

MOŽNOSTI ROBOTIZACE A AUTOMATIZACE PŘI VÝROBĚ A ZPRACOVÁNÍ MASA

POSSIBILITIES OF ROBOTIZATION AND AUTOMATION IN THE PRODUCTION AND PROCESSING OF MEAT

Václav Pohůnek^{1,2} – Filip Beňo¹ – Filip Hruška¹ – Rudolf Ševčík¹

¹Ústav konzervace potravin, Fakulta potravinářské a biochemické technologie, VŠCHT Praha, Technická 5, 166 28 Praha 6 – Dejvice

²Department of Safety and Quality of Meat, MaxRubner-Institut, Federal Research Institute of Nutrition and Food, Kulmbach, Bavaria, Germany

<https://doi.org/10.11118/978-80-7509-996-9-0279>



ABSTRAKT

Robotizace a automatizace při výrobě a zpracování masa se zejména díky nedostatku lidských zdrojů stává nutností. Mimo zajištění dostatečné výroby, ale sebou může přinášet i další benefity, jakými jsou zejména zlepšení efektivity výroby, zlepšení hygienických podmínek a standardizace kvality produkovaného masa. Překážky pro robotizaci a automatizaci zahrnují zejména vysoké náklady a složitost související s vývojem technologie automatizace porážky a bourárny v kombinaci s omezenou velikostí trhu. V příspěvku jsou shrnuty některé příklady automatizace, které se v posledních několika letech podařilo u producentů masa úspěšně aplikovat a také zhodnocení možnosti využití konceptu produkce masa v oddělené pracovní stanici (Meat Factory Cell (MFC)). Příkladem takového konceptu je projekt Programu EU Horizont 2020 - RoBUTCHER, který v sobě spojuje procesy probíhající na jateční lince a možné produkci teplého masa (hot-boned meat) pro další zpracování.

Klíčová slova: robotizace, automatizace, červené maso, Meat Factory Cell

ABSTRACT

Robotization and automation in the production and processing of meat are becoming a necessity, especially due to the shortage of human resources. Besides ensuring sufficient production, it can also bring additional benefits such as improved production efficiency, enhanced hygiene conditions, and standardization of the quality of the produced meat. Obstacles to robotization and automation include high costs and complexity associated with the development of slaughter and butchery automation technology, combined with the limited market size. This paper summarizes some examples of automation successfully applied by meat producers in recent years and evaluates the possibility of utilizing the Meat Factory Cell (MFC) production concept. An example of such a concept is of the EU Horizon 2020 Program - RoBUTCHER project, which combines processes slaughterhouse processing and the possible production of hot-boned meat for further processing.

Keywords: robotization; automation; meat; Meat Factory Cell (MFC)

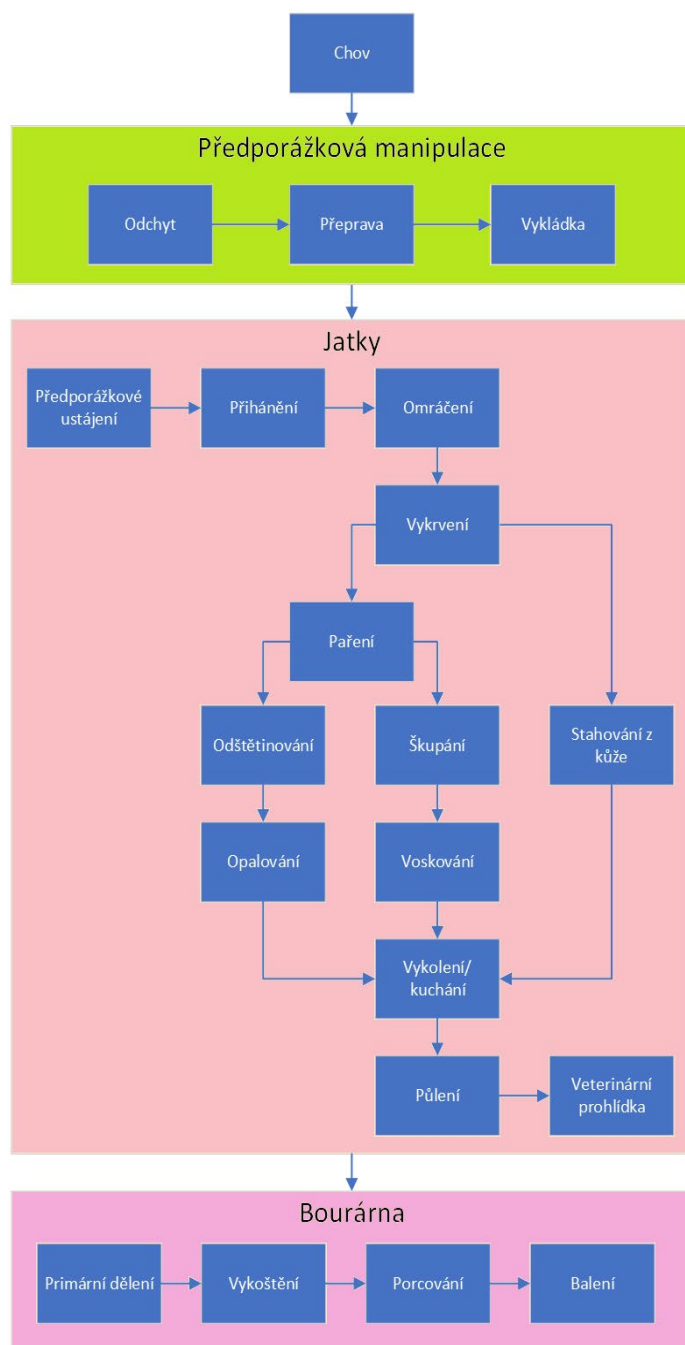
ÚVOD / INTRODUCTION

Manipulace a porážení jatečných zvířat spolu s bouráním a vykostováním je tradičně velmi náročnou činností a vyžaduje tvrdou a precizní práci. Pro mnoho výrobců a producentů masa proto není snadné získat personál pro práci na jatkách a bourárnách. Tuto situaci může změnit robotizace a automatizace, která nejen omezí namáhavou a těžkou práci, ale navíc zavede více motivující činnosti, které budou vyžadovat kvalifikovaný personál, který bude provádět činnosti, jako jsou plánování, dohled, řízení a kontrola nové technologie (Aly et al., 2023). Během několika posledních let se porážka zvířat a produkce masa industrializovala z hlediska organizace a specializace práce se snahou o využívání automatických kontinuálních výrobních linek. Je zajímavé, že slavný výrobce automobilů Henry Ford se inspiroval k implementaci montážních linek pro automobily, když viděl dopravníkové systémy používané v jatečném průmyslu v Chicagu na začátku minulého století. Dalo by se tvrdit, že masný průmysl se nyní inspiruje robotickými a počítačem řízenými výrobními systémy používanými v právě automobilovém průmyslu. Na rozdíl od automobilového průmyslu je díky přírodní povaze masa zavádění takovýchto postupů složitější (Hinrichsen, L., 2019).

Úspěšně se daří zavádět procesy automatizace a robotizace zejména u drůbeže, kde existují automatické kontinuální linky, jak pro odchyt, svoz a porážení, tak na porcování a balení masa. Na rozdíl od výroby a zpracování drůbežího masa je další zpracování červeného masa, např. bourání a vykostování složitější a tyto procesy stále často spoléhají na velký podíl lidské práce, což z nich ale činí robustní oblast pro výzkum a zavádění inteligentních systémů zpracování. Důvodem je to, že vykostění a specifické řezy je mnohem obtížnější provést u větších zvířat provést roboticky, ale také to, že standardizace jatečně upravených těl u větších zvířat je daleko složitější než v případě drůbeže (Romanov et al., 2022).

Mimo ušetření lidských zdrojů může mít automatizace a robotizace několik dalších výhod. První výhodou může být zlepšení hygieny výroby, a tím i zvýšení bezpečnosti produkovaných potravin. To platí zejména pro čistou část jatečných linek a bourání masa, kde může být sníženo riziko křížové kontaminace mezi jatečně upravenými těly kvůli menší ruční manipulaci a také proto, že nástroje a zařízení lze účinněji sterilizovat mezi jednotlivými jatečně upravenými těly. Další výhodou je, že automatizované procesy mohou být přesnější a opakovatelnější než náročná ruční práce. U některých procesů, zejména spojených s bouráním a vykostováním může automatizace zvýšit výtěžnost produktu. Nové technologie také mohou zlepšit životní podmínky zvířat. Systémy umožňující skupinové omračování a mechanizované ustájení jsou toho příkladem. Zlepšená pohoda zvířat během procesů spojených s produkcí masa má etickou hodnotu sama o sobě a také se může projevit ve zlepšené kvalitě produkovaného masa vyplývající z ohleduplnějšího zacházení se zvířaty (Aly et al., 2023). K automatizaci úkonů při porážení zvířat a bourání červeného masa se doporučuje kombinace předoperačního snímání zpracovávané suroviny pomocí různých metod (počítačové tomografie, rentgenové záření, optické sondy, ultrazvukové senzory, 3D kamery a další kamerové systémy) v reálném čase, následné porovnání navržené operace (řezu) s požadavkem na vlastnosti výrobku (tvar výrobku, zastoupení jednotlivých tkání apod.) a následné provedení řezu. Pro plnou automatizaci procesu při zpracování

masa se také doporučuje využívání asistenčních technologií pro ovládání robotů, jako jsou například rozšířená a virtuální realita (Aly et al., 2023).



Obrázek 1: Příklady automatizace zpracování masa v České republice (MZe, 2024).

V České republice můžeme také nalézt několik projektů spojených s automatizací a robotizací. Příkladem mohou být například projekty, které byly realizovány v rámci Programu rozvoje venkova (Operace 16.2.2 Podpora vývoje nových produktů, postupů a technologií při zpracování zemědělských produktů a jejich uvádění na trh). Tyto projekty se věnují automatizaci procesů při výrobě masa, kdy byly automatizovány postupy pro manipulaci s jatečnými zvířaty, postupy a procesy probíhající na jatkách a postupy týkající se bourání masa. Příklady jsou znázorněny na schématu (Obrázek č. 1) a bližší informace o jednotlivých projektech můžeme najít na stránkách Ministerstva zemědělství. (MZe, 2024).

MATERIÁL A METODIKA / MATERIAL AND METHODS

V příspěvku jsou popsány postupy automatizace a robotizace používané při zpracování masa. Konkrétně se jedná o postupy primárního bourání a následného zpracování masa, a dále pak postupy, které nejprve pomocí různé technologie snímání zhodnotí zpracovávané části JUT a masa a následně provedou automatické postupy zpracování (řezy, vykostění, zbavení tuku a kůže apod.). Z projektu a zařízení, které prozatím byly experimentálně testovány, byl blíže specifikován projekt RoBUTCHER, který v sobě zahrnuje operace používané při jatečném zpracování a primárním bourání masa.

VÝSLEDKY A DISKUZE / RESULTS AND DISCUSSION

V tabulce 1 jsou uvedeny komerčně využívané zařízení a stroje využívané k automatickému zpracování vepřového a hovězího masa. Zařízení dodávají renovované společnosti zabývající se dodáváním automatických technologií do masného průmyslu, takovými společnostmi jsou například Frontmatec, Marel, Mayakawa a SCOTT Automation (Aly et al., 2023, Romanov et al., 2022). V tabulce 2 jsou uvedeny automatické systémy pro produkci červeného masa, které jsou nyní experimentálně vyvíjeny a testovány v laboratorním a poloprodučním měřítku a doposud nebyly uvedeny do praxe.

Tabulka 1: Automatizované systémy v masném průmyslu – komerční využití (Aly et al., 2023, Kim J, et al., 2023, Xu et al., 2023).

Druh masa	Systém	Operace	Technologie snímání
Vepřové maso	AGOL-800	Primární dělení	Rentgenová technologie + Vizuální kamera
	AMBL 1100	Vykostění střední části	Kamera pro 3D zobrazení
	Chine bone saw CBCL-100	Vykostění hrudní kosti	Kamera pro 3D zobrazení
	Automatic Rib Puller ARP15	Odstranění žeber	Kamera pro 3D zobrazení
	Robotic Belly Trimmer	Ořezávač pupku	Kamera pro 3D zobrazení
	Automatic Loin Trimmer ALTD-450	Ořezávač vepřové panenky	Ultrazvukový senzor a zpracování obrazu
	Automatic Loin Trimmer ALTL-1100	Ořezávač vepřové panenky	Optická sonda
	Auto Trimmer Model AT21-620	Ořezávač kýty	Optická sonda
	HAMDAS-RX	Vykostění (kýty)	Rentgenový obrazový systém
	WANDAS-RX	Vykostění plece	Rentgenový obrazový systém
	M-Line robots	Vyvržení, půlení, oddělení hlavy, oddělení sádla	3D skenování
	AIRA dressing line robots	Půlení, značkování	Vizuální kamera
	VCCS a VRCS 2000 systém	Primární dělení	Vizuální kamera
Hovězí maso	Robotic Beef Rib Cutting	Z - řez (5 a 13 obratel)	Rentgenový obrazový systém + 3D skener + Barevná kamera

Tabulka 2: Automatizované systémy v masném průmyslu – experimentální využití. Aly *et al.*, 2023, Xu *et al.*, 2023).

Druh masa	Systém	Operace	Technologie snímání
Vepřové maso	RoBUTCHER	Primární dělení	Data z počítačové tomografie (CT) + obrazové zobrazení v reálném čase ve 3D + elektromagnetické spektroskopie
	SRDViand robotic cell	Vykostění (kýty)	Snímač síly
	SIASUN robot (SR120b)	Vyvržení	Lineární laserový senzor SICK LMS400.
Hovězí maso	SRDViand robotic cell	Čtvrcení	Senzor síly + zdroj strukturovaného světla
	ARMS robotic cell		Oddělení spodního šálu a klížky

Mezi tyto projekty patří také Evropský projekt RoBUTCHER, který si klade za cíl vývoj autonomních robotických stanic takzvaných „buněk“, Meat Factory Cell (MFC). MFC je koncept nahrazující tradiční lineární výrobní systémy produkce jatečně upravených těl (JUT) na jatkách, novými samostatnými systémy produkčními stanicemi „buňkami“. Současný konvenční kontinuální proces na jatkách typicky zahrnuje postupné kroky počínaje příjmem zvířat, jejich omráčením a usmrcením, poté následuje ošetření povrchu, vykuchání, rozdělení jatečně upraveného těla na poloviny, a nakonec dělení půlek jatečně upraveného těla na výsekové maso pomocí primárního a sekundárního bourání masa, které probíhá až po zchlazení JUT na bourárnách. Koncepce MFC však navrhuje přeskupit některé úkoly tak, aby autonomní stanice obdržely jatečná těla po ošetření povrchu (ošětřování) za účelem vykostění a primárního rozbourání masa za tepla, po kterém teprve následuje odstranění vnitřních orgánů. Systém MFC se skládá ze dvou robotických ramen, z nichž jedno je určeno pro manipulaci a uchopení JUT a druhé pro řezání. Systém MFC je schopen přizpůsobit se odchylkám mezi různými jatečně upravenými těly pomocí kombinace podrobných dat z počítačové tomografie (CT), 3D snímků získaných kamerou RGB-D v reálném čase a pomocí historie řezných dat od odborníků na bourání masa. Vizuální data poskytovaná kamerou mají za cíl identifikovat části a klíčové atributy jatečně upraveného těla a vložit tyto informace do algoritmu, který určí nejlepší místo uchopení a fixaci JUT a řezné dráhy k plánování trajektorie řezu. Koncept MFC je v současné době ve fázi výzkumu a studují se plně nebo poloautomatické metody MFC, aby se zvýšila použitelnost tohoto procesu v praxi (Alvseike *et al.*, 2020, de Medeiros Esper *et al.*, 2022, Mason *et al.*, 2022, Mason *et al.*, 2023).

ZÁVĚR / CONCLUSIONS

Automatizace a robotizace produkce masa na jatkách a bourárnách se s ohledem na nedostatek pracovníků a zvyšující se poptávce po kvalitně zpracovaném mase stává nezbytnou. Na zcela automatizovaný provoz si, ale v podmínkách výroby v České republice v současné době budeme muset ještě nějakou dobu počkat. Většímu rozšíření robotizace a automatizace brání především složitost celého procesu a s ním spojené velké finanční náklady na pořízení nové technologie. Většímu rozšíření využívání robotů dále brání nehomogenita a nestandardnost JUT a červeného masa, přesnost s jakou je definovány požadavky na výsledné produkty akceptace produktu, spolu s velikostí deformace, ke které dochází během procesů zpracování. Všechny tyto parametry představují pro odborníky v automatizační technologii obrovskou výzvu. Lze předpokládat,

že některé činnosti nemusí být brzy automatizovány kvůli jejich složitosti, postupné omezování fyzicky namáhavé práce je považováno za nejlepší přístup k dosažení plné automatizace. V krátkodobém horizontu budou pravděpodobně více rozšířeny poloautomatické technologie s využitím asistenční technologie, které rozšíří možnosti manuálních operátorů a rozšíří jejich schopnost pracovat po delší dobu. Postupné začleňování inteligentní technologie omezí náročné činnosti prováděné pracovníky, bude ale přitom stále závislé na přítomnosti lidské obsluhy při provádění úkolů. Příkladem automatizace mohou vhodné i pro menší producenty může být koncept MFC (Meat Factory Cell), který může pracovat jak v poloautomatickém, tak plně automatickém uspořádání.

PODĚKOVÁNÍ / ACKNOWLEDGEMENT

„Tento výstup vznikl v rámci projektu Specifického vysokoškolského výzkumu – projekt A1_FPBT_2024_008“.

Autoři příspěvku děkují za možnost využití dat a obrázků z projektu RoBUTCHER (The European Unions Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 871631).

LITERATURA / REFERENCES

Alvseike, O., Prieto, M., Bjørnstad, P. H., Mason, A. (2020): Intact gastro-intestinal tract removal from pig carcasses in a novel Meat Factory Cell approach, *Acta Veterinaria Scandinavica*, 62, (47).

Aly, B. A., Low, T., Long, D., Baillie, C., Brett, P. (2023): Robotics and sensing technologies in red meat processing: A review, *Trends in Food Science & Technology*, 137, 142–155.

de Medeiros Esper, I., Cordova-Lopez, L. E., Romanov, D., Alvseike, O., From, P. J., & Mason, A. (2022). Pigs: A stepwise RGB-D novel pig carcass cutting dataset. *Data in Brief*, 41, 107945.

Hinrichsen, L. (2019): Manufacturing technology in the Danish pig slaughter industry, *Meat Science*, 84(2): 271–275.

Kim J, Kwon Y-K, Kim H-W, Seol K-H, Cho B-K. Robot Technology for Pork and Beef Meat Slaughtering Process: A Review. *Animals*. 2023; 13(4):651.

Mason, A., Haidegger, T., Alvseike, O. (2023). Time for change: the case of robotic food processing. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 30(2), 116–122.

Mason, A., Romanov, D., Cordova-Lopez, L. E., Ross, S., & Korostynska, O. (2022). Smart knife: technological advances towards smart cutting tools in meat industry automation. *Sensor Review*, 42(1), 155–163.

MZe (2023): Přehled projektů spolupráce PRV [on-line]. [cit. 2024-27-02]. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/app/eagriapp/pubprv/prehled/>.

Romanov, D., Korostynska, O., Lekang, O. I. Mason, A. (2022): Towards human-robot collaboration in meat processing: Challenges and possibilities, *Journal of Food Engineering*, 331, 111117.

Xu, W., He, Y., Li, J., Zhou, J., Xu, E., Wang, W., Liu, D. (2023): Robotization and Intelligent Digital Systems in the Meat Cutting Industry: From the Perspectives of Robotic Cutting, Perception, and Digital Development, *Trends in Food Science & Technology*, 135, 234–251.

Kontaktní adresa / Contact Information: doc. Ing. Rudolf Ševčík, Ph.D., Ústav konzervace potravin, Fakulta potravinářské a biochemické technologie, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Technická 3, 166 28 Praha-Dejvice, Česká republika, e-mail: rudolf.sevcik@vscht.cz.