

Pametna ambalaža

Žganec, Jurica

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:452574>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-11**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)



SVEUČILIŠTE SJEVER
SVEUČILIŠNI CENTAR KOPRIVNICA

Ambalaža, recikliranje i zaštita okoliša



DIPLOMSKI RAD

PAMETNA AMBALAŽA

Jurica Žganec

Koprivnica, 2024.

SVEUČILIŠTE SJEVER
SVEUČILIŠNI CENTAR KOPRIVNICA

Ambalaža, recikliranje i zaštita okoliša



DIPLOMSKI RAD

PAMETNA AMBALAŽA

Kolegij: Uvod u ambalažnu industriju

Student: Jurica Žganec

Mentor: doc.art. Robert Geček

Koprivnica, listopad 2024.

Prijava diplomskog rada

Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za ambalažu, recikliranje i zaštitu okoliša		
STUDIJ	diplomski sveučilišni studij Ambalaža, recikliranje i zaštita okoliša		
PRISTUPNIK	Jurica Žganec	MATIČNI BROJ	0644/336D
DATUM	22.09.2024.	KOLEGIJ	Uvod u ambalažnu industriju
NASLOV RADA	Pametna ambalaža		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Smart packaging		
MENTOR	Robert Geček	ZVANJE	izv.prof.art. dr.sc
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. izv.prof.dr.sc. Krunoslav Hajdek - predsjednik		
	2. izv.prof.dr.sc. Bojan Šarkanj - član		
	3. izv.prof.art. dr.sc. Robert Geček - mentor		
	4. prof.dr.sc. Božo Smoljan - zamjenski član		
	5.		

Zadatak diplomskog rada

BROJ	83/ARZO/2024
OPIS	

Kroz teorijsko razmatranje pametne ambalaže definirati pojmove aktivne i inteligentne ambalaže, prikazati funkcije pametne ambalaže te prikazati razvoj i primjenu tehnologija korištenih u pametnim ambalažama. Osim navedenog navesti prednosti, nedostatke, prilike i izazove pametne ambalaže kao i trendove za budućnost.

Kroz empirijsko istraživanje o stavovima i percepciji potrošača o tehnologijama pametne ambalaže dokazati ili opovrgnuti tezu: "Potrošači su spremni skuplje platiti proizvod pakiran u bilo koji vid pametne ambalaže nego taj isti proizvod kupiti u klasičnoj ambalaži koja ne dodaje vrijednost proizvodu."

ZADATAK URUČEN

27. 9. 2024

POTPIS MENTORA

SVEUČILIŠTE
SJEVER



SAŽETAK

Prije davno u prošlost, sve što se moglo konzumirati i koristiti od hrane, koristilo se odmah gdje je pronađeno, a tikve, školjke i lišće su se koristile za posude koje su se kasnije izrađivale i od prirodnih materijala. Današnja ambalaža ne samo da uključuje moderni, personaliziran dizajn i privlačan izgled, ona poprima funkcije aktivnog i inteligentnog pakiranja što donosi određene prednosti za krajnjeg korisnika. Tehnologija nije zaobišla ambalažnu industriju te su se razvile mnoge tehnike i metode pametnog pakiranja koje poboljšavaju tradicionalne vrste u okviru boljeg praćenja kvalitete proizvoda, sustavi aktivnog nadzora, naljepnice osjetljive na temperaturu i interaktivna iskustva. Upravo je zato cilj ovog rada saznati kako na navedeno gledaju potrošači te su se osim utvrđivanja percepcije o tehnologijama pametnog pakiranja, željeli istražiti stavovi o spremnosti kupnje proizvoda s većom cijeno upakiranog u pametnu ambalažu. Empirijsko istraživanje provedeno je primjenom metode ispitivanja temeljenoj na anketnom upitniku na uzroku 60 punoljetnih osoba, a ishodi istraživanja otkrivaju kako s obzirom na navedene prednosti, ponajviše zaštiti kvalitete proizvoda, potrošači smatraju pametnom ambalažom nužnom, posebice u prehrambenoj industriji te su spremni za nju platiti veću cijenu.

Ključne riječi: ambalaža; pametno pakiranje; aktivno i inteligentno pakiranje; stavovi potrošača o pametnoj ambalaži

SUMMARY

Long ago, everything that could be consumed and used as food was used immediately where it was found, and gourds, shells and leaves were used for vessels that were later made from natural materials. Today's packaging not only includes modern, personalized design and attractive appearance, it takes on the functions of active and intelligent packaging, which brings certain advantages to the end user. Technology has not bypassed the packaging industry, and many smart packaging techniques and methods have been developed that improve traditional types within better product quality monitoring, active monitoring systems, temperature-sensitive labels and interactive experiences. This is precisely why the goal of this paper is to find out how consumers view the above, and in addition to determining the perception of smart packaging technologies, they wanted to investigate attitudes about the willingness to buy a higher-priced product packaged in smart packaging. Empirical research was carried out using a survey method based on a survey questionnaire on the cause of adults, and the results of the research reveal that considering the mentioned advantages, above all the protection of product quality, consumers consider smart packaging necessary, especially in the food industry, and are ready to pay a higher price for it.

Keywords: packaging; smart packaging; active and intelligent packaging; consumer attitudes about smart packaging

SADRŽAJ:

SAŽETAK	IV
SUMMARY	V
1. UVOD	1
1.1. Problem i predmet istraživanja.....	1
1.2. Svrha, ciljevi i metodologija istraživanja	1
1.3. Struktura rada	2
2. DEFINIRANJE AMBALAŽE, PAKIRANJA I OZNAČAVANJA	4
2.1. Povijesni razvoj ambalaže.....	5
2.2. Vrste ambalažnog materijala	8
2.3. Tranzit ambalaže i ambalažni otpad.....	10
3. TEORIJSKA RAZMATRANJA PAMETNE AMBALAŽE	14
3.1. Definiranje inteligentnog pakiranja.....	17
3.2. Razvoj i primjene tehnologija pametnog pakiranja.....	18
3.3. Prednosti i nedostaci pametne ambalaže	21
3.4. Prilike i izazovi pametnog pakiranja.....	24
4. EMPIRIJSKO ISTRAŽIVANJE – STAVOVI I PERCEPCIJA POTROŠAČA O TEHNOLOGIJAMA PAMETNOG PAKIRANJA I PAMETNOJ AMBALAŽI	28
4.1. Metodologija i uzorak istraživanja.....	28
4.2. Postavljena hipoteza, svrha i ciljevi istraživanja	30
4.3. Interpretacija rezultata istraživanja	31
4.4. Ograničenja i preporuke za buduća istraživanja	38
5. ZAKLJUČAK.....	40
6. POPIS LITERATURE	42
POPIS ILUSTRACIJA	45
PRILOZI	47
Prilog 1. – Anketni upitnik – Stavovi i percepcija potrošača o tehnologijama pametnog pakiranja i pametnoj ambalaži	47
Prilog 2. – Tekstualni odgovori na 13. pitanje iz anketnog upitnika–	51

1. UVOD

Dinamičan rast tehnologija je potaknuo razvijanje tehnoloških rješenja u mnogim poljima i djelatnostima, što je vidljivo i u ambalažnoj industriji od kako se na tržištu pojavila aktivna i inteligentna ambalaža. Cilj pametne ambalaže je poboljšati sposobnost pakiranja da pruži dodatne informacije o proizvodu koji se unutra nalazi, kao što su vrijeme skladištenja, stupanj sazrijevanja i temperaturne fluktuacije tijekom skladištenja. Pametna ambalaža djeluje kao interaktivni indikator gdje se mogu koristiti promjene boje za prikaz indikacija, QR kodovi, NFC tehnologije i ostale vrste, stoga ambalaža danas sama po sebi nije dovoljna ukoliko ne obuhvaća dodatne funkcije. Mnogi potrošači kada kupuju proizvod na to ni ne obraćaju pažnju, ali sa sve većim zahtjevima na tržištu, prepoznate su potrebe za ambalažom i pakiranjem koje imaju određene funkcije i svrhu, a na kraju krajeva i da su onda potrošači spremni platiti veću cijenu za to.

1.1. Problem i predmet istraživanja

Predmet ovog diplomskog rada je kroz navođenje osnovnih karakteristika ambalaže i povijesnog razvoja ambalaže, te kroz prikaz teorijskog okvira pametne ambalaže, definicija inteligentnog pakiranja i metodama tehnologije aktivnog pakiranja, saznati kako na to gledaju potrošači koji se svakodnevno susreću s ambalažom, bilo da se radi o prehrambenim proizvodima, farmaceutskim proizvodima, kozmetici i sl. Svi ti proizvodi se svakodnevno upotrebljavaju i sama ambalaža itekako može utjecati na sastav proizvoda i kvalitetu, a i bitan je faktor prilikom kupovine. S obzirom da ambalaža može biti papirnata, odnosno kartonska, plastična, drvena, metalna, staklena, od raznih kombiniranih materijala i sl., danas je veliki naglasak stavljen na inteligentno pakiranje. Problematika rada se očituje u pitanju kakav potencijal sa sobom nosi pametna ambalaža, na koji način se tehnologija pametnog pakiranja razvija te kako na to gledaju potrošači.

1.2. Svrha, ciljevi i metodologija istraživanja

Pojam aktivnog i inteligentnog pakiranja ne označava isti pojam, stoga je svrha naglasiti razlike između ta dva pojma na koje se veže pametna ambalaža. Pojmovi se mogu koristiti u širokom smislu, uključujući značajke koje se tiču identiteta proizvoda, autentičnosti i sljedivosti, dokaza o neovlaštenom otvaranju i zaštite od krađe, kao i pitanja sigurnosti i kvalitete.

Tehnologija napreduje iz dana u dan u svim područjima, što je iznimno viđeno i u ambalažnoj industriji, premda mnogi potrošači nisu svjesni toga. Kada kupuju proizvod, mnogi ne obraćaju pozornost na pakiranje, nije im bitna ambalaža te nisu sigurni jesu li se uopće susreli s pametnim i aktivnim pakiranjem. Ambalaža koja se baca u prirodu podsjetnik je da se poduzmu ozbiljne mjere koje će pokrenuti učinkovito kružno gospodarenje ambalažom i ambalažnim otpadom, stoga je cilj istraživanja naglasiti sve prednosti i benefite pametne ambalaže, uz naravno naglasak na buduće izazove i ograničenja.

Budući da funkcije pametnog pakiranja smanjuju gubitke i otpad putem senzora, indikatora i nositelja podataka koji povećavaju učinkovitost i daju informacije o kvaliteti proizvoda, kao što su svježina, sazrijevanje, oštećenje pakiranja, djelovanje mikroba i ispušteni plinovi, te vanjsko okruženje, uglavnom u smislu temperature, postavlja se pitanje koliko su potrošači danas upoznati s pametnom ambalažom te jesu li spremni za nju platiti veću cijenu. Kako bi se do zaključaka došlo, obradit će se i empirijsko istraživanje o stavovima i percepciji potrošača o novim tehnologijama pakiranja i pametnoj ambalaži.

U izradi ovog diplomskog rada u u teorijskom dijelu korišteni sekundarni podaci iz knjiga, literature iz stručnih i znanstvenih studija i članaka te relevantnih Internet stranica, dok su u empirijskom dijelu korišteni primarni podaci prikupljeni uz pomoć anketnog upitnika. Znanstvene metode su uključivale kvalitativne i kvantitativne metode kojima se došlo do konačnih zaključaka: induktivne i deduktivne metode, statističke metode, komparacije i deskripcije te metoda ispitivanja temeljem online upitnika.

1.3. Struktura rada

S ciljem analiziranja teorijskog okvira ambalaže, pametne ambalaže te prikazanih rezultata empirijskog istraživanja, ovaj diplomski rad je podijeljen na pet glavnih poglavlja, uključujući prvi uvodni dio i zadnji, zaključak. Drugo poglavlje teorijski razmatra pojam ambalaže, pakiranja i označavanja te se opisuje povijesni razvoj ambalaže, navode se poneke vrste ambalažnog materijala i pojašnjava se tranzit ambalaže i ambalažni otpad. Treće poglavlje se dotiče same problematike ovog istraživanja, a to je definiranje pametne ambalaže gdje se naznačavaju definicije aktivnog i inteligentnog pakiranja te kako je došlo do razvoja primjene inteligentnog pakiranja i tih tehnologija. U trećem poglavlju su također navedene i opisane određene prednosti i

nedostaci pametne ambalaže, dok se na kraju navode buduće prilike i mogućnosti razvoja, ali i određen izazovi pametnog pakiranja u budućnosti. Četvrto poglavlje je uključivalo empirijsko istraživanje provedeno metodom ispitivanja temeljem anketnog upitnika o istraživanju stavova i percepcije potrošača o tehnologijama pametnog pakiranja i pametnoj ambalaži te su prikazani ciljevi i problematika empirijskog istraživanja, postavljena hipoteza, uzorak i metodologija prikupljana podataka, interpretirani su rezultati istraživanja te su navedena ograničenja i implikacije za daljnja istraživanja u vezi provedenog upitnika. U petom poglavlju, zaključku, dan je odgovor na postavljenu hipotezu te se iznose zaključne misli o problematici istraživanja.

2. DEFINIRANJE AMBALAŽE, PAKIRANJA I OZNAČAVANJA

Općenito govoreći pakiranje, odnosno ambalaža, služi za zaštitu proizvoda koji se nalaze unutar pakiranja te osigurava sigurnost proizvoda tijekom transporta između proizvodnog pogona i potrošača, a glavni cilj je spriječiti oštećenje za vrijeme tranzita, stajanja na polici u trgovini pa sve do momenta korištenja od strane korisnika.

Prema definiciji Europske agencije za okoliš, „ambalaža označava pakiranje svih proizvoda koji su izrađeni od bilo kojeg materijala bilo koje prirode koji se koriste za držanje, zaštitu, rukovanje, isporuku i prezentiranje robe, od sirovina do prerađene robe, od proizvođača do korisnika ili potrošača“ (EEA, www.eea.europa.eu/help/glossary/eea-glossary/packaging/). Nepovratni artikli koji se koriste u iste svrhe također se mogu smatrati ambalažom te se ona sastoji od: „prodajne ambalaže ili primarne ambalaže, što čini prodajnu jedinicu krajnjem korisniku ili potrošaču na mjestu kupnje, zatim skupna pakiranja ili sekundarna pakiranja tako da na mjestu kupnje čini skupinu određenog broja prodajnih jedinica bilo da se potonje prodaju kao takve krajnjem korisniku ili potrošaču ili služe samo kao sredstvo za dopunu polica na prodajnom mjestu i transportna ambalaža ili tercijarna ambalaža, što je koncipirano tako da olakšava rukovanje i transport određenog broja prodajnih jedinica ili grupiranih pakiranja kako bi se spriječilo fizičko rukovanje i transportna oštećenja“ (EEA, www.eea.europa.eu/help/glossary/eea-glossary/packaging/). Ovisno o vrsti proizvoda, postupak pakiranja može uključivati omatanje, punjenje u boce, vezivanje, pečačenje, označavanje, učvršćivanje, stezanje, zaštitu od vremenskih uvjeta ili blokiranje.

Gordon i Williams navode kako su „pakiranje i označavanje važni izvoznicima budući da oboje igraju ključnu ulogu u procesu dopremanja proizvoda u zemlju uvoznicu i do potrošača“ (2020: 286). Iako se često razmišlja o jednom i drugom, „oznaka i njezina važnost u ispunjavanju zahtjeva tržišta često dobivaju glavni fokus, a izbor i detalji pakiranja često su prepušteni dobavljaču“ (Gordon i Williams, 2020: 286). Uz brze i stalne promjene u regulatornim zahtjevima na glavnim izvoznim tržištima, „fokus na označavanje i srodne propise i usklađenost s njima je apsolutno kritičan jer je oznaka prva točka kontakta s proizvodom za regulatora na području uvoza, kupca/distributera i, naravno, potrošača“ (Gordon i Williams, 2020: 286). Ako se pakiranje proizvoda „ne uklapa u sustav rukovanja i distribucije subjekta uvoznika ili ako ne ispunjava zahtjeve skladištenja, izlaganja, rukovanja i roka trajanja ciljnih maloprodajnih mjesta, neće

uspjeti na tržištu“ (Gordon i Williams, 2020: 286). Gordon i Williams su također istaknuli da „ako pakiranje krši propisane regulatorne zahtjeve za rukovanje i odlaganje ili ne ispunjava ili ne zadovoljava potrebe krajnjeg potrošača, ne pruža informacije, nije praktično, ne pruža mogućnost ponovne upotrebe, nije robusno, ekološki odgovorno, veličina porcije je prevelika ili premala i rok trajanja nije u skladu s očekivanim proizvod neće preživjeti na tržištu“ (2020: 287). Osim što ima svoju primarnu funkciju, sekundarne funkcije pakiranja „uključuju igranje ključne uloge u marketingu proizvoda, pružanje odgovarajuće kontrole porcija za kupce, sljedivost proizvoda kroz kodiranje na pakiranju i pružanje sigurnosti za hranu koja se u njemu nalazi“ (Gordon i Williams, 2020: 287). Među navedenim funkcijama pakiranja, također je važna sposobnost pakiranja da zaštiti proizvod od potrošača koji ga uzimaju i diraju, a ne ostvaruju kupnju.

2.1. Povijesni razvoj ambalaže

Potreba za skladištenjem i pakiranjem materijala se razvijala od davnina, no s vremenom je trebalo usavršiti dosta procesa i tehnika koje su se transformirale u posebne metode jednostavne ambalaže do one najmodernijih tehnologije kako bi se ispunila jednostavna potreba čuvanja, ne samo hrane već i ostalih potrepština.

Risch navodi kako je razvoj ambalaže „evoluirao od kako se čovjekov stil života mijenjao te su ljudi jako dugo jednostavno jeli ono što su mogli skupiti u svojoj neposrednoj okolini, a kako su prelazili s nomadskog načina života na boravak u zaštićenom području, pojavila se potreba za spremnicima za spremanje hrane“ (2009: 8089). Sve do 1800-ih, „bilo je vrlo malo sofisticiranosti u materijalima za pakiranje, s prirodnim predmetima koji su se koristili za držanje hrane, dok su za pletenje košara korištene su trave, drvo i bambus te su neki od prvih materijala koji su se mogli oblikovati u posude za hranu bili keramika, papir i staklo“ (Risch, 2009: 8089). Prvi dokazi o izradi keramike i stakla „bili su oko 7000. pr. Kr., ali industrijalizacija procesa od strane Egipćana nije viđena sve do oko 1500. pr. Kr., a primarni materijali korišteni za izradu stakla u to vrijeme, vapnenac, soda, pijesak i silicij, isti materijali koji se koriste i danas, iako su razvijeni mnogi aditivi za bojanje stakla i davanje različitih svojstava“ (Risch, 2009: 8089). Industrijska revolucija „donijela je razvoj novih proizvodnih procesa i novih materijala, iako se u početku od njih nisu bili namijenjeni prehrambenim proizvodima, postali su korisni (Risch, 2009: 8089).

Metalne limenke u početku su se „proizvodile za burmut, za koji su predstavljale izvrsnu barijeru za održavanje vlage u proizvodu, kao i zaštitu za okus proizvoda, a kasnije su korištene u procesu konzerviranja koji je otkrio Nicholas Appert kada je odgovorio na izazov francuskog cara Napoleona Bonaparte da razvije metodu za čuvanje hrane za svoju vojsku“ (Risch, 2009: 8089). Pojavom mnogih kemijskih procesa i spojeva, otkriveno je i razvijeno mnogo vrsta različitih tehnika i metoda koje su doveli do posebnih oblika pakiranja.

Postoji niz specifičnih značajka ambalaže koja su se razvila i koja stvorila nove kategorije, uz promjenu načina na koji se može isporučiti proizvod potrošaču. Tablica 1. u nastavku će prikazati nekoliko vrsta ambalaže koja se razvila tokom povijesti.

Tablica 1: Razvoj ambalaže kroz povijest

RAZDOBLJE	OPIS I KARAKTERISTIKE
Rano pakiranje	<ul style="list-style-type: none"> • Osnovna potreba ranog čovječanstva da skladišti i transportira svoju hranu s mjesta na mjesto • Nema podataka o tome kada su korišteni prvi materijali za pakiranje
Staroegipatske tehnike	<ul style="list-style-type: none"> • Otkrili tehnologiju puhanja stakla, spremnici za hranu i vodu • Drevno staklo nije bilo prozirno
Starokineske tehnike	<ul style="list-style-type: none"> • Drevna Kina je zaslužna za izum fleksibilne ambalaže zbog svojih inovacija u razvoju papira • Kinezi su počeli koristiti tretiranu koru duda za zamatanje hrane, papir se također počeo koristiti za pakiranje (lijekovi i paketi čaja)
Srednjovjekovno pakiranje	<ul style="list-style-type: none"> • Porast popularnosti korištenja drvenih bačava i drvenih kutija • Bačve su se obično koristile za putovanje preko oceana za skladištenje stvari kao što su rum, sušena hrana i svježa voda
Kositro i limenke (1810.)	<ul style="list-style-type: none"> • Peter Durand patentirao je upotrebu željeznih limenki obloženih kositrom umjesto boca za čuvanje hrane • Postao tada jedan od najpopularnijih materijala za pakiranje stvari poput keksa i duhana
Prva kartonska kutija (1817.)	<ul style="list-style-type: none"> • Sir Malcolm Thornhill, ove kutije još nisu bile valovite, bile su popularne među proizvođačima svile za prijevoz moljaca i jaja iz Japana u Europu
Stroj za izradu papirnatih vrećica (1852.)	<ul style="list-style-type: none"> • Francis Wolle izumio je stroj koji je mogao masovno proizvoditi papirnate vrećice

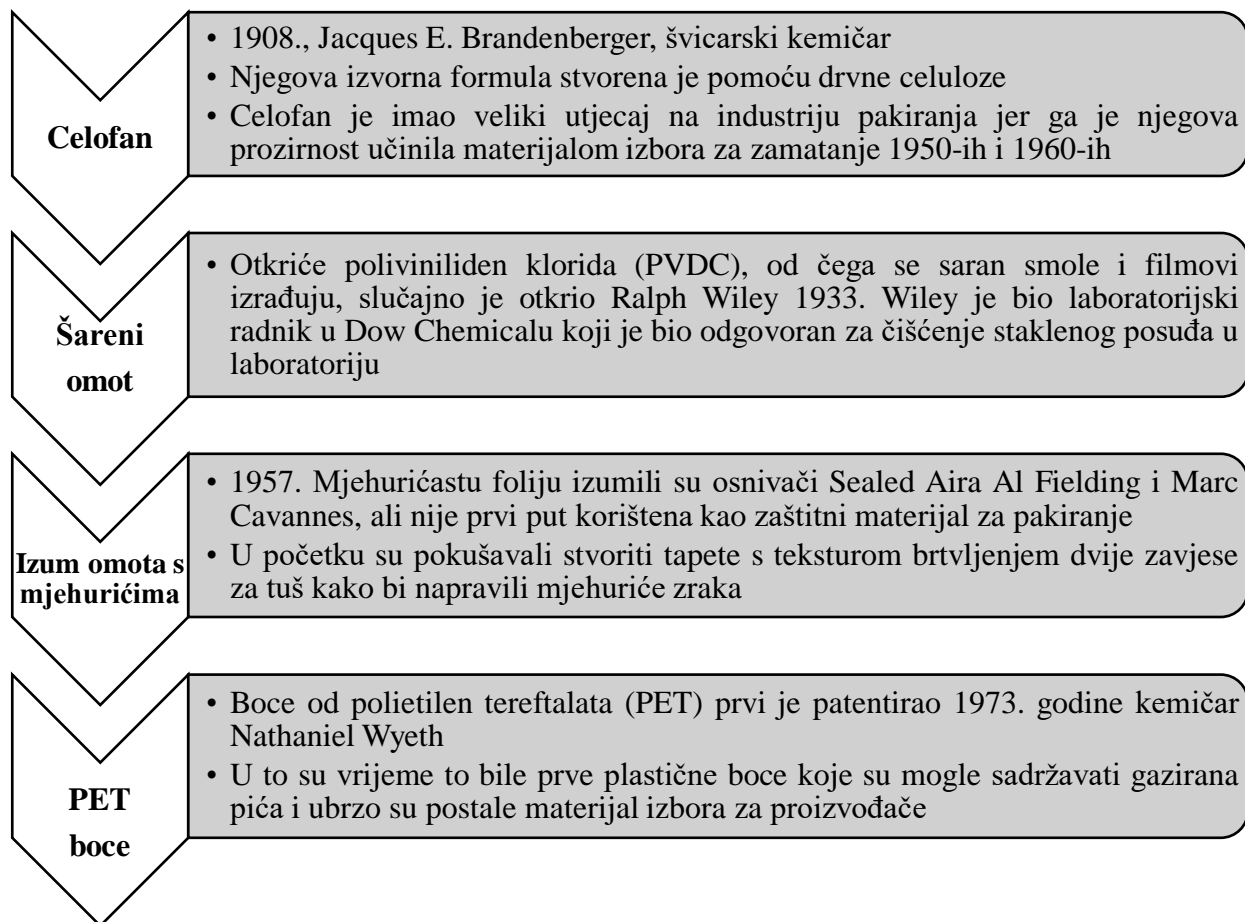
Izvor: izrada autora prema Crawford Packaging, <https://crawfordpackaging.com/blog/history-of-packaging/> (preuzeto: 2.8.2024.)

Kao i kod mnogih inovacija, razvoj kartona bio je slučajan gdje je Robert Gair, brooklynski tiskar i proizvođač papirnatih vrećica tijekom 1870-ih, zaključio da bi rezanje i gužvanje kartona u jednom potezu imalo prednosti te je izumljen prvi automatski izrađeni karton, koji se sada naziva polu-fleksibilna ambalaža“ (Berger, 2003: 2). Berger ističe kako je i razvoj žitarica u pahuljicama unaprijedio upotrebu kartonskih kutija gdje su braća Kellogg prvi koristili kartonske kutije za žitarice, a njihovo originalno pakiranje je bilo voštana, toplinski zapečaćena vrećica omotana okolo vanjska strana obične kutije“ (2003: 2). Plastika je „najnoviji materijal za pakiranje u usporedbi s metalom, staklom i papirom te je otkrivena u 19. stoljeću, no većina plastike bila je rezervirana za vojsku i ratnu upotrebu, a s vremenom postaje vrlo važni materijal“ (2003: 2).

Polat ističe kako se „s razvojem tehnologije i diferencijacijom materijala koji se koristi za pakiranje proizvoda, povećala raznolikost u proizvodnji ambalaže te je diversifikacija i olakšavanje proizvodnje dovela do smanjenja troškova“ (2022: 1856). Osim smanjenja troškova, „troškovi pakiranja nekih proizvoda premašuju cijenu proizvoda koji sadrže, ovisno o sve većoj tržišnoj konkurenciji i promjenjivim navikama potrošača, još jedan razlog zašto se danas preferira dizajn ambalaže je taj što se traže proizvodi od materijala koji se mogu reciklirati i koji su prirodni“ (Polat, 2022: 1856). Pakiranje, „koje je postalo neizostavno za umjetničko i industrijsko prikazivanje proizvoda u današnjem svijetu dizajna, nedavno je uvedeno u klasu računalno potpomognutog dizajna, osobito jer su mnoge tehnologije dominirale područjem dizajna, smanjila se mogućnost razvoja proizvoda bez pomoći uređaja“ (Polat, 2022: 1857).

Pakiranje je započelo s listovima biljaka i korom drveća koje se može pronaći u prirodi, nakon čega je započela masovna proizvodnja proizvoda poput ručno tkanih materijala, pa sve do najnovijih tehnologija koje se koriste danas. Shema 1. u nastavku će prikazati neke od ostalih metoda pakiranja proizvoda tokom povijesti.

Shema 1: Razvoj ostalih tehnika pakiranja proizvoda



Izvor: izrada autora prema Crawford Packaging, <https://crawfordpackaging.com/blog/history-of-packaging/> (preuzeto: 2.8.2024.)

Navedene metode pakiranja proizvoda su popularne i danas i koriste se naširoko u svijetu za mnoge proizvode. Pakiranje koje je započelo s lišćem i prirodnim materijalima je danas postalo suvremena industrija ambalaže raznih proizvoda s ciljem sačuvanja korisnih sastojaka i neoštećenja prilikom transporta krajnjem korisniku.

2.2. Vrste ambalažnog materijala

Zavisno o vrsti proizvoda koji se koristi, bilo da je to prehrambeni proizvod, proizvodi za kućne potreptine, odjeća, obuća ili modni dodaci ili bilo koja druga vrsta proizvoda kojeg potrošači koriste, svi oni imaju ambalažu i neku vrsta pakiranja.

Siracusa ističe kako materijali za pakiranje koji se koriste posebice u području hrane, „mogu biti različitih oblika sa širokim rasponom funkcija, premda odabir najprikladnijeg pakiranja ovisi o nekoliko čimbenika, prije svega o vrsti hrane koju je potrebno zaštititi“ (2016: 96). Shema 2. će prikazati nekoliko oblika ambalaže te glavne funkcije pakiranja.

Shema 2: Oblik i funkcija materijala za pakiranje

ČVRSTO PAKIRANJE	FLEKSIBILNO PAKIRANJE	POLUFLEKSIBILNO PAKIRANJE	FUNKCIJE AMBALAŽE
<ul style="list-style-type: none"> • Staklena ili plastična boca • Staklena, plastična i metalna posuda • Plastično i metalno pakiranje i limenka • Čep, tacna, rezervoar 	<ul style="list-style-type: none"> • Plastična vrećica za hranu • Pjenasta ambalaža • Plastična folija za skupljanje, stvaranje mjehurića, prijanjanje, • Stisljiva cijev • Samostojeći paket • Vakumirana vrećica 	<ul style="list-style-type: none"> • Čepovi i zatvarači • Kartonska kutija • Tetrapak multimateria 	<ul style="list-style-type: none"> • Zaštita od kisika, temperaturnih promjena, vlage, svjetlosti • Biološka zaštita od mikroorganizama • Flzička zaštitu od oštećenja • Informacije o proizvodu • Identifikacija proizvoda

Izvor: izrada autora prema Siracusa, V. (2016). *Packaging Material in the Food Industry*. Chapter 7 - Packaging Material in the Food Industry, In *Antimicrobial Food Packaging*, str. 96.

Staklo, metal i papir bili su „prvi materijali korišteni za izradu ambalaže te se staklo, dobiveni amorfni anorganski proizvod, koristi za pakiranje hrane u obliku boca i staklenki, premda je staklo krhko i lomi se, zapravo ostaje konkurentno drugim materijalima za pakiranje hrane“ (Siracusa, 2016: 96). Glavno svojstvo stakla visoka toplinska otpornost te zbog svoje amorfne strukture staklo je optički izotropno i prozirno, a dodavanjem aditiva za bojanje, prijenos svjetlosti se može promijeniti, stvarajući obojeni materijal, što je izvrstan materijal za zaštitu od pare vlage, plinova i mirisa, ali treba obratiti pozornost na zatvarač (čep, poklopac), što može ugroziti pozitivne prednosti“ (Siracusa, 2016: 96). Postoje razne vrste opcija pakiranja koje se mogu odabrati na temelju vrsta proizvoda koje određeni proizvođač i kompanija proizvodi i prodaje.

Vrček ističe kako je skladan i zdrav odnos čovjeka, stakla i prirode „narušila pojava plastike jer je za razliku od stakla, koje svojim oblikom upućuje na povijest i kulturu civilizacija, plastika sirovi produkt industrije polimera čija forma i kemijski sastav otkrivaju tek privremeno stanje na tržištu ambalaže i jeftinih materijala“ (2010: 119). Osim što plastika istiskuje staklo s polica supermarketa, „ona je ozbiljan ekološki problem i moguća opasnost za zdravlje zbog kemijskih spojeva koji je teratogen i uzrokuje rak jetre, a znanstvenici upozoravaju da je u PET bocama koncentracija ftalata u vodi 20 puta veća nego u vodi iz staklenih boca“ (Vrček, 2010: 119). Upotreba polikarbonatne plastike u prehrani civilizacijski je“ neprihvatljiv rizik jer taj materijal nije nipošto nužan niti je nezamjenjiv, te posebno zato što svojim toksičnim svojstvima ugrožava najmlađi dio stanovništva pretvarajući ga u statistički uzorak“ (Vrček, 2010: 134). Za razliku od plastike koja ima štetne kemikalije, staklo ostaje inertno što znači da ne dodaje nikakve neugodne tvari u sadržaj proizvoda, čime se ujedno smanjuje rizik od onečišćenja okoliša i pomaže u održavanju zdravog ekosustava.

Bolanča navodi kako „tiskana ambalaža svakim danom zauzima sve veći udio u grafičkoj proizvodnji, međutim, u istraživanjima i publiciranim radovima ona se pojavljuje prilično rijetko“ (2013: 10). U tiskarskoj se industriji u međuvremenu „događa zelena revolucija, primjerice tisk je pod ogromnim pritiskom reducirao emisiju hlapljivih organskih spojeva (VOC3) iz bojila i premaza te je puno veća važnost pridaje se procjenama mogućnosti recikliranja ambalaže i otisaka, stoga je pažnja usmjerena na tiskovne podloge prije tiska i na usavršavanje adhezije bojila“ (2013: 10). To je poseban problem zbog pojave manjih brendova koji zahtijevaju male brze naklade sofisticirane ambalaže

Korištenje kvalitetnog materijala za pakiranje osigurava zaštitu proizvoda koja se isporučuje, ali i odražava dobru reputaciju poduzeća i brenda proizvoda kod ostvarivanja dobrog dojma. Potrebno je pažljivo birati materijale za ambalažu jer na tržištu postoje mnogi proizvođači raznih materijala poput plastičnih omota, celofana, folija, omota s mjehurićima, valovitih i kartonskih kutija, limenki, tetrapaka, spremnika, plastične i staklene ambalaže i ostali.

2.3. Tranzit ambalaže i ambalažni otpad

S obzirom da je i sama ambalaža dostupna u mnogim oblicima, vrsta transportnog pakiranja ovisi o robi ili materijalu koji se prevozi, a s time dolazi i određena potrebna o razini zaštite. Pakiranje

robe i materijala za tranzit obično uključuje kombinaciju više vrsti, a one se kategoriziraju prema spremnicima, paletama i bačvama za tekućine.

Sonneveld i sur. navode kako se „ambalaža već dugo smatra sredstvom za stvaranje otpada i stoga je središnja točka za zabrinutost zajednice i odgovor vlade koji varira od strogih propisa do dobrovoljnih sporazuma između dionika, a i većina tih mjera razvijena je oko tradicionalne hijerarhije gospodarenja otpadom“ (2005: 2). Ambalaža ima ključnu ulogu u održivom razvoju, iako njena velika vidljivost u kombinaciji s njegovom važnošću bitnog olakšavatelja distribucije, marketinga i sigurne upotrebe potrošačkih i drugih proizvoda, stvara značajne izazove za unapređenje održivog razvoja pakiranja“ (Sonneveld i sur., 2005: 2). Sonneveld i sur. također zaključuju kako „ponašanje potrošača i trendovi potrošnje, segmentacija tržišta i razvoj u distribuciji primjeri su pokretača novih formata i tehnologija pakiranja, koji su često u suprotnosti s načelima održivog razvoja“ (2005: 2). Potrebno je smanjiti ambalažni otpad i promovirati održivost kod mnogih poduzeća u lancu opskrbe ambalažom i kod njegovih ključnih vanjskih dionika.

Vujković, Galić i Vereš ističu kako „korištenje skladišnog i transportnog prostora treba se promatrati s aspekta odnosa oblika i dimenzija upakirane namirnice i ambalaže koji trebaju biti prilagođeni obliku i dimenzijama same namirnice, u suprotnom će biti nedovoljno iskorištenje prostora ambalaže, kao i prostora skladišta i vozila“ (2007: 40). Prazna ambalaža također se „skladišti i transportira, odnosno utječe na troškove skladištenja i transporta, te zauzima isti prostor kao i napunjena ambalaža, dok prazna fleksibilna ambalaža, kao što su npr. vreće i vrećice od raznog ambalažnog materijala, dobro se slaže, zauzima relativno mali prostor i jako dobro se iskoristi transportni i skladišni prostor, a isti je slučaj i sa suvremenim ambalažnim materijalom (plastične mase u obliku granula i folija), koji se odlikuje znatno manjim volumenom od gotove ambalaže koja se tek treba oblikovati“ (Vujković, Galić i Vereš, 2007: 40). Cilj je dizajnirati ambalažu koja se može zaštititi u tranzitu, posebice kada se otprema kamionom ili vlakom, iako i sami opskrbeni lanac uključuje i druge načine prijevoza.

Kako bi se produžio rok trajanja, „potrebno je uzeti u obzir i fiziološko ponašanje proizvoda, kao što je kvarenje, i kriterije kvalitete koje primjenjuju potrošači jer sama brzina procesa razgradnje ovisi o disanju proizvoda i uvjetima skladištenja, kao što su temperatura, relativna vlažnost, svjetlost i sastav okolne atmosfere, a mogu se koristiti različita rješenja

pakiranja kako bi se proizvodi očuvali tijekom skladištenja i transporta“ (Jacobsson, Nielsen i Sjolholm, 2004: 157). Boja i tekstura dva su važna atributa kvalitete te se „boja smatra kao bitan atribut koji ima veliki utjecaj na potrošački odabir proizvoda, jer se kvaliteta često ocjenjuje prema boji“ (Jacobsson, Nielsen i Sjolholm, 2004: 158). Ambalaža se transportira između pojedinih trgovačkih partnera, ali se može koristiti i u B2B (business-to-business) načinu, a cilj je zaštititi proizvode od oštećenja, vremenskih uvjeta i pomoći im da se na siguran način prevedu do krajnje točke isporuke.

Otpad je definiran u Zakonu o otpadu, „kao svaka stvar ili predmet koju posjednik odbacuje, namjerava ili mora odbaciti te je razvrstan prema kategorijama, a za gospodarenje nekim kategorijama otpada, na primjer ambalažni otpad, otpadna električna i elektronička oprema i uređaji, medicinski otpad, otpadna vozila itd., donešeni su posebni propisi“ (Bačun, 2009: 26). Otpad koji se može preraditi (na primjer otpadni papir, ALU limenke, staklene boce i dr.) često se naziva i sekundarna sirovina te statistike kazuju da svaki stanovnik EU proizvodi od 250 do 620 kilograma kućnog otpada godišnje, a oko 20 do 30% tog otpada odnosi se na ambalažni otpad, stoga je važno isticati ga pred potrošačima i poticati ih na recikliranje“ (Bačun, 2009: 192). Utjecaj ambalaže šteti zraku, moru, okolišu i cijeloj zemlji općenito te predstavlja krucijalni problem koji se ne može riješiti preko noći, kao ni previdjeti.

Da Cruz i sur. ističu kako je „porast stope proizvodnje otpada tijekom posljednjih desetljeća imao je snažne implikacije na europsku politiku gospodarenja otpadom, naime, europske države članice posebnu pozornost posvećuju preusmjeravanju otpada s odlagališta“ (2014: 298). Operateri gospodarenja otpadom obično dobivaju financijsku potporu od raznih poduzeća kao kompenzaciju za aktivnosti kao što su selektivno prikupljanje i sortiranje, iako su jedinične vrijednosti financijske potpore i cjelokupno funkcioniranje sustava često podložni nekim kritikama“ (da Cruz i sur., 2014: 300). Mjere također uključuju minimalne ciljeve recikliranog sadržaja za plastičnu ambalažu i minimalne ciljeve recikliranja prema težini ambalažnog otpada.

Luijsterburg i Goossens navode kako se „tehnologije razvrstavanja ambalažnog otpada značajno razvile u posljednjem desetljeću i, kao rezultat toga, sortirana ambalaža sadrži samo male količine plastike“ (2014: 88). Jedno unutarnje ograničenje učinkovitosti razvrstavanja je da se „mnogi plastični proizvodi sastoje od više polimera koji se koriste za poboljšanje njihovih svojstava, npr. mehanički, barijerni i/ili optički, a primjeri su višeslojni filmovi i mješavine, stoga

će uvijek biti prisutna neka kontaminacija polimerima koja će utjecati na konačna svojstva recikliranih materijala, a samo razvrstavanje i ponovna obrada dva su uzastopna koraka u lancu recikliranja materijala i često ih izvode različita poduzeća“ (Luijsterburg i Goossens, 2014: 89). Najgora vrsta ambalaže je naravno plastika kojoj je potreban dugi niz godina da se razgradi jer utječe na ekosustav o kojemu čovječanstvo ovisi, a zbog lošeg dizajna proizvoda i nedostatka političke infrastrukture, većina plastičnog otpada šalje se na odlagališta ili odlaže u okoliš.

Tranzit ambalaže potrebno je razlikovati od samog pakiranja i označavanja proizvoda jer je tranzit ambalaže usredotočeno na zaštitu i osiguravanje same ambalaže, odnosno kartona, plastike, folija i sl., tijekom transporta ili skladištenja, dok pakiranje proizvoda uključuje zatvaranje cjelokupnog sadržaja proizvoda kako bi se poboljšala njegova tržišna privlačnost i osigurao transport, produljio rok trajanja i dr. Može se zaključiti da se ambalaža koja se šalje na odlagališta, osobito kada je izrađena od plastike, ne razgrađuje se brzo, a same kemikalije iz pakiranja, također oštećuju okoliš, stoga je bitno učinkovito reciklirati ambalažni otpad kako se ne bi degradirao ekosustav.

3. TEORIJSKA RAZMATRANJA PAMETNE AMBALAŽE

Aktivno, inteligentno, pametno ili *smart* pakiranje se odnosi na nove tehnologije unutar ambalažne industrije pakiranja koje podjednako povećavaju korisničku i poslovnu korisnost. Također je funkcija pametne ambalaže povećati jednostavnost pristupa krajnjim korisnicima te kako bi se lakše pratile informacije o samom proizvodu i poduzeću.

Aktivna ambalaža je različito klasificirana u literaturi prema nizu različitih definicija. Day ističe kako su neke od tih definicija „toliko široke da uključuju mnoge pakete koji očito nisu aktivni, ili toliko uske da isključuju važne podskupove aktivnog pakiranja, a prema prethodnim pregledima, aktivno pakiranje je klasificirano kao podskup pametnog pakiranja i naziva se ugradnjom određenih aditiva u foliju za pakiranje ili unutar spremnika za pakiranje s ciljem održavanja i produljenja roka trajanja proizvoda“ (2008: 1). Druga definicija kaže da se pakiranje može nazvati aktivnim „kada ima neku željenu ulogu u očuvanju hrane, osim što predstavlja inertnu prepreku vanjskim uvjetima, stoga aktivna ambalaža uključuje komponente sustava pakiranja koje mogu apsorbirati kisik; upijanje ugljičnog dioksida, vlage, etilena i okusa/mirisa, oslobađanje ugljičnog dioksida, etanola, antioksidansa i održavanje kontrole temperature ili kompenziranje temperaturnih promjena“ (2008: 2). Pristup opskrbnom lancu, pristup podacima o potrošačima, poboljšana svježina namirnica, poboljšana kvaliteta lijekova, poboljšana usklađenost, autentičnost i produženi vijek trajanja su samo neke od prednosti pametne ambalaže.

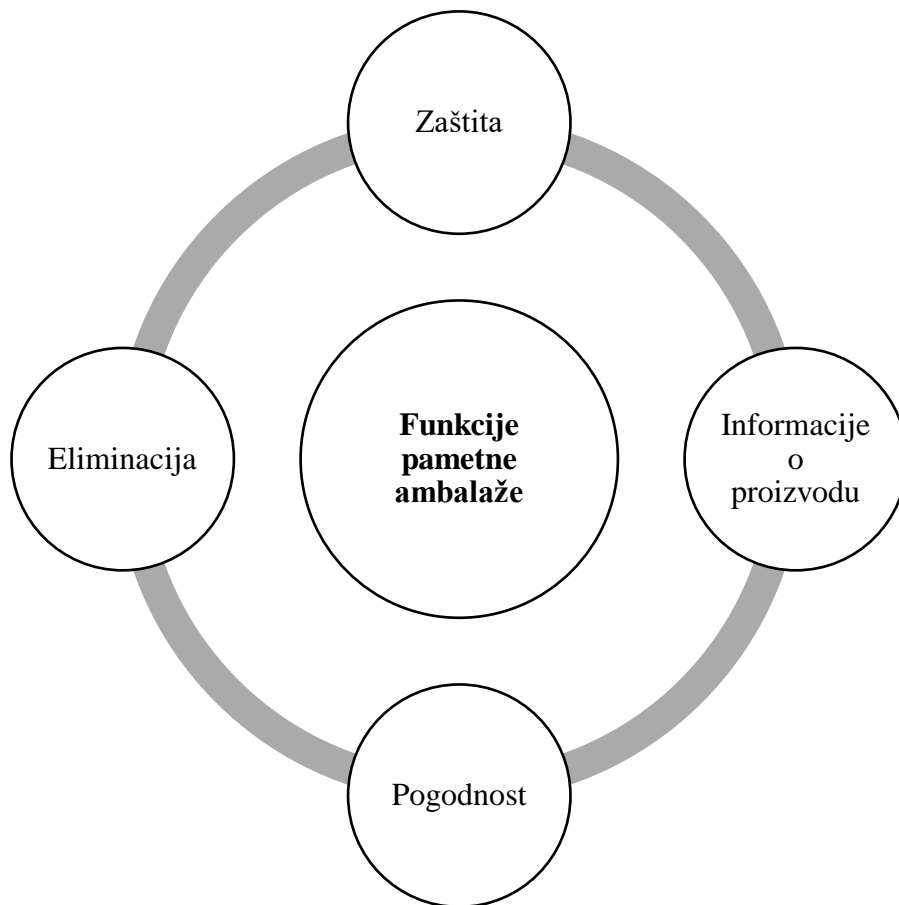
Muhamedbegović, Juul i Jašić navode kako „aktivna ambalaža ne smije mjenjati sastav ili organoleptička svojstva hrane, te se naziva i interaktivna ambalaža, budući da nalazi aktivnu interakciju s hranom te aktivno pakiranje je u tehničkom smislu izvodivo i na način da se u proizvod dodaju tvari apsorbeni koji vežu kisik, ugljikov dioksid, etilen ili vodenu paru s ciljem održavanja kvaliteta i produženja vijeka trajanja proizvoda“ (2015: 204). Apsorbenti se „ubacuju u ambalažu u posebno dizajniranim vrećicama ili su ugrađeni u ambalažni materijal koji mora biti izrazito propusan za kisik i vodenu paru tako da sadržaj vrećice vezuje kisik, odnosno vlagu kako ne bi došli u kontakt sa hranom“ (Muhamedbegović, Juul i Jašić, 2015: 204). Poseban primjer aktivne ambalaže je „antimikrobna ambalaža koja sadrži antimikrobni pokazatelj za kontrolu unutrašnjosti hrane i uvjete unutar ambalaže koja može inhibirati rast mikroorganizama, smanjiti kontaminaciju i održati mikrobiološki kvalitet upakirane hrane“ (Muhamedbegović, Juul i Jašić, 2015: 206).

Kuswandi i sur. ističu kako se u razvoju pakiranja u 20. stoljeću, poput pakiranja koja sadrže antimikrobna sredstva i hvatače kisika, uspostavljeni novi presedani za produljenje roka trajanja i zaštitu proizvoda od utjecaja okoliša, posebice prehrambenih, a takvi sustavi nazivaju se aktivnim pakiranjem (2011: 137). Sveprisutni globalni trendovi kao što su „povećana industrijska prerada hrane, veći uvoz i izvoz prehrambenih proizvoda te sve manje vremena za priprema svježe hrane prisiljavaju industriju pakiranja hrane i pića da istražuje novija, naprednija rješenja za pakiranje kako bi zadovoljila potražnju za zdravijom, sigurnijom, funkcionalnijom i jeftinijom, kao i praktičnijom prerađenom hranom“ (Kuswandi i sur., 2011: 137). Tijekom posljednjih godina, revolucionarna nova tehnologija podigla je industriju ambalaže na potpuno novi nivo te je temeljna funkcija pametne ambalaže održati proizvode u optimalnom stanju i omogućiti krajnjem potrošaču sve potrebne informacije o stanju očuvanosti.

Lydekaityte i Tambo ističu kako je „tehnologija ključni pokretač i pridonosi rastu poboljšane industrije pakiranja, uz to je i snažno potaknut rastućim interesom za održivi razvoj, stoga poduzeća preferiraju živu interakciju potrošača i angažman s njihovim brendom, što se može dobro postići kroz pakiranje proizvoda, posebno kada se pakiranje čuva u domovima potrošača i tako postaje dio njihovih života“ (2020: 2). U tu priču dolazi pametna ambalaža, što je i „ključni pokretač ove pojave. Pametna ambalaža je budućnost ambalažne industrije te dolazi s nizom funkcija i benefita koje pomažu u povećanju vrijednosti proizvoda.

Shema 3. u nastavku će prikazati navedene funkcije pametne ambalaže s ciljem produženja životnog ciklusa proizvoda i privlačenja potrošača.

Shema 3: Model funkcija pametne ambalaže



Izvor: izrada autora prema Kuswandi, B., Wicaksono, Y., Jayus, Abdullah, A., Heng, L. Y. i Ahmad, M. (2011). *Smart packaging: sensors for monitoring of food quality and safety*. Sensing and Instrumentation for Food Quality and Safety, 5, str. 138.

Ozcan navodi kako su u posljednjih nekoliko godina, „brza industrijalizacija, rast stanovništva i promjena načina života doveli su do povećane potražnje za prerađenim i pakiranim proizvodima, što je dovelo do toga da se sektor pakiranja razvija zajedno s prehrambenim sektorom“ (2020: 21). Pametni senzori i naljepnice „koje se mogu dodati na ambalažu predstavljaju novu generaciju tehnologije koja će pomoći u praćenju stanja proizvoda, stoga i samo pametno pakiranje općenito ima dvije glavne kategorije: inteligentno pakiranje i aktivno pakiranje“ (Ozcan, 2020: 21). U literaturi postoje mnoge definicije pametnog pakiranja te se pametno pakiranje definira kao „ambalaža koja je proizvedena dodavanjem novih funkcija pasivnoj ambalaži i materijal koji ne samo da poboljšava osnovne funkcije, već također može reagirati na vanjske podražaje“ (Ozcan, 2020: 21). Pametno pakiranje opisuje se kao aktivna ili inteligentna tehnika koja uključuje

interakcije između pakiranja i hrane ili unutarnje plinske atmosfere i ispunjava očekivanja potrošača za visokokvalitetnim, svježim i sigurnim proizvodima, s druge strane, aktivno pakiranje sprječava rast patogena i destruktivnih mikroorganizama, onemogućuje transport zagađivača te produljuje rok trajanja uz očuvanje sigurnosti i kvalitete proizvoda“ (Ozcan, 2020: 21). Pametna ambalaža na inovativan način unaprjeđuje komunikaciju između potrošača i brendova, a samom integracijom tehnologije s tradicionalnim pakiranjem, mnoga poduzeća mogu poboljšati zaštitu proizvoda, korisničko iskustvo i poboljšati reputaciju na tržištu.

3.1. Definiranje inteligentnog pakiranja

Inteligentno pakiranje sastoji se od sustava pakiranja s ugrađenom senzorskom tehnologijom koja se koristi za praćenje kvalitete i komponenata različitih proizvoda. Izravna distribucija takvih proizvoda ima za cilj produljiti rok trajanja, pratiti svježinu namirnica, prikazati informacije o kvaliteti ili poboljšati učinak na sigurnost kupaca.

Kuswandi i sur. navode kako je inteligentno pakiranje definirano kao „sastavni dio ili inherentno svojstvo pakiranja, proizvoda ili konfiguracije pakiranja/proizvoda, koje potvrđuje inteligenciju primjerenu funkcioniranju i korištenju samog proizvoda“ (2011: 138). Druga definicija navodi da je inteligentno pakiranje „funkcija pakiranja koja se uključuje i isključuje kao odgovor na promjenjive vanjske/unutarnje uvjete, a može uključivati komunikaciju kupcima ili krajnjim korisnicima o statusu proizvoda, stoga se inteligentno pakiranje može navesti kao sustav koji nadzire stanje pakirane hrane kako bi pružio informacije o kvaliteti tijekom transporta i distribucije ili jednostavnom definicijom, inteligentno pakiranje je pakiranje koje osjeća i informira o stanju proizvoda“ (Kuswandi i sur., 2011: 138).

U prehrambenoj industriji, inteligentno pakiranje je „sistem pakiranja prehrambenih proizvoda u ambalažu koja sadrži vanjski ili unutrašnji pokazatelj trenutnog kvaliteta upakirane hrane te stimulaciju razvoju ovog pakiranja dalo je otkriće *intelligentnih* materijala koje obilježava sposobnost promjene različitih svojstava kao posljedica vanjskih uzročnika, kao što su, naprimjer temperatura, sastav otapala, pH, ionska jakost, električno polje i sl.“ (Muhamedbegović, Juul i Jašić, 2015: 2007). Promjena boje „ne pokazuje samo da li je proizvod spreman ili nije spreman za upotrebu, nego na osnovu promjene intenziteta ili nijanse boje također pokazuje koji period njegovog vijeka trajanja je prošao, dok pokazatelji temperature pokazuju najčešće u obliku

mehaničke deformacije ili migracije boje na toplotna opterećenja kojima je upakirana hrana izložena u distribucionom lancu“ (Muhamedbegović, Juul i Jašić, 2015: 2007).

O’Callaghan i Kerry ističu kako „pametne tehnologije pakiranja sve više postaju rješenje za zadovoljavanje odgovora na zahtjeve potrošača i trendove u industriji, iako unutar tržišta pametnih tehnologija, ambalaža za hranu predstavlja vrlo mali dio“ (2016: 1). Pametni sustavi pakiranja „mogu generirati poboljšani proizvod korištenjem netradicionalnih funkcija pakiranja kako bi se osigurali sigurniji, hranjiviji i privlačniji prehrambeni proizvodi, koji su ekološki prihvatljiviji, što dovodi do poboljšane logističke učinkovitosti i optimiziranog opoziva proizvoda“ (O’Callaghan i Kerry, 2016: 1). Glavna razlika između aktivnog i inteligentnog pakiranja je što se aktivno odnosi na aktivne funkcije izvan pasivnog zadržavanja i zaštite proizvoda, dok se inteligentno pakiranje odnosi na sposobnost mjerenja svojstava proizvoda, okolina isporuke ili unutarnja atmosfera proizvoda i ostali faktori.

Kalpana i sur. ističu kako je „koncept inteligentnog pakiranja bio je predmet interesa u sektoru pakiranja hrane, s namjerom poboljšanja kvalitete i vrijednosti hrane izvođenjem jedne ili više inteligentnih funkcija kao što je praćenje kvalitete i sigurnost proizvoda u njegovoj okolini, praćenje kretanja proizvoda kroz opskrbni lanac, te detektiranje i bilježenje relevantnih informacije o proizvodu“ (2019: 146). Inteligentno pakiranje se općenito definira kao „sustav koji može donositi odluke za produljenje roka trajanja, obavještavanje informacija, poboljšanje kvalitete i izvješćivanje štete/pokvarenja korištenjem različitih inteligentnih tehnika, a povezana terminologija je pametno pakiranje, budući da koristi pametne uređaje kao što su crtični kodovi i radiofrekvencijske identifikacijske oznake (RFID) koji potrošaču daju detaljne informacije o proizvodu“ (Kalpana i sur., 2019: 146). Inteligentno pakiranje se definira također kao „sustav pakiranja koji osjeća, komunicira i prati uvjete zapakirane hrane kako bi dao informacije o kvaliteti hrane, sigurnosti i povijesti proizvoda tijekom transporta i skladištenja“ (Kalpana i sur., 2019: 146). Navedeno objašnjava peterostruku funkciju inteligentnog pakiranja: praćenje, otkrivanje, očitavanje, snimanje i komuniciranje.

3.2. Razvoj i primjene tehnologija pametnog pakiranja

Pasivna ambalaža evoluirala je u pametno i aktivno pakiranje koje više ne uključuje običnu kartonsku ambalažu ili PET boce, već se u ambalažu uključuje i korištenje algoritama strojnog učenja

i umjetna inteligencija kako bi se potrošačima omogućilo bolje razumijevanje proizvoda i brže reagiranje na uvjete u eksternom okruženju. Primjena tehnologije pametnog pakiranja se bazira na povećanoj sigurnosti proizvoda i učinkovitom opkrbnom lancu.

Young, Miroso i Bremer navode kako se „funkcije pakiranja najčešće se dijele na četiri funkcije: zadržavanja, zaštite, komunikacije i pogodnosti, s obzirom da je konvencionalno pakiranje hrane bilo pasivno, s materijalima za pakiranje prilagođenim zahtjevima proizvoda, potrošača i dionika lanca opskrbe“ (2020: 2). Značajno područje „tehnološkog preklapanja s aktivnim i inteligentnim pakiranjem je nanotehnologija primijenjena u industriji pakiranja hrane koja se odnosi na strukture koje imaju dimenzije u rasponu od jednog milijarditog dijela metra te je postala popularna nanotehnologija koja ima potencijal predstavljati rizike za zdravlje, a ujedno korištenje nanotehnologije za potrebe ambalaže ima potencijal izazvati značajnu zabrinutost potrošača“ (Young, Miroso i Bremer, 2020: 2). Potrošači u obzir uzimaju i cijenu proizvoda, ali i sigurnost i kvalitetu te njihove odluke o kupnji igra sve važniju ulogu u tehnologijama pametne ambalaže.

Ghaani i sur. navode kako se „pomoću tehnologija inteligentnog sustava pakiranja može pokazati kada je prehrambeni proizvod svjež ili mu je rok trajanja istekao, zatim može pokazati temperaturu hrane pomoću termokromatskih tinti ili mikrovalnih indikatora spremnosti i prikazati povijest temperature hrane pomoću indikatora vremena i temperature“ (2016: 4). Uz to se može koristiti za „provjeru učinkovitosti sustava aktivnog pakiranja, odnosno kao komponenta koja poduzima neke radnje, dok je inteligentno pakiranje komponenta koja osjeća i dijeli informacije, a sami izraz „inteligentan“ uključuje funkciju uključivanja/isključivanja na pakiranju kao odgovor na promjenu vanjskih/unutarnjih podražaja, kako bi se potrošačima ili krajnjim korisnicima priopćio status proizvoda“ (Ghaani i sur., 2016: 4).

Opće je prihvaćeno da se inteligentni sustavi pakiranja mogu realizirati pomoću tri glavne tehnologije (Tablica 2.).

Tablica 2: Tehnologije pomoću kojih se realizira pametna ambalaža

TEHNOLOGIJA	KARAKTERISTIKE
Indikatori	<ul style="list-style-type: none">• Indikatori topline, svježine• Cilj je pružiti veću pogodnost i informirati potrošače o kvaliteti
Nosači podataka	<ul style="list-style-type: none">• Crtični kodovi i radiofrekvencijske identifikacijske oznake (RFID) posebno namijenjeni za pohranu, distribuciju i sljedivost
Senzori	<ul style="list-style-type: none">• Omogućuju brzu i definitivnu kvantifikaciju analita

Izvor: izrada autora prema Ghaani, M., Cozzolino, C. A., Castelli, G. i Farris, S. (2016). An overview of the intelligent packaging technologies in the food sector. *Trends in Food Science & Technology*, 51, str.

Također u tehnologije pametne ambalaže, osim navedenih u Tablici 2., pripadaju i indikatori gotovosti, sustavi namijenjeni borbi protiv krađe, QR kodovi za praćenje i autentifikaciju u stvarnom vremenu, a u budućnosti će se navedeno proširiti i na integraciju lot broja kako bi se povećala personalizirana iskustva potrošača.

Đurđević i sur. navode kako kod pakiranja hrane, „neka pakiranja mogu priopćiti svježinu, dok druga mogu priopćiti povijest ili rok trajanja proizvoda, a što se tiče farmaceutskog tržišta, paketi koji integriraju NFC oznake za provjeru autentičnosti, dok su drugi pametni paketi kombiniraju komunikaciju s funkcionalnošću, poput samohlađenih pivskih bačvi ili samozagrijavajućih juha i kave“ (2018: 52). Postoji mnogo vrsta pametnih tehnologija koje „poboljšavaju ambalažu, što uključuje legure za pamćenje oblika za kontrolu otvaranja i zatvaranja paketa ovisno o uvjetima okoline, piezoelektrične materijale za napajanje osvjetljenja i audio značajki na pakiranju, pametna ljepila koja se mogu koristiti zajedno s pametnim naljepnicama i termokromne tinte za prikaz kada je to optimalno ili su dosegnute opasne temperature“ (Đurđević i sur., 2018: 53). Pomoću QR tehnologije svako pakiranje može biti pametno jer ona „omogućuje identifikaciju etiketa na ambalaži putem kamere mobilnog uređaja te na temelju zadanih informacija daje dodatne informacije ili pokreće interaktivni sadržaj iz baze podataka“ (Đurđević i sur., 2018: 53). Uz istovremeni razvoj i inovacije, „sve je veća primjena NFC tehnologije u industriji pakiranja jer suvremena ambalaža osigurava stabilnost robe u njoj, zahtijeva manje materijala, manje otpada, te olakšava rukovanje robom“ (Đurđević i sur., 2018: 54). Povezivanjem tih tehnologija i metoda rada može se lako doći do informacija o proizvodu, njegovoj kvaliteti, obilježjima te načinu transporta i skladištenja.

Također popularna tehnologija pametnog pakiranja je „tehnologija printanja, odnosno tiskana elektronika koja se proizvodi od jeftinih organskih materijala umjesto tradicionalnih krutih materijala na bazi silicija za izradu elektroničkih uređaja putem tehnologije ispisa“ (Wang, Wu i Cao, 2019: 9). Wang, Wu i Cao navode kako se metode tiskanja mogu se klasificirati na temelju dva glavna pristupa: „kontaktni i beskontaktni tisak te su u kontaktnom tisku komponente s uzorkom s površinama premazanim tintom dolaze u fizički kontakt supstrat, a u beskontaktnom ispisu tinte se raspršuju kroz otvore ili mlaznice zajedno s unaprijed definiranim pokretima držača nakon unaprijed programiranog uzorka“ (2019: 9). Uspješan razvoj i modernizacija tehnologija pakiranja, komercijalizirala se u velikoj mjeri za mnoge korporacije diljem svijeta i kroz različite proizvode, koji uglavnom uključuju hranu.

Iako općenito postoje tri glavne tehnologije koje se koriste za inteligentne sustave pakiranja u koje pripadaju nositelji podataka, indikatori i senzori, QR kodovi i dr., zbog sve većeg interesa se predviđaju i ostale inovacije pakiranja u sljedećim godinama, što se najviše odražava na prehrambene proizvode.

3.3. Prednosti i nedostaci pametne ambalaže

Tehnološka otkrića u razvoju pametne ambalaže danas donose mnogo prednosti za krajnje korisnike kao što su poboljšana sigurnost proizvoda i smanjeni otpad, iako navedeno također predstavlja izazove kao što su visoki troškovi i složenost, privatnost, te usklađenost s pravnim propisima.

O’Callaghan i Kerry navode kako „unatoč brojnim prednostima pametnog pakiranja, postoji nekoliko prepreka punom usvajanju i primjeni takvih tehnologija na prehrambene proizvode: usklađenost materijala za kontakte, implikacije takvih tehnologija na okoliš, nejasne regulatorne smjernice i prihvaćanje od strane trgovaca i potrošača“ (2016: 1). Stavovi trgovaca na malo i potrošača prema prehrambenim tehnologijama „ključni su jer u konačnici mogu dovesti do tržišnog uspjeha ili općeg neuspjeha, prema potrošači mogu biti previše konzervativni kada je riječ o prihvaćanju inovativnih koncepata“ (O’Callaghan i Kerry, 2016: 1). Mišljenje javnosti o novoj tehnologiji „može biti heterogeno, a stavovi mogu varirati ovisno o karakteristikama tehnologije, razini tehnološke neofobije ili asocijacijama potrošača na druge tehnologije, stoga različite tehnologije mogu izazvati različite reakcije“ (O’Callaghan i Kerry, 2016: 1). Iako su prednosti

pametne ambalaže velike, sama činjenica da se ovisi o tehnologiji je nedostatak jer se proizvodni procesi oslanjaju na automatizaciju i digitalizaciju, a samim time su i više osjetljivi na tehnološke kvarove.

Biji i sur. ističu kako se pakiranje može nazvati aktivnim „kada ima neku ulogu osim pružanja inertne barijere vanjskom okruženju te se aktivno pakiranje može definirati kao sustav u kojem proizvod, pakiranje i okoliš međusobno djeluju na pozitivan način kako bi se produžio rok trajanja ili postigle neke karakteristike“ (2015: 6125). Cilj aktivnog pakiranja je „poboljšati očuvanje hrane u pakiranju, a produljenje roka trajanja uključuje primjenu različitih strategija kao što su kontrola temperature, uklanjanje kisika, kontrola vlage, dodavanje kemikalija kao što su sol, šećer, ugljični dioksid ili prirodne kiseline ili njihova kombinacija s učinkovitim pakiranjem (Biji i sur., 2015: 6125)..

Müller i Schmid ističu da je općenito inteligentno pakiranje „jednostavno za korištenje i pruža niz prednosti za potrošače, proizvođače hrane i cijelu prehrambenu industriju, a status kvalitete proizvoda može se odrediti pomoću indikatora i senzora, što rezultira općim povećanjem sigurnosti proizvoda i smanjenjem nepotrebnog bacanja hrane“ (2019: 8). Daljnje troškovne prednosti također se pojavljuju duž opskrbnog lanca kada inteligentno pakiranje smanjuje bacanje hrane jer nositelji podataka omogućuju bolju sljedivost opskrbnog lanca, a zbog svoje niske cijene, jednostavnosti korištenja i pogodnosti koje pružaju, crtični kodovi i QR kodovi danas su široko rasprostranjeni“ (Müller i Schmid, 2019: 8). Nasuprot tome, indikatora i senzora se jedva mogu pronaći na tržištu, a jedan od razloga za to je cijena budući da su troškovi razvoja i proizvodnje još uvijek vrlo visoki i jer uporaba indikatora i senzora mogla bi dovesti do negativne promjene u kupovnom ponašanju potrošača“ (Müller i Schmid, 2019: 8). Još jedan aspekt koji tek treba razjasniti je recikliranje ambalaže jer dodatni otpad koji nastaje ugradnjom i proizvodnjom inteligentne ambalaže zapravo je kontradiktoran cilju smanjenja količine otpada“ (Müller i Schmid, 2019: 9). Premda pametna ambalaža održava cjelovitost proizvoda i produžuje vijek trajanja, pitanja sigurnosti i privatnosti podataka kupaca su postala glavna briga za pametne sustave pakiranja koji imaju značajke nadzora i praćenja u stvarnom vremenu jer mogu prikupljati osjetljive nejavne podatke o njima.

Inovativna ambalaža s poboljšanim funkcijama neprestano se traži kao odgovor na sve veće zahtjeve potrošača, stoga su prepoznate određeni benefiti i budući izazovi pametnog pakiranja (Tablica 3).

Tablica 3: Prednosti i izazovi pametne ambalaže

PREDNOSTI		IZAZOVI	
Omogućivanje sljedivosti u stvarnom vremenu	Pružaju pregled dobavljača gdje se roba nalazi u stvarnom vremenu	Trošak	Inteligentno pakiranje može biti skupo u usporedbi sa standardnim pakiranjem
Bolje donošenje odluka	Pametni kodovi koji su ugrađeni u pakete korisnicima pružaju mnogo važnih informacija Kupci žele znati kako nabavljate materijale za svoj proizvod	Pravna uredba	Prema Europskoj agenciji za sigurnost hrane (EFSA), prema 1935/2004, aktivno pakiranje dopušteno je u Europi Trenutno ne postoje propisi za aktivnu i inteligentnu ambalažu
Smanjenje otpada	Troškovi nastali pokušajem angažiranja pojedinaca za prijevoz ambalažnog otpada i naknade se mogu usmjeriti na druge strategije rasta poslovanja	Sigurnost	Većina aktivnih tvari koje se koriste u inteligentnom pakiranju izrađene su od toksičnih anorganskih i organskih spojeva te otapala
Kontrola kvalitete	Reputacija povezana s kvalitetom Produljenje roka trajanja proizvoda	Potražnja za proizvodnim tehnikama	Za implementaciju rješenja proizvođačima će biti potrebna proizvodnja senzora, krugova, indikatora i drugih komponenti

Izvor: izrada autora prema Calcurates, <https://calcurates.com/advantages-of-using-intelligent-packaging#advantages-using-intelligent-packaging> (preuzeto: 10.9.2024.)

Prednosti pametne ambalaže i mogući izazovi, odnosno nedostaci koje ona iziskuje u Tablici 3. su samo neki od navedenih jer pametno pakiranje ujedno i povećava pravne i regulatorne zahtjeve, globalizaciju tržišta, zabrinutost za sigurnost hrane, kozmetika i lijekova, ali i prijetnju bioterorizma prehrambenih proizvoda. Potrebno je sve funkcije tehnologije aktivnog i inteligentnog pakiranja proispitati kao pozitivnu promjenu postojećih paradigmi s ciljem poboljšanja sigurnosti kupaca, a da se pritom ne narušava kvaliteta proizvoda.

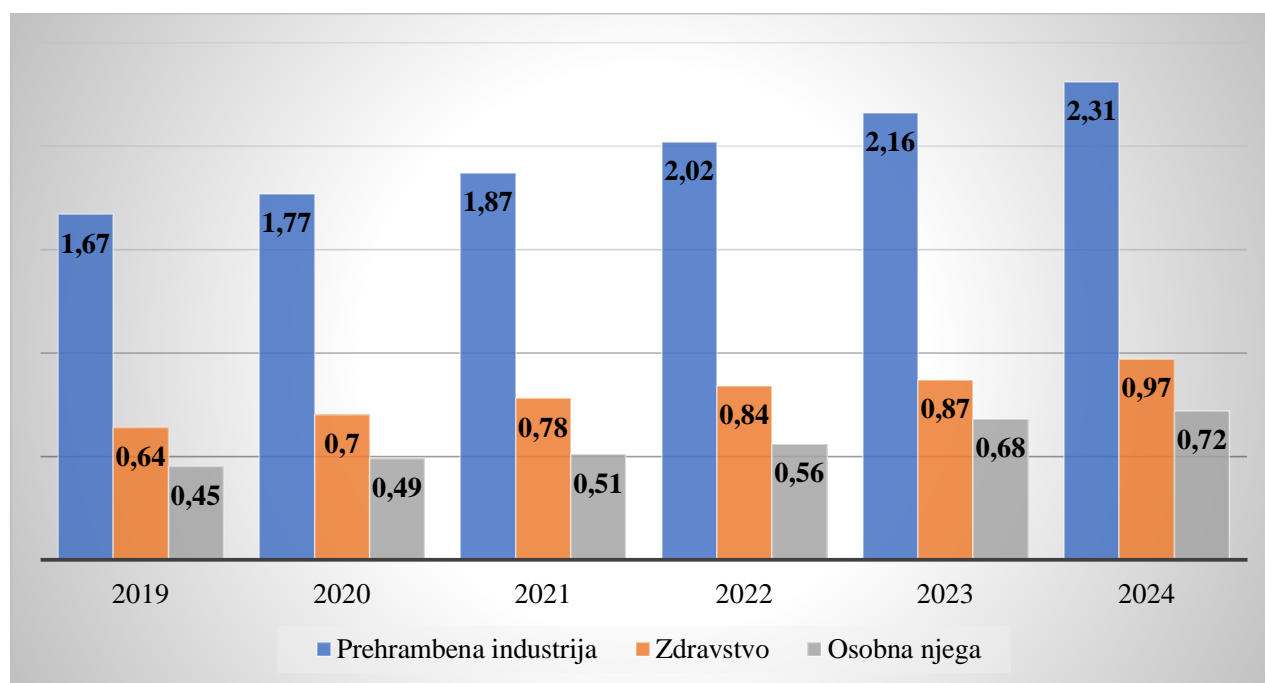
3.4. Prilike i izazovi pametnog pakiranja

S brojnim prilikama, tu su i veliki izazovi i ograničenja pametne ambalaža jer mnoge zemlje nisu usvojile ovu praksu te je glavni izazov postaviti pametna pakiranja u razne djelatnosti kako bi se povećali znakovi ubrzanog napredovanja.

Fernandez i sur. navode kako „tradicionalno pakiranje hrane kao glavnu funkciju ima zaštitu hrane, produljenje njezinog roka trajanja i osiguranje njezine kvalitete, svježine, oštećenja ili kvarenja, ali dodatne funkcije u područjima logistike i marketinga, iako stvaraju otpad“ (2023: 986). Ovaj scenarij pogoršava dominantni model gospodarskog razvoja koji se temelji na *uzmi, napravi i raspolaži* i nažalost dovodi do neodrživog rasta, stoga u tom kontekstu, globalni materijalni otisak djeluje kao pokazatelj pritiska na okoliš da podrži gospodarski rast i zadovolji materijalne potrebe ljudi kao što su njihova potreba za hranom, odjećom, vodom, skloništem, infrastrukturom i drugim aspektima socijalne dobrobiti“ (Fernandez i sur., 2023: 986). Kako bi promicala održivost, Europska komisija uspostavila je „Europski zeleni dogovor, koji daje akcijski plan (Ključni ciljevi za 2030.) za smanjenje emisija stakleničkih plinova za najmanje 40%, u usporedbi s 1990., povećanje udjela obnovljive energije za 32 %, poboljšati energetske učinkovitost za 32,5 % i povećati učinkovito korištenje resursa u prelasku na čisto i kružno gospodarstvo kako bi se obnovila bioraznolikost i smanjilo zagađenje“ (Fernandez i sur., 2023: 986). Glavni izazov je da se inteligentna i aktivna ambalaža naširoko prihvate od strane robnih marki i raznih proizvođača, ne samo u prehrambenoj industriji, već i u farmaceutskoj, kozmetičkoj i ostalima.

Prehrambena industrija, zdravstvo i osobna njega su bitne djelatnosti i sektori koji povećavaju trend urbanizacije, što dovodi do značajnog povećanja potražnje za tim proizvodima, a hrana i kućne potrepštine su nužne za svakog čovjeka. Kakvo je sadašnje stanje u SAD-u, globalnom potrošaču i proizvođaču pametne ambalaže, što se tiče tržišne vrijednosti pametnog pakiranja, prikazat će Grafikon 1. u nastavku.

Grafikon 1: Tržišna vrijednost pametnog pakiranja u SAD-u od 2019. do 2024., po primjeni (u mlrd. \$)



Izvor: izrada autora prema Statista, www.statista.com/statistics/1098172/us-smart-packaging-market-size-by-application/ (preuzeto: 12.9.2024.)

Pametno pakiranje osmišljeno je za sprječavanje kvarenja hrane, poboljšanje njezina okusa, ali i za osobnu njegu i ostale sektore kao što su automobilska industrija i dr. Prema Grafikonu 1. se može zaključiti kako je tržišna vrijednost pametne ambalaže za hranu i piće u Sjedinjenim Državama 2024. iznosila gotovo 2,3 milijarde američkih dolara, što je najveći rezultat u odnosu na ostale djelatnosti. Slijedi zdravstvena njega s 0,97 milijarde američkih dolara. Pametno pakiranje postalo je revolucija u raznim industrijama i mnogim zemljama diljem svijeta, ne samo u SAD-u, jer nudi mnoge prednosti. Potrebno je imati naravno veću dodanu vrijednost i pridržavati se visokih standarda kvalitete, a izazov će biti nositi se sa svim različitim zahtjevima i inovacijama.

Prema Ujedinjenim narodima, „otprilike jedna trećina svih jestivih proizvoda za ljudsku prehranu godišnje se izgubi ili baci, što je zbog loše prakse i stanja u pogledu berbe, transporta i skladištenja robe“ (Schaefer i Cheung, 2018: 1024). Golemo bacanje hrane predstavlja „značajan financijski teret s kojim se prehrambena industrija mora nositi, stoga treba dizajnirati odgovarajuću ambalažu, premda dizajn i proizvodnja odgovarajuće tehnologije pametnog pakiranja prilično su izazovni s industrijskog gledišta, iz više razloga, a siva zona predstavlja mogućnosti“ (Schaefer i

Cheung, 2018: 1024). Neke od navedenih prilika pametnog pakiranja će biti navedene u Tablici 4. u nastavku.

Tablica 4: Buduće mogućnosti pametne ambalaže

MOGUĆNOSTI	SPECIFIČNOSTI
<i>Nanotehnologija</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Potreba i razvoj prikladnog i sigurnog naprednog pakiranja • Materijala • Kontrola otpuštanja aktivnih tvari u kombinaciji sa senzorima ugrađenim u sustav pakiranja
<i>Industrijski internet stvari (IIoT)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Usmjeren na pružanje globalno povezane mrežne infrastrukture za povezivanje objekata s cyber fizičkim svijetom • Omogućuje praćenje i kontrolu uređaji opremljenih senzorima i aktuatorima
<i>Mogućnosti u stvarnom vremenu</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Praćenje, upravljanje i kontroliranje stanja robe u realnom vremenu
<i>Kibernetička sigurnost</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Puni potencijal pametnog pakiranja treba dosegnuti u primjeni u kontekstu industrije 4.0
<i>Novi poslovni modeli</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Potrebno razviti kapitaliziranje novih prilika • Kupci sve više i više traže svojevrsno iskustvo

Izvor: izrada autora prema Schaefer, D. i Cheung, W. M. (2018). Smart packaging: opportunities and challenges. *Procedia Cirp*, 72, str. 1025-1026.

Schaefer i Cheung zaključuju kako se pametna ambalaža „oslanja se na razvoj senzorske tehnologije i materijala za informiranje o svojoj kvaliteti, sigurnosti, vijeku trajanja i upotrebljivosti, stoga budućnost pametnog pakiranja za poboljšanje trenutne tehnologije pakiranja zahtijeva rad na brojnim aspektima“ (2018: 1026). Potrebno je unaprijediti tehnologiju u mnogim poduzećima i korporacijama te uključiti pametne i konvencionalne materijale, dodajući vrijednost i prednosti u cijelom opskrbnom lancu pakiranja.

Također postoje i određeni izazovi i trendovi koji se predviđaju za pametno pakiranje u nadolazećim godinama (Tablica 5.).

Tablica 5: Budući trendovi pametnog pakiranja

TRENDOVI	ZNAČAJKE
Standardizacija tehnologije	<ul style="list-style-type: none">• Najnapredniji proizvođači i tehnološke tvrtke surađivat će s agencijama za standarde kako bi osigurali da rade prema standardima koji se razvijaju• To osigurava da se informacije koje se proizvođačima šalju iz različitih izvora mogu uskladiti i konsolidirati na isti način
Prilagodljive tehnologije	<ul style="list-style-type: none">• Svaki proizvođač i njihovi proizvodi su različiti i proizvođači će staviti veliki naglasak na rad s pružateljima rješenja koji su voljni surađivati s njima kako bi pružili rješenje koje rješava njihove specifične probleme
Smanjenje troškova	<ul style="list-style-type: none">• Cijene tehnologije značajno će pasti tijekom sljedećih nekoliko godina• Daljnje smanjenje cijene učinit će pametnu ambalažu dostupnom većini proizvođača
Vizualizacija podataka	<ul style="list-style-type: none">• Porast količine podataka koji dolaze iz pametnog pakiranja dovest će do potrebe za pružateljima rješenja za vizualizacijom ovih velikih podataka kako bi proizvođači mogli lako interpretirati podatke• Porast u zapošljavanju podatkovnih znanstvenika od strane proizvođača za korištenje podataka koji dolaze iz pametnog pakiranja
Cjelovita rješenja	<ul style="list-style-type: none">• Rješenja protiv krivotvorina/krađe, rješenja za sljedivost i rješenja usmjerena na angažman krajnjih kupaca• Marke će sve više htjeti raditi s dobavljačima koji mogu isporučiti potpuno pametno rješenje za pakiranje

Izvor: izrada autora prema Supply Chain Channel, <https://supplychainchannel.co/smart-packaging-what-are-the-benefits/> (preuzeto: 14.9.2024.)

Iz dana u dan se uviđaju promjene i novi suvremeni trendovi u tehnologiji, posebice kada je u pitanju ljudsko zdravlje i prehrana, stoga je i vidljiva važnost inovacija u ambalažnoj industriji jer će buduće stanje aktivnog i inteligentnog pakiranja sve više i više rasti. Buduća ograničenja pametne ambalaže vidljivi su u problemima visokih troškova, ali i edukacije osoblja. Također je i potrebno više informirati javnost i osvjestiti ih o inteligentnom pakiranju, posebice u okviru hrane.

4. EMPIRIJSKO ISTRAŽIVANJE – STAVOVI I PERCEPCIJA POTROŠAČA O TEHNOLOGIJAMA PAMETNOG PAKIRANJA I PAMETNOJ AMBALAŽI

Podrijetlo i autohtonost proizvoda, robna marka, vrsta proizvodnje i način pakiranja su neki od osnovnih faktora koji ocjenjuju njegovu kvalitetu i utjecaj na korisnika, ali naravno i na okoliš. Sa sve većim porastom svijesti o zaštiti bioraznolikosti, a posebice porastom svijesti za novim tehnologijama, zahtjevi kupaca su se promijenili i sve više njih kupuje pametnu ambalažu i inteligentne materijale koji utječu na njihova očekivanja i spremnost na kupnju. Potencijalni kupci na taj način povezuju odluku o kupnji s prihvaćanjem i spremnosti da se plati viša cijena za pametno pakirane i poboljšanu tehnologiju. Kako bi se saznalo kako su potrošači upoznati s pametnom ambalažom, kupuju li takve proizvode te jesu li spremni platiti veću cijenu za to, provedeno je empirijsko istraživanje o stavovima i percepciji potrošača o tehnologijama pametnog pakiranja i pametnoj ambalaži.

4.1. Metodologija i uzorak istraživanja

Za potrebe istraživanja kreiran je upitnik u kojem su adaptirana pitanja iz znanstvenih istraživanja sljedećih studija:

- Gudlin, M., Baksa, P. i Hajdek, K. (2020). Primjena NFC tehnologije u ambalažnoj industriji. *Zbornik radova, Printing&Design*, 42-49.
- Li, T., Lloyd, K., Birch, J., Wu, X., Miroso, M. i Liao, X. (2020). A quantitative survey of consumer perceptions of smart food packaging in China. *Food science & nutrition*, 8(8), 3977-3988.
- Young, E., Miroso, M. i Bremer, P. (2020). A systematic review of consumer perceptions of smart packaging technologies for food. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4(63), 1-20.

Upitnik se sastojao od tri dijela, od ukupno 13 pitanja, te se primjer upitnika nalazi u prilogu rada. Prvi dio je činio sociodemografska pitanja kao što su: spol, dob, stupanj obrazovanja i radni status, što je činilo 4 pitanja. Sljedećih 4 pitanja uključuje pitanja općenito o tome jesu li potrošači upoznati s pametnom ambalažom te koje primjere najviše koriste. Sljedećih 4 pitanja je uključivalo

Likertove skale za mjerenje stupnja slaganja s određenim tvrdnjama o važnosti pametne ambalaže, utjecaju faktora na kupnju, prednostima pametnog pakiranja i trenutnog stanja navedene problematike u Hrvatskoj.

Istraživanje se temeljilo na građanima Republike Hrvatske, punoljetnim osobama oba spola te je uzorak ukazivao na njihove stavove i razmatranja o pametnoj ambalaži. Uz poneka osnovna pitanja općenito o doticaju samih potrošača s pametnim pakiranjem, saznala se njihova percepcija o navedenom pomoću Likertovih skala zadovoljstva, ali i uz zadnje otvoreno pitanje na koje su ispitanici dali konkretnije odgovore. Prikupljeno je 60 pravilno ispunjenih anketa te se uzorak birao nasumično i slao putem e-pošte i putem tekstualnih poruka (WhatsApp i Viber aplikacija) preko poveznice. Vrijeme istraživanja je bilo od 10. kolovoza do 15. rujna 2024. Nakon postavljenih pitanja i metodologije, intepretirani su rezultati istraživanja te poneka ograničenja i buduće preporuke za istraživanja.

Tablica 6: Sociodemografski profil ispitanika (N = 60)

VARIJABLE		FREKVENCije	
		APSOLUTNE	RELATIVNE
SPOL	Muški	32	53,3
	Ženski	28	46,7
DOB	18 – 25 godina	4	6,7
	26 – 36 godina	37	61,7
	37 – 47 godina	6	10
	48 – 58 godina	11	18,53
	59 i više	2	3,3
STUPANJ OBRAZOVANJA	Srednja stručna sprema	21	35
	Viša stručna sprema	12	20
	Visoka stručna sprema	17	28,3
	Magisterij ili doktorat	10	16,7
RADNI STATUS	Student	1	1,7
	Zaposlen	58	96,7
	Nezaposlen	1	1,7
	Umirovljenik	0	0

Izvor: izrada autora na temelju analize podataka

U Tablici 6. su prikazani sociodemografski podaci o ispitanicima te se može zaključiti kako je prevladavao muški spol, preko 53%, dok je ispitanika ženskog spola bilo manje (46,7%). Dob koja

je najviše prevladavala je bila 26-36 godina (61,7%), a potom ispitanici 48-58 godina (18,53%). Ispitanici od 37-47 godina čine udio od 10%, dok je 6,7% njih u dobi od 18-25 godina. Samo dva ispitanika imaju 59 i više godina (3,3%). Najveći postotak ispitanika (35%) ima srednju stručnu spremu, dok visoka stručna sprema zauzima drugo mjesto (28,7%). Višu stručnu spremu ima 12 ispitanika (20%), a najmanje njih završen magisterij ili doktorat (16,7%). Najveći udio ispitanika je zaposleno (96,7%), jedan ispitanika je na fakultetu i jedan je nezaposlen, a nitko od ispitanika nije u mirovini. Temeljem sociodemografskog profila ispitanika može se zaključiti kako je uzorak ponajviše uključivao mlade ljude, od 26 do 36 godina koji su radno aktivni.

4.2. Postavljena hipoteza, svrha i ciljevi istraživanja

Razmatranjem osnovnih pojmova kao što su vrste i povijesni razvoj ambalaže, pametna ambalaža te suvremene tehnologije pametnog pakiranja, dizajnirana je glavna hipoteza ovog rada:

- *H1: Potrošači su spremni skuplje platiti proizvod pakiran u bilo koji vid pametne ambalaže nego taj isti proizvod kupiti u klasičnoj ambalaži koja ne dodaje vrijednost proizvodu*

Kako bi se istražili čimbenici pametne ambalaže i benefiti tehnologija pametnog pakiranja, obrađeno je empirijsko istraživanje s građanima Republike Hrvatske s ciljem saznanja njihovih stavova o navedenoj problematici. Pitanja su obuhvatila općenito obraćaju li potrošači pažnju na ambalažu kada kupuju određene proizvode, je li im ona bitan faktor, te naravno jesu li spremni platiti veću cijenu proizvoda ako je on pakiran novim tehnologijama.

Svrha je empirijskim istraživanjem dobiti saznanja jesu li potrošači spremni platiti veću cijenu proizvoda u pametnoj ambalaži nakon što dobiju pouzdane informacije i više saznanja o vrijednosti takvih tehnologija te jesu li je spremni preporučiti ostalima.

Cilj istraživanja je opisom tehnologija pametnog pakiranja i pametne ambalaže, njezinih karakteristika i alata, prikazati kako su odgovarajuće tehnologije pametne ambalaže, za primjerice skupe kozmetičke proizvode ili lako kvarljivu hranu, od iznimne važnosti u smislu omogućavanja za duža razdoblja transporta i skladištenja i time produljenja roka trajanja. Pitanje se postavlja jesu li potrošači spremni platiti veću cijenu koju pokrivaju nove tehnologije koje su integrirane u samu ambalažu i tako dobili kvalitetniji proizvod, a u obzir bi se naravno uzeli rezultati dobiveni

empirijskim istraživanjem. Cilj je također saznati pružaju li potrošači otpor prema inovativnom pakiranju, ovisno o nedostatku iskustva, informacija o ambalaži ili novca.

4.3. Interpretacija rezultata istraživanja

Empirijsko istraživanje je obuhvaćalo uzorak od 60 ispitanika, a cilj je bio utvrditi utjecaj i funkcije pametnog pakiranja na spremnost potrošača o kupnji takvih proizvoda te su zaključci doneseni na temelju deskriptivne statistike, odnosno na temelju stavova ispitanika o tehnologijama pametne ambalaže. Ispitivanje je bilo anonimno i samovoljno te će se u nastavku interpretirati rezultati istraživanja pomoću grafičkih rješenja.

Grafikon 2: Stavovi ispitanika o važnosti tehnikama ambalaže i materijalima pakiranja prilikom kupnje



Izvor: izrada autora

19 (31,7%) ispitanika je naznačilo da kada kupuju proizvod obraćaju veliku pozornost na ambalažu i bitan im je taj faktor pri kupnji, ovisno o vrsti proizvoda (hrana, kozmetika, kućne potrepštine, odjeća i obuća, itd.). Najmanje ispitanika, njih 4 (6,7%) je izjavilo kako ne obraćaju pažnju na navedeno i svedno im je kakav je izgled i ambalaža proizvoda. Najviše ispitanika (61,7%), njih 37, je izjavilo kako važnost tehnika i materijala ambalaže prilikom kupnje ovise o samom proizvodu.

Grafikon 3: Stavovi ispitanika o upoznatosti s pametnom ambalažom



Izvor: izrada autora

S obzirom da je ambalaža raznih proizvoda danas doživjela neke od najnovijih dostignuća u održivim materijalima do najnaprednijih tehnika tiska, ispitanicima se postavilo pitanje koliko su zapravo oni s time upoznati. 12 ispitanika (20%) je naglasilo kako se gotovo svaki dan susreću s pametnom ambalažom, dok je 6 ispitanika (10%) naglasilo kako se dosad nisu imali priliku susresti s tehnologijama pametnog pakiranja. Najviše ispitanika, njih 42 (70%) je odgovorilo da su se možda i susreli s pametnom ambalažom, ali ne znaju što ona zapravo predstavlja i uključuje, s obzirom na široko polje koje pokriva nove tehnologije koje su integrirane u samu ambalažu.

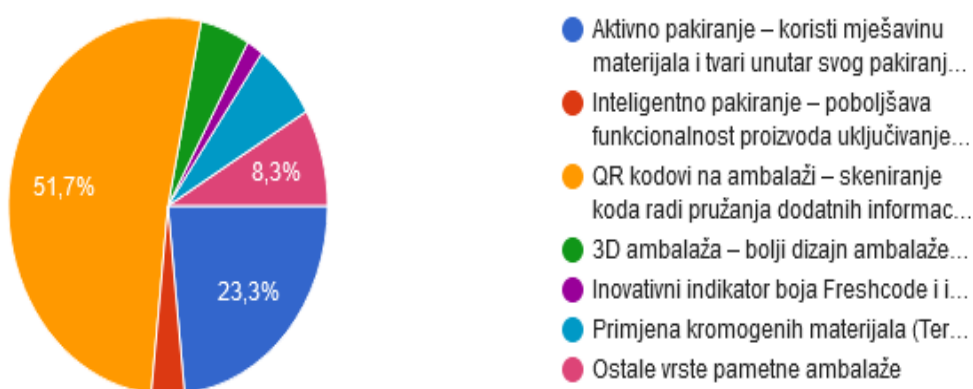
Grafikon 4: Stavovi ispitanika o vjerojatnosti kupnje fizički privlačne i personalizirane ambalaže



Izvor: izrada autora

Na pitanje o tome postoji li veća vjerojatnost da će potrošači kupiti personalizirani proizvod u ambalaži koja odražava njihove osobne vrijednosti ili estetske preferencije, najviše ispitanika, točnije njih 48 (80%) je odgovorilo potvrdnim odgovorom i da će izgledom privlačna ambalaža svakako povećati šanse za kupnju. 12 ispitanika (20%) je naznačilo kako ne obraća pažnju na estetiku proizvoda i kako im je bitnija funkcionalnost proizvoda od samog izgleda.

Grafikon 5: Struktura ispitanika prema najčešće odabranom primjeru pametne ambalaže s kojima su se dosad imali priliku susresti



Izvor: izrada autora

Postoje mnogi primjeri i benefiti pametne ambalaže kao što su primjerice poboljšana sigurnost i kvaliteta proizvoda, održivost planeta i okoliša, bolja transparentnost brenda, zaštita od krivotvorina, točnija predviđanja proizvoda i sl. U Grafikonu 5. je vidljiva struktura ispitanika prema tipu ambalaže te se može zaključiti kako se najviše ispitanika, njih 31 (51,7%) susrelo najviše s QR kodovima na ambalaži kako bi se saznale dodatne informacije o proizvodu. Potom slijede ispitanici koji su se najviše susreli s metodama aktivnog pakiranja koje koristi mješavinu materijala i tvari unutar svog pakiranja kako bi se produžio rok trajanja proizvoda i očuvala kvaliteta sadržaja, njih 14 (23,3%). 4 ispitanika (6,7%) je istaknulo primjenu kromogenih materijala, 3 ispitanika (5%) 3D ambalažu, 2 ispitanika (3,3%) inteligentno pakiranje koje obuhvaća RFID oznake i NFC metode te jedan ispitanik (1,7) inovativni indikator boje. 5 ispitanika (8,3%) je istaknulo kako se susrelo s ostalim oblicima pametnog pakiranja.

Sljedeća skupina pitanja, od 9. do 12. pitanja, odnosila se na utvrđivanje važnosti, utjecaja i stavova ispitanika o pametnoj ambalaži pomoću Likertove ljestvice slaganja od 5 stupnjeva.

Tablica 7: Ocjena stavova ispitanika o stupnju važnosti pametne ambalaže s obzirom na njezinu funkciju pri kupnji

TVRDNJE	OCJENE					Aritmetička sredina	Standardna devijacija
	1	2	3	4	5		
Informativna funkcija	1	4	12	21	22	3,98	1,00
Prodajna funkcija	3	10	25	13	9	3,25	1,07
Zaštitna funkcija	2	4	10	20	24	4,00	1,07
Uporabna funkcija	0	1	14	20	25	4,15	0,84
Skladišno – transportna funkcija	8	6	12	20	14	3,43	1,32

Izvor: izrada autora na temelju analize podataka

Prema ocjenama stavova ispitanika u Tablici 7. o stupnju važnosti pametne ambalaže s obzirom na njezinu funkciju pri kupnji, može se zaključiti kako je većina ispitanika najviše istaknula važnost uporabne funkcije (4,15) koja ujedno ima i najmanja odstupanja od aritmetičke sredine (0,84). Slijedi zaštitna funkcija ambalaže (4,00), informativna funkcija (3,98) te skladišno-transportna funkcija (3,43). Najmanju prosječnu ocjenu ima prodajna funkcija (3,25), gdje je ujedno zabilježena i najveća standardna devijacija (1,07) što znači da je ispitanicima najmanje važno da ambalaža ima funkciju povećanje prodaje i olakšavanje samog koncepta prodaje.

Tablica 8: Ocjena stavova ispitanika o stupnju utjecaja faktora koji mogu utjecati na kupnju proizvoda s obzirom na njegovu pametnu ambalažu

TVRDNJE	OCJENE					Aritmetička sredina	Standardna devijacija
	1	2	3	4	5		
Zanimljiv i interaktivan sadržaj	3	5	11	22	19	3,82	1,13
Sigurnost proizvoda	1	2	8	19	30	4,25	0,93
Zaštita autentičnosti proizvoda	2	6	16	16	20	3,77	1,13
Kontrola kvalitete proizvoda	1	2	7	19	31	4,28	0,92

Izvor: izrada autora na temelju analize podataka

Vežano uz čimbenike koji mogu utjecati na kupnju proizvoda s obzirom na njegovu pametnu ambalažu, većina ispitanika je istaknula kako *kontrola kvalitete proizvoda* (4,28) kao faktor najviše utječe na njihovu odluku o kupnji pametne ambalaže, koje ujedno ima i najmanje odstupanje od aritmetičke sredine (0,92), a zatim slijedi *sigurnost proizvoda* (4,25). Slijedi čimbenik *zanimljiv i interaktivan sadržaj* (3,82), dok je kupcima najmanji bitan faktor zaštita autentičnosti proizvoda (3,77), a ujedno ta dva faktora imaju jednaku i najveću standardnu devijaciju (1,13).

Tablica 9: Ocjena stavova ispitanika o stupnju slaganja s obzirom na prednosti pametne u odnosu na pasivnu ambalažu

TVRDNJE	OCJENE					Aritmetička sredina	Standardna devijacija
	1	2	3	4	5		
Pametno pakiranje povećava korisničku i poslovnu korisnost	1	4	21	22	12	3,67	0,93
Pametna ambalaža povećava jednostavnost pristupa i praćenja informacija za određeni proizvod	0	12	2	13	22	4,10	0,86
Ne gubi se kvaliteta proizvoda ukoliko dođe do promjena mirisa ili boje	5	10	13	12	20	3,53	1,33
Spriječavanje curenja ili lomljenja proizvoda i zaštita od mogućih kontaminacija	1	3	15	13	28	4,07	1,04
Za prenošenje važnih informacija o sadržaju proizvoda	0	4	11	19	26	4,12	0,94
Pametno pakiranje služi kao sredstvo širenja tržišta u kontekstu globalizacije	0	6	16	22	16	3,80	0,95

Izvor: izrada autora na temelju analize podataka

Najviše prosječne ocjene s obzirom na prednosti pametne ambalaže u odnosu na običnu ambalažu ima tvrdnja za *prenošenje važnih informacija o sadržaju proizvoda* (4,12). Na drugom mjestu ispitanici tvrde kako im je najviše važno kako *pametna ambalaža povećava jednostavnost pristupa i praćenja informacija za određeni proizvod* (4,10) s ujedno najmanjom standardnom devijacijom (0,86), dok se na trećem mjestu nalazi tvrdnja *spriječavanje curenja ili lomljenja proizvoda i zaštita od mogućih kontaminacija* (4,07). Najmanju prosječnu ocjenu ima tvrdnja da se ne gubi se kvaliteta proizvoda ukoliko dođe do promjena mirisa ili boje (3,53), što potvrđuje i najveća odstupanja od aritmetičke sredine (1,33).

Tablica 10: Ocjena stavova ispitanika o stupnju slaganja s obzirom na percepciju pametnog pakiranja i trenutno zadovoljstvo pametnom ambalažom u Hrvatskoj

TVRDNJE	OCJENE					Aritmetička sredina	Standardna devijacija
	1	2	3	4	5		
Pametna ambalaže mi pomaže u praćenju međunarodnih propisa o sigurnosti proizvoda	1	12	24	11	12	3,35	1,07
Spreman/a sam konzumirati proizvode koji koriste aktivnu/inteligentnu ambalažu	1	3	16	18	22	3,95	1,00
Spreman/a sam platiti veću cijenu proizvoda u pametnoj ambalaži nakon što dobijem pouzdane informacije i više saznanja o vrijednosti	2	11	21	14	12	3,38	1,11
Bitnija mi je pametna ambalaža prehrambenih proizvoda više nego kozmetičkih i odjevnih	2	5	16	15	22	3,83	1,12
Pomoću pametne ambalaže više obraćam pažnju na sastojke, skeniram proizvode i više tražim informacije o proizvodu	3	10	14	20	13	3,50	1,16
O pametnoj ambalaži se u Hrvatskoj malo govori, posebice u javnosti, stoga je potrebna veća promocija	1	5	9	12	33	4,18	1,08
Pametnu ambalažu i prednosti tehnologija pametnog pakiranja bi preporučio/la drugima, unatoč većoj cijeni	0	6	20	23	11	3,65	0,90

Izvor: izrada autora na temelju analize podataka

Temeljem podataka prikazanih u Tablici 10. koje su se odnosile na pretposljednje pitanje mjereno Likertovom skalom o percepciji pametnog pakiranja i trenutnog zadovoljstva pametnom ambalažom u Hrvatskoj, vidljivo je da je najveća prosječna ocjena u uzorku zabilježena za pretposljednju tvrdnju kako se o pametnoj ambalaži u Hrvatskoj malo govori, posebice u javnosti, te kako je potrebna veća promocija (4,18). Ostale tvrdnje su imale podjednake prosječne ocjene, dok je najmanju imala zadnja tvrdnja *pametnu ambalažu i prednosti tehnologija pametnog pakiranja bi preporučio/la drugima, unatoč većoj cijeni* (3,65), što i potvrđuje najmanja odstupanja od aritmetičke sredine (0,90).

Zadnje, 13. pitanje, je bilo otvoreno pitanje na koje su ispitanici dali razne odgovore o promatranoj tematici. Mnogi od njih su istaknuli kako je pametna ambalaža danas veoma nužna za određene proizvode te kako su spremni platiti veću cijenu za konkretni proizvod ako je on pakiran tehnologijama pametnog pakiranja te ako putem pametnog pakiranja mogu dobiti točne podatke. Dok su neki istaknuli kako je ovo interesanta tema koja može pronaći svoj prostor na tržištu te kako je pametna ambalaža nužna kod prehrambenih proizvoda jer potrošačima daje uvid u kvalitetu i svježinu tog proizvoda, poneki su istaknuli kako ju ne smatraju nužnom i kako veliki faktor ovisi o kakvom je proizvodu riječ i koliko je sam proizvod od životne važnosti. Također je bilo i ispitanika koji su naveli kako je pametna ambalaža „mamac“ da se skupo plati određeni proizvod te kako je eventualno nužna za specifične proizvode npr. koji ne sadrže šećer, gluten, itd., a sve ostalo je samo razlog da prodavač može dignuti cijenu proizvoda. Ipak se može zaključiti kako većina njih smatra da je pametna ambalaža za većinu proizvoda nužna zbog ekoloških razloga i provjere kvalitete te su ispitanici istaknuli kako bi za pojedine proizvode platili veću cijenu.

4.4. Ograničenja i preporuke za buduća istraživanja

Budući da je tehnologija postala danas imperativ, kako u obrazovanju, zdravstvu, automobilskoj industriji, kućanstu, a posebice u svakodnevnom životu, tehnološka rješenja nisu zaobišla ni ambalažnu industriju i metode pakiranja koje su nekada bile tradicionalne. Mnogima je danas gotovo i normalno kupiti određeni proizvod pakiran u ambalažu s NFC tehnologijom ili QR kodom. Najveće ograničenje na temelju predstavljenih rezultata empirijskog istraživanja zapravo i predstavlja mali broj anketiranih sudionika, jer je pametna ambalaža vidljiva gotovo svakodnevno i mnogi se s njome susreću, a da možda nisu ni svjesni. 60 sudionika je vrlo malo za ovakvu provedenu problematiku jer su i sami ispitanici utvrdili da se radi o vrlo zanimljivoj tematici. To

zapravo predstavlja najveće ograničenje, uz naravno naglasak da je vrijeme anketiranja bilo kratko, samo mjesec dana. Također je teško generalizirati rezultate jer je svaki ispitanik drukčiji i ima drukčiji stav i percepciju prema pametnoj ambalaži. Potrebno je proširiti istraživanje kako bi se dobili relevantniji odgovori i mišljenja većeg broja ljudi o pametnom pakiranju.

Ovaj anketni upitnik može u budućim aplikacijama poslužiti kao temelj za razmatranje mišljenja javnosti o pametnom pakiranju koje se kategorizira u razne segmente: prehrambeni proizvodi, kozmetika i šminka, proizvodi za kućanstvo i razni ostali predmeti koji se koriste kako bi se utvrdilo u kojoj djelatnosti i sektoru se odgledaju najveće prednosti i mane pametne ambalaže. Navedeno može dati nove uvide i poticaj poduzećima da koriste pametnu ambalažu, ali i za podizanje svijesti javnosti o njihovom zdravlju i većoj zabrinutosti za okoliš.

5. ZAKLJUČAK

Pakiranje i ambalaža proizvoda su sinonimi, iako označavanje proizvoda ne predstavlja iste funkcije i radnje. Pakiranje uključuje drugačiji proces od označavanja, premda su oba potrebna za prodaju proizvoda u trgovinama i dostavljanje proizvoda kupcima, a glavna funkcija je osigurati da je proizvod siguran za transport, skladištenje i prodaju, dok samo i označavanje pruža potrebne informacije o proizvodu primjerice namirnica, sastojaka, načina upotrebe, rok upotrebe, logotip i ostale dizajne. Danas veliki problem u očuvanju okoliša i održivosti predstavlja ambalažni otpad poput plastičnih omota, materijala poput stiropora, plastičnih folija i folija s mjehurićima. Potrebno je također svu ambalažu reciklirati uz ispunjavanje određenih uvjeta i kriterija.

Funkcija ambalaže danas nije samo zaštititi proizvod, već i prikazati određene njegove karakteristike, stoga se razvila potreba za primjenom aktivnog i inteligentnog pakiranja, posebice u okviru prehrambene industrije budući da je na pakiranje i ambalažu hrane stavljen veliki naglasak kada su u pitanju visoki zahtjevi potrošača i tržišta. Inteligentno pakiranje omogućuje praćenje unutarnjih uvjeta pakiranja kao što su temperatura, pH i druga unutarnja svojstva, a tu se ne radi samo o hrani, već i o kozmetici, prepravama i losionima za tijelo, lijekovima, šminki i dr. Inteligentno pakiranje uključuje indikatore temperature vremena, indikatore plina i indikatore svježine. Osim toga, tehnologije pametnog pakiranja mogu se dodatno optimizirati ugradnjom nanotehnologije, koja se može aktivno ili inteligentno koristiti za poboljšanje ili proširenje funkcije pakiranja.

Digitalizacija i informacijsko-komunikacijske tehnologije danas nisu novost i luksuz, već imperativ koji pokreće svijet, stoga je potpuno normalno biti oslonjen na tehnologije u svakom pogledu, djelatnosti i sektoru. QR kodovi, RFID oznake i umjetna inteligencija pretvaraju ambalažu u alat za privlačenje potrošača, a samim time se i smanjuje otpad jer se takva ambalaža može razgraditi i reciklirati. Drugim riječima, proizvedena ambalaža ima interaktivna svojstva te pametna ambalaža ima sposobnost komuniciranja sa svojom okolinom u opskrbnom lancu ili s potrošačem, što se postiže barem jednom od elektroničkih, mehaničkih, kemijskih i ostalih tehnologija.

Temeljem postavljenih pitanja u anketnom upitniku i prikazom rezultata u četvrtom empirijskom dijelu, postavljena hipoteza *H1: Potrošači su spremni skuplje platiti proizvod pakiran*

u bilo koji vid pametne ambalaže nego taj isti proizvod kupiti u klasičnoj ambalaži koja ne dodaje vrijednost proizvodu je potvrđena ispitivanjem završnih misli o pametnoj ambalaži u zadnjem otvorenom pitanju. Potrošači su iznijeli svoje različite stavove te se može zaključiti kako većina ispitanika smatra pametnu ambalažom nužnom za određene proizvode i kako su spremni platiti veću cijenu, posebice ako je konkretni proizvod na tržištu pakiran tehnologijama aktivnog ili inteligentnog pakiranja. Rezultati su prikazani poticajno, budući da su ispitanici istaknuli da je razmatrana tematika inovativna i zanimljiva, te se može zaključiti da pametna ambalaža kod ispitanika pozitivno odražava buduće namjere na kupnju proizvoda i spremnosti dati više novaca za te tehnologije.

Sada ne samo da je bitan dizajn, boja, struktura i logo na ambalaži, bitno je da ona ima određene koristi i funkcije za proizvod. Ambalaža je izvorno dizajnirana da bude funkcionalna i da štiti proizvod tokom logistike i transporta, no danas je pametna ambalaža odraz vrijednosti koji, te nije bitan sami oblik, boja i materijal, već i dodatne funkcije koje dolaze s inovativnom tehnologijom. Promicanje inteligentnog pakiranja, uklanjanje pogrešnih predodžbi i pronalaženje rješenja za smanjenje cijene povezane s inteligentno pakiranom hranom moglo bi privući više pozornosti potrošača, posebice u Hrvatskoj gdje su rezultati empirijskog istraživanja potvrdili da se o navednom malo priča i promovira. Potrebno je uklopiti strategije marketinga pod jakim brendom koje se mogu implementirati u razne proizvode kako bi se lako steklo povjerenje potrošača.

6. POPIS LITERATURE

KNJIGE:

Bačun, D. (2009). *Priručnik o znakovima na proizvodima i ambalaži*, Zagreb: Hrvatski poslovni savjet za održivi razvoj: Hrvatska udruga poslodavaca

Bolanča, S. (2013). *Tisak ambalaže*, Zagreb: Hrvatska sveučilišna naklada

Muhamedbegović, B. Juul, N. V. i Jašić, M. (2015). *Ambalaža i pakiranje hrane*, Tuzla: Off-set

Vrček, V. (2010). *Druga strana potrošačkog raja: u klopki između bolesti i zdravlja*, Zagreb: Školska knjiga

Vujković, I., Galić, K. i Vereš, M. (2007). *Ambalaža za pakiranje namirnica*, Zagreb: Tectus

POGLAVLJA U KNJIZI:

Siracusa, V. (2016). *Packaging Material in the Food Industry*. Chapter 7 - Packaging Material in the Food Industry, In *Antimicrobial Food Packaging*, 95-106.

ČLANCI:

Berger, K. R. (2003). A Brief History of Packaging: ABE321/AE206, 12/2002. *Edis*, 2003(17). 1-5.

Biji, K. B., Ravishankar, C. N., Mohan, C. O. i Srinivasa Gopal, T. K. (2015). Smart packaging systems for food applications: a review. *Journal of food science and technology*, 52, 6125-6135.

da Cruz, N. F., Ferreira, S., Cabral, M., Simões, P. i Marques, R. C. (2014). Packaging waste recycling in Europe: is the industry paying for it? *Waste management*, 34(2), 298-308.

Day, B. P. (2008). Active packaging of food. *Smart packaging technologies for fast moving consumer goods*, 1-18.

Đurđević, S., Novaković, D., Kašiković, N., Zeljković, Ž., Milić, N. i Vasić, J. (2018). NFC technology and augmented reality in smart packaging. *International Circular of Graphic Education and Research*, 11, 52-65.

- Fernandez, C. M., Alves, J., Gaspar, P. D., Lima, T. M. i Silva, P. D. (2023). Innovative processes in smart packaging. A systematic review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 103(3), 986-1003.
- Ghaani, M., Cozzolino, C. A., Castelli, G. i Farris, S. (2016). An overview of the intelligent packaging technologies in the food sector. *Trends in Food Science & Technology*, 51, 1-11.
- Gordon, A. i Williams, R. (2020). The role and importance of packaging and labeling in assuring food safety, quality and regulatory compliance of export products II: Packaging & labeling considerations. *Food Safety and Quality Systems in Developing Countries*, 285–341.
- Gudlin, M., Baksa, P. i Hajdek, K. (2020). Primjena NFC tehnologije u ambalažnoj industriji. Zbornik radova, *Printing&Design*, 42-49.
- Jacobsson, A., Nielsen, T. i Sjolhm, I. (2004). Effects of type of packaging material on shelf-life of fresh broccoli by means of changes in weight, colour and texture. *European Food Research and Technology*, 218(2), 157-163.
- Kalpna, S., Priyadarshini, S. R., Leena, M. M., Moses, J. A. i Anandharamakrishnan, C. (2019). Intelligent packaging: Trends and applications in food systems. *Trends in Food Science & Technology*, 93, 145-157.
- Kuswandi, B., Wicaksono, Y., Jayus, Abdullah, A., Heng, L. Y. i Ahmad, M. (2011). Smart packaging: sensors for monitoring of food quality and safety. *Sensing and Instrumentation for Food Quality and Safety*, 5, 137-146.
- Li, T., Lloyd, K., Birch, J., Wu, X., Miroso, M. i Liao, X. (2020). A quantitative survey of consumer perceptions of smart food packaging in China. *Food science & nutrition*, 8(8), 3977-3988.
- Luijsterburg, B. i Goossens, H. (2014). Assessment of plastic packaging waste: Material origin, methods, properties. *Resources, Conservation and Recycling*, 85, 88-97.
- Lydekaityte, J. i Tambo, T. (2020). Smart packaging: definitions, models and packaging as an intermediary between digital and physical product management. *The International Review of Retail, Distribution and Consumer Research*, 1-34.

Müller, P. i Schmid, M. (2019). Intelligent packaging in the food sector: A brief overview. *Foods*, 8 (1), 1-12.

O'Callaghan, K. A. i Kerry, J. P. (2016). Consumer attitudes towards the application of smart packaging technologies to cheese products. *Food Packaging and Shelf Life*, 9, 1-9.

Ozcan, A. (2020). New approaches in smart packaging technologies. In Proceedings of the 10th International Symposium on Graphic Engineering and Design, *GRID*, 21-37.

Polat, B. (2022). Packaging and The Historical Development of Packaging Design. *Journal of History School*, 58, 1854-1867.

Risch, S. J. (2009). Food packaging history and innovations. *Journal of agricultural and food chemistry*, 57(18), 8089-8092.

Schaefer, D. i Cheung, W. M. (2018). Smart packaging: opportunities and challenges. *Procedia Cirp*, 72, 1022-1027.

Sonneveld, K., James, K., Fitzpatrick, L. i Lewis, H. (2005, May). Sustainable packaging: how do we define and measure it. In 22nd IAPRI Symposium, 1-9.

Young, E., Miroso, M. i Bremer, P. (2020). A systematic review of consumer perceptions of smart packaging technologies for food. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4(63), 1-20.

Wang, L., Wu, Z. i Cao, C. (2019). Technologies and fabrication of intelligent packaging for perishable products. *Applied Sciences*, 9(22), 1-17.

INTERNET IZVORI:

Calcurates, Preuzeto s <https://calcurates.com/advantages-of-using-intelligent-packaging#advantages-using-intelligent-packaging> (10. rujna 2024.)

Crawford Packaging, Preuzeto s <https://crawfordpackaging.com/blog/history-of-packaging/> (2. kolovoza 2024.)

EEA, Preuzeto s www.eea.europa.eu/help/glossary/eea-glossary/packaging/ 30. srpnja 2024.)

Statista, Preuzeto s www.statista.com/statistics/1098172/us-smart-packaging-market-size-by-application/ (12. rujna 2024.)

POPIS ILUSTRACIJA

SHEME:

Shema 1: Razvoj ostalih tehnika pakiranja proizvoda	8
Shema 2: Oblik i funkcija materijala za pakiranje	9
Shema 3: Model funkcija pametne ambalaže	16

TABLICE:

Tablica 1: Razvoj ambalaže kroz povijest	6
Tablica 2: Tehnologije pomoću kojih se realizira pametna ambalaža	20
Tablica 3: Prednosti i izazovi pametne ambalaže	23
Tablica 4: Buduće mogućnosti pametne ambalaže	26
Tablica 5: Budući trendovi pametnog pakiranja	27
Tablica 6: Sociodemografski profil ispitanika (N = 60)	29
Tablica 7: Ocjena stavova ispitanika o stupnju važnosti pametne ambalaže s obzirom na njezinu funkciju pri kupnji	34
Tablica 8: Ocjena stavova ispitanika o stupnju utjecaja faktora koji mogu utjecati na kupnju proizvoda s obzirom na njegovu pametnu ambalažu	34
Tablica 9: Ocjena stavova ispitanika o stupnju slaganja s obzirom na prednosti pametne u odnosu na običnu ambalažu	35
Tablica 10: Ocjena stavova ispitanika o stupnju slaganja s obzirom na percepciju pametnog pakiranja i trenutno zadovoljstvo pametnom ambalažom u Hrvatskoj	37

GRAFIKONI:

Grafikon 1: Tržišna vrijednost pametnog pakiranja u SAD-u od 2013. do 2024., po primjeni (u mlrd. \$)	25
Grafikon 2: Stavovi ispitanika o važnosti tehnikama ambalaže i materijalima pakiranja prilikom kupnje	31
Grafikon 3: Stavovi ispitanika o upoznatosti s pametnom ambalažom	32
Grafikon 4: Stavovi ispitanika o vjerojatnosti kupnje fizički privlačne i personalizirane ambalaže	32
Grafikon 5: Struktura ispitanika prema najčešće odabranom primjeru pametne ambalaže s kojima su se dosad imali priliku susresti	33

IZJAVA O AUTORSTVU

Završni/diplomski/specijalistički rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, JURICA ŽGAVIĆ (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog/specijalističkog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom PAMETNA AMBALAŽA (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:

(upisati ime i prezime)

Jurica Žgavec
(vlastoručni potpis)

Sukladno članku 58., 59. i 61. Zakona o visokom obrazovanju i znanstvenoj djelatnosti završne/diplomske/specijalističke radove sveučilišta su dužna objaviti u roku od 30 dana od dana obrane na nacionalnom repozitoriju odnosno repozitoriju visokog učilišta.

Sukladno članku 111. Zakona o autorskom pravu i srodnim pravima student se ne može protiviti da se njegov završni rad stvoren na bilo kojem studiju na visokom učilištu učini dostupnim javnosti na odgovarajućoj javnoj mrežnoj bazi sveučilišne knjižnice, knjižnice sastavnice sveučilišta, knjižnice veleučilišta ili visoke škole i/ili na javnoj mrežnoj bazi završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice, sukladno zakonu kojim se uređuje umjetnička djelatnost i visoko obrazovanje.

PRILOZI

Prilog 1. – Anketni upitnik – Stavovi i percepcija potrošača o tehnologijama pametnog pakiranja i pametnoj ambalaži

1. Spol

- a) Muški
- b) Ženski

2. Dob

- a) 18 – 25
- b) 26 – 36
- c) 37 – 47
- d) 48 – 58
- e) 59 i više

3. Stupanj obrazovanja

- a) Srednja stručna sprema
- b) Viša stručna sprema
- c) Visoka stručna sprema
- d) Magisterij ili doktorat

4. Radni status

- a) Student
- b) Zaposlen
- c) Nezaposlen
- d) Umirovljenik

5. Kada kupujete konkretni proizvod (hrana, kozmetika, kućne potrepštine, odjeća i obuća, itd.), obraćate li pozornost na ambalažu i pakiranje i jesu li vam tehnike i materijali ambalaže bitni prilikom kupnje?

- a) Da, obraćam veliku pozornost na ambalažu i bitan mi je faktor pri kupnji
- b) Ne, ne obraćam pažnju i svejedno mi je kakav je izgled i ambalaža proizvoda
- c) Ovisi o samom proizvodu, ponekad da ponekad ne

6. Ambalaža raznih proizvoda je danas doživjela neke od najnovijih dostignuća u održivim materijalima do najnaprednijih tehnika tiska. Tehnologija pametnog pakiranja je široko polje koje pokriva nove tehnologije koje su integrisane u samu ambalažu i igraju ključnu ulogu u procesu pakiranja. Jeste li se ikada susreli s pametnom ambalažom?

- a) Da, gotovo svaki dan
- b) Možda, nisam siguran/a što pripada pod pametnu ambalažu
- c) Ne, nisam dosad imao/la priliku

7. Kada vidite ambalažu koja je fizički privlačna, praktična ili personalizirana te koja odražava vaše osobne vrijednosti ili estetske preferencije, postoji li veća vjerojatnost da ćete kupiti taj proizvod i osjećati se povezano s brendom?

- a) Da, privlačna i personalizirana ambalaža će svakako povećati šanse za kupnju
- b) Ne, ne obraćam pažnju na estetiku nego na funkcionalnost proizvoda

8. Postoje mnogi primjeri i benefiti pametne ambalaže kao što su primjerice poboljšana sigurnost i kvaliteta proizvoda, održivost planeta i okoliša, bolja transparentnost brenda, zaštita od krivotvorina, točnija predviđanja proizvoda i sl. Molim vas da odaberete tip pametne ambalaže s kojom ste se dosad imali prilike najviše susresti:

- a) Aktivno pakiranje – koristi mješavinu materijala i tvari unutar svog pakiranja kako bi se produžio rok trajanja proizvoda i očuvala kvaliteta sadržaja
- b) Inteligentno pakiranje – poboljšava funkcionalnost proizvoda uključivanjem tehnologije kao što su RFID oznake i NFC (praćenje proizvoda, procjena svježina, temperatura i uvjeti skladištenja)
- c) QR kodovi na ambalaži – skeniranje koda radi pružanja dodatnih informacija o proizvodu
- d) 3D ambalaža – bolji dizajn ambalaže pomoću 3D tiska (npr. PET boce deterdženta za suđe)
- e) Inovativni indikator boja *Freshcode* i indikator temperature (pakiranje mesa, limenke gaziranih pića)
- f) Primjena kromogenih materijala (Termokromna boja na etiketi od boce piva)
- g) Ostale vrste pametne ambalaže

9. Molim vas da ocjenama od 1 do 5 ocijenite po vama stupanj **važnosti pametne ambalaže s obzirom na njezinu funkciju kada kupujete određeni proizvod** (1 – u potpunosti mi je nevažno, 2 – djelomično mi je nevažno, 3 – niti mi je nevažno niti mi je važno, 4 – djelomično mi je važno, 5 – potpunosti mi je važno)

Informativna funkcija	1	2	3	4	5
Prodajna funkcija	1	2	3	4	5
Zaštitna funkcija	1	2	3	4	5
Uporabna funkcija	1	2	3	4	5
Skladišno – transportna funkcija	1	2	3	4	5

10. Molim vas da ocjenama od 1 do 5 ocijenite *stupanj utjecaja sljedećih faktora koji mogu utjecati na kupnju proizvoda s obzirom na njegovu pametnu ambalažu* (1 – uopće ne utječe, 2 – djelomično ne utječe, 3 – niti utječe niti ne utječe, 4 – djelomično utječe, 5 – u potpunosti utječe)

Zanimljiv i interaktivan sadržaj	1	2	3	4	5
Sigurnost proizvoda	1	2	3	4	5
Zaštita autentičnosti proizvoda	1	2	3	4	5
Kontrola kvalitete proizvoda	1	2	3	4	5

11. Molim vas da ocjenama od 1 do 5 ocijenite *stupanj slaganja sa svakom navedenom tvrdnjom, s obzirom na prednosti pametne ambalaže u odnosu na običnu ambalažu* (1 – u potpunosti se ne slažem, 2 – djelomično se ne slažem, 3 – niti se slažem niti se ne slažem, 4 – djelomično se slažem, 5 – u potpunosti se slažem)

Pametno pakiranje povećava korisničku i poslovnu korisnost	1	2	3	4	5
Pametna ambalaža povećava jednostavnost pristupa i praćenja informacija za određeni proizvod	1	2	3	4	5
Ne gubi se kvaliteta proizvoda ukoliko dođe do promjena mirisa ili boje	1	2	3	4	5
Spriječavanje curenja ili lomljenja proizvoda i zaštita od mogućih kontaminacija	1	2	3	4	5
Za prenošenje važnih informacija o sadržaju proizvoda	1	2	3	4	5
Pametno pakiranje služi kao sredstvo širenja tržišta u kontekstu globalizacije	1	2	3	4	5

12. Molim vas da ocjenama od 1 do 5 ocijenite *stupanj slaganja sa svakom navedenom tvrdnjom, s obzirom na percepciju pametnog pakiranja i trenutno zadovoljstvo pametnom ambalažom u Hrvatskoj?* (1 – u potpunosti se ne slažem, 2 – djelomično se ne slažem, 3 – niti se slažem niti se ne slažem, 4 – djelomično se slažem, 5 – u potpunosti se slažem)

Pametna ambalaže mi pomaže u praćenju međunarodnih propisa o sigurnosti proizvoda	1	2	3	4	5
Spreman/a sam konzumirati proizvode koji koriste aktivnu/inteligentnu ambalažu	1	2	3	4	5
Spreman/a sam platiti veću cijenu proizvoda u pametnoj ambalaži nakon što dobijem pouzdane informacije i više saznanja o vrijednosti	1	2	3	4	5
Bitnija mi je pametna ambalaža prehrambenih proizvoda više nego kozmetičkih i odjevnih	1	2	3	4	5
Pomoću pametne ambalaže više obraćam pažnju na sastojke, skeniram proizvode i više tražim informacije o proizvodu	1	2	3	4	5
O pametnoj ambalaži se u Hrvatskoj malo govori, posebice u javnosti, stoga je potrebna veća promocija	1	2	3	4	5
Pametnu ambalažu i prednosti tehnologija pametnog pakiranja bi preporučio/la drugima, unatoč većoj cijeni	1	2	3	4	5

13. Koje su vaše završne misli o pametnoj ambalaži? Smatrate li ju nužnom za određene proizvode i jeste li spremni platiti veću cijenu za određeni proizvod ako je on pakiran tehnologijama pametnog pakiranja? Tekst kratkog odgovora...

Prilog 2. – Tekstualni odgovori na 13. pitanje – Koje su vaše završne misli o pametnoj ambalaži? Smatrate li ju nužnom za određene proizvode i jeste li spremni platiti veću cijenu za određeni proizvod ako je on pakiran tehnologijama pametnog pakiranja?

Pametna ambalaža je dobra u prehrambenoj industriji jer se pomoću QR koda lakše dođe do informacija al nisam siguran da bih platio veću cijenu samo zbog ambalaže.

S obzirom na navedene prednosti, ponajviše zaštiti kvalitete proizvoda, te ukoliko bi cijena, unatoč tome što bi bila viša ostala u razumnim granicama, bila bih spremna platiti veću cijenu.

Pametna ambalaža svakako je nužna za određene proizvode, no potrošači nisu dovoljno upoznati sa tehnologijama pametnog pakiranja.

U slučaju lako kvarljivih proizvoda tehnologija pametnog pakiranja je i prijeko potrebna da informira kupca o svježini samog proizvoda, odnosno daje krajnjem kupcu dodatnu sigurnost pri kupnji istog proizvoda.

Zvuči interesantno i donekle inovativno, stoga da, spreman sam izdvojiti više novaca tehnologiju u pametnom pakiranju.

Naravno da jesam.

Zanimljiva nova tehnologija.

Spremna sam platiti veću cijenu ako zaista mogu dobiti točne podatke.

Smatram da je pametna ambalaža potrebna i nužna u određenim slučajevima.

Smatram ju nužnom no ukoliko bi cijena bila podosta veća bih razmislio o kupnji tih proizvoda.

smatram da je eventualno nužna za specifične proizvode (npr. koji ne sadrže šećer, gluten, itd) a sve ostalo je samo razlog da prodavač može dignuti cijenu proizvoda.

Smatram da je za bitno imati provjerene i adekvatne informacije o proizvodima te siguran i provjeren proizvod, a pametna ambalaza moze tome doprinijeti te sam za nju spremna iz tog razloga platiti i vecu cijenu proizvoda.

Mislim da nije nužna ako podiže cijenu proizvoda.

Ovisno o proizvodu, za neke proizvode ambalaža ne bi smjela pretjerano utjecati na cijenu.

Da.

Ne.

Pametna ambalaža je nužna kod prehrambenih proizvoda jer nam daje uvid u kvalitetu i svježinu tog proizvoda. Spremam sam platiti veću cijenu.

Potrebno je dodatno razvijati proizvode kako bi se što bolje usavršio stupanj zaštite proizvoda, uz uvjete da isto ne povećava opseg cijene.

Možda.

Ne smatram.

Zanimljivo, inovativno, platio bih malo veću cijenu.

Za većinu proizvoda je nužna zbog ekoloških razloga i provjere kvalitete. Za pojedine proizvode bi platila veću cijenu.

Ne znam.

Jesam.

Da, spreman sam platiti više.

Ne smatram ju nužnom već korisnom. Spreman sam platiti veću cijenu za određen proizvod pakiran tehnologijom pametnog pakiranja, pod uvjetom da mi takvo pakiranje koristi na način na koji smatram da je koristan (primjerice, omogući mi na lagan način utvrditi svježinu/pokvarenost proizvoda).

Ovisi o kojem proizvodu je riječ ,i koliko mi je sam proizvod od životne važnosti.

Da.

Spreman sam platiti veću cijenu ukoliko je proizvod pakiran tehnologijom pametnog pakiranja.

Pametna ambalaza je korisna za određene proizvode i za neke sam spreman platiti više.

Nužna je za određene proizvode.

Da.

Ne smatram nužnim.

Nisam spremna platiti veću cijenu, ionako je sve skupo.

Interesantna tema, koja vjerujem, može pronaći svoj prostor na tržištu. Spreman sam platiti više.

Spreman sam platiti više za kvalitetniji proizvod.

Pametna ambalaza je nužna. Spreman sam platiti više za pametno pakiranje.

Smatram da je pametna ambalaža budućnost te da je njena masovna integracija pitanje vremena.

Spreman sam platiti veću cijenu za dobru ambalažu.

Ovisno o vrsti proizvoda, spreman sam platiti više pogotovo za hranu, iako sam donekle skeptičan i ne vjerujem svim informacijama i deklaracijama!

Da.

Sva mišljenja su obuhvaćena gornjim pitanjima. Ne smatram ju nužnom, ali bi za neke stvari izdvojila više novca.

Smatram ju važnom za prehrambene proizvode

Vrlo ovisno o vrsti proizvoda. Kao osoba sa alergijama potičem oko hrane.

Definitivno.

Da.

Nužna je i spremna sam platiti više.

Potrebna je. Ponekad sam spreman platiti više. Zависи o cijeni i namjeni proizvoda.

Nisam siguran da je nužna konvencionalne ambalaze su se polazale dosta pouzdanima kroz prošlost ne vidim svrhu pametnih ambalaza osim kao marketing za povećanje cijene.

Super mamac za kupnju proizvoda.