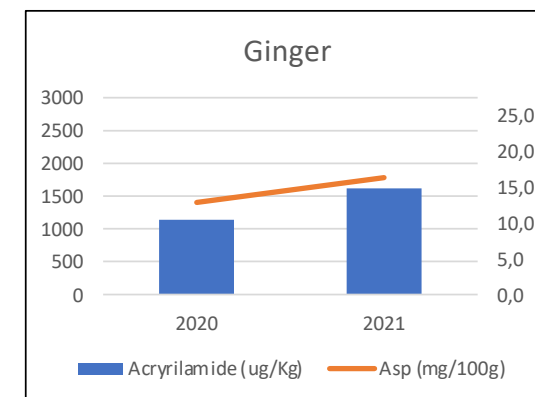
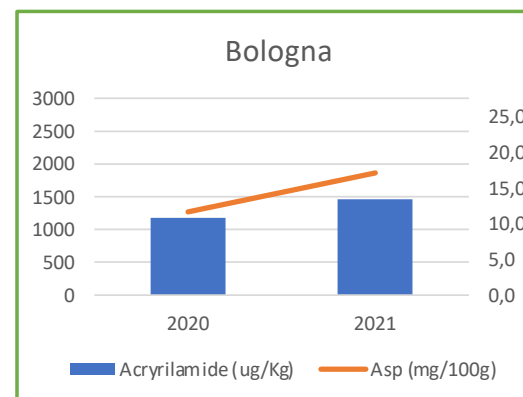
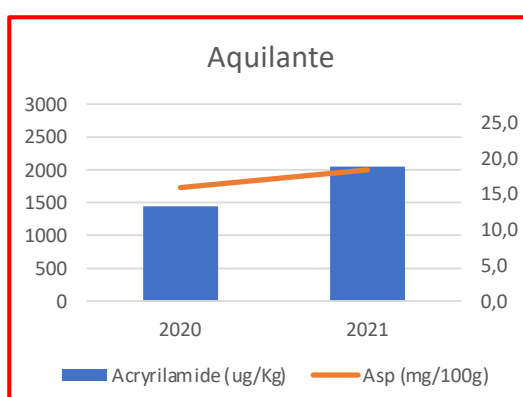
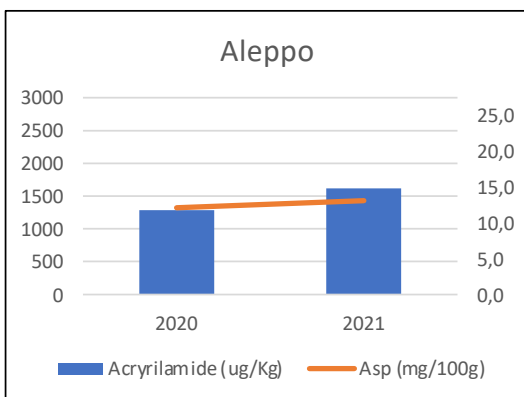


Corr (r) = 0.65 ***

VARIETA' MODERNE

Corr (r) = 0.60 ***





Maggiore variabilità tra annate agrarie e maggiore contenuto in precursori e/o in acrilammide : Aquilante, Soana e Teorema.

Minore variabilità tra annate agrarie e minore contenuto in precursori e/o in acrilammide: Bologna, Metropolis e Terramare

AZIONE B3 – AZIONI SPECIFICHE

PROVA DI CONCIMAZIONE

2 genotipi di frumento tenero:
San Pastore; Terramare

1 LOCALITA': Conselice c/o il CONASE

2 ANNATE AGRARIE: 2019/20 e 2020/21

SCHEMA A BLOCCHI RANDOMIZZATO (2 repliche)



Trattamenti fertilizzanti a confronto :

- Controllo non concimato;
- **30 U di azoto** (nitrato di ammonio) [inizio levata];
- **90 U di azoto** (nitrato di ammonio) [30 kg/ha N a inizio accestimento; 60 kg/ha N a inizio levata];
- **90 U di azoto arricchito con zolfo** (N 40%, SO₃ 14%) [30 kg/ha N a inizio accestimento; 60 kg/ha N a inizio levata];
- **140 U di azoto** (nitrato di ammonio) [30 kg/ha N a inizio accestimento; 80 kg/ha N a inizio levata; 30 kg/ha N a fine levata];
- **24 U di azoto** (Natural bioN, SCAM) [alla semina].

Alla raccolta sono state determinate:

- Resa e contenuto proteico;
- Contenuto in asparagina (Nielsen et al., 2006) e zuccheri riducenti (K-SUFRG Megazyme kit) utilizzando farina integrale;
- Determinazione del contenuto di acrilammide nelle farine integrali cotte in stufa a 180 °C (Nielsen et al., 2006)

EFFETTO DEL PIANO DI FERTILIZZAZIONE

Effetto significativo dell'annata agraria e del genotipo sul contenuto in proteine, asparagina e acrilammide

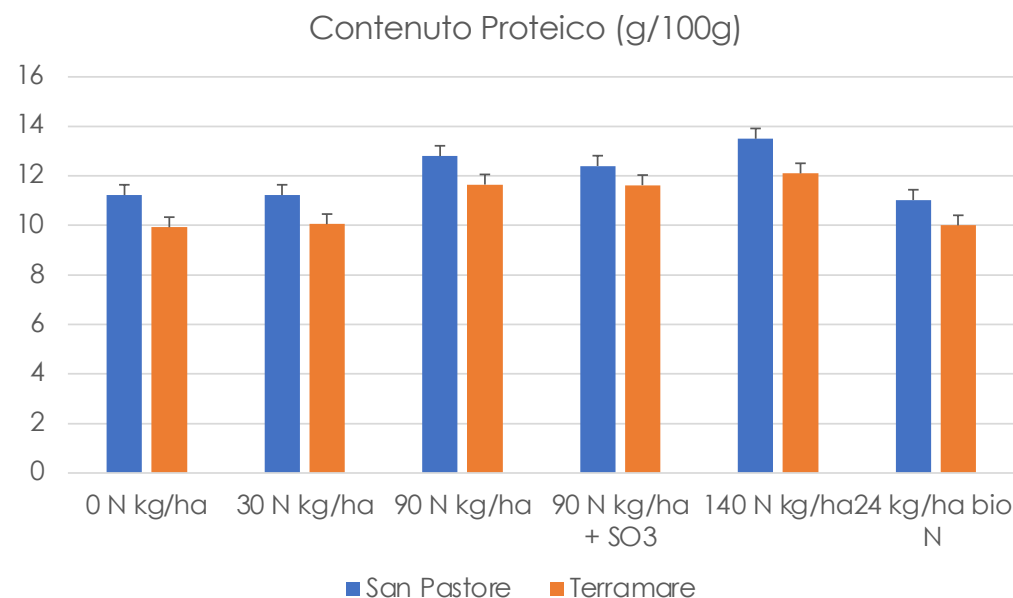
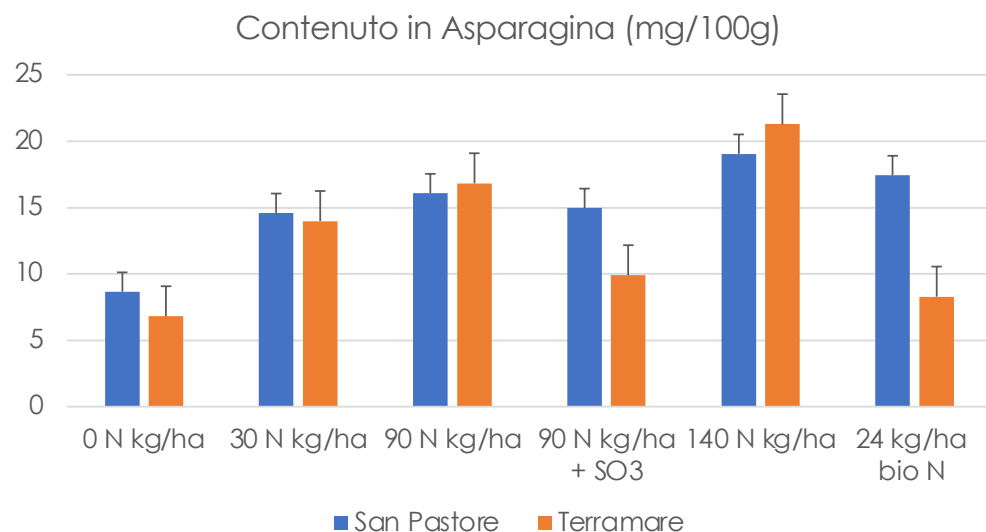
La fertilizzazione azotata determina un incremento in asparagina e acrilammide

Gli zuccheri riducenti non variano al variare della fertilizzazione azotata (in linea con Claus *et al.*, 2006)

Il trattamento con l'aggiunta di zolfo diminuisce il contenuto in asparagine, ma non in acrilammide

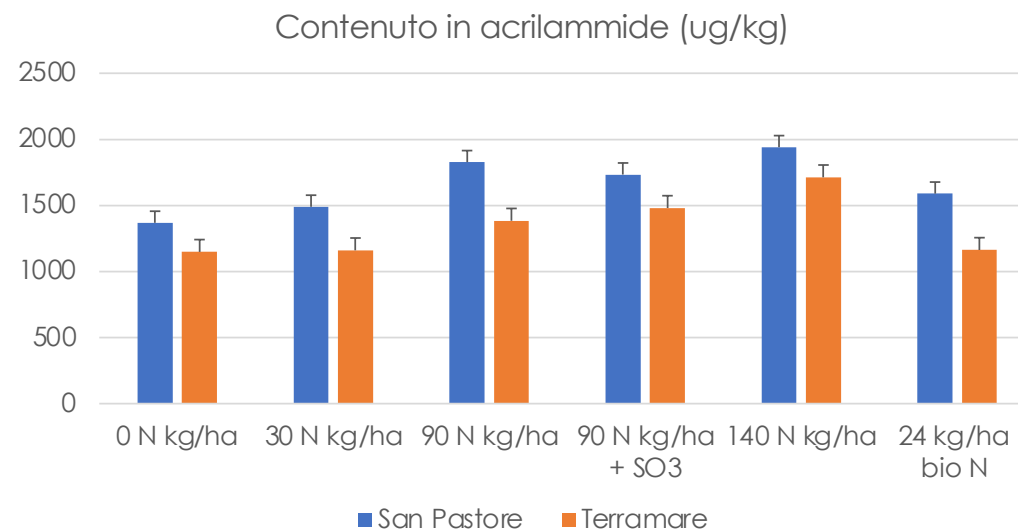
	Contenuto proteico (g/100g)	Asparagina (mg/100g)	Zuccheri riducenti (g/100g)	Acrilammide (ug/kg)
Blocchi	ns	ns	ns	ns
Genotipo	***	***	***	***
San Pastore	12.02 (a)	15.13 (a)	1.26 (b)	1658.04 (a)
Terramare	10.89 (b)	12.84 (b)	1.38 (a)	1341.12 (b)
Trattamento fertilizzante	***	***	ns	**
0 N	10.57 (c)	7.73 (d)	1.30	1258.12 (c)
30 N	10.63 (c)	14.28 (bc)	1.32	1324.87 (c)
90 N	12.22 (ab)	16.45 (b)	1.32	1605.37 (b)
90 N + SO ₃	12.01 (b)	12.86 (c)	1.34	1606.87 (b)
140 N	12.8 (a)	20.16 (a)	1.28	1826.50 (a)
24 bio N	10.51 (c)	12.86 (c)	1.34	1375.75 (c)
Anno	***	***	***	***
2019/20	10.03 (b)	10.12 (b)	1.40 (a)	1667.87 (a)
2020/21	12.88 (a)	17.85 (a)	1.24 (b)	1331.29 (b)
Genotipo * trattamento	ns	***	ns	*
Genotipo * anno	ns	ns	***	**
Anno * Trattamento	ns	**	ns	***

EFFETTO DEL PIANO DI FERTILIZZAZIONE



Correlazione tra contenuto in asparagina e in acrilammide : 0.72 (P<0.001)

I 2 genotipi differiscono per modalità di assorbimento dell'azoto e dello zolfo?



AZIONE B3 – AZIONI SPECIFICHE

PROVA DI CONCIMAZIONE

1 genotipo di frumento tenero: REBELDE

Trattamenti fertilizzanti a confronto :

- 0 U controllo non concimato;
- 25 U di N (FertilN)

2 ANNATE AGRARIE: 2019/20 e 2020/21



4 AZIENDE AGRICOLE:

- Rivi Domenico e Giuliano S.S. (Carpineti, RE)
 - Az. Agr. Borghi Ivano (Baiso, RE)
- Az. Agr. Triglia Michele (Castelnovo né Monti, RE)
 - Az. Agr. Leuratti Giorgio (Casina, RE)

	Contenuto proteico (g/100g)	Asparagina (mg/100g)	Zuccheri riducenti (g/100g)	Acilammide (ug/kg)
Anno	ns	ns	ns	ns
2019/20	10,8	7,43	1,09	1587,21
2020/21	11,9	9,32	1,23	1782,64
Trattamento	ns	ns	ns	ns
0 N	11,6	8,41	1,10	1603,52
25 bio N	11,2	8,32	1,22	1766,33

AZIONE B4 – AZIONI SPECIFICHE

PROVE DI TRASFORMAZIONE

Alcune ricerche riportano che le diverse caratteristiche possono limitare la formazione di acrilammide nei prodotti da forno (biscotti) → **IDENTIFICARE LE VARIETA' CON LE MIGLIORI PERFORMANCE**

14 VARIETA' DI FRUMENTO TENERO * 1 IMPASTO (burro)
Identificate tra quelle a maggiore e minore contenuto di ASN, dalle azioni B2 e B3

2 VARIETA' (San Pastore e Terramare) * **3 TIPOLOGIE DI IMPASTI:** burro, olio, margarina

ANALISI: determinazione del contenuto in acrilammide sul prodotto finito (pane)

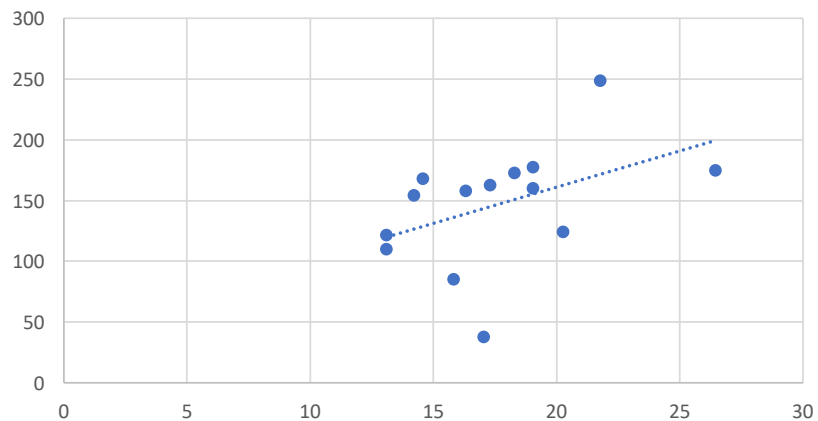
Utilizzata la farina derivante dal 2° anno di progetto

TUTTI I BISCOTTI HANNO UN CONTENUTO IN ACRILAMMIDE INFERIORE AL LIMITE DETERMINATO DAL REG. 2017/2158/EU (BISCOTTI E CIALDE = 350 µg/kg)

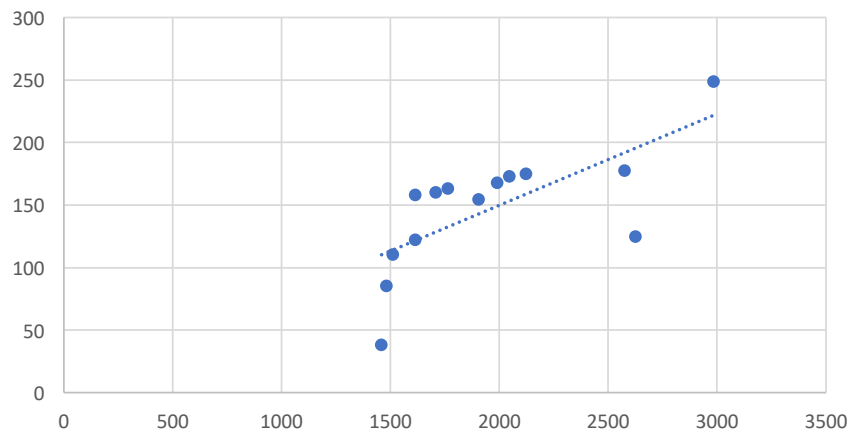
Varietà	ACRILAMIDE BISCOTTO (µg/kg)
Bologna	37,73 (d)
Metropolis	85,04 (cd)
Terramare	110,11 (bcd)
Aleppo	121,77 (bc)
Villa Glori	124,37 (bc)
Solehio	154,19 (bc)
Ginger	157,65 (bc)
S. Pastore	159,92 (bc)
Teorema	162,88 (bc)
Rebelde	167,71 (b)
Aquilante	172,55 (ab)
Funone	174,94 (ab)
Terminillo	177,31 (ab)
Gentil Rosso	248,66 (a)

Corr (r) = 0.43 *

ASPARAGINA - ACRILAMIDE BISCOTTO(ug/Kg)



ACRILAMIDE FARINA - ACRILAMMIDE BISCOTTI
(ug/Kg)



Corr (r) = 0.64 ***

PROVE DI IMPASTO

	Acrilammide biscotto (µg/kg)
Blocchi	ns
Genotipo	*
San Pastore	222,00 (a)
Terramare	158,17 (b)
Tipo di biscotto	*
Olio	235,92 (a)
Margarina	199,32 (ab)
Burro	135,00 (b)
Impasto * Genotipo	ns

CONCLUSIONI

- Il presente studio è uno dei primi che confronta **20 genotipi** differenti, appartenenti alla stessa specie (*Triticum aestivum* L.)
 - **Differenze significative tra i genotipi**
 - Risultati interessanti per i genotipi **Bologna, Terramare e Falcone** (che mostrano un basso contenuto di asparagina), ma anche per **Aleppo, Frassineto e Funo** (bassa variabilità osservata)
- Lo studio conferma un effetto significativo legato alla **concimazione azotata**, che determina un maggiore contenuto di **asparagina** e di **acrilammide**;
 - Considerando che un elevato contenuto proteico è un prerequisito per una buona qualità tecnologica, è fondamentale **ottimizzare la scelta dei genotipi e la quantità di N fertilizzazione**.
 - Nessun effetto della **concimazione con zolfo** sul contenuto in acrilammide (mentre si osserva un effetto sul contenuto in asparagina)
- I **prodotti trasformati** (biscotti) confermano i risultati ottenuti sulle farine cotte.



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Sara Bosi

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agroalimentari-
Alma Mater Studiorum – Università di Bologna

sara.bosi@unibo.it

www.unibo.it